

**CONTENIDO DEL PROGRAMA DEL PROCESO  
SELECTIVO PARA EL ACCESO, POR EL  
SISTEMA GENERAL DE ACCESO LIBRE, EN  
LA ESCALA DE TITULADOS SUPERIORES  
DEL INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E  
HIGIENE EN EL TRABAJO**



Instituto Nacional de  
Seguridad y Salud en el Trabajo

**TEMAS ESPECÍFICOS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES:**

- **PARTE 3: HIGIENE INDUSTRIAL**

**Título:** Contenido del programa del proceso selectivo para el acceso, por el sistema general de acceso libre, en la Escala de Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Temas específicos de prevención de riesgos laborales. Parte 3: Higiene industrial

**Autor:** Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P.

**Fecha de elaboración:** abril 2025

**Nota aclaratoria:**

El presente temario tiene como objetivo facilitar la preparación del proceso selectivo para el ingreso en la *Escala de Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), O.A., M.P. pone a disposición de los potenciales aspirantes el presente temario para ayudarles en la preparación del programa que de forma oficial se anuncia en la correspondiente convocatoria publicada en el Boletín Oficial del Estado. Se trata, por tanto, de un material de referencia que anima y facilita a los aspirantes la labor de preparación, pero no representa un material único para dicha labor, pudiendo el aspirante utilizar temarios distintos o complementarios.

Los temas que integran el presente temario han sido elaborados por personal del INSST especialista en las materias tratadas y han sido actualizados en la fecha indicada en cada tema con base en el programa recogido en el Anexo II de la *Resolución de 19 de diciembre de 2024, de la Subsecretaría, por la que se convoca proceso selectivo para ingreso, por el sistema general de acceso libre y promoción interna, en la Escala de Titulados Superiores del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*. Corresponde a los aspirantes actualizar y personalizar los temas.

**Hipervínculos:**

El INSST no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo, la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSST del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija.



# ÍNDICE

## TEMAS ESPECÍFICOS DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES

### PARTE 3 HIGIENE INDUSTRIAL

- 46.** Toxicología industrial. Concepto y ramas de la toxicología. Clasificación de los contaminantes. Concepto y clasificación de los efectos tóxicos. Toxicocinética: Absorción, distribución, depósito, metabolización y eliminación. Toxicodinámica. Relación dosis-efecto y dosis-respuesta.
- 47.** Legislación sobre registro, evaluación, autorización y restricción de sustancias y mezclas químicas. Legislación sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas químicas. Características de peligrosidad de los productos químicos. Criterios de clasificación de sustancias y mezclas químicas. Mecanismos de información: Etiquetas. Fichas de datos de seguridad.
- 48.** Criterios de valoración de agentes químicos. Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. Valores límites ambientales (VLA). Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos. Valoración por comparación con el VLA de exposición diaria VLA-ED. Valoración por comparación con el VLA de exposiciones de corta duración (VLA-EC). Mediciones periódicas de control. Valores límites biológicos (VLB). Control biológico.
- 49.** Medición de los contaminantes químicos. Mediciones puntuales y promedio. Mediciones personales y ambientales. Instrumentos de lectura directa. Sistemas activos de toma de muestras. Calibración de los equipos. Sistemas pasivos de toma de muestras. Transporte y conservación de las muestras. Representatividad de las mediciones. Estrategias de muestreo. Condicionantes de la toma de muestras. Control de calidad de los equipos de medida.
- 50.** Control de las exposiciones frente agentes químicos. Técnicas generales: acciones de control técnicas. Acciones de control organizativas. Priorización del control de riesgos. Acciones sobre el agente. Acciones sobre el proceso. Acciones en el local de trabajo. Acciones en los métodos de trabajo. Técnicas de ventilación para el control de los agentes químicos: extracción localizada y ventilación por dilución.
- 51.** El Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Objeto y ámbito de aplicación. Evaluación de los riesgos. Medidas de prevención generales y específicas. Vigilancia específica de la salud. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias. Prohibiciones de agentes y actividades. Información y formación de los trabajadores con relación a los riesgos por agentes químicos. Guía técnica del

INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

- 52.** Real Decreto 665/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos durante el trabajo.
- 53.** Agentes biológicos: Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos en los lugares de trabajo.
- 54.** Ruido: Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido.
- 55.** Vibraciones: Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas.
- 56.** Ambiente térmico. Ecuación del Balance Térmico. Mecanismos de termorregulación y de intercambio de calor entre el organismo y el ambiente. Efectos del calor y el frío sobre el organismo. Métodos de valoración: Índice WBGT. Índice de sobrecarga térmica. Índice IREQ (Aislamiento requerido de la vestimenta). Temperatura de enfriamiento por el viento. Control de las exposiciones. Principales medidas preventivas.
- 57.** Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales en los lugares de trabajo.
- 58.** Real Decreto 299/2016, de 22 de julio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a campos electromagnéticos en los lugares de trabajo.
- 59.** Radiaciones ionizantes: conceptos básicos sobre radiaciones ionizantes y protección radiológica. Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes. Especial mención a la radiación natural: Radón.
- 60.** Plaguicidas: clasificación, toxicología de los plaguicidas: absorción, transporte, biotransformación y eliminación, daños a la salud. Plaguicidas cancerígenos. Límites de exposición profesional (VLA, VLB), protección en la aplicación, ecotoxicidad.

61. Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. Guía técnica del INSST para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto.



Instituto Nacional de  
Seguridad y Salud en el Trabajo

## TEMA 46

### **TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL. CONCEPTO Y RAMAS DE LA TOXICOLOGÍA. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS TÓXICOS. TOXICOCINÉTICA: ABSORCIÓN, DISTRIBUCIÓN, DEPÓSITO, METABOLIZACIÓN Y ELIMINACIÓN. TOXICODINÁMICA. RELACIÓN DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA**

Es frecuente que en el ambiente de trabajo estén presentes *contaminantes* a los que pueden estar expuestos los/las trabajadores/as. Dicha exposición puede dar lugar a la entrada del agente externo en el organismo por diferentes vías, desencadenándose posteriormente una serie de *fases toxicocinéticas*, entre las cuales se distingue: inicialmente una fase de absorción seguida de la distribución del tóxico, con su posible depósito o acumulación en tejidos y su consiguiente metabolización y excreción. En general, todo ello implica un conjunto de mecanismos de interacción entre los tóxicos con lugares de acción en el organismo, alcanzando así la *fase toxicodinámica*. Como consecuencia de esta interacción, puede aparecer una lesión, que puede ir acompañada o no de efectos tóxicos, y que a su vez puede tener lugar a diferentes niveles, según se produzca la afectación de la integridad de la estructura celular o bien la alteración de la función celular.

Por lo tanto, es fundamental conocer cuáles son los aspectos toxicológicos de los contaminantes y las alteraciones biológicas que éstos pueden ejercer en el organismo, con objeto de evitar sus riesgos y, consecuentemente, preservar la salud de la población trabajadora.

#### **1. TOXICOLOGÍA INDUSTRIAL. CONCEPTO Y RAMAS DE LA TOXICOLOGÍA**

En primer lugar, para abordar este epígrafe es conveniente conocer qué se entiende por *Toxicología*. En un sentido amplio, se puede definir la *Toxicología* como la ciencia que estudia las sustancias químicas y los agentes físicos en cuanto son capaces de producir alteraciones patológicas a los seres vivos, a la par que estudia los mecanismos de producción de tales alteraciones y los medios para contrarrestarlas, así como los procedimientos para detectar, identificar y determinar tales agentes y valorar su grado de toxicidad.

Dicho de otra manera, es la ciencia que estudia los tóxicos y sus interacciones con los seres vivos, entendiéndose por *tóxico*, con carácter general, como toda sustancia que puede producir algún efecto nocivo sobre un ser vivo, capaz de alterar alguno de los equilibrios vitales. De acuerdo con esto, cualquier sustancia puede actuar como tóxico, ya que tanto los productos exógenos como los propios constituyentes del organismo, cuando se encuentran en él excesivas proporciones, pueden producir trastornos tóxicos. Dichos compuestos exógenos se denominan *xenobióticos*.

Con fines prácticos las ramas más características de la Toxicología son:

- **Toxicología Farmacéutica:** Es un área dedicada al estudio de las cualidades tóxicas de los medicamentos, márgenes de seguridad, riesgos que comporta su uso, reacciones adversas, etc., tanto de forma inmediata como a largo plazo.
- **Toxicología Alimentaria o Bromatológica:** Es aquella que estudia las intoxicaciones causadas por alimentos que han sufrido alteraciones que los hacen perjudiciales para el

organismo. Tales alteraciones pueden deberse a:

- Por un lado, la contaminación de los alimentos por sustancias químicas voluntariamente añadidas por el fabricante (aditivos). Entre estas sustancias se encuentran los agentes conservadores, acondicionadores organolépticos, colorantes, hormonas, antisépticos, etc., que pueden producir fenómenos tóxicos a corto o a largo plazo.
- O, por contaminación ambiental, producida por residuos de insecticidas, especialmente organoclorados, que por su persistencia se encuentran en los alimentos de procedencia vegetal y animal (p.ej. leche) y que se acumulan en tejidos grasos.
- **Toxicología Forense o Judicial:** Se centra en el estudio de los envenenamientos, es decir, en la penetración de un compuesto tóxico o agente externo en el organismo de forma accidental o intencionada. Para investigar su etiología se requiere un análisis toxicológico de los órganos o residuos de tóxicos presentes en los organismos.
- **Toxicología Ambiental:** Se centra en el estudio de las intoxicaciones causadas por sustancias químicas presentes en el ambiente que nos rodea (aire, agua, suelo) y que penetran en el organismo por distintas vías.
- **Toxicología Industrial o Laboral:** Se puede definir como aquella rama de la Toxicología dedicada al estudio de las alteraciones generadas en el organismo por el contacto con los distintos agentes tóxicos presentes en el puesto de trabajo. Se ocupa, por tanto, de las intoxicaciones de origen laboral y del análisis de los mecanismos de acción de los tóxicos dentro del organismo, así como de la prevención de sus efectos, a fin de eliminar, o al menos disminuir, las acciones perjudiciales que pueden provocar, evitando así que se manifieste una alteración, a veces irreversible en los procesos vitales de la población trabajadora, que pueden conducir al deterioro de su salud.

Por tanto, la finalidad de la Toxicología Industrial es obtener los conocimientos e informaciones necesarias sobre las alteraciones biológicas y toxicidad que las sustancias químicas ejercen sobre el organismo, con objeto de evitar sus riesgos y consecuentemente conseguir un estado óptimo de salud entre los/as trabajadores/as expuestos. De modo que, se utiliza como un medio eficaz para evitar el deterioro de la salud que puede verse dañada como consecuencia del trabajo.

Por consiguiente, para evitar que se generen daños en la salud de los/as trabajadores/as, esta rama de la toxicología estudia los efectos tóxicos, la peligrosidad y las propiedades fisicoquímicas de las sustancias utilizadas en los diversos procesos industriales. Fundamentalmente, son tres los procedimientos utilizados en Toxicología para llegar a conocer cuáles son los efectos adversos que una determinada sustancia puede causar en el ser humano:

- Experimentación animal y posterior extrapolación de los resultados a los individuos.
- Encuestas epidemiológicas y,
- Analogía química.
- A veces, con las precauciones necesarias y una vez conocidos los resultados dados por estos medios, se procede a la experimentación humana con voluntarios, en aquellos casos en los que se tiene la certeza de que no se va a desencadenar en el sujeto una alteración irreversible.

Pero, además, para poder definir *medidas de control de contaminantes en los lugares de trabajo*,



se requiere en primer lugar conocer las concentraciones de tóxicos que no presenten riesgos para el ser humano, tanto en el medio laboral, como en el organismo, para lo cual se utilizan técnicas experimentales distintas.

- El primer procedimiento consiste en un control de contaminantes en el medio de trabajo. Para ello se requiere fijar unos límites tolerables de exposición a contaminantes en el aire que respira el/la trabajador/a, de tal forma que, si no se sobrepasan, se presupone que no existe riesgo de sufrir efectos adversos en sujetos con unas condiciones normales de salud. Esto requiere un control analítico del aire y admitir que el tóxico penetra en el organismo sólo por vía respiratoria.
- Un segundo método es analizar la cantidad del xenobiótico, o de su producto metabolizado por el organismo, en los fluidos biológicos de las personas trabajadoras. También aquí se hace necesario fijar unos límites máximos de concentraciones en los distintos fluidos de tal forma que no deben alcanzarse, y por debajo de ellos se presupone igualmente, que una persona en condiciones normales de salud no sufre una alteración irreversible que conduzca a la enfermedad. En este caso se evalúa todo el contaminante, sea cualquiera su vía de penetración y su origen. De aquí que para su utilización como medio de control de una enfermedad profesional requiera tomar precauciones especiales.

Una vez conocidos los niveles de concentraciones, en el medio y en el organismo, si se consideran excesivos, deberán tomarse las medidas de control apropiadas para disminuirlos, campo del que se ocupa la *Higiene Industrial Operativa*.

## **2. CLASIFICACIÓN DE LOS CONTAMINANTES**

Desde un punto de vista extenso, se entiende por *contaminante* a un producto químico, una energía o un ser vivo que, en cantidad o concentración suficiente puede alterar la salud de las personas que entran en relación o contacto con él.

Dicho esto, hay que considerar que no existe una clasificación que con carácter general permita agrupar a todas las sustancias que posean algún tipo de actividad tóxica. Sin embargo, se pueden citar diversos criterios que han servido para clasificarlos, tales como:

- *Su naturaleza, estructura química y estado físico* en que se presentan en el ambiente, teniendo en cuenta que estos factores, entre otros, determinan la forma en que actúan en el organismo.

Así, según su estado físico se pueden distinguir:

- Gases y vapores: se encuentran en el ambiente en forma de partículas aisladas.
- Polvos: son partículas sólidas de tamaño variable que pasan al ambiente a consecuencia de un proceso mecánico.
- Humos: son partículas sólidas dispersas en el ambiente a consecuencia de un proceso térmico.
- Nieblas: son partículas líquidas que se encuentran en el ambiente como consecuencia de un proceso mecánico o de la condensación de un vapor.

Las partículas sólidas y líquidas tienden a formar sistemas dispersos en el aire, más o menos estables, conocidos con el nombre de aerosoles. Por el contrario, los gases y vapores constituyen disoluciones verdaderas. Esta es una cuestión fundamental puesto

que esta diferencia es determinante de su absorción por parte del sujeto expuesto.

- *Usos y aplicaciones u objeto de su estudio:* medicamentos, productos industriales, productos domésticos, productos de uso agrícola, etc.
- *Acción fisiopatológica,* según: el lugar donde ejerzan su acción o los efectos que causen.
- *Mecanismos de acción celular y subcelular* (toxicología molecular).
- *Métodos para su análisis y determinación, etc.*

No obstante, la Higiene Industrial clasifica los contaminantes que se pueden presentar en el ambiente de los puestos de trabajo atendiendo a su naturaleza en *químicos, físicos y biológicos*.

- **Contaminantes químicos:** son los constituidos por materia inerte (orgánica, inorgánica, natural o sintética), en cualquiera de sus estados de agregación (sólido, líquido o gas), cuya presencia en la atmósfera de los lugares de trabajo puede desencadenar alteraciones en la salud de las personas expuestas debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se presenta en el lugar de trabajo.

Pueden clasificarse, de acuerdo con el **Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP)**, en tres categorías de peligro: peligros físicos (debidos a sus propiedades fisicoquímicas), peligros para la salud (debidos a sus propiedades toxicológicas) y peligros para el medio ambiente, quedando distribuidas de la siguiente manera:

*Peligros físicos:*

- Explosivos.
- Sustancias inflamables y muy inflamables: gases, líquidos, sólidos, aerosoles.
- Sustancias comburentes: gases, líquidos, sólidos.
- Sustancias que liberan gases tóxicos.
- Gases a presión.
- Sustancias o mezclas autorreactivas.
- Líquidos y sólidos pirofóricos.
- Sustancias y mezclas que experimentan calentamiento espontáneo.
- Sustancias y mezclas que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.
- Peróxidos orgánicos.
- Corrosivos para metales.

*Peligros para la salud:*

- Toxicidad aguda.
- Corrosión/irritación cutánea.
- Lesiones oculares graves/irritación ocular.
- Sensibilización respiratoria y cutánea.
- Mutagenicidad.

- Carcinogenicidad.
- Toxicidad para la reproducción o con efectos sobre la lactancia o a través de ella.
- Toxicidad específica en determinados órganos tras una exposición única.
- Toxicidad específica en determinados órganos tras exposiciones repetidas.
- Peligro por aspiración.
- Alteración endocrina para la salud humana\*

\*El Reglamento (UE) 2023/707 de la Comisión, de 19 de diciembre de 2022, modifica el Reglamento CLP en lo relativo a las clases de peligro y a los criterios para la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. Para la aplicación e introducción de estas modificaciones, establece un ámbito de aplicación temporal (uno para sustancias y otro para mezclas) determinado.

En este sentido, una de las clases de peligro que introduce este Reglamento es la de "alteración endocrina para la salud humana".

*Peligros para el medioambiente:*

- Peligrosos para el medioambiente acuático.
- Peligrosos para la capa de ozono.
- Alteración endocrina para el medio ambiente\*
- Persistente, bioacumulable y tóxica (PBT) o muy persistente y muy bioacumulable (mPmB)\*
- Persistente, móvil y tóxico (PMT) o muy persistente y muy móvil (mPmM)\*

\*Igualmente, el Reglamento (UE) 2023/707, introduce las siguientes clases de peligro para el medioambiente: "alteración endocrina para el medio ambiente; persistente, bioacumulable y tóxica o muy persistente y muy bioacumulable; y, persistente, móvil y tóxico o muy persistente y muy móvil".

- **Contaminantes físicos:** son distintos estados o formas de energía, que tienen la capacidad de causar daños en la salud y seguridad de los/as trabajadores/as. Entre ellos se incluyen:
  - El ruido.
  - Las vibraciones.
  - Las radiaciones ionizantes y no ionizantes, etc.
- **Contaminantes biológicos:** son microorganismos, incluyendo los genéticamente modificados, los cultivos celulares y los endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. Entre los contaminantes biológicos se encuentran:
  - Virus.
  - Bacterias.
  - Endoparásitos humanos (protozoos y helmintos).

- Hongos.
- Productos o sustancias secretadas o liberadas por algunos agentes biológicos con capacidad patógena para humanos, como, por ejemplo: endotoxinas, micotoxinas, exotoxinas, glucanos, etc., siempre que su presencia en el ambiente laboral se deba a la presencia del agente biológico que la produce.

### 3. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DE LOS EFECTOS TÓXICOS

#### Concepto de efectos tóxicos

En un sentido amplio, se puede definir *efecto* como la manifestación o conjunto de manifestaciones observables en el individuo, producidas por modificaciones de las funciones del organismo a nivel celular, bioquímico o molecular, ejercidas por la acción tóxica.

De modo que, se entiende por *efectos tóxicos* a aquellos resultados nocivos consecuentes a la acción del tóxico, que se manifiestan por una alteración del equilibrio fisiológico del organismo. Esta alteración puede conllevar una reducción de la capacidad funcional, una reducción de la posibilidad de adaptación a tensiones complementarias o de la homeostasis, así como una susceptibilidad aumentada a otros factores del ambiente. Dicho de otra manera, tales *efectos tóxicos* son un conjunto de manifestaciones observables en un individuo, que pueden ser causadas por distintos tipos de contaminantes como consecuencia de las alteraciones o cambios perjudiciales que producen en el organismo. Estos efectos pueden ser enormemente variados en cuanto a su naturaleza, intensidad, agentes que los producen, mecanismos bioquímicos subyacentes, como también lo pueden ser los tipos de organismos afectados.

La capacidad de producir efectos biológicos adversos, característica de los tóxicos, se manifiesta una vez que éstos alcanzan un punto del cuerpo susceptible a su acción. Por tanto, la acción tóxica se producirá en algún momento durante el transcurso de la presencia del tóxico en el organismo, siguiendo las fases de exposición, absorción, distribución, metabolismo y eliminación. El efecto adverso se concretará a nivel celular en forma de algún cambio biológico, que terminará por afectar al órgano al que pertenecen las células.

En este sentido y para finalizar, también se puede definir el *efecto tóxico crítico*, como el cambio biológico más sensible y específico más allá de la variación fisiológica aceptable; empleándose aquí el término crítico con sentido de cambio producido hacia una situación adversa.

#### Clasificación de efectos tóxicos

Al igual que ocurre con los agentes tóxicos, los efectos que provocan pueden ser clasificados en diferentes grupos de acuerdo con los criterios que se sigan para calificarlos: magnitud de las características de los síntomas clínicos observados, tiempo de aparición de los síntomas, origen de ellos...

- En relación con la magnitud de los síntomas en los individuos afectados, pueden clasificarse según tres grados de intensidad: **leves, moderados y severos**.
- De acuerdo con el momento de su aparición tras la administración de la dosis (entendiéndose por *dosis* la cantidad de tóxico absorbida por el organismo) y del patrón de exposición, los efectos se clasifican en **inmediatos y retardados**. Algunas sustancias producen efectos tóxicos en pocos minutos, mientras que otras muestran una acción nociva más retardada, manifestada después de un cierto periodo de tiempo.

- Por otro lado, las alteraciones producidas en el organismo como consecuencia de la penetración de un xenobiótico suelen ofrecer un cuadro clínico cuyos síntomas están normalmente relacionados con el tiempo de acción del tóxico, distinguiéndose así **efectos agudos, subagudos y crónicos**.
  - Los **efectos agudos** se manifiestan cuando ha tenido lugar una alteración grave en el organismo, y se manifiesta en un corto período de tiempo, pudiendo evolucionar a un estado irreversible e incluso la muerte del sujeto.
  - **Efectos subagudos**: la intoxicación sigue su curso subclínico, es decir, sin que sus síntomas se presenten de inmediato de un modo aparente, aunque sí se producen alteraciones a distintos niveles bioquímicos.
  - Los **efectos crónicos** tienen lugar cuando el tóxico penetra en pequeñas dosis repetidas durante un largo período de tiempo de la vida del sujeto. Esta manifestación tardía se debe fundamentalmente a dos causas: a la acumulación del tóxico en ciertas partes del organismo, o a la exposición repetida al tóxico.
- Según la capacidad del órgano o tejido lesionado para regenerarse o recuperar su estado normal después de la exposición, se puede hablar de **efectos reversibles e irreversibles**. En el primer caso, se restituye la situación normal cuando el tóxico desaparece, mientras que, en el segundo el daño producido resulta irreparable.
- En relación con los órganos afectados, se puede hablar de **efectos tóxicos locales y sistémicos**. Los tóxicos locales son aquellos que ejercen su acción en el punto o zona de contacto con el organismo (por ejemplo, las sustancias irritantes), mientras que los tóxicos sistémicos son aquellos agentes que para ejercer su acción requieren previamente un proceso de absorción y distribución hasta un punto o zona distante del organismo donde ejerce su acción (órganos diana). Aunque muchos agentes pueden presentar ambos tipos de acción.

No obstante, para aquellos tipos de efectos que están formalmente establecidos, hay que basarse en la clasificación actual recogida en el Reglamento CLP sobre sustancias químicas peligrosas, en función de los efectos causados sobre la salud, distinguiendo entre:

- Toxicidad aguda.
- Corrosión/ Irritación cutánea.
- Lesiones oculares graves/irritación ocular.
- Sensibilización respiratoria/cutánea.
- Mutagenicidad (en células germinales).
- Carcinogenicidad.
- Toxicidad para la reproducción o con efectos sobre la lactancia o a través de ella.
- Toxicidad sistémica específica en órganos diana después de una exposición única.
- Toxicidad sistémica específica en órganos diana después de exposiciones repetidas.
- Peligro por aspiración.
- Alteración endocrina para la salud humana.

Por último, hay que tener en cuenta que en el medio ambiente profesional y/o general, la población trabajadora puede estar expuesta simultánea o consecutivamente a diversos agentes

físicos y químicos. A su vez, hay otros factores individuales que pueden hacer más frecuente que tenga lugar una exposición múltiple o combinada a distintos agentes, tales como: la ingesta de fármacos, el consumo de tabaco, alcohol y otras drogas, la ingesta de alimentos con aditivos, etc.

Los agentes físicos y químicos pueden interactuar entre sí en cada fase de los procesos toxicocinéticos y/o toxicodinámicos, con el resultado de tres posibles efectos:

- **Independientes:** Cada agente produce un efecto distinto debido a que sus mecanismos de acción son distintos.
- **Sinérgicos:** El efecto combinado es mayor que el de cada agente por separado. Aquí se pueden distinguir dos tipos:
  - a) *Aditivo*, cuando el efecto combinado es igual a la suma de los efectos producidos por separado por cada agente, y
  - b) *Potenciador*, cuando el efecto combinado es mayor que la suma de los efectos individuales.
- **Antagónicos.** El efecto combinado es menor que la suma de los efectos individuales.

De manera que cuando los/as trabajadores/as están expuestos de manera simultánea o consecutiva a dos o más tóxicos es necesario considerar la posibilidad de que existan algunos efectos combinados, que pueden estimular o atenuar los procesos toxicocinéticos.

#### **4. TOXICOCINÉTICA: ABSORCIÓN, DISTRIBUCIÓN, DEPÓSITO, METABOLIZACIÓN Y ELIMINACIÓN**

La **toxicocinética** estudia todos los procesos y factores involucrados desde que el contaminante (xenobiótico) alcanza la circulación sistémica hasta que él mismo o algunos de sus metabolitos se elimina.

Así, se puede decir que tiene como objetivo la cuantificación de los procesos de **absorción, distribución, metabolismo y eliminación**, mediante el uso de modelos matemáticos, que permiten establecer relaciones entre las concentraciones del xenobiótico o sus metabolitos en determinados órganos o tejidos del organismo, y las concentraciones o cantidades de xenobiótico a las que ha estado expuesto el/la trabajador/a y el tiempo transcurrido desde la exposición.

De manera que, para una determinada vía de entrada en el organismo y un xenobiótico concreto, las variables que se interrelacionan en los estudios toxicocinéticos son la dosis o concentración (según el tipo de estudio), la zona orgánica considerada (órgano, tejido o líquido biológico) y el tiempo.

A continuación, se tratarán los distintos procesos que intervienen en la toxicocinética, teniendo en cuenta que la forma en que actúa el organismo sobre cada agente es característica para cada uno de ellos. En determinados casos, cuando los compuestos tienen propiedades fisicoquímicas parecidas, puede haber ciertas similitudes, aunque también puede actuar de forma muy distinta.

- **Absorción:**

Es el proceso por el que un agente tóxico o xenobiótico atraviesa las membranas que



recubren el cuerpo, accediendo en el organismo al sistema circulatorio.

Principalmente, se pueden distinguir tres vías de entrada: la **digestiva**, la **respiratoria o inhalatoria** y la **cutánea**, dependiendo del lugar donde se produzca la entrada al organismo, siendo respectivamente, el tracto digestivo, las vías respiratorias, o la piel. Las vías de entrada más frecuentes en el ámbito laboral son la inhalatoria y la dérmica.

- a) La *vía inhalatoria* constituye la ruta de absorción más frecuente y de mayor transcendencia en *Toxicología Laboral*. Es también la vía más rápida, al menos para gases, vapores de líquidos volátiles y aerosoles líquidos, puesto que el epitelio alveolar es muy fino, la superficie absorbente grande y está muy vascularizada. Los factores que afectan a la entrada por vía respiratoria son la cantidad de sustancia presente en el aire y la forma física de la sustancia.
- b) La *vía digestiva o gastrointestinal* como vía de incorporación de sustancias tóxicas al medio interno, generalmente se considera de escasa importancia en el ámbito laboral. Sin embargo, en ciertos casos de exposición a determinados tipos de polvos tóxicos (p.ej. Pb) la absorción por esta vía puede tener gran relevancia.

En estos supuestos, se puede producir la ingestión del agente por penetración accidental en la boca o bien por la ingestión de partículas insolubles inhaladas, que alcanzan la boca por acción del aparato mucociliar que arrastra el moco con las partículas y pueden acabar siendo deglutidas.

Principalmente, hay que tener en cuenta esta vía de entrada cuando existen conductas de trabajo inadecuadas (comer, beber o fumar en el puesto de trabajo) y no se mantiene una buena higiene personal.

- c) La *vía dérmica o cutánea*. El tóxico que penetra por esta vía necesita atravesar la barrera multicelular que constituye la piel hasta alcanzar el torrente sanguíneo. Algunos de los factores que influyen en la absorción por esta vía son:
  - Factores propios del tóxico: la solubilidad en agua y en lípidos es un factor determinante, siendo principalmente los tóxicos liposolubles mejor absorbidos, ya que penetran con mayor facilidad la barrera de la piel; el tamaño del tóxico y el grado de ionización; el uso, laboral o extralaboral, de algunas sustancias químicas puede variar la permeabilidad cutánea; etc.
  - Factores fisio-anatómicos: como la morfología de la piel (espesor, vello...), la integridad y condición de la piel, la hidratación, la temperatura/humedad, etc.
- d) Finalmente, cabe hacer una breve mención a la **vía parenteral**, que es poco frecuente, y tiene lugar por la penetración de los contaminantes a través de algún tipo de discontinuidad existente en la piel producida por una lesión traumática como puede ser una herida o pinchazo.

- **Distribución:**

Cuando el agente tóxico ha sido absorbido y por tanto se encuentra ya en la sangre, puede ser transportado a todo el organismo. La facilidad con la que un agente llega a un órgano o tejido está determinada por su riego sanguíneo, y la facilidad con que penetre en su interior depende de su capacidad para atravesar las paredes de las células que lo constituyen.

Las sustancias se distribuyen de forma homogénea o de forma selectiva, ya que pueden existir tejidos con afinidad distinta por el tóxico. Los tóxicos pueden acumularse en los tejidos por los que tengan mayor afinidad, que pueden o no coincidir con el lugar donde ejercen su acción tóxica.

- **Depósito:**

La acumulación del tóxico en los tejidos de depósito es capaz de prolongar sus efectos tras cesar la exposición debido a la liberación progresiva del producto acumulado, ya que el tóxico acumulado está en equilibrio con el tóxico del plasma y se va liberando a medida que se metaboliza o se elimina.

Esta acumulación aumenta el tiempo de permanencia del tóxico en el organismo, el cual se estima a partir de su vida media biológica, entendiéndose ésta como el tiempo necesario para que la cantidad de tóxico en el organismo se reduzca a la mitad.

Hay que tener en cuenta que diferentes metabolitos del mismo tóxico pueden tener diferentes vidas medias, porque la velocidad de eliminación no sea igual para todos ellos.

Conociendo la vida media de un tóxico se puede saber el tiempo necesario para que se elimine del organismo un determinado porcentaje del mismo.

Así los tóxicos se clasifican según el valor de la vida media en:

- Acumulativos: despreciable o nula velocidad de eliminación, pudiéndose acumular en un compartimento interno (p.ej. los plaguicidas organoclorados en tejido adiposo) o en uno externo (p.ej. sílice en los pulmones).
- No acumulativos: tienen una velocidad de eliminación alta (p.ej. metanol).
- Parcialmente acumulativos: se eliminan lentamente (p.ej. algunos metales).

- **Metabolización/Metabolismo:**

Hace referencia a la biotransformación de los tóxicos que han penetrado en el organismo. Aunque algunas sustancias son eliminadas sin sufrir transformación alguna (es decir, de forma inalterada), lo habitual es que sufran transformaciones a fin de disminuir su toxicidad y aumentar su solubilidad en agua, facilitando así su eliminación. Aunque en algunas ocasiones sucede lo contrario y el xenobiótico se transforma en una sustancia más activa que la que ha sido absorbida.

Además, hay que tener en cuenta que un compuesto puede tener diferentes rutas metabólicas y no necesariamente la ruta mayoritaria tiene por qué ser la principal desde el punto de vista tóxico.

- **Eliminación:**

Los tóxicos o sus metabolitos pueden ser eliminados del organismo por diversas vías:

- Renal.
- Respiratoria: exhalación, expectoración.



- Biliar.
- Secreción glandular: sudor, saliva, leche.
- Pelo y uñas.
- Heces.

La mayoría de los compuestos se eliminan en gran proporción por la orina. Los productos volátiles son eliminados en parte por vía respiratoria, en un proceso contrario al de su absorción. Algunos son eliminados por la bilis, en cuyo caso pueden ser reabsorbidos por el intestino, prolongándose así la permanencia en el organismo.

No obstante, un compuesto puede eliminarse por más de una vía.

Como consecuencia de todos los procesos implicados en la *fase toxicocinética*, puede afirmarse que en la sangre circulante puede encontrarse el xenobiótico bajo formas activas, adecuadas para su biodisponibilidad, distribuyéndose hasta alcanzar el lugar de acción, teniendo así lugar la **fase toxicodinámica**.

## 5. TOXICODINÁMICA

La **fase toxicodinámica** es la última de las implicadas en el desarrollo del fenómeno tóxico como respuesta a las interacciones entre las formas biodisponibles de los xenobióticos, o de sus metabolitos y los sistemas biológicos.

Son muchos los factores que influyen en los procesos toxicocinéticos y toxicodinámicos que se producen a nivel molecular-celular, y que cabe dividir en dos grupos básicos:

- a) La constitución química y las propiedades fisicoquímicas de los tóxicos.
- b) La estructura de la célula, especialmente las propiedades y función de las membranas que la rodean y sus orgánulos interiores.

En esta fase se integran diversos mecanismos de interacción entre los tóxicos con lugares de acción específicos en las células o dentro de ellas (unión a receptores, que pueden ser ácidos nucleicos (ADN, ARN); proteínas estructurales, libres o formando parte de las membranas; enzimas; lípidos, etc.), que son las vías a través de las cuales se induce el efecto tóxico.

Como consecuencia de esta interacción aparece una lesión, que puede tener lugar a diferentes niveles, según se produzca la **afectación de la integridad de la estructura celular** o bien la **alteración de la función celular**. En este sentido, hay que tener en cuenta que una afectación puede conducir a la otra y viceversa, puesto que una lesión celular ocasionará por norma general un déficit funcional, en tanto que una alteración funcional podrá acabar afectando a la integridad estructural.

Por tanto, de manera simplificada se puede afirmar que las acciones tóxicas de los xenobióticos en el organismo se pueden resumir en dos grupos:

- Las que afectan a la **estructura celular**: alteración de órganos subcelulares (retículo endoplasmático, mitocondrias, ribosomas, lisosomas), alteración de las membranas, etc. En estos casos los efectos nocivos son irreversibles, y normalmente letales para las células.
- Las que afectan a la **función de las células** de un órgano, incidiendo en el

funcionamiento del mismo, y, en algunos casos, desencadenando síntomas clínicos. Generalmente los efectos causados a nivel funcional son potencialmente reversibles, y pueden darse por alteración de la permeabilidad de las membranas, por modificación de la actividad enzimática, por cambios en la reproducción celular, etc.

Existen diversas razones por las que los efectos tóxicos resultan ser específicos de un órgano determinado:

- Por reacción específica del tóxico con los receptores de ese órgano.
- Por una distribución desigual en el organismo.
- Porque el metabolito tóxico se forma en ese órgano y no en otro.

En cambio, existen sustancias capaces de afectar a varios órganos.

En resumen, se pueden distinguir tres posibilidades cuando un xenobiótico entra en contacto con el organismo:

- Que se elimine rápidamente, sin que se afecten las funciones del organismo.
- Que se fije y acumule en un tejido por el que tenga mayor afinidad. La acumulación es capaz de prolongar los efectos del tóxico ya que el tóxico acumulado está en equilibrio con el tóxico del plasma y tras cesar la exposición se libera de forma progresiva.
- Que produzca un efecto nocivo o tóxico, bien por su naturaleza química, bien porque la biotransformación le ha convertido en una estructura tóxica. En cualquier caso, el efecto que aparece puede ser provocado por la asociación entre el tóxico y el receptor, que unas veces puede ser reversible y entonces permanece solamente mientras exista tal asociación, o bien se trata de una asociación irreversible que hace irreparable el daño ocasionado.

Desde luego, existen muchos modos por los que un organismo vivo puede responder a la acción de un xenobiótico, pero también el tipo de respuesta va a depender de numerosos factores.

Se puede concluir, por tanto, que la **toxicodinámica** tiene como objetivo de estudio los propios efectos producidos según las diversas formas y condiciones de exposición. Por procedimientos adecuados se pueden obtener conjuntos de curvas que expresen la relación dosis-efecto y, puesto que ésta concierne a distintos aspectos, tales curvas pueden representar:

- a) Diferentes tipos de efectos en la exposición a un agente determinado.
- b) Efectos similares causados por agentes distintos.
- c) Un efecto causado por un determinado agente en distintas especies animales o (grupos de) personas, y
- d) Un efecto causado por un agente determinado en diferentes períodos de la vida (edad, embarazo, enfermedad...).

Más concretamente, en el siguiente epígrafe se tratarán las curvas que expresan la relación dosis-efecto y dosis-respuesta.

## **6. RELACIÓN DOSIS-EFECTO Y DOSIS-RESPUESTA**

En primer lugar, hay que hacer una distinción entre los términos **efecto** y **respuesta**, ya que a veces se utilizan como sinónimos, pero no lo son. Se entiende como **efecto** cualquier cambio

producido por una sustancia química sobre un sistema biológico concreto. Una misma sustancia puede dar lugar a efectos muy diversos siempre en función de las dosis a las que actúe. En cambio, el término **respuesta** debe ser interpretado como la proporción de individuos de una población que manifiestan los efectos nocivos.

Sin duda, tanto los efectos como las respuestas son una consecuencia de la actividad de una sustancia química dentro del organismo.

Considerando las relaciones entre la dosis y la reacción resultante, se pueden distinguir dos posibilidades:

- a) La relación dosis-efecto.
- b) La relación dosis-respuesta.

Ambas relaciones pueden representarse gráficamente, constituyendo las denominadas curvas de dosis-efecto y dosis-respuesta.

Por otro lado, el término **dosis** suele definirse como la cantidad de un xenobiótico que entra en un organismo. En este caso, la dosis se expresa como **dosis de exposición**, que es la concentración en el aire del contaminante que se inhala durante un determinado período de tiempo.

- a) **Relación dosis-efecto:** es la correspondiente entre la dosis de exposición y la magnitud de un efecto específico resultante en un individuo determinado. La curva dosis-efecto de una sustancia para un individuo proporciona una medida de la reacción de dicho individuo. Las características de estas curvas se explican basándose en la interacción entre el tóxico y los lugares de acción, los receptores.

En este sentido, se pueden distinguir dos parámetros:

- La concentración en los receptores, que viene determinada por la dosis a la que se produce un cierto efecto, y
- La magnitud del efecto máximo que se puede alcanzar con una sustancia.

En principio, una sustancia debe tener una cierta afinidad por los receptores específicos para ser capaz de producir un efecto. La afinidad se puede estimar a partir de la dosis necesaria para producir un efecto determinado. Cuando la dosis es alta, la afinidad es pequeña y viceversa. Además, es necesario que la sustancia sea capaz de producir cierto cambio en los receptores que desencadenen una serie de reacciones cuyo resultado sea el efecto. Esto último se conoce como la actividad intrínseca de la sustancia y determina la magnitud del efecto máximo que se puede obtener con un determinado compuesto.

- b) **Relación dosis-respuesta:** es la correspondiente entre la dosis de exposición y la proporción de individuos, dentro de un grupo de sujetos definido, que presentan un efecto específico con una magnitud determinada. Así, se determina qué porcentaje de la población expuesta presenta el efecto definido con una cierta dosis de la sustancia.

Los resultados se pueden expresar como una curva dosis-respuesta representando el número total de individuos que han reaccionado como porcentaje del número total frente a la dosis.

En dicha curva, la dosis a la que reaccionan el 50% de los individuos (la media) se puede utilizar como una medida de la actividad (Dosis Efectiva 50, DE50), la toxicidad (Dosis tóxica 50, TD50) o la mortalidad (Dosis Letal 50, DL50) de la sustancia investigada.

Así, con el fin de fijar el potencial tóxico de una sustancia, se determina la toxicidad aguda, para lo cual se calcula, según la respuesta a estudiar, las llamadas DE50 y DL50, sea cualquiera la vía de entrada del tóxico en el organismo, excepto para la vía respiratoria, para la que se utiliza la concentración efectiva 50 (CE50) o concentración letal 50 (CL50).

En general, para la mayoría de los agentes químicos, el conocimiento completo de estas relaciones permite la determinación de la dosis máxima con la que no se observa respuesta en condiciones definidas, es decir, el **nivel umbral de respuesta**.

Desde el punto de vista de la prevención de los riesgos higiénicos, los índices de toxicidad DL50, e incluso los índices CL50, no son de gran utilidad práctica, ya que no permiten deducir unos niveles admisibles de exposición.

Para establecer unas adecuadas medidas preventivas sería preciso conocer las relaciones dosis-efecto y dosis-respuesta de cada posible contaminante, principalmente en el punto referente a valores umbral de respuesta, para poder deducir los niveles máximos de concentración ambiental que no producen efectos nocivos ni desagradables bajo una exposición crónica. El conocimiento de estas relaciones no es fácil, ni es siempre posible la determinación de los umbrales de respuesta, dado el amplio margen de la sensibilidad del organismo humano. Por estos motivos, los indicados niveles deben establecerse en función de toda la información alternativa disponible, sea toxicológica, epidemiológica o clínica.

De este modo se han elaborado varias listas de niveles ambientales admisibles, tales como los **Valores límites umbral** o "*Threshold Limit Values*" (TLV) elaborada por la "*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*" (ACGIH) de EE.UU, o los **valores MAK** (Concentraciones máximas admisibles) alemanes, entre otros.

Finalmente, cabe mencionar que otro modo de realizar una valoración específica de la exposición, con finalidad preventiva, se basa en el establecimiento de los denominados Valores límite biológicos (VLB). Estos valores representan cantidades máximas de contaminantes (o sus efectos) a los que el/la trabajador/a puede estar expuesto sin peligro para su salud o bienestar, estimadas mediante determinaciones efectuadas en sus tejidos, fluidos biológicos o aire exhalado. Estas determinaciones biológicas pueden proporcionar dos tipos de información útil para el control de la exposición de la población trabajadora: una estimación de la exposición interna al tóxico, cuya correlación con los efectos es mejor que la que presenta la exposición externa, o una medida de la respuesta individual del/de la trabajador/a. El primer caso corresponde a las determinaciones del contaminante o sus metabolitos, y el segundo a las determinaciones de algún tipo de efecto.

Por lo que, tanto los VLB como los procedimientos para determinar la conformidad con los mismos, pueden ser considerados como una herramienta muy útil para la evaluación por exposición a agentes químicos.

## **TEMA 47**

### **LEGISLACIÓN SOBRE REGISTRO, EVALUACIÓN, AUTORIZACIÓN Y RESTRICCIÓN DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS. LEGISLACIÓN SOBRE CLASIFICACIÓN, ENVASADO Y ETIQUETADO DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS. CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS. MECANISMOS DE INFORMACIÓN: ETIQUETAS. FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD**

El tema que a continuación se desarrolla aborda los aspectos más importantes sobre la normativa de comercialización y de clasificación y etiquetado de las sustancias y mezclas químicas en la UE. Se establecen los criterios para la clasificación de las sustancias en función de la naturaleza y peligrosidad, teniendo en cuenta los mecanismos de información disponibles para la correcta identificación de las mismas.

#### **1. LEGISLACIÓN SOBRE REGISTRO, EVALUACIÓN, AUTORIZACIÓN Y RESTRICCIÓN DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS**

La normativa que regula la comercialización de sustancias y mezclas químicas es el Reglamento CE nº 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas química (Reglamento REACH) el cual establece un registro único de todas las sustancias químicas que se fabrican o se comercializan. Se trata de un Reglamento "vivo", cuyos anexos se modifican periódicamente, en el caso de incluir nuevas sustancias en el anexo XIV (Lista de sustancias sujetas a autorización) o de modificar o añadir alguna restricción en el anexo XVII, el cual establece restricciones a la fabricación, comercialización y uso para determinadas sustancias, mezclas y artículos peligrosos.

Los aspectos más relevantes del reglamento REACH son los siguientes:

- Todas las sustancias químicas fabricadas o comercializadas en la UE, tanto si se usan solas, en mezclas o forman parte de un artículo, son objeto del Reglamento, excepto a las que se excluye expresamente.
- Todas las sustancias fabricadas o importadas en más de 1 t/año se deben registrar, aportando información para poderlas gestionar con seguridad y pagando las tasas establecidas.
- Los usuarios de productos químicos deben comunicar a sus suministradores los usos que dan a aquéllos y transmitir la información para su uso seguro a sus clientes.
- La herramienta fundamental de transmisión de la información es la ficha de datos de seguridad (FDS) que contiene más y mejor información sobre el producto químico, sus usos, el riesgo asociado y las medidas de control del mismo.
- Las empresas que registren las mismas sustancias deben compartir la información a través de los foros de intercambio de información sobre las sustancias (SIEF).
- Las sustancias que se considere conveniente son sometidas a evaluación.

- Se ha creado un registro único que agrupa a todas las sustancias y en el que constan todos los peligros asociados a sus distintos usos
- Las sustancias más peligrosas se someten a un proceso de autorización y se pueden prohibir o restringir su uso.
- El organismo encargado de la gestión del Reglamento es la Agencia Europea de Productos Químicos (ECHA) con sede en Helsinki, Finlandia.
- Se ha mantenido el sistema de ensayos existente anteriormente (Reglamentos 44/2008 y 761/2009) y se fomentan los que no emplean animales vertebrados.
- Todos los trámites se realizan informáticamente, empleando exclusivamente el idioma inglés y mediante programas específicos.

## **2. LEGISLACIÓN SOBRE CLASIFICACIÓN, ENVASADO Y ETIQUETADO DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS**

El Reglamento CE nº 1272/2008 sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. (Reglamento CLP) establece un nuevo sistema de identificación del riesgo químico. Busca aproximar las legislaciones sobre los criterios de clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas con el fin de unificar a nivel mundial las reglas de clasificación y etiquetado para facilitar el comercio mundial.

Esto se consigue mediante:

- Un nuevo sistema de clasificación de la peligrosidad de las sustancias y sus mezclas,
- El establecimiento de nuevas clases y categorías de peligro,
- El uso de unas palabras de advertencia que prefija el nivel de peligrosidad de la sustancia o mezcla,
- La introducción de nuevos pictogramas y una modificación exclusivamente formal de los existentes, desapareciendo la Cruz de San Andrés,
- La fijación de unas indicaciones de peligro (H), equivalentes, en parte, a las anteriores frases R y,
- La fijación de unos consejos de prudencia (P), que sustituyen a las anteriores frases S.

El Reglamento CLP también detalla el contenido de la etiqueta y las características que deben cumplir el envase o envases, en sus múltiples posibilidades.

## **3. CARACTERÍSTICAS DE PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS**

El Reglamento CLP recoge los tipos de peligros asociados a los productos químicos:

### **Peligros físicos**

#### Explosivos

Son aquellas sustancias (o mezclas) sólidas o líquidas que, de manera espontánea, por reacción química, pueden desprender gases a una temperatura, presión y velocidad que pueden



ocasionar daños a su entorno. Se dividen en 7 categorías: explosivos inestables y 6 divisiones de explosivos no clasificados como explosivos no inestables.

#### Inflamables

Las sustancias o mezclas inflamables se agrupan según sus características físicas en gases, líquidos, sólidos y aerosoles.

#### Comburentes

Son sustancias que, en contacto con otras, particularmente con inflamables, producen una reacción exotérmica.

muchas veces se identifican también como oxidantes, ya que esta es su clasificación desde el punto de vista químico. se agrupan también según sus características físicas en gases, líquidos y sólidos.

#### Gases a presión

Son gases comprimidos contenidos en recipientes a la presión de 200 kPa o superior o que están licuados o licuados refrigerados o bien disueltos. Se dividen en cuatro categorías.

#### Sustancias y mezclas que reaccionan espontáneamente (autorreactivas)

Las sustancias o mezclas que reaccionan espontáneamente son sustancias térmicamente inestables, líquidas o sólidas, que pueden experimentar una descomposición exotérmica intensa incluso en ausencia de oxígeno (aire). Se considera que una sustancia que reacciona espontáneamente tiene características propias de los explosivos si en los ensayos de laboratorio puede detonar, deflagrar rápidamente o experimentar alguna reacción violenta cuando se calienta en condiciones de confinamiento.

Se distribuyen en 7 categorías denominadas tipos A, B, C, D, E, F y G según las características del peligro y su comportamiento en ensayos de laboratorio.

#### Sustancias pirofóricas

Son sustancias o mezclas líquidas o sólidas que, aun en pequeñas cantidades, pueden inflamarse al cabo de 5 minutos de entrar en contacto con el aire. en el caso de los líquidos se incluyen aquellos que, cuando se vierten sobre un papel de filtro, provocan la carbonización o inflamación del mismo en menos de 5 minutos. Se clasifican en una categoría de líquidos y una categoría de sólidos.

#### Sustancias que experimentan calentamiento espontáneo

Son sustancias o mezclas sólidas o líquidas, que pueden calentarse espontáneamente en contacto con el aire sin aporte de energía. difieren de las pirofóricas en que solo se inflama cuando están presentes en grandes cantidades (kg) y después de un periodo de tiempo largo (horas o días).

El calentamiento espontáneo que experimenta en algunas sustancias o mezclas y que da lugar a que entren en combustión espontánea se debe a que reaccionan con el oxígeno del aire y a que el calor generado no se disipa en el ambiente con suficiente rapidez. la combustión espontánea se produce cuando la producción de calor es más rápida que su pérdida y se alcanza la temperatura de combustión espontánea. Se dividen en dos categorías.

#### Sustancias 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 se agrupan en 3 categorías según su velocidad de reacción en contacto con el agua y la velocidad de emanación del gas inflamable.

#### Peróxidos orgánicos

Pueden ser susceptibles de experimentar una descomposición explosiva, arder rápidamente, ser sensibles a los choques o a la fricción y reaccionar peligrosamente con otras sustancias. Se considerará que un peróxido orgánico tiene propiedades explosivas cuando, en un ensayo de laboratorio, pueda detonar, deflagrar rápidamente o mostrar un efecto violento al calentarlo en ambiente confinado. Se agrupan en 7 categorías denominadas tipos A, B, C, D, E, F y G según el tipo de peligro y su comportamiento en ensayos de laboratorio en cuanto a la capacidad de detonar o deflagrar en distintas condiciones ambientales.

#### Corrosivos para metales

Son sustancias o mezclas las cuales, por medio de una acción química, pueden dañar gravemente, o incluso destruir, los metales. Se clasifican en una única categoría.

### **Peligros para la salud**

#### Toxicidad aguda

La toxicidad aguda se asocia a las sustancias cuyos 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. Se dividen en 4 categorías según los valores que presenten de ETA (Estimación de la Toxicidad Aguda) que se calcula o estima a partir de la  $DL_{50}$  oral, la  $DL_{50}$  cutánea, o la  $CL_{50}$  por inhalación en el caso de gases, vapores y polvos o nieblas.

#### Corrosión/irritación cutánea

El efecto corrosión se asocia a sustancias capaces de generar la aparición de lesiones irreversibles en la piel, (una necrosis que alcanza la dermis), como consecuencia de su aplicación durante un período de hasta 4 horas. En cambio, el efecto irritación es el que causa la aparición de lesiones reversibles de la piel como consecuencia de su aplicación durante el mismo período de tiempo. Se dividen en 2 categorías: corrosivas e irritantes.

#### Lesiones oculares graves/irritación ocular

Se clasifican como sustancias causantes de lesiones oculares graves las que, como consecuencia de su aplicación en la superficie anterior del ojo, provocan daño en sus tejidos o un deterioro físico importante de la visión, no completamente reversible en los 21 días siguientes a la aplicación. En cambio, se clasifican como irritantes oculares las que en las mismas circunstancias producen alteraciones oculares totalmente reversibles en los 21 días siguientes a la aplicación. Se dividen en 2 categorías según se trate de efectos irreversibles o reversibles.

#### Sensibilización respiratoria/cutánea

Se clasifican como sensibilizantes las sustancias que, por inhalación o penetración cutánea, puedan ocasionar una reacción de hipersensibilización, de forma que una exposición posterior a esa sustancia o mezcla dé lugar a efectos negativos característicos. Los sensibilizantes respiratorios provocan una hipersensibilidad de las vías respiratorias después de ser inhalados,



mientras que los sensibilizantes cutáneos provocan una respuesta alérgica después de un contacto con la piel. Se dividen en dos categorías: respiratorios o dérmicos.

#### Mutagenicidad (en células germinales)

Se asocia el carácter mutagénico a las sustancias y mezclas que pueden producir efectos genéticos hereditarios o aumentar su frecuencia. Una mutación es un cambio permanente en la cantidad o en la estructura del material genético de una célula y se aplica tanto a los cambios genéticos hereditarios que pueden manifestarse a nivel fenotípico, como a las modificaciones subyacentes del ADN. Los términos mutagénico y mutágeno se utilizan para designar aquellos agentes que aumentan la frecuencia de mutación en las poblaciones celulares, en los organismos o en ambos. Se clasifican en 2 categorías: Categoría 1A o 1B y categoría 2.

#### Carcinogenicidad

La carcinogenicidad se asocia a sustancias o mezclas que inducen cáncer o aumentan su incidencia. Los carcinógenos se clasifican en 2 categorías: Categoría 1A o 1B y categoría 2.

#### Toxicidad para la reproducción y la lactancia

Esta clase incluye las sustancias causantes de efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de hombres y mujeres adultos y los efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes. Se consideran 3 tipos de efectos:

- Efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad
- Efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes
- Efectos sobre la lactancia o a través de ella

#### Toxicidad sistémica específica en órganos diana después de una exposición única

Esta característica de peligrosidad de las sustancias y mezclas hace referencia a la toxicidad no letal que se produce en determinados órganos tras una única exposición. Se incluyen todos los efectos significativos para la salud que pueden provocar alteraciones funcionales, reversibles, irreversibles, inmediatas y/o retardadas, siempre que dichos cambios sean relevantes para la salud humana. Se clasifican en 3 categorías, 1, 2 y 3.

#### Toxicidad sistémica específica en órganos diana después de exposiciones repetidas

Esta característica de peligrosidad de las sustancias y mezclas hace referencia a la toxicidad que se produce en determinados órganos tras una exposición repetida. Se dividen en 2 categorías: 1 y 2.

#### Peligro por aspiración

Se trata de sustancias o mezclas que pueden presentar un peligro de toxicidad por aspiración para el hombre. 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. Hay una sola categoría.

### **Peligros para el medio ambiente**

#### Sustancias peligrosas para el medio ambiente acuático

Las sustancias peligrosas para el medio acuático se clasifican según sus efectos agudos y crónicos. La toxicidad acuática aguda es la propiedad intrínseca de una sustancia de provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos tras una exposición de corta duración, mientras que

la toxicidad acuática crónica es la propiedad intrínseca que tiene una sustancia de provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos durante exposiciones que se determinan en relación con el ciclo de vida del organismo. Consta de 1 categoría de toxicidad aguda y 3 categorías de toxicidad crónica.

#### Sustancias peligrosas para la capa de ozono

Por sustancias peligrosas para la capa de ozono se entienden aquellas sustancias que, según las pruebas disponibles sobre sus propiedades y su destino y comportamiento en el medio ambiente, pueden suponer un peligro para la estructura o el funcionamiento de la capa de ozono estratosférico. Hay una sola categoría y no tiene asignado pictograma.

## **4. CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS**

Los criterios de clasificación de sustancias y mezclas están recogidos en el Reglamento CLP.

#### Clasificación de mezclas según sus peligros para la salud

Se establecen considerando los componentes relevantes y peligrosos que forman parte de las mismas. Para ello, se tendrán en cuenta los límites de concentración genéricos y específicos, en caso de existir, así como, cuando proceda, las fórmulas de adición de acuerdo con lo establecido en la parte 3 del Anexo I del Reglamento CLP.

#### **Toxicidad aguda**

La clasificación de una mezcla respecto a su toxicidad aguda se hace por etapas y depende de la cantidad de información disponible sobre la propia mezcla y sus componentes. Para ello, se tendrán en cuenta todas las vías de exposición, y se considerará solo una cuando esta sea la única utilizada para todos los componentes de la mezcla. Si se debe determinar la toxicidad aguda para más de una vía de exposición, se utilizará la categoría de peligro más grave, teniendo en cuenta toda la información disponible e identificando las vías de exposición relevantes.

Con el fin de utilizar todos los datos disponibles para clasificar los peligros de las mezclas, se han elaborado ciertas hipótesis, que se aplican, cuando corresponda, en el procedimiento por etapas:

1. Se consideran "componentes relevantes" de una mezcla aquellos que están presentes en concentraciones  $\geq 1\%$  (en p/p para sólidos, líquidos, polvos, nieblas y vapores y en v/v para gases), a menos que haya motivos para sospechar que un componente presente en una concentración inferior al 1% es, sin embargo, relevante para clasificar la mezcla por su toxicidad aguda
2. Cuando una mezcla clasificada se use como componente de otra mezcla, la estimación de la toxicidad aguda (ETA) real o derivada de esta mezcla podrá usarse para clasificar la nueva mezcla.

#### **Corrosión e irritación cutánea**

Para la determinación de efectos corrosivos o irritantes se emplean datos provenientes de experiencias en humanos y estudios con animales. Cuando la mezcla es fuertemente ácida o básica, el resultado de la clasificación es previsible, pudiéndose utilizar los datos de pH para la clasificación de la misma. Así, una mezcla se considerará corrosiva cutánea (categoría 1), si tiene un  $\text{pH} \leq 2$  o  $\geq 11,5$ . Si la reserva ácida/alcalina es tal que sugiere que la sustancia o mezcla puedan no ser corrosivas a pesar del bajo o alto valor del pH, deberán hacerse más ensayos in vitro debidamente validados.

### **Lesiones oculares graves o irritación ocular**

La determinación del potencial de una sustancia para causar lesiones oculares graves o irritación ocular que permita clasificar una mezcla como peligrosa para los ojos, se realizará mediante un esquema de ensayos y evaluación por etapas que combina la información existente sobre lesiones oculares graves e irritación ocular, los estudios con modelos de relación cualitativos o cuantitativos estructura-actividad Q(SAR) y resultados in vitro debidamente validados. De igual modo que para las mezclas corrosivas e irritantes cutáneas, una mezcla se considerara peligrosa para los ojos de categoría 1 si el pH de alguno de los componentes de la misma es  $\leq 2$  o  $\geq 11,5$ . Si la reserva alcalina/ácida es tal que sugiere que la mezcla no puede provocar lesiones oculares graves a pesar del alto o bajo valor del pH, se tendrán que realizar más ensayos para confirmarlo.

### **Sensibilización respiratoria o cutánea**

Cuando no se disponga de datos de la mezcla como tal, ni de datos suficientes sobre sus componentes, ni sobre muestras similares que permitan aplicar los principios de extrapolación, la mezcla se clasificará como sensibilizante respiratoria o cutánea cuando, al menos, uno de sus componentes se haya clasificado como tal y esté presente en una concentración igual o superior al límite de concentración genérico.

- Se clasificará como sensibilizante respiratorio o cutáneo de subcategoría 1A en los casos en los que un componente de una mezcla:
  - Muy frecuentemente provoca sensibilización en humanos o
  - Una potente sensibilización en animales y pueda generar una sensibilización significativa en las personas
- Se considerará sensibilizante respiratorio o cutáneo de subcategoría 1B si:
  - La frecuencia de provocar sensibilización en humanos es baja o moderada o
  - Provocan una sensibilización baja o moderada en animales y pueda generar sensibilización en las personas.

En ambos casos podrá considerarse la gravedad de la reacción.

Cuando no se disponga de suficientes datos para una clasificación en dichas subcategorías, los componentes de una mezcla se clasificarán como sensibilizantes cutáneos de categoría 1 si hay datos en humanos de que el componente puede inducir una sensibilización por contacto cutáneo en un número elevado de personas o si se dispone de resultados positivos en un ensayo adecuado con animales. Algunas sustancias clasificadas como sensibilizantes pueden provocar respuesta cuando están presentes en una mezcla en cantidades inferiores a los límites de concentración genéricos en personas previamente sensibilizadas a dicha sustancia o mezcla.

### **Carcinogenicidad**

Si se dispone de datos para todos o para algunos de los componentes de una mezcla, ésta se clasificará como carcinógena cuando al menos un componente haya sido clasificado como carcinógeno de las categorías 1A, 1B o 2 y esté presente en una concentración igual o superior a los límites de concentración genéricos.

La mezcla se podrá clasificar como carcinógena si los datos de ensayo sobre esta demuestran la existencia de efectos no establecidos tras la evaluación basada en los componentes individuales. En estos casos, los resultados de los ensayos con la mezcla deben ser concluyentes. Asimismo, cuando se disponga de datos suficientes de componentes individuales y mezclas similares sometidas a ensayo, se aplicarán los principios de extrapolación.

### **Mutagenicidad en células germinales**

Cuando se dispone de datos para todos los componentes de la mezcla o sólo para algunos de ellos, la mezcla se clasificará como mutagénica cuando al menos un componente haya sido clasificado como mutágeno de las categorías 1A, 1B o 2 y esté presente en la mezcla en una concentración igual o superior a los límites de concentración genéricos.

La mezcla se podrá clasificar como mutágena si los datos de ensayo sobre esta demuestran la existencia de efectos no establecidos tras la evaluación basada en los componentes individuales. En estos casos, los resultados de los ensayos con la mezcla deben ser concluyentes. Asimismo, cuando se disponga de datos suficientes de componentes individuales y mezclas similares sometidas a ensayo, se aplicarán los principios de extrapolación.

### **Toxicidad para la reproducción**

Una mezcla se clasificará como tóxica para la reproducción cuando al menos un componente haya sido clasificado como tóxico para la reproducción de las categorías 1A, 1B o 2 y esté presente en una concentración igual o superior a los límites de concentración genéricos.

La mezcla se podrá clasificar como tóxica para la reproducción si los datos de ensayo sobre esta demuestran la existencia de efectos no establecidos tras la evaluación basada en los componentes individuales. En estos casos, los resultados de los ensayos con la mezcla deben ser concluyentes. Asimismo, cuando se disponga de datos suficientes de componentes individuales y mezclas similares sometidas a ensayo, se aplicarán los principios de extrapolación.

### **Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) por exposición única**

Las mezclas y las sustancias se clasifican por su toxicidad específica en determinados órganos (STOT) tras una exposición única en tres categorías: categoría 1, categoría 2 y categoría 3 (esta última sólo incluye efectos narcóticos e irritación de las vías respiratorias). Cada categoría lleva asociada unos valores indicativos de dosis o concentración para cada vía de exposición.

### **Toxicidad específica en determinados órganos (STOT) por exposiciones repetidas**

Las mezclas se clasifican por su toxicidad específica en determinados órganos (STOT) por exposiciones repetidas en dos categorías: categoría 1 y categoría 2. Cada categoría lleva asociada unos valores indicativos de dosis o concentración para cada vía de exposición.

### **Peligro por aspiración**

La "aspiración" es la entrada de una sustancia o de una mezcla, líquida o sólida, directamente por la boca o nariz, o indirectamente por regurgitación, en la tráquea o en las vías respiratorias inferiores y se establece una única categoría: categoría 1. Entre otras sustancias, se incluyen en esta categoría ciertos hidrocarburos, la trementina y el aceite de pino. Una mezcla se clasificará en la categoría 1 cuando se disponga de pruebas fiables y de buena calidad en humanos. Cuando no se hayan realizado ensayos sobre la propia mezcla, pero se disponga de datos suficientes sobre sus componentes individuales y sobre mezclas similares sometidas a ensayo, se usarán esos datos de conformidad con los principios de extrapolación para la clasificación de la mezcla respecto al peligro de aspiración.

### Clasificación de sustancias y mezclas en base a los peligros para el medio ambiente

Los criterios para esta clasificación únicamente hacen referencia al medio ambiente acuático y a la capa de ozono.

- Los elementos básicos de clasificación de los peligros para el medio ambiente acuático son:

#### **Toxicidad acuática aguda**

Es la propiedad intrínseca de una sustancia o mezcla de provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos tras una exposición de corta duración.

#### **Toxicidad acuática crónica**

Es la propiedad intrínseca de una sustancia o mezcla de provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos durante exposiciones determinadas en relación con el ciclo de vida del organismo.

#### **Bioacumulación**

Es el resultado neto de la absorción, transformación y eliminación de una sustancia por un organismo a través de todas las vías de exposición.

#### **Degradación**

Es la descomposición de moléculas orgánicas en moléculas más pequeñas y finalmente en dióxido de carbono, agua y sales. La degradación ambiental puede ser biótica (por acción de microorganismos), o abiótica (por procesos físicos y químicos).

El procedimiento de clasificación de las sustancias peligrosas para el medio ambiente acuático establece una categoría de toxicidad aguda y 3 categorías de toxicidad crónica.

- Clasificación de mezclas peligrosas para la capa de ozono:

Se entienden como sustancias peligrosas para la capa de ozono aquellas que pueden suponer un peligro para la estructura o el funcionamiento de la capa de ozono estratosférico.

Se considera una única categoría de peligro para la capa de ozono, la categoría 1.

Una mezcla se clasificará como peligrosa para la capa de ozono en función de la concentración de cada uno de sus componentes que estén asimismo clasificados como peligrosos para la capa de ozono (categoría 1).

### **5. MECANISMOS DE INFORMACIÓN: ETIQUETAS**

El reglamento CLP detalla el contenido de la etiqueta y las características que deben cumplir el envase o envases, en sus múltiples posibilidades.

Una sustancia o mezcla clasificada como peligrosa y contenida en un envase tiene que llevar una etiqueta, escrita como mínimo en la lengua oficial del Estado miembro de la Unión Europea donde se comercializa, en la cual tienen que figurar los elementos siguientes:

- Identificación del productor/suministrador/distribuidor. Mediante el nombre, dirección y número de teléfono.
- Identificación del producto químico. La identificación del producto debe ser la misma que la aportada por la ficha de datos de seguridad, FDS. Si se trata de un preparado, debe incluir la descripción de todos los componentes que puedan producir efectos adversos sobre la salud e indicados en la etiqueta.
- Pictogramas
- Palabras de advertencia. Indica la mayor o menor gravedad del peligro de una forma rápida y fácil para el lector de la etiqueta.

- Indicación de peligro. Son frases que permiten identificar y complementar determinados riesgos mediante la descripción del tipo de peligro y son asignadas a una clase y categoría determinada.
- Consejos de prudencia. Son recomendaciones para la adopción de medidas a tomar que reducen o previenen los efectos adversos causados por la exposición a un producto peligroso.

### Clases y categorías de peligro

Las clases de peligro definen la naturaleza del peligro físico, para la salud humana o para el medio ambiente que representan las sustancias o sus mezclas. Se dividen en categorías (categorías de peligro) que especifican la gravedad de los peligros dentro de cada clase.

### Palabras de advertencia

Las palabras de advertencia indican el nivel relativo de gravedad de los peligros para alertar al lector de la existencia de un peligro potencial. Deben figurar en la etiqueta y son:










- Peligro (Dgr; *danger*): asociada a las categorías más graves
- Atención (Wng; *warning*): asociada a las categorías menos graves.

Estas palabras de advertencia sustituyen a las anteriores indicaciones de peligro (E, O, F, T, Xn, Xi y C). De esta forma, ya de entrada, se indica el nivel de peligro de la sustancia o mezcla identificada.

### Pictogramas

Los pictogramas de peligro son composiciones gráficas que contienen un símbolo negro sobre un fondo blanco, con un marco rojo lo suficientemente ancho para ser claramente visible. Tienen forma de cuadrado apoyado en un vértice y sirven para transmitir la información específica sobre el peligro en cuestión. En la tabla 2 se presentan los pictogramas que deben figurar en la etiqueta según las categorías de peligro asociadas a cada sustancia o mezcla. Cada pictograma deberá cubrir al menos una quinceava parte de la superficie de la etiqueta armonizada y la superficie mínima en ningún caso será menor de 1 cm<sup>2</sup>.

*Tabla 2. Pictogramas y tipos de riesgo SGA, Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos*

	Explosivo Autoreactivo Péroxido Orgánico		Inflamable Autoreactivo Pirofórico Experimenta calentamiento espontáneo Emite gases inflamables Péroxido orgánico		Comburente
	Gas a presión		Corrosivo para los metales Corrosivo cutáneo Lesiones oculares graves		Toxicidad aguda
	Toxicidad aguda Iritación cutánea / Ocular Sensibilización cutánea Toxicidad específica de órganos Diana (exposición reiterada) Peligros para la capa de ozono		Carcinógeno Sensibilización respiratoria Toxicidad para la reproducción Toxicidad específica de órganos Diana (exposición reiterada) Mutagenicidad en células germinales Peligro por aspiración		Toxicidad acuática aguda Toxicidad acuática crónica



### **Indicaciones de peligro (H)**

Las indicaciones de peligro son frases que, asignadas a una clase o categoría de peligro, describen la naturaleza de los peligros de una sustancia o mezcla peligrosa, incluyendo, cuando proceda, el grado de peligro. Las indicaciones de peligro (equivalentes a las anteriores frases R), llamadas H (de Hazard, peligro), se agrupan según peligros físicos, peligros para la salud humana y peligros para el medio ambiente.

En el Reglamento CLP se han incluido, además, unas indicaciones de peligro "suplementarias" para cubrir ciertos tipos de peligros no contemplados en las indicaciones provenientes del SGA. Delante de la H correspondiente, llevan las siglas EU. También incluye unos elementos suplementarios o de información que deben figurar en las etiquetas de determinadas mezclas, así como una regla particular para el etiquetado de productos fitosanitarios. Finalmente, para algunas indicaciones de peligro se añaden letras al código de tres cifras. Si las clases de peligro a indicar son varias, en la etiqueta figurarán todas las indicaciones de peligro resultantes de la clasificación, salvo en caso de duplicación o solapamiento evidentes.

### **Consejos de prudencia (P)**

Los consejos de prudencia son frases que describen la medida o medidas recomendadas para minimizar o evitar los efectos adversos causados por la exposición a una sustancia o mezcla peligrosa durante su uso o eliminación.

Los consejos de prudencia (equivalentes a las anteriores frases S) se establecen para cada clase de peligro, debiendo figurar en las etiquetas. Se agrupan en consejos de prudencia generales, de prevención, de respuesta y de almacenamiento y eliminación.

En la etiqueta figurarán todos los consejos de prudencia correspondientes, en principio con un máximo de 6, excepto aquellos que resulten claramente innecesarios, dados la sustancia, mezcla o el envase de que se trate. En el caso de suministrarse al público en general, deberá constar un consejo de prudencia relativo a su eliminación, así como a la del envase. En los demás casos no será necesario tal consejo de prudencia cuando esté claro que la eliminación de la sustancia, la mezcla o el envase no presenta un peligro para la salud humana y para el medio ambiente.

## **6. FICHAS DE DATOS DE SEGURIDAD**

La ficha de datos de seguridad (FDS) es un documento que proporciona información completa sobre una sustancia o mezcla. Es utilizada por empresarios y trabajadores como fuente de información sobre peligros, incluidos aquellos para el medio ambiente, y sobre las medidas de seguridad correspondientes. Además, supone una fuente importante de información para otros públicos, como para quienes transportan mercancías peligrosas, los servicios de emergencia, los profesionales de los productos fitosanitarios y los consumidores.

El objetivo de la FDS es informar de forma efectiva y suficiente al usuario profesional de la peligrosidad del producto para la salud, la seguridad y el medio ambiente. Esta información es esencial para un análisis efectivo de los peligros asociados a un producto determinado y es básica para gestionar los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos en los puestos de trabajo.

De acuerdo con la normativa sobre comercialización de productos químicos peligrosos, el responsable de la comercialización de un agente químico clasificado como peligroso, envasado o a granel, debe facilitar al usuario profesional una ficha de datos de seguridad relativa al producto suministrado.

El formato y el contenido requeridos para la FDS en los Estados miembros de la UE donde se aplica directamente el reglamento REACH se definen en el anexo II de REACH.

La ficha de datos de seguridad deberá facilitarse en un idioma oficial del Estado o los Estados miembros en que se comercialice la sustancia o la mezcla, a menos que el Estado miembro o Estados miembros interesados dispongan otra cosa.

Los epígrafes que la componen son:

- Sección 1: identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa.

Se establecerá de qué manera debe identificarse la sustancia o la mezcla y cómo deben indicarse en la ficha de datos de seguridad los usos identificados relevantes, el nombre del proveedor de la sustancia o la mezcla y sus datos de contacto, incluida información de contacto en caso de emergencia.

- Sección 2: identificación de los peligros

En esta sección se describirán los peligros que presenta la sustancia o la mezcla, así como la información de advertencia adecuada asociada a esos peligros.

- Sección 3: composición/ información sobre los componentes

Se describe la identidad química del o de los componentes de la sustancia o la mezcla, incluidos las impurezas y los aditivos estabilizantes. Se facilitará la información de seguridad adecuada que esté disponible sobre la química de superficies.

- Sección 4: Primeros auxilios

Se describe los primeros auxilios, de manera que una persona no formada en la materia pueda entenderlos y prestarlos sin necesidad de recurrir a equipos sofisticados y sin que disponga de una amplia selección de medicamentos. En caso de que se requiera asistencia médica, es preciso indicarle las instrucciones, así como urgencia.

- Sección 5: medidas de lucha contra incendios

Se indican los requisitos aplicables a la lucha contra un incendio provocado por una sustancia o una mezcla, que se produzca en su entorno.

- Sección 6: medidas en caso de vertido accidental

Se indica la respuesta adecuada en caso de vertidos, fugas o pérdidas a fin de prevenir o reducir al máximo los efectos adversos para las personas, los bienes y el medio ambiente. Se considerarán por separado las medidas de intervención en función del volumen del vertido (grande o pequeño), cuando éste influye de manera significativa en el peligro. Si los procedimientos de confinamiento y recuperación indican la necesidad de prácticas diferentes, estas se indicarán en la ficha de datos de seguridad.

- Sección 7: manipulación y almacenamiento

Se darán indicaciones sobre prácticas de manipulación seguras. Se hará hincapié en las precauciones que han de tomarse con respecto a los usos identificados y a las propiedades específicas de la sustancia o la mezcla. La información recogida en la presente sección estará relacionada con la protección de la salud humana, la seguridad y el medio ambiente. Ayudará al empresario a adoptar métodos de trabajo y medidas de organización adecuados.

Cuando se requiera un informe sobre la seguridad química, la información que se recoja en la presente sección será coherente con la que presente dicho informe en relación con los usos



identificados y con los escenarios de exposición que describen el control del riesgo establecidos en el anexo de la ficha de datos de seguridad.

- Sección 8: Controles de exposición/ protección individual

Se describen los límites de exposición profesional aplicables y las medidas de gestión del riesgo necesarias. Cuando se requiera un informe sobre la seguridad química, la información que se recoja en la presente sección será coherente con la que presente dicho informe en relación con los usos identificados y con los escenarios de exposición que describen el control del riesgo establecidos en el anexo de la ficha de datos de seguridad.

- Sección 9: Propiedades físicas y químicas

Se facilitarán, si son pertinentes, los datos empíricos relativos a la sustancia o la mezcla.

La información que figure en la presente sección deberá ser coherente con la facilitada en el registro o en el informe sobre la seguridad química, cuando uno u otro sean necesarios, así como con la clasificación de la sustancia o la mezcla.

Se identificarán claramente las propiedades declaradas y se notificarán en las unidades de medida correspondientes.

- Sección 10: Estabilidad y reactividad

Se describirán la estabilidad de la sustancia o de la mezcla y la posibilidad de que se produzcan reacciones peligrosas en determinadas condiciones de uso y en caso de vertido en el medio ambiente, incluida, en su caso, una referencia a los métodos de ensayo aplicados. Cuando se señale que una propiedad determinada no es aplicable o no se disponga de información sobre la misma, se indicarán los motivos.

- Sección 11: Información toxicológica

Se dirige fundamentalmente a los profesionales médicos, los profesionales de la salud y la seguridad en el trabajo y los toxicólogos. Se facilitará una descripción concisa, aunque completa y comprensible, de los diferentes efectos toxicológicos (para la salud) y los datos disponibles utilizados para identificar dichos efectos, incluida, en su caso, información sobre toxicocinética, metabolismo y distribución. La información que figure en la presente sección deberá ser coherente con la facilitada en el registro o en el informe sobre la seguridad química, cuando uno u otro sean necesarios, así como con la clasificación de la sustancia o la mezcla.

Se incluye información sobre las clases de peligro definidas en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008.

- Sección 12: Información ecológica

Se proporcionará la información necesaria para evaluar el impacto medioambiental de la sustancia o la mezcla cuando se liberan en el medio ambiente.

Se facilitará un breve resumen de los datos que incluya, cuando estén disponibles, datos relativos al ensayo con indicación clara de las especies, los medios, las unidades, la duración y las condiciones de los ensayos. Esta información puede ser útil para la gestión de los vertidos y para evaluar las prácticas de tratamiento de residuos, el control de los vertidos, las medidas en caso de vertido accidental y el transporte. Cuando se señale que una propiedad determinada no es aplicable o no se dispone de información sobre la misma, se indicarán los motivos.

Se facilitará información sobre algunas propiedades específicas de cada sustancia de la mezcla, por ejemplo, la bioacumulación, la persistencia y la degradabilidad cuando se disponga de ella y

resulte adecuado. Se facilitará asimismo información acerca de los productos de transformación peligrosos resultantes de la degradación de las sustancias y las mezclas.

Se facilitarán datos experimentales fiables y pertinentes, cuando estén disponibles, a los que se dará preferencia sobre la información obtenida de los modelos.

- Sección 13: Consideraciones relativas a la eliminación

Esta sección contendrá información que permita una gestión apropiada de los residuos procedentes de la sustancia o la mezcla, así como de su envase, además de contribuir a la determinación de las opciones de gestión de residuos más seguras y ecológicas. Cuando se requiera un informe sobre la seguridad química y se haya realizado un análisis de la fase de residuos, la información sobre las medidas de gestión de residuos será coherente con los usos identificados en el informe y con los escenarios de exposición de dicho informe que se establecen en el anexo de la ficha de datos de seguridad.

- Sección 14: Información relativa al transporte

Se facilitará información básica sobre la clasificación para el transporte o la expedición por carretera, ferrocarril, mar, vías navegables interiores o aire de las sustancias o las mezclas mencionadas en la sección 1. Cuando no se disponga de esta información o no sea pertinente es preciso indicarlo.

- Sección 15: Información reglamentaria

Se facilitará cualquier otra información reglamentaria sobre la sustancia o la mezcla que no figure ya en la ficha de datos de seguridad.

- Sección 16: Información adicional

Incluirá información que no figure ya en las secciones 1 a 15, incluida la relativa a la revisión de la ficha de datos de seguridad, en particular:

a) cuando se trate de una ficha de datos de seguridad revisada, deberán indicarse claramente las partes en las que se han introducido modificaciones con respecto a la ficha anterior, a menos que se hubiera indicado en otra parte, con una explicación de los cambios, en su caso. El proveedor de una sustancia o una mezcla deberá poder proporcionar una explicación de los cambios cuando se le solicite;

b) una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad;

c) las principales referencias bibliográficas y las fuentes de datos;

d) cuando se trate de mezclas, deberán indicarse los métodos de evaluación de la información a que se refiere el artículo 9 del Reglamento (CE) n.º 1272/2008 utilizados a efectos de la clasificación;

e) la lista de advertencias de peligro y/o consejos de prudencia pertinentes. Facilitar el texto completo de las advertencias que no estén completas en las secciones 2 a 15;

f) recomendaciones relativas a la formación adecuada para los trabajadores a fin de garantizar la protección de la salud humana y del medio ambiente.

## **TEMA 48**

### **CRITERIOS DE VALORACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA. VALORES LÍMITE AMBIENTALES (VLA). DIRECTRICES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS. VALORACIÓN POR COMPARACIÓN CON EL VLA DE EXPOSICIÓN DIARIA VLA-ED. VALORACIÓN POR COMPARACIÓN CON EL VLA DE EXPOSICIONES DE CORTA DURACIÓN (VLA-EC). MEDICIONES PERIÓDICAS DE CONTROL. VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS (VLB). CONTROL BIOLÓGICO**

De acuerdo con el Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, el empresario deberá determinar si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo y, si así fuera, evaluar los riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores y las trabajadoras, originados por dichos agentes. La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligrosos deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire y su posterior comparación con los valores límite. Como valores límite deberán considerarse:

- los del anexo I del citado real decreto
- los de una normativa específica aplicable, si la hubiese
- los publicados por el INSST en el documento "Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España".

Los valores límite vinculantes son aquellos establecidos a nivel de la UE en las Directivas, teniendo por objeto proporcionar un nivel mínimo de protección a todos los trabajadores de la Comunidad. Estos valores se transponen a la legislación española en los siguientes reales decretos: Real Decreto 374/2001, Real Decreto 665/1997 y Real Decreto 396/2006.

La exposición ocasionada por la presencia de agentes químicos en el medio ambiente laboral se expresa cuantitativamente mediante el valor de las concentraciones de dichas sustancias en el aire durante el tiempo de exposición. La medición de la exposición conlleva, por tanto, la determinación de las concentraciones ambientales de los compuestos que la originan en la zona de respiración de la población trabajadora.

El cálculo de las concentraciones de los contaminantes en el aire sería de poca utilidad si no hubiese unos valores con los que compararlos y poder así determinar si hay una situación de riesgo o no. Estos valores son los criterios de valoración.

#### **1. CRITERIOS DE VALORACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS**

Se entiende por "criterio de valoración" la definición de una situación, o el valor de una magnitud con la que comparar la realidad para evaluar, de forma objetiva, el riesgo debido, por ejemplo, a la exposición a un agente químico.

En el caso de los agentes químicos, se utilizan como criterios de valoración los límites de exposición profesional para agentes químicos.

## **2. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA**

Las disposiciones relativas a la evaluación de riesgos de la Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales, y del Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, implican la utilización de valores límite de exposición para poder valorar el riesgo por exposición a agentes químicos, cuando esta se determine de forma cuantitativa, es decir, por medio de la medición de la concentración del agente químico en cuestión en el aire del puesto de trabajo.

El Real Decreto 374/2001, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo remite a los valores límite de exposición profesional, publicados por el INSST en el documento de "Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España" y revisados de forma periódica, como valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores y las trabajadoras a agentes químicos.

Los Límites de Exposición Profesional son valores de referencia para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación, a los agentes químicos presentes en los puestos de trabajo y, por lo tanto, para proteger la salud del personal.

Los Límites de Exposición Profesional se establecen para su aplicación en la práctica de la Higiene Industrial y no para otras aplicaciones. Así, por ejemplo, no deben utilizarse para la evaluación de la contaminación medioambiental de una población, de la contaminación del agua o los alimentos, para la estimación de los índices relativos de toxicidad de los agentes químicos o como prueba del origen, laboral o no, de una enfermedad o estado físico existente.

Hay dos tipos de límites de exposición profesional para agentes químicos:

- Valores límite ambientales (VLA)
- Valores límite biológicos (VLB)

## **3. VALORES LÍMITE AMBIENTALES (VLA)**

Son valores de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en el aire, y representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de personas trabajadoras pueden estar expuestas día tras día, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

Se habla de la mayoría y no de la totalidad, ya que, debido a las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores y trabajadoras podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los VLA, e incluso resultar afectados más seriamente, bien sea por agravamiento de una condición previa o bien desarrollando una patología de origen laboral.

Las diferencias de respuesta interindividuales pueden estar causadas por:

- susceptibilidad individual, debida a la edad o a factores genéticos, como raza, sexo;
- condiciones previas de exposición;
- hábitos personales, como consumo de alcohol, drogas, tabaco o medicación;
- hipersusceptibilidad, debida a sensibilización al agente químico con motivo de exposiciones anteriores.

Los VLA se establecen teniendo en cuenta la información disponible, procedente de la analogía fisicoquímica de los agentes químicos, de estudios in vitro, de los estudios de experimentación animal y de exposición controlada con voluntarios, de los estudios epidemiológicos y de la experiencia industrial.

Los VLA sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos. Cuando uno de estos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa (sólido, líquido) del mismo, sea a través del contacto de los gases, vapores y nieblas con las partes desprotegidas de la piel y cuya aportación puede resultar significativa al contenido corporal total del trabajador, la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global, por lo que resulta particularmente importante la utilización del control biológico. En este caso, los agentes aparecen señalados en las tablas de documento de Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos con la notación "vía dérmica". Esta llamada advierte, por una parte, de que la medición de la concentración ambiental puede no ser suficiente para cuantificar la exposición global y, por otra, de la necesidad de adoptar medidas para prevenir la absorción dérmica.

Hay algunos agentes químicos para los cuales la absorción por vía dérmica, tanto en estado líquido como en fase de vapor, puede ser muy elevada, pudiendo ser esta vía de entrada de igual o mayor importancia incluso que la vía inhalatoria (por ejemplo: los plaguicidas organofosforados). En estas circunstancias, la utilización del control biológico es imprescindible para poder cuantificar la cantidad global absorbida de contaminante.

En el caso de los agentes cancerígenos o mutágenos, los conocimientos científicos actuales no permiten identificar niveles de exposición por debajo de los cuales no exista riesgo de que los agentes mutágenos y la mayoría de los cancerígenos produzcan sus efectos característicos sobre la salud. Existe una relación exposición- probabilidad del efecto que permite deducir que, cuanto más baja sea la exposición a estos agentes, menor será el riesgo.

### **Tipos de Valores Límite Ambientales**

Existen dos tipos de valores límite ambientales:

- *Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)*

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED).

La **exposición diaria** es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.

Hay que considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de ocho horas.

La exposición diaria se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i \cdot t_i)}{8}$$

Donde:  $c_i$  es la concentración i-ésima

$t_i$ : el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor de  $c_i$ .

Los VLA-ED representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de personas trabajadoras pueden estar expuestas 8 horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- **Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)**

Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC).

La **exposición de corta duración** es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral.

Lo habitual es determinar las EC de interés, es decir, las del período o períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de ellos. De esta forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las EC buscadas. Si el método de medición, por ejemplo, lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada periodo de 15 minutos, la EC se calculará:

$$EC = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i \cdot t_i)}{15}$$

Donde:  $c_i$  es la concentración  $i$ -ésima dentro de cada periodo de 15 minutos

$t_i$ : el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor de  $c_i$ .

El VLA-EC no debe ser superado por ninguna EC a lo largo de la jornada laboral.

Es decir, la exposición de larga duración (exposición diaria), ED, se compara con el valor límite ambiental de exposición diaria, VLA-ED y la exposición de corta duración, EC, se compara con el valor límite ambiental de exposición de corta duración, VLA-EC. La duración de la jornada laboral puede ser cualquiera, pero la comparación con el VLA-EC se hace calculando la concentración del contaminante en periodos de 15 minutos.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el VLA-EC constituye un complemento del VLA-ED y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites. Las exposiciones por encima del VLA-ED hasta el VLA-EC deben ser de 15 minutos como máximo, no deben ocurrir más de cuatro veces en una jornada de trabajo de 8 horas y con un intervalo mínimo de una hora entre exposiciones sucesivas en este rango.

A los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un VLA-EC.

Hay muchas sustancias con VLA-ED que no tienen un VLA-EC. Sin embargo, ya que las concentraciones reales de los agentes químicos en el ambiente del lugar de trabajo pueden fluctuar de manera considerable a lo largo de la jornada, se deben controlar las exposiciones de corta duración por encima del VLA-ED, incluso cuando el VLA-ED de 8 horas esté dentro de los límites recomendados. La limitación en las exposiciones a concentraciones elevadas de corta duración tiene por objeto evitar que se produzcan posibles efectos adversos para la salud. Es prudente limitar dichas exposiciones dado que los efectos adversos, aunque no se hayan



documentado todavía, pueden producirse en algún múltiplo del VLA-ED. Por lo tanto, para las sustancias que tienen VLA-ED, pero no un VLA-EC, se aplican **los límites de desviación**.

En esos casos se deberá cumplir que las exposiciones de corta duración puedan ser superiores a 3 veces el valor VLA-ED durante 15 minutos como máximo en no más de 4 ocasiones en una jornada de trabajo de 8 horas y con un intervalo mínimo de una hora entre dos exposiciones pico sucesivas. En ningún caso debe superarse 5 veces el valor del VLA-ED. Además, el VLA-ED de 8 horas no debe excederse durante la jornada de trabajo.

Esta forma de limitar las exposiciones de corta duración por encima del valor del VLA-ED, pretende fomentar la disminución de la variabilidad del proceso y garantizar la protección de los trabajadores.

Los VLA se establecen para agentes químicos específicos y no para sus mezclas. Sin embargo, cuando están presentes en el ambiente varios agentes que ejercen la misma acción sobre los mismos órganos o sistemas, es su efecto combinado el que requiere una consideración preferente. Dicho efecto combinado debe ser considerado como aditivo, salvo que se disponga de información que indique que los efectos son sinérgicos o son independientes y se calculará con la siguiente fórmula:

$$\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{VLA_i}$$

Donde  $E_i$  representa las exposiciones a los distintos agentes presentes y  $VLA_i$ , los valores límite respectivos.

#### **4. DIRECTRICES PARA LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS**

Con objeto de saber si el ambiente laboral supone un riesgo para la población trabajadora, es importante conocer no solamente cuales son los agentes químicos presentes, sino también en que concentración se encuentran. Para ello, en muchos casos es necesario realizar una serie de toma de muestras y análisis con una estrategia de muestreo definida, de forma que se pueda obtener una estimación válida y representativa de la exposición real. Posteriormente se evalúa el riesgo por comparación de los resultados obtenidos con unos valores límites de seguridad establecidos.

En algunos casos, la realización de mediciones para evaluar la exposición puede no ser necesaria, tal y como indica el Real Decreto 374/2001 en su artículo 3.5. Por ejemplo, en aquellos en los que es muy evidente que las concentraciones son muy elevadas y, por lo tanto, la exposición diaria va a ser superior al valor límite, en cuyo caso se deberían tomar las medidas correctoras oportunas sin necesidad de medir y una vez implantadas las medidas correctoras, realizar la evaluación.

También, existen herramientas cualitativas o semicuantitativas que sirven de ayuda en el proceso de realización de las evaluaciones de riesgos por exposición a agentes químicos peligrosos.

Estas metodologías no son una alternativa a la evaluación cuantitativa, sino que se utilizan de forma complementaria al proceso de evaluación. Se pueden utilizar en la fase de estimación inicial, para establecer un primer diagnóstico. Son herramientas muy útiles para aquellas situaciones en las que las sustancias químicas no tengan un valor límite, no exista un

procedimiento de medida o para situaciones en las que se utilicen una gran cantidad de sustancias químicas y exista una necesidad de priorizar o jerarquizar acciones.

Tal como establece el artículo 3.5 del Real Decreto 374/2001, la evaluación de la exposición por inhalación debe hacerse, con carácter general, por medición de las concentraciones ambientales de dichos agentes químicos. Ello implica un proceso de cierta complejidad técnica que incluye:

- La estrategia de muestreo.
- La toma de muestras.
- El análisis químico de las muestras.
- El tratamiento de los datos y comparación con los criterios de valoración.
- Las conclusiones sobre el riesgo por exposición al agente químico.

La estrategia de muestreo tiene como objetivo asegurar la representatividad de las mediciones al menor coste posible y conseguir que los resultados obtenidos el día o días en que se realizaron las mediciones sean extrapolables a otros días. Para ello se deberá determinar: el número de muestras necesarias, la duración del muestreo, el número de trabajadores a muestrear, etc.

Una vez se defina la estrategia de muestreo se deberá determinar cómo se hace la toma de muestras, es decir, qué equipos se van a utilizar, y cómo se va a analizar posteriormente. En todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido.

Para la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos, es de referencia la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 "Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional". No es de obligado cumplimiento, pero constituye una herramienta útil. La estrategia descrita en esta norma proporciona un procedimiento para resolver el problema de la variabilidad de los resultados de las ED y utilizar un número relativamente pequeño de mediciones para demostrar, con un alto nivel de confianza, que es improbable que los trabajadores estén expuestos a concentraciones que superen el correspondiente VLA-ED.

Las etapas principales son:

- Caracterización básica
- Medición de la exposición
- Valoración de la exposición por comparación con el VLA
- Reevaluación periódica

La **caracterización básica** es la fase que va a ayudar a decidir si las mediciones son necesarias o no. Para ello el técnico responsable deberá identificar los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo y recopilar toda la información relevante sobre su peligrosidad, cantidad utilizada, forma de utilización, etc. Recogerá también información sobre los procesos y procedimientos de trabajo con el fin de estimar la exposición: tareas, tipo de proceso, duración de la exposición, fuentes de emisión, etc. Para hacer una estimación fiable de la exposición se puede utilizar mediciones anteriores en ese lugar de trabajo incluyendo los obtenidos a través de métodos de lectura directa, mediciones en instalaciones o en procesos de trabajo similares, modelos de estimación de la exposición, etc.

De los resultados de la caracterización básica se pueden dar tres posibles escenarios:



- La exposición es mayor que el VLA (no conformidad): el técnico elaborará un informe recomendando un programa de medidas de control e informará a los responsables de la situación. Cuando estén implantadas las medidas se realizará una nueva caracterización básica.
- La exposición está muy por debajo del VLA (conformidad): El técnico debe decidir si las mediciones son necesarias o no. Si decide que las mediciones no son relevantes deberá elaborar un informe justificando su decisión. Si por el contrario decide realizar mediciones, propondrá un procedimiento para su ejecución.
- La información disponible sobre la exposición es insuficiente para decidir sobre la conformidad de la exposición con el VLA. En este caso el técnico debe realizar un plan de muestreo y llevar a cabo mediciones para comparar con los VLA.

La vía de entrada de los agentes químicos al organismo más frecuente es la vía inhalatoria y por lo tanto la determinación de la concentración ambiental del agente es el parámetro más significativo para evaluar los riesgos por exposición a agentes químicos.

La **medición de la exposición** es un proceso que conlleva varias etapas, cuyo objetivo es obtener mediciones que sean fiables y representativas de la exposición del trabajador para su comparación con el VLA, teniendo en cuenta las posibles variaciones de la exposición a lo largo del tiempo. Las principales etapas de esta fase son:

- Constitución de los grupos de exposición similar (GES). Hay que estudiar la posibilidad de agrupar a la población trabajadora que tiene las mismas condiciones de exposición en grupos. Esto permite realizar las mediciones de la exposición a un pequeño número de trabajadores o trabajadoras del GES, aplicando el resultado a todos los integrantes del mismo.
- Procedimiento de medida. Los procedimientos de medida deben cumplir con la norma UNE EN 482. Se deben utilizar, cuando sea posible, equipos de muestreo personal.
- Realización de las mediciones de exposición
- Validación de los resultados y GES.

## **5. VALORACIÓN POR COMPARACIÓN CON EL VLA DE EXPOSICIÓN DIARIA (VLA-ED)**

En el caso de la medición de la exposición para comparar con un VLA-ED, la duración del muestreo debe ser lo más próxima al periodo de referencia (8 horas) ya que es necesario determinar la exposición promedio para ese periodo. En caso contrario, el técnico debe valorar que no se producen cambios significativos durante el periodo no muestreado. Se pueden dar tres situaciones:

- Si el técnico considera que los factores de la exposición permanecen constantes durante la jornada laboral, la duración del muestreo puede ser menor que el periodo de referencia, pero nunca inferior a 2 horas.
- Si los factores de exposición no son constantes, la duración del muestreo debe ser superior a dos horas y tan próxima como sea posible a la duración de la jornada.
- Si la duración de la exposición es inferior a 2 horas, la duración del muestreo debe cubrir todo el periodo de exposición.

Las mediciones deben realizarse en suficientes días y durante varias operaciones específicas.

El procedimiento de medición para comparar con el VLA-ED consta de dos etapas:

- **Test preliminar:** Requiere entre 3 y 5 mediciones de la exposición de las personas trabajadoras. Pueden darse las siguientes situaciones:
  - a) **Conformidad:** Cuando todos los resultados de la exposición están por debajo de:
    - 0,1 VLA para 3 mediciones de la exposición, o
    - 0,15 VLA para 4 mediciones de la exposición, o
    - 0,2 VLA para 5 mediciones de la exposición
  - b) **No conformidad:** Si uno de los resultados es mayor que el VLA.
  - c) Si todos los resultados están por debajo del VLA y un resultado por encima del 0,1 VLA (para 3 mediciones) o 0,15 (para 4 mediciones) o 0,2 (para 5 mediciones) no es posible tomar una decisión sobre la conformidad (no decisión). En estos casos, se deben realizar más mediciones, requiriéndose al menos un total de 6, para poder aplicar el test estadístico.
- **Test estadístico:** En los casos en los que la prueba preliminar no es concluyente, la verificación de la conformidad de la exposición con los VLA requiere aplicar una prueba estadística que permita determinar, con un nivel de confianza del 70%, si menos del 5% de las exposiciones exceden el VLA.

## **6. VALORACIÓN POR COMPARACIÓN CON EL VLA DE EXPOSICIONES DE CORTA DURACIÓN (VLA-EC)**

La evaluación del riesgo por inhalación por comparación con el VLA-EC requiere obtener el valor de la concentración ponderada durante el periodo de 15 minutos de exposición más elevada. En esta situación, independientemente de la duración de la tarea, el tiempo de muestreo será de 15 minutos.

La estrategia de muestreo será distinta si se conocen los momentos en que la exposición es mayor, o no.

- Si se conocen los momentos en que la exposición es mayor, hay que muestrearlos para obtener el valor de la exposición de corta duración (EC).
- Si no se conocen, habrá que recurrir a un muestreo aleatorio. Se selecciona un número de periodos que permitan obtener una estimación de la EC y de la probabilidad de que los periodos muestreados incluyan aquel en que la exposición es mayor.

Cuando sea posible se muestreará el total de periodos en los que presumiblemente se dan las condiciones más desfavorables, si no, se muestrean aleatoriamente algunos de ellos.

Como la seguridad de que se ha muestreado el periodo de 15 minutos de mayor exposición no es total, se puede recurrir a la estadística y estimar la probabilidad de que se supere el valor de VLA-EC en alguno de los periodos no muestreados.

Se parte de la suposición de que los valores de concentración ambiental se comportan de acuerdo con una distribución logarítmico-normal, es decir que los logaritmos de esos valores se

ajustan a una distribución normal. Si se dispone de algunos valores de concentración promedio ponderada durante un periodo de 15 minutos (EC), se puede predecir la probabilidad de que un periodo no muestreado supere el valor VLA-EC y también la probabilidad global de que eso suceda en la totalidad de periodos de 15 minutos que no han sido muestreados.

En el caso de mediciones de corta duración no se puede utilizar la prueba preliminar.

## **7. MEDICIONES PERIÓDICAS**

Tal y como viene establecido en el artículo 6 del Reglamento de los servicios de prevención, la evaluación inicial deberá revisarse cuando así lo establezca una disposición específica. Y en todo caso, se deberá revisar la evaluación correspondiente a aquellos puestos de trabajo afectados cuando se hayan detectado daños a la salud de los trabajadores o se haya apreciado a través de los controles periódicos, incluidos los relativos a la vigilancia de la salud, que las actividades de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes.

La evaluación de la exposición debe ser revisada de forma periódica para valorar si las condiciones evaluadas y la conclusión de conformidad con el VLA se mantienen. En general, se recomienda una periodicidad anual.

Cuando para la revisión de la evaluación se considere necesario hacer mediciones, la norma UNE- EN- 689 propone dos métodos para calcular la periodicidad de las mismas. La frecuencia de las mediciones dependerá de los resultados obtenidos en la evaluación de la exposición y será tanto mayor cuanto más próxima esté al VLA.

Las mediciones periódicas se utilizan para determinar si las condiciones de exposición han cambiado desde que se realizaron las mediciones de comparación con los valores límite, o bien para comprobar si las medidas de control continúan siendo eficaces.

El principal interés de las mediciones periódicas está en objetivos a largo plazo, tales como la comprobación de que las medidas de control permanecen siendo eficaces. La información obtenida probablemente indicará las tendencias o los cambios de la exposición permitiendo que puedan tomarse medidas antes de que ocurran exposiciones excesivas.

Como el seguimiento periódico se diseña para proporcionar un tipo de información algo diferente del obtenido durante la evaluación de la exposición laboral, se entiende que las estrategias de muestreo utilizadas pueden no ser las mismas.

## **8. VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS (VLB)**

Son los valores de referencia para los Indicadores Biológicos asociados a la exposición global a los agentes químicos. Los VLB son aplicables para exposiciones profesionales de ocho horas diarias durante cinco días a la semana. La extensión de los VLB a períodos distintos al de referencia debe hacerse considerando los datos toxicocinéticos y toxicodinámicos del agente en particular.

El **Indicador Biológico** es un parámetro apropiado en un medio biológico (aire exhalado, sangre u orina) del trabajador o trabajadora, que se mide en un momento determinado y que está asociado directa o indirectamente con la exposición global a un agente químico.

En general, los VLB representan los niveles más probables de los Indicadores Biológicos en personas trabajadoras sanas sometidas a una exposición global a agentes químicos, equivalente, en términos de dosis absorbida, a una exposición exclusivamente por inhalación del orden del

VLA-ED. La excepción a esta regla la constituyen algunos agentes para los que los VLA asignados protegen contra efectos no sistémicos. En estos casos, los VLB pueden representar dosis absorbidas superiores a las que se derivarían de una exposición por inhalación al VLA.

Las bases científicas para establecer los VLB pueden derivarse de dos tipos de estudios: a) los que relacionan la intensidad de la exposición con el nivel de un parámetro biológico (indicadores biológicos de dosis) y b) los que relacionan el nivel de un parámetro biológico con efectos sobre la salud (indicadores biológicos de efecto).

Los VLB no están concebidos para usarse como medida de los efectos adversos ni para el diagnóstico de las enfermedades profesionales.

Cuando en una persona trabajadora, la medida de un determinado indicador biológico supere el VLB correspondiente, no debe deducirse, sin mayor análisis, que esté sometido a una exposición excesiva, ya que las diferencias individuales, biológicas o de conducta, tanto fuera como dentro del ámbito laboral, constituyen fuentes de inconsistencia entre los resultados del control ambiental y los del control biológico.

De todos modos, incluso en el caso de una superación de carácter puntual, debe ponerse en marcha una investigación con el objetivo de encontrar una explicación plausible para esa circunstancia y actuar en consecuencia o, en su defecto, descartar la existencia de factores causales vinculados al desempeño del puesto de trabajo. Entretanto se alcanza una conclusión al respecto y, sin perjuicio de lo que establezcan disposiciones específicas, se deberían adoptar medidas para reducir la exposición del personal trabajador afectado.

Al margen de esta consideración individual de los resultados, el agrupamiento de los datos correspondientes a los trabajadores y las trabajadoras de un grupo homogéneo con respecto a la exposición permitirá obtener información sobre el grado de eficacia de las medidas de protección y prevención adoptadas.

## **9. CONTROL BIOLÓGICO**

El control biológico es una valoración de la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a la sustancia química presente en el puesto de trabajo, a través de medidas apropiadas del indicador o indicadores en los especímenes biológicos tomados a la persona trabajadora a un tiempo determinado. Los valores límite biológicos (VLB)) sirven como valor de referencia.

El momento en el que se realiza la toma de muestra (momento de muestreo) es crítico y debe respetarse ya que se establece de acuerdo con las diferencias entre la velocidad de absorción y de eliminación de los compuestos químicos o de sus metabolitos, o de acuerdo con la persistencia de los cambios bioquímicos inducidos. El tiempo que permanece un tóxico en el organismo se estima a partir de su vida media biológica, que es el tiempo necesario para reducir a la mitad la cantidad de tóxico en el organismo. Dependiendo de la rapidez con la que se elimine del organismo el momento de muestreo será uno u otro.

El control biológico debe considerarse complementario del control ambiental y, por tanto, debe llevarse a cabo cuando ofrezca ventajas sobre el uso independiente de este último. No debe confundirse con la vigilancia de la salud. El control biológico tiene como objetivo determinar la dosis interna de una sustancia química en el organismo, mientras que la vigilancia de la salud tiene como objetivo proteger la salud y prevenir las enfermedades profesionales relacionadas. En algunos casos, cuando el IB es de efecto, el control biológico puede ser una prueba útil para la vigilancia de la salud.

El control biológico puede usarse para completar la valoración ambiental, para comprobar la eficacia de los equipos de protección individual o para detectar una posible absorción dérmica y/o gastrointestinal.

Cuando la aportación por la vía dérmica puede resultar significativa para el contenido corporal total, es aconsejable la utilización del control biológico para poder cuantificar la cantidad global absorbida de contaminante.

El control biológico puede confirmar los resultados del control ambiental, pero cuando haya una discrepancia entre ambos debe revisarse cuidadosamente la situación global de la exposición y buscar una explicación.



## **TEMA 49**

**MEDICIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS. MEDICIONES PUNTUALES Y PROMEDIO. MEDICIONES PERSONALES Y AMBIENTALES. INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA. SISTEMAS ACTIVOS DE TOMA DE MUESTRAS. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS. SISTEMAS PASIVOS DE TOMA DE MUESTRAS. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MEDICIONES. ESTRATEGIAS DE MUESTREO. CONDICIONANTES DE LA TOMA DE MUESTRAS. CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA**

Durante la evaluación de riesgos puede ser necesario realizar mediciones de las sustancias químicas a las que están expuestos los trabajadores. La vía de entrada más importante es la inhalatoria ya que la respiración es un proceso continuo y hay una elevada superficie de contacto entre los alveolos y la sangre, en caso de que las sustancias químicas lleguen hasta estos.

La evaluación de la exposición laboral a agentes químicos por inhalación basada en el muestreo del aire de los lugares de trabajo se lleva a cabo comparando la concentración en el aire ponderada en el tiempo de un determinado contaminante, y obtenida a partir de mediciones representativas, con los valores límite de exposición profesional (VLEP) fijados para el agente en cuestión, tanto los definidos para exposiciones diarias como los aplicables a exposiciones de corta duración. Las mediciones consisten en la captación de la sustancia química y posterior análisis para cuantificar la concentración.

En este tema se abordan los aspectos que hay que tener en cuenta en el proceso de medición para garantizar la calidad de las mediciones. Estos procesos incluyen la estrategia de medición, que tiene que asegurar la representatividad de la muestra, los muestreadores utilizados y su calibración, el transporte y conservación de las muestras hasta que estas se analizan, y el control de calidad.

### **1. MEDICIÓN DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS**

La normativa de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) en el artículo 3 del Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo indica que *"la evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda"*.

El mencionado artículo continúa más adelante diciendo que *"las mediciones a las que se refieren los apartados anteriores no serán sin embargo necesarias, cuando el empresario demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección"*. Es decir, no siempre será necesario medir, siempre y cuando se pueda demostrar *"claramente"* que el personal trabajador tiene una *"adecuada protección"*. En estos casos es frecuente el uso de métodos cualitativos de evaluación del riesgo, como por ejemplo los modelos de exposición ART (*Advanced Reach Tool*<sup>1</sup> o *Stoffenmanager*<sup>2</sup> (solo disponibles en

<sup>1</sup> <https://www.advancedreachtool.com/>

<sup>2</sup> <https://stoffenmanager.com/en/>



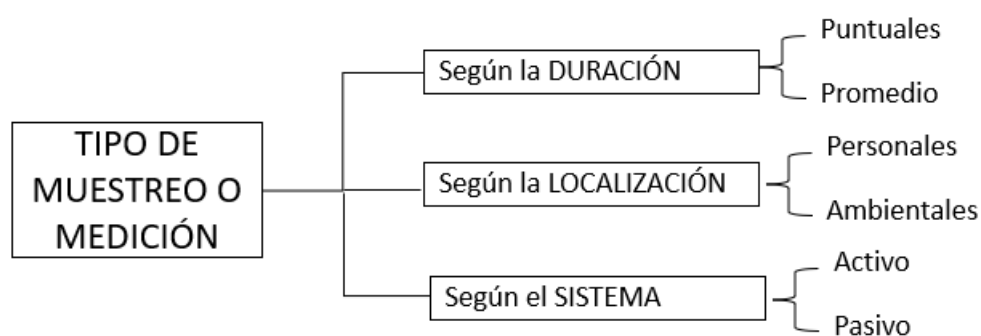
inglés) (INSST, 2017<sup>3</sup>). Ambos, disponibles también en TREXMO<sup>4</sup>, una herramienta desarrollada para minimizar las diferencias que resultan de la interpretación del usuario al elegir las distintas opciones que ofrecen los modelos. En TREXMO el usuario sólo introduce ciertos datos de exposición y la herramienta convierte dichos datos a los parámetros específicos usados por los distintos modelos.

El Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP) establece en su artículo 5 que cuando la evaluación de los riesgos requiera efectuar mediciones, análisis o ensayos y exista normativa específica de aplicación, esto es, metodología analítica específica, el procedimiento de evaluación deberá ajustarse a las condiciones concretas establecidas en aquella. En todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido.

En ausencia de normativa específica se usarán en orden de prioridad:

- las normas UNE.
- las guías del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), del Instituto Nacional de Silicosis y protocolos y guías del Ministerio de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas.
- normas internacionales.
- guías de otras entidades de reconocido prestigio.

Las mediciones se pueden clasificar conforme a distintos criterios:



## 2. MEDICIONES PUNTUALES Y PROMEDIO

Las mediciones proporcionan el valor medio de la concentración del contaminante durante el tiempo que se ha realizado dicha medición. Atendiendo a la duración de la medición, las mediciones pueden ser puntuales o promediadas.

**La medición puntual** se limita a la determinación de la concentración en un periodo de tiempo muy corto (de manera instantánea o en pocos minutos). El valor de la concentración que se obtiene de este modo puede asimilarse al valor instantáneo de la misma en el momento de la medición. Estas mediciones son adecuadas para determinar:

- Picos de concentración en situaciones concretas.

<sup>3</sup><https://www.insst.es/documents/94886/96076/Herramientas+para+la+gestion+del+riesgo+quimico.pdf/ca44ff68-bde2-4b96-af67-1477f9f0bf76?t=1527065689115>

<sup>4</sup> <https://trexmo.unisante.ch/home/>



- La presencia de agentes químicos en zonas donde se sospecha que puede haber liberación de sustancias químicas al lugar de trabajo.

Las mediciones puntuales se suelen hacer con instrumentos de lectura directa.

**La medición promediada** abarca un periodo de tiempo más largo, y es adecuada para la determinación de concentraciones medias a lo largo de la jornada laboral o parte de ella o de una actividad en concreto. Se suele realizar con un sistema de captación del contaminante en un soporte que después se analiza.

### **3. MEDICIONES PERSONALES Y AMBIENTALES**

Según donde se coloque el instrumento de medida, las mediciones pueden ser ambientales o personales.

**Las mediciones personales**, permiten obtener valores de las concentraciones de los contaminantes en la zona de respiración del trabajador/a. Este tipo de mediciones precisa la utilización de instrumentos de tamaño y peso reducidos y funcionamiento autónomo, ya que acompañan a la persona durante la realización de su trabajo, normalmente van situados en la solapa del trabajador/a.

Los resultados de estas mediciones dan una idea más exacta de la exposición real de las personas trabajadoras a los contaminantes, aunque la exposición de una persona en particular también depende de sus hábitos de trabajo. Para la comparación con los VLEP se usan mediciones personales.

**Las mediciones ambientales (en puntos fijos o de área)** permiten la determinación de las concentraciones de contaminantes en zonas de trabajo concretas o bien representativas de la composición del ambiente general de una zona de trabajo. Este tipo de mediciones no suele tener limitaciones en cuanto al tamaño y peso de los instrumentos que se utilizan, que suelen colocarse en sitios fijos. Se suelen definir dos zonas, el campo cercano y el campo lejano (near field, NF y far field, FF por sus siglas en inglés). El campo cercano es una zona a un metro en cualquier dirección de la fuente (aunque algunas publicaciones científicas también la definen a un metro alrededor de la zona de respiración del trabajador) y el campo lejano sería la zona a más de un metro en cualquier dirección de la fuente.

### **4. INSTRUMENTOS DE LECTURA DIRECTA**

Estos instrumentos se caracterizan porque indican de forma inmediata el resultado de la medición. Su principal ventaja es precisamente la inmediatez con la que se obtiene el resultado de la medición, sin embargo, suelen ser menos precisos que los métodos de toma de muestra. Según el tipo de contaminante puede diferenciarse sistemas para:

- análisis de gases y vapores (monitores e instrumentos colorimétricos).
- sistemas para la medición de aerosoles (instrumentos ópticos y eléctricos).

#### **4.1. Medidores de gases y vapores**

**Instrumentos colorimétricos:** Se basan en el cambio de color que sufre un reactivo específico al reaccionar con un contaminante determinado. La concentración se indica por el cambio de color por comparación con una escala en el propio dispositivo. Existen varios tipos:

- papeles reactivos
- líquidos reactivos
- tubos colorimétricos con reactivos sólidos: son los más comunes, se acoplan a una bomba automática de aspiración de aire. Aunque la aplicación principal de estos tubos se centra en la obtención de valores de las concentraciones de aire correspondientes a periodos de corta duración, también hay disponibles tubos para su utilización en muestreos de larga duración que permiten obtener concentraciones medias durante la jornada laboral o ciclos de trabajo determinados.

Pueden determinarse más de cien contaminantes diferentes con tubos colorimétricos específicos existentes en el mercado. Las principales marcas son Draeger, Kitagawa y Sensidyne.

#### **Ventajas de los instrumentos colorimétricos:**

- rapidez en la respuesta, no necesitan análisis posterior.
- no necesitan calibración.
- simples de usar y de bajo coste.

#### **Inconvenientes de los instrumentos colorimétricos:**

- precisión variable.
- pueden sufrir interferencias por otros contaminantes.
- les afecta la temperatura: las bajas temperaturas provocan variaciones de color.

**Monitores de gases y vapores:** Contienen un sensor que genera una señal instantánea proporcional a la concentración del gas o vapor. Según la naturaleza física de la señal que detectan para la determinación cuantitativa del contaminante pueden ser.

- **Eléctricos:** cuando las propiedades físicas o químicas del contaminante introducen cambios en los parámetros eléctricos de un sensor, de forma que los valores de salida son proporcionales a la concentración del compuesto a medir. Los sensores electroquímicos Draeger pueden detectar hasta 100 gases y vapores.
- **Térmicos:** detectan las variaciones en las propiedades térmicas de los compuestos a medir.
- **Electromagnéticos:** la energía electromagnética, en forma de radiación ultravioleta (UV), visible o infrarroja (IR), se absorbe por el medio contaminado a frecuencias características del contaminante y con una intensidad que depende de su concentración.
- **Químio-electromagnéticos:** se basan en el análisis de un gas en el que se produce una reacción química acompañada de una radiación electromagnética, que es la que se mide.
- **Espectroscopios fotoacústicos.** Se basan en la medición de la onda acústica generada por un gas cuando absorbe luz modulada. La longitud de onda de la luz determina de qué gas se trata, mientras que la magnitud de la absorción, medida como aumento de presión periódica (onda acústica), consecuencia de un aumento presión por aumento de temperatura, medida por un micrófono, es proporcional a la concentración del gas.

La precisión de este tipo de equipos viene determinada por el fabricante, y su utilización exige, por otra parte, calibraciones periódicas por medio de atmósferas o mezclas de gases de composición conocida. Pueden medir concentraciones puntuales, o bien tomar medidas durante un cierto periodo de tiempo.

#### **Ventajas de los monitores de gases y vapores:**

- rapidez de respuesta, por lo que están particularmente indicados para conocer la presencia de un compuesto que puede ocasionar daños agudos.
- capacidad para medir concentraciones puntuales.
- no precisar análisis posterior.
- posibilidad de conectar el equipo a una alarma o cualquier otro tipo de indicador o controlador.

#### **Inconvenientes de los monitores de gases y vapores:**

- necesitan calibración, normalmente bastante complicada, aunque vengan calibrados por el fabricante, fundamentalmente porque:
  - el elemento sensible puede envejecer, dando otra respuesta diferente a cuando es nuevo.
  - después de determinadas mediciones, cuando la concentración medida ha sido muy elevada, puede haber sobresaturación.
- inespecificidad, ya que no son selectivos para el compuesto para el que están pensados, sino que pueden presentar ciertas interferencias. En general el grado de inespecificidad disminuye de los eléctricos a los quimi-electromagnéticos.

Las principales aplicaciones de los monitores de lectura directa para gases son la determinación de:

- ozono,  $O_3$
- monóxido de carbono, CO
- dióxido de azufre,  $SO_2$
- óxidos de nitrógeno,  $NO_x$

#### **4.2. Medidores de aerosoles**

Los medidores de aerosoles constan de un selector de tamaño de partícula, de modo que solo partículas inferiores a cierto tamaño entren en la zona de medición.

Actualmente estos instrumentos permiten medir concentraciones de hasta  $10^6$  partículas/cm<sup>3</sup>, 1000 mg/m<sup>3</sup>, y distribuciones de tamaño de partícula en el rango de los 10 nm a los 20 µm. Los monitores de lectura directa de aerosoles son los instrumentos más utilizados para medir concentraciones de nanomateriales.

Se distinguen cuatro grupos fundamentales, aunque los más utilizados en higiene ocupacional son los monitores ópticos y eléctricos:

**Monitores ópticos:** miden la extinción o la dispersión de la luz al atravesar las partículas del aerosol un haz de luz. Son sensibles para medir partículas de tamaño de más 100 nm. Los monitores más comunes son los contadores de partículas y los nefelómetros.

**Monitores eléctricos:** se basan en suministrar una carga eléctrica proporcional al tamaño de la partícula que llega al instrumento para posteriormente medir esa carga cuyo valor es proporcional a la concentración de partículas. Estos instrumentos pueden medir la distribución de tamaño del aerosol y son capaces de medir partículas de menos de 100 nm.

**Microbalanza oscilatoria:** el instrumento basado en este principio es conocido como TEOM (*Tapered Element Oscillating Microbalance*). Las partículas se capturan continuamente en un filtro montado en la punta de un elemento de vidrio hueco, el cual oscila en un campo eléctrico. La concentración de la masa de las partículas se calcula por medio de una relación calibrada entre la frecuencia de oscilación y la cantidad de partículas, tomando en cuenta el volumen del aire muestreado.

**Microbalanza piezoeléctrica:** en estos monitores las partículas se capturan por impactación inercial o por precipitación electrostática en la superficie de un disco de cristal de cuarzo piezoeléctrico. El cambio de frecuencia del cristal de muestreo es electrónicamente comparado con un cristal de referencia limpio, generando una señal que es proporcional a la masa recolectada.

#### **4.3. Sensores**

El uso de sensores se está incrementado en los últimos años. La transferencia inalámbrica de datos basada en redes de telefonía móvil está mejorando la adopción de esta técnica permitiendo la integración de sensores en distintos lugares de trabajo para producir mapas de exposición. Se están desarrollando sensores portátiles e incluso implantables que ayudarán en la evaluación de la exposición y la práctica clínica.

### **5. SISTEMAS ACTIVOS DE TOMA DE MUESTRAS**

En general el objetivo en higiene es tomar muestras personales para su comparación con el VLEP. Los sistemas que se describen en esta sección son para la toma de muestras personales. Se clasifican en:

**Sistema pasivo o muestreo pasivo:** estos sistemas no usan bombas de aspiración de aire. El contaminante se difunde hasta el sistema de retención. Por ejemplo, tubos de difusión para BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno).

**Sistema activo o muestreo activo:** estos sistemas se basan en hacer pasar un volumen de aire contaminado, de manera forzada, a través de un medio de retención en el que queda retenido el contaminante presente en el aire que es posteriormente extraído de dicho medio y analizado para determinar su concentración.

Un sistema activo de toma de muestras está formado por:

- una bomba que aspira el aire con un caudal determinado y que está debidamente calibrada.
- un muestreador con un soporte donde se encuentra el medio de retención del contaminante.

- un captador o medio de retención del contaminante, que dependerá del estado del contaminante (partículas, gases o vapores).

### **5.1. Bombas de muestreo**

Las bombas de muestreo que se utilizan habitualmente para la obtención de muestras son bombas de diafragma o de pistón, accionadas por un motor eléctrico alimentado por baterías. Con el objeto de que puedan tomarse muestras personales, las bombas están diseñadas para que puedan colocarse sobre la persona durante la realización de su trabajo. De acuerdo con la norma UNE-EN ISO 13137:2022 se pueden establecer dos grupos de bombas para el muestreo personal.

- **Bombas tipo G:** funcionan con caudales normalmente inferiores a 0,3 l/min y se utilizan para el muestreo de gases y vapores.
- **Bombas tipo P:** funcionan con caudales normalmente de hasta 5 l/min y se utilizan para el muestreo de partículas en suspensión en el aire.

Las bombas con caudales superiores a los 5 l/min se suelen utilizar para tomar muestras estáticas, aunque también podrían utilizarse para tomar muestras personales. Su principal inconveniente a la hora de usarlas para muestras personales es el peso.

### **5.2. Muestreador o soporte de retención**

El tipo de muestreador dependerá del estado del contaminante a muestrear (aerosoles, vapores o gases).

#### **5.2.1. Muestreadores para aerosoles**

Para la captación de aerosoles se utilizan filtros que se insertan en muestreadores diseñados de forma que simulan la penetración en el tracto respiratorio en función del tamaño de las partículas, en concreto en función de su diámetro aerodinámico. Hay tres fracciones relevantes desde el punto de vista de la salud definidas en la norma UNE-EN 481:1995 *Atmósferas en los puestos de trabajo: Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles*.

**La fracción inhalable:** fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.

**La fracción respirable:** fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas. Para su captación se usan ciclones.

**La fracción torácica:** fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.

Esta convención se aplica a aerosoles sólidos y líquidos, pero no a fibras como por ejemplo el amianto o a los nanotubos de carbono.

Hay varios tipos de muestreadores personales. Para la fracción inhalable, en España se usa mayoritariamente la casete 37-mm abierta o cerrada, en el Reino Unido se usa sobre todo el muestreador IOM, en Francia CIP-I y en Alemania el muestreador GSP. Para la fracción respirable se usan ciclones (por ejemplo, el CIP-R, SIMPEDS, o Higgins Dewell) y para la torácica los muestreadores más comunes son el CIP-T, GK2.69 y el PEM200.

Cada tipo de polvo se caracteriza por un tamaño de partícula y por tanto para su captación se usa un muestreador específico a dicho tamaño. Por ejemplo, el polvo de carbón está presente en la fracción respirable y por tanto para su captación se usan ciclones, mientras que el polvo de maderas duras está presente en la fracción inhalable.

#### **5.2.2. Muestreadores para gases y vapores**

Para gases y vapores se suelen usar tubos de vidrio que contienen el medio de retención. En el caso de los gases, sobre todo cuando no se conoce el tipo de gas también se suelen usar bolsas inertes.

### **5.3. Captador o medio de retención**

Su misión es retener el contaminante que es transportado en el aire que llega aspirado por la bomba. Los medios de retención que se usan para contaminantes químicos en aire son:

- filtros, que pueden estar impregnados con sustancias que reaccionan con el contaminante para retenerlo.
- soluciones absorbentes (en *impingers* o borboteadores).
- sólidos adsorbentes (generalmente en tubos de vidrio), que pueden estar impregnados (por ejemplo, para captar formaldehído se utilizan tubos de sílica gel impregnados con 2,4-dinitrofenilhidracina).

La elección de un tipo de soporte u otro va a depender de:

- estado de agregación del contaminante.
- características químicas del contaminante.
- técnica analítica que se va a emplear para su análisis.

Lo cual vendrá determinado según el método de toma de muestras y análisis correspondiente.

#### **5.3.1. Toma de muestra con filtros**

El sistema de captación sobre filtros se basa en hacer pasar un volumen de aire contaminado a través de un filtro. Los poros del elemento filtrante permiten el paso del aire mientras que retienen la materia particulada (polvos, fibras, humos metálicos y nieblas de aceites minerales).

La elección del tipo de filtro (naturaleza del material, diámetro y tamaño de poro) va a depender del contaminante que se vaya a muestrear, el análisis que se vaya a realizar, el muestreador a utilizar y el caudal de la bomba; en el método analítico de cada contaminante se especifica cómo debe ser el filtro. A continuación, se describen las principales características:

- tamaño: de 37 o 25 mm de diámetro.
- porosidad: entre 0.45 y 5  $\mu\text{m}$ .
- naturaleza:
  - fibra de membrana, por ejemplo, los de éster de celulosa: son los elegidos cuando el análisis a realizar requiera la destrucción del filtro. Son los más utilizados para análisis de metales ya que son fácilmente atacables por ácidos y a temperaturas relativamente bajas. Los filtros de membranas de PVC son



hidrófobos y se usan cuando el análisis a realizar sea gravimétrico. Se utilizan también en la determinación de sílice por difracción de Rayos X.

- fibra de vidrio: son resistentes a altas temperaturas, no les afecta la humedad y retienen partículas muy finas. Se utilizan para la toma de muestras de humos asfálticos.
- membranas de teflón: se usan principalmente para muestreo de metales a bajas concentraciones ya que tiene un bajo nivel de contaminación de trazas.
- membranas de plata: se suelen usar para la captación de materia orgánica.
- membranas de policarbonato: se usan cuando el contaminante se va a analizar por microscopia ya que tienen una superficie plana y uniforme.

### *5.3.2. Toma de muestra con soluciones absorbentes*

Son soluciones de composición específica y determinada, contenida en un frasco borboteador o *impinger*. Al paso del aire, el contaminante queda retenido por disolución o reacción con la disolución absorbente.

Este sistema se solía usar para captar amoníaco o formaldehído pero su uso ya no es muy común. Se han ido sustituyendo por tubos adsorbentes y hoy en día apenas se usan.

### *5.3.3. Toma de muestra con sólidos adsorbentes*

Se basa en hacer pasar un volumen determinado de aire a través de un tubo, generalmente de vidrio o algún otro material inerte como acero inoxidable, relleno de un material sólido que retiene por adsorción superficial determinados gases o vapores. Posteriormente en el laboratorio es posible recuperar el contaminante adsorbido, mediante extracción con disolvente o mediante desorción térmica. El material adsorbente debe satisfacer varios requisitos:

- ser capaz de atrapar pequeñas cantidades del contaminante en el aire y retenerlo hasta su análisis.
- que no ocurran cambios químicos en las sustancias durante el periodo de almacenamiento.
- ser capaz de adsorber los contaminantes de interés en presencia de otros contaminantes.

Este método requiere de un procedimiento de desorción eficaz, mayor del 75% para desorción con disolvente y mayor del 95% para desorción térmica.

Los adsorbentes más utilizados son:

**carbones activados.** El carbón activo actualmente es el adsorbente más utilizado para la captación de vapores de disolventes si la desorción se va a realizar con disolvente.

**polímeros porosos.** La gran variedad de estos materiales presenta un amplio grado de selectividad para aplicaciones particulares. Algunos ejemplos son: Tenax GC (se utiliza cuando la desorción va a ser térmica); Chromosorb serie 100; Porapak.

**gel de sílice.** Se utiliza preferentemente en la captación de metanol, aminas, y derivados nitrados. Tiene como inconveniente principal que las captaciones con este adsorbente se ven afectadas por la humedad ambiental.

El modelo de tubo más corriente es el que dispone de dos secciones de adsorbente, la primera contiene doble cantidad de adsorbente que la segunda. La parte primera o frontal está

destinada a retener la muestra, y la segunda o posterior actúa como testigo o control de que la primera sección ha retenido todo el contaminante y no se ha producido saturación o migración. Una de sus características fundamentales es el **volumen de ruptura** que se define para una determinada concentración de un contaminante en aire, como el volumen de aire que puede pasar por el tubo antes de que la concentración de vapor que sale del tubo alcance el 5% de la concentración muestreada.

#### *5.3.4. Toma de muestras en bolsas inertes*

En este sistema de captación, el volumen de aire contaminado se recoge directamente mediante una bolsa de naturaleza inerte.

Estas bolsas son generalmente de plástico aluminizadas con una capacidad que varía entre 1 y 5 litros. Disponen de válvula para llenado (normalmente empleando una bomba personal modificada para impulsión), así como de un septum para inyección directa al cromatógrafo de gases.

La principal ventaja es la facilidad de su utilización y los inconvenientes son su uso limitado a gases y vapores (no todos), la sensibilidad, reducida al no concentrarse el contaminante presente en el aire, y la contaminación residual.

## **6. CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS**

Como establece el RSP se debe disponer de un sistema que garantice la calibración de los equipos que se utilizan para la toma de muestras y análisis, así como de un criterio de aceptación o rechazo de los equipos sometidos a calibración. Es importante también tener un plan de mantenimiento de los equipos utilizados.

Uno de los datos imprescindible para calcular la concentración en aire del contaminante muestreado es el volumen de aire muestreado. Este viene determinado por el tiempo de muestreo y el caudal de aspiración del aire. Se distinguen dos tipos de medidores de caudal: primarios y secundarios.

### **6.1. Medidores de caudal primarios**

Son aquellos en los que la medición del caudal se fundamenta en la determinación directa de volúmenes y tiempos. Como las determinaciones de ambas magnitudes se realizan simultáneamente, la determinación del caudal es, a efectos prácticos, independiente de la temperatura y de la presión, cuando todos los elementos se encuentran en las mismas condiciones. Entre los medidores primarios los más utilizados son los de burbuja de jabón y los de pistón.

#### *6.1.1. Medidores de burbuja de jabón*

En estos medidores el caudal (ml/ min) se determina midiendo el tiempo que tarda una burbuja de jabón en desplazarse a través de un volumen determinado. Pueden ser manuales o electrónicos.

**Manuales:** consisten en una bureta graduada cuyo extremo inferior está sumergido en una solución jabonosa, mientras que el extremo superior está conectado a la bomba cuyo caudal se quiere verificar. Se genera una burbuja, y ésta por el efecto de aspiración de la bomba es arrastrada a lo largo de la bureta. Con un cronometro se mide el tiempo que tarda en recorrer una distancia determinada marcada en la bureta y que corresponden a un volumen conocido.

**Electrónicos:** el fundamento es el mismo que el de la bureta. La diferencia está en que ahora la medición del tiempo se realiza de forma automática. El propio equipo realiza los cálculos y proporciona el valor del caudal. Estos equipos son más cómodos de manejar y transportar.

#### *6.1.2. Medidores secos de pistón*

Miden electrónicamente el tiempo que tarda un pistón de baja resistencia al flujo en atravesar un volumen determinado y a partir de este dato calculan el caudal que circula.

### **6.2. Medidores de caudal secundarios**

Los medidores secundarios son menos exactos que los primarios y deben ser calibrados frente a estos. Se distinguen dos tipos.

#### *6.2.1. Rotámetros*

Los rotámetros son medidores de caudal de área variable a los que afectan los cambios de temperatura y presión atmosférica. Por ello, sólo se utilizarán como indicadores de caudal y se deben calibrar frente a un medidor primario bajo las mismas condiciones de presión y temperatura en las que se van a utilizar. Si se calibran en condiciones diferentes a las que se van a utilizar, puede ser necesario realizar una corrección matemática del caudal.

Es frecuente que las bombas de muestreo vayan equipadas con este tipo de medidores.

#### *6.2.2. Orificios calibrados*

Estos medidores se basan en la medición de la presión diferencial. Si se hace pasar el flujo de aire a través de orificio de sección conocida y se miden las presiones antes y después del paso por este, se puede calcular el caudal aplicando la ecuación de Bernoulli.

### **6.3. Consideraciones**

La verificación de las bombas debe hacerse inmediatamente antes de comenzar el muestreo e inmediatamente después de terminado para comprobar que el caudal de aire aspirado durante el muestreo se ha mantenido constante. Es importante realizar estas verificaciones con el mismo material utilizado durante el muestreo. En el caso de que no se hubiese mantenido constante el caudal, pero la desviación entre los valores inicial y final fuese inferior al 5%, se calculará el caudal medio mediante estos dos valores. Si la variación entre el caudal inicial y el caudal final es superior al 5%, la medición es considerada no válida. Es importante tomar nota de la temperatura y humedad a la que se ha verificado la bomba, ya que el muestreo se debe realizar en condiciones de temperatura y humedad similares.

Un aspecto importante a tener en cuenta es la **pérdida de carga** generada por el conjunto muestreador – elemento de retención. La pérdida de carga depende de la geometría del muestreador, del caudal del mismo y del elemento de retención y puede influir en el caudal de la bomba (NTP 1168).

### **6.4. Cálculo de la concentración**

La concentración de contaminante muestreado en aire (C) es el cociente entre la masa de contaminante muestreado (M) y el volumen de aire que se ha pasado por el soporte de retención (V) según la siguiente expresión:

$$C = M/V$$

Donde: C es la concentración del contaminante en el ambiente (mg/m<sup>3</sup>)

M es la masa de contaminante recogida en la muestra (mg)

V es el volumen de aire muestreado (m<sup>3</sup>)

El volumen de aire muestreado es el producto del caudal al que se ha calibrado la bomba y el tiempo de muestreo:

$$V = Q T$$

Donde: Q es el caudal (m<sup>3</sup>/ minuto)

T es el tiempo en minutos

## **7. SISTEMAS PASIVOS DE TOMA DE MUESTRAS**

Los sistemas pasivos no usan bombas de aspiración. Estos sistemas se usan para gases y vapores.

Consisten en un tubo abierto por uno de sus extremos y cerrado por el otro. El extremo cerrado contiene el medio de retención. Al abrir el tubo las moléculas del contaminante difunden por el soporte hasta llegar al medio de retención. La cantidad de contaminante que llega a la sustancia absorbente (M) es proporcional a la concentración en el exterior del tubo (C) y al tiempo de duración del proceso, conforme a la Ley de Fick:

$$M = D \frac{A}{L} C t$$

La concentración del contaminante se calcula despejando C de la expresión anterior y ajustando las unidades:

$$C = \frac{M L 10^6}{D A t}$$

Donde: M = masa transferida total, que se determinará analíticamente (mg)

D = coeficiente de difusión, específico para cada gas o vapor, es función de la presión y la temperatura (cm<sup>2</sup>/segundo)

A = superficie de difusión (cm<sup>2</sup>)

L = longitud de difusión (cm)

C = concentración del contaminante (mg/m<sup>3</sup>)

t = tiempo de muestreo (segundos)

Las principales ventajas de los sistemas pasivos de toma de muestras son:

- simplicidad operativa y facilidad en su empleo al no ser necesario las actividades de mantenimiento y calibración de las bombas de aire.
- posibilidad de emplear tiempos de muestreo prolongados. Aunque el tiempo dependerá de la concentración ambiental ya que el sistema de retención se puede saturar si la concentración ambiental es alta y se muestrea durante periodos largos.
- mínima posibilidad de cometer errores personales.
- sostenibilidad al no necesitar de una fuente de energía.

Los principales inconvenientes son:

- necesidad de tener un conocimiento exacto del coeficiente de difusión del contaminante a la temperatura de muestreo y características del captador.
- invariabilidad del caudal de muestreo y su valor relativamente bajo.
- cierta sensibilidad del sistema pasivo a factores ambientales (humedad, temperaturas elevadas, velocidad del viento, otros contaminantes).

## **8. TRANSPORTE Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS**

El transporte y conservación de las muestras deberá realizarse de forma que se garantice la integridad tanto física como química de las mismas ya que si estas se ven afectadas la muestra queda invalidada teniendo que repetirse el muestreo.

El propio método de toma de muestras utilizado debe especificar las condiciones de transporte y conservación como son:

- margen de temperatura adecuado.
- protección de la luz necesaria.
- rango de humedad recomendado.
- tiempo máximo de almacenamiento. Es recomendable que tanto el tiempo de transporte como de almacenamiento antes del análisis sea lo más corto posible.

Las principales precauciones para el transporte y almacenamiento de las muestras son:

- cerrar, precintar y etiquetar las muestras inmediatamente después de su captación.
- colocarlas en contenedores adecuados para su transporte.
- incluir en cada lote "blancos de campo", tratados de la misma forma que la muestras, excepto que no han sido utilizados para recoger aire. De esta forma, se pueden identificar posibles contaminaciones que provengan de la manipulación en campo y durante el transporte.
- evitar exponer las muestras al calor excesivo o a la luz.
- no colocar en el mismo contenedor muestras ambientales y muestras de materias primas o productos.
- no almacenar las muestras, enviarlas inmediatamente al laboratorio por el procedimiento más rápido posible.
- una vez en el laboratorio conservarlas adecuadamente hasta el momento de su análisis.
- no abrir una muestra hasta el momento en que vaya a ser analizada.

## **9. REPRESENTATIVIDAD DE LAS MEDICIONES**

Las mediciones realizadas para evaluar los riesgos por inhalación de agentes químicos deben representar fielmente la exposición que se quiere conocer.

Por lo que deben establecerse unos requisitos mínimos de representatividad de las

mediciones.

- 1) **Justificando los aspectos relativos a la estrategia de muestreo:** cuando las mediciones se van a comparar con el VLEP se deberá seguir las indicaciones de la norma UNE-EN 689:2019 + AC:2019 "Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional". Los aspectos más importantes son:
  - el tipo de medición: preferentemente tienen que ser de tipo personal y si no se puede y deben hacerse mediciones ambientales habrá que justificarlo.
  - número y tiempo de duración de las muestras.
  - ubicación (en caso de mediciones ambientales).
  - número de trabajadores/ras a muestrear.
  - número de jornadas durante las que se van a realizar las mediciones.
  - tratamiento de datos y posibles conclusiones de valoración.
- 2) **Eligiendo el método de toma de muestra y análisis adecuado.** Los métodos a utilizar deberán ser métodos validados que garanticen la obtención de resultados con el grado de fiabilidad requerido. Hay que tener en cuenta la:
  - a. selectividad: es el grado de independencia del método frente a las posibles interferencias.
  - b. especificidad: es la capacidad de un método para obtener una respuesta debida únicamente al analito de interés y no a otros componentes de la muestra.
  - c. sensibilidad: es la capacidad de un método para discernir pequeñas variaciones de la concentración del analito.
  - d. límite de detección: es la menor concentración de un analito, que se puede distinguir (o discernir) de una muestra en blanco con una confianza razonable.

La página web del INSST tiene una lista de métodos de toma de muestras y análisis validados por el propio INSST<sup>5</sup>.

### 3) **Estimando la incertidumbre asociada a la medición:**

- error asociado a los instrumentos utilizados en la medición.
- error de la técnica analítica.
- indeterminación en el resultado. La medida corresponde a un día y momento determinados, tomada en un trabajador/a concreto pero lo que realmente interesa es saber si la exposición se mantendrá dentro de los límites permitidos no sólo el día de la medición, sino cualquier otro día y en cualquier otro momento. Aunque las tareas sean repetitivas a lo largo del tiempo, siempre existen variaciones de la concentración entre diferentes días, lo cual supone también una indeterminación en el resultado. La forma de cuantificar estas indeterminaciones es mediante la

---

<sup>5</sup> <https://www.insst.es/contenido-mta-introduccion>



estimación de los llamados límites de confianza superior e inferior. Los límites de confianza de un resultado indican el intervalo de valores entre los que se encuentra el verdadero valor de una magnitud medida experimentalmente con una probabilidad elevada (normalmente se calculan los límites de confianza con un 95% de probabilidad).

## **10. ESTRATEGIAS DE MUESTREO**

La estrategia de muestreo dependerá del motivo por el que se realizan las mediciones. Se puede medir por ejemplo para comprobar la eficacia de las medidas de protección implementadas o para comprobar que el personal trabajador no está expuesto a concentraciones superiores al VLEP. En este último caso habrá que emplear la estrategia descrita en la norma UNE-EN 689:2019 + AC:2019 Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.

La estrategia de muestreo tiene como objeto asegurar la representatividad de las mediciones al menor coste posible. A continuación, se exponen los aspectos más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de diseñar la estrategia de muestreo.

### **10.1. Selección de puesto de trabajo y personas a muestrear**

En la práctica a veces no es posible medir la exposición en todo el personal trabajador. La existencia de varias personas que realizan tareas similares, con frecuencias parecidas y en condiciones parecidas, permite asumir que todas tienen el mismo perfil de exposición y realizar mediciones sólo a una parte de ellas para ahorrar medios, considerando que la exposición es común a todas. Este grupo de trabajadores/ras se denomina Grupo Homogéneo de Exposición (GHE).

La norma UNE-EN 689:2019 + AC:2019 requiere entre 3 y 5 muestras de trabajadores/ras de un mismo GHE para realizar la comparación con el VLEP.

### **10.2. Momento y duración de la toma de muestras**

La definición de los valores límite incluye el tiempo de referencia para el que están establecidos. La mayoría de las veces el valor límite está definido para un periodo de 8 horas y no debe superarse en ninguna jornada de trabajo. La confirmación de que no se supera el valor límite en ninguna jornada de trabajo exigiría la realización de mediciones de forma continuada. Como este procedimiento es irrealizable en la práctica, se recurre a modelos estadísticos para determinar la probabilidad de superar el valor límite en cualquier jornada de trabajo y se admite que no se superará dicho valor si esta probabilidad es muy pequeña.

En general si no hay diferencias considerables en las tareas que puedan causar diferentes niveles de exposición entre unos días y otros se pueden muestrear a todo el personal en un mismo día (dependiendo de la disponibilidad de los equipos). En el caso que si existan diferencias en las tareas se deberá muestrear en los días que se estime que la exposición es más elevada, puesto que la normativa exige que no se supere el valor límite en ninguna jornada. Si en esos días con condiciones más desfavorables no se superan los valores límite se puede concluir que en general no se superan los valores límite.

En el caso de medidas de corta exposición, el momento depende de la duración de las actividades o ciclos de trabajo. Si la exposición se caracteriza por la presencia de picos de concentración, será necesario medir durante los periodos en los que puedan presentarse estos picos.

En cuanto a la duración de la toma de muestras esta debe ser similar al tiempo de referencia establecido en el valor límite con el que se va a comparar la muestra, normalmente 8-horas o 15-mins.

La norma UNE-EN 689:2019 + AC:2019 detalla todos los aspectos a tener en cuenta durante la estrategia de muestreo.

## **11. CONDICIONANTES DE LA TOMA DE MUESTRAS**

Las condiciones de la toma de muestras vienen establecidas por el propio método analítico, que define aquellos aspectos relativos al muestreo como son:

- tipo de muestreador.
- soporte de retención.
- caudal de captación.
- volumen de aire a muestrear o tiempo de muestreo.

En la práctica, el método disponible puede presentar diferencias con respecto a las características de la exposición y del criterio de valoración a aplicar. En estos casos puede ser necesario introducir alguna modificación en la toma de muestras. Algunas de estas causas son:

- nivel de concentración ambiental que no permite obtener la cantidad de muestra adecuada para el método disponible o nivel de concentración ambiental muy alto que produce la colmatación del medio de retención y consecuente pérdida de carga de la bomba
- necesidad de determinar distintos contaminantes en una misma toma de muestras.
- presencia de interferencias con otros contaminantes.
- grandes variaciones de concentración en el puesto de trabajo a lo largo del tiempo.
- aplicación a ciclos de trabajo de duración muy diferente a la establecida para el tiempo de muestreo.
- existencia de elevada humedad ambiental que puede condicionar el comportamiento del soporte de retención.

Cuando sea necesario modificar el caudal, volumen de aire muestreado o, lo que es lo mismo el tiempo de muestreo preestablecido, deberá tenerse muy en cuenta algunas de las características específicas del método, como son:

- el límite de detección del método analítico.
- las limitaciones en el equipo de muestreo.
- las limitaciones del soporte de captación.

Cada lote de muestras irá acompañado de los correspondientes blancos. El criterio general aplicado en higiene industrial supone adjuntar un blanco por cada 10 muestras, pero hay métodos de análisis que establecen otro número de blancos.

## **12. CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA**

La calidad de los resultados que se obtengan con un determinado equipo de medición dependerá, entre otros factores, del buen estado de cada una de sus partes y de su correcto funcionamiento. Los equipos de medida deberán ser conformes con las especificaciones que se indiquen en los métodos de medición y cumplir con los requisitos indicados en las normas que sean de aplicación. Por ello conviene tener un registro con todos los equipos y establecer un sistema de control que asegure:

- su mantenimiento, calibración y verificación de su correcto funcionamiento.
- un diario de su uso, averías y fechas de calibración.

En el caso de los equipos de lectura directa, la calidad de las mediciones también se apoyará en el establecimiento de un plan de mantenimiento y de calibración interno y/o externo adecuado.

La norma UNE-EN 482:2021 especifica los requisitos generales para la determinación de agentes químicos en aire de los lugares de trabajo. Estos requisitos son aplicables a todos los procedimientos de medida de agentes químicos cualquiera que sea la naturaleza química o estado físico del agente (gas, vapor, aerosol) e independientemente del método de toma de muestra o de análisis utilizado. Según se indica en la propia norma, es aplicable a los procedimientos de medida con etapas separadas de toma de muestra y análisis, a todas las etapas del procedimiento de medida, incluyéndose el transporte y el almacenamiento de la muestra y, también, a los equipos de lectura directa.

Las normas específicas incluyen requisitos adicionales para el procedimiento o equipo. Se han desarrollado normas específicas para:

- Muestreadores de aerosoles (UNE-EN 13205:2015).
- Muestreadores por difusión o pasivos para gases y vapores (UNE-EN ISO 23320:2023).
- Muestreadores por aspiración para gases y vapores (ISO 22065:2020).
- Tubos detectores de corta duración (UNE-EN ISO 17621:2016).
- Bombas de muestreo personal y ambiental (UNE-EN ISO 13137:2022).
- Medidas de metales y no metales en aire (UNE-EN ISO 21832:2021).
- Mezclas de partículas y vapores (UNE-EN ISO 23861:2023).

A su vez el laboratorio tendrá establecidos procedimientos de control de la calidad para realizar el seguimiento de la validez de los resultados que obtenga. La Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017 "Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración" contiene los requisitos que un laboratorio tiene que cumplir si desea demostrar que es técnicamente competente y que es capaz de producir resultados técnicamente válidos.

El control de la calidad de los equipos de medida debe enmarcarse dentro un sistema general de gestión de la calidad que permita asegurar y demostrar, con la confianza adecuada, el cumplimiento de los requisitos de todos los métodos empleados. Hay que considerar por tanto todas las etapas realizadas en la medición y análisis incluyendo todos los factores (o agentes) humanos y materiales que intervienen en ellas y que, directa o indirectamente, pueden afectar a su calidad.

La necesidad de consideración de todos los factores y etapas implicadas en las mediciones pone de manifiesto la conveniencia de utilizar un marco de referencia amplio para la calidad en las actividades de medición. En este sentido, la norma UNE-EN ISO/CEI 17025 sería la más adecuada. Esta norma es aplicable a todas las organizaciones o laboratorios que realicen cualquier tipo de ensayos (incluido el muestreo) o de calibraciones, independientemente de su tamaño y del alcance de las actividades de ensayo o de calibración y a todas o parte de las actividades contempladas en ella. Tiene por objeto, entre otros, su utilización por los laboratorios en el desarrollo de los sistemas de gestión para sus actividades de la calidad, administrativas o técnicas. Asimismo, puede ser utilizada por los clientes del laboratorio, las autoridades reglamentarias y los organismos de acreditación cuando confirman o reconocen la competencia de los laboratorios.



## **TEMA 50**

### **CONTROL DE LAS EXPOSICIONES FRENTE AGENTES QUÍMICOS. TÉCNICAS GENERALES: ACCIONES DE CONTROL TÉCNICAS. ACCIONES DE CONTROL ORGANIZATIVAS. PRIORIZACIÓN DEL CONTROL DE RIESGOS. ACCIONES SOBRE EL AGENTE. ACCIONES SOBRE EL PROCESO. ACCIONES EN EL LOCAL DE TRABAJO. ACCIONES EN LOS MÉTODOS DE TRABAJO. TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE LOS AGENTES QUÍMICOS: EXTRACCIÓN LOCALIZADA Y VENTILACIÓN POR DILUCIÓN**

Los riesgos para la seguridad y salud de las personas trabajadoras debidos a la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo son de muy distinta tipología y forma de actuación, pero muchos de ellos tienen en común el factor de riesgo "concentración en el ambiente" como parámetro que determina la magnitud del riesgo; en consecuencia, las medidas preventivas deben ir encaminadas a disminuir la exposición de la persona trabajadora a dicha concentración del agente químico.

Los principios de la acción preventiva relativos al control de las exposiciones de agentes químicos deben entenderse como una extensión de los principios enunciados en el apartado 1 del artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos.

La necesidad de adopción de medidas preventivas específicas vendrá determinada por la evaluación de riesgos, de la que se deducirán así mismo las medidas concretas a implantar.

#### **1. CONTROL DE LAS EXPOSICIONES FRENTE A AGENTES QUÍMICOS**

Son el conjunto de técnicas y procedimientos aplicables para evitar o disminuir la exposición de los trabajadores a agentes químicos. Implica implantar o ejecutar acciones eficaces para prevenir riesgos y mantener esta situación a lo largo del tiempo y en cualquier circunstancia. Estas acciones pueden clasificarse atendiendo al elemento sobre el que actúan. Cada una de ellas tiene un objetivo distinto:

- **Acciones sobre el agente químico:** su objetivo es evitar su presencia.
- **Acciones en el proceso o instalación:** su objetivo es eliminar o reducir la emisión al ambiente.
- **Acciones en el local (zona o ambiente de trabajo):** su objetivo es mantener la concentración ambiental del agente químico en un valor seguro.
- **Acciones en el método de trabajo:** su objetivo es evitar el contacto directo entre el agente químico y el trabajador.

## **2. TÉCNICAS GENERALES: ACCIONES DE CONTROL TÉCNICAS, ACCIONES DE CONTROL ORGANIZATIVAS.**

Para disminuir la exposición a los contaminantes químicos habrá que desarrollar acciones de control encaminadas a reducir:

- La concentración del contaminante en el ambiente
- El tiempo de exposición de los trabajadores

### **Acciones de control técnicas**

Tienen por objeto reducir la concentración del contaminante en la zona de respiración del trabajador.

El análisis de las situaciones de riesgo parte de la utilización de un agente químico o de su generación durante un determinado proceso. El equipo que emite el agente químico al ambiente de trabajo se denomina foco de emisión. El foco de emisión está situado en el local de trabajo que es el medio de propagación del contaminante entre el foco y la zona de respiración del trabajador. Por último, la existencia de una persona que trabaja en la zona de exposición al contaminante.

El escenario que se acaba de presentar permite clasificar las acciones de control atendiendo al elemento sobre el que actúan, es decir, el agente químico, el proceso, local de trabajo o método de trabajo.

### **Acciones de control organizativas**

Las acciones de control organizativas tienen por objeto reducir el tiempo de exposición de los trabajadores a los contaminantes químicos.

Al planificar la distribución de los puestos de trabajo y las tareas a realizar en cada uno de ellos siempre es posible buscar la optimización de las exposiciones en el sentido de lograr que el número de trabajadores sea mínimo y que el tiempo de exposición de cada uno de ellos sea mínimo. La rotación de puestos de trabajo o el reparto de tareas entre varios trabajadores son ejemplos de cómo, mediante la organización del trabajo, se puede reducir la exposición.

## **3. PRIORIZACIÓN DEL CONTROL DE RIESGOS**

El empresario tiene la obligación de garantizar la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la seguridad y salud de los trabajadores durante el trabajo.

El Real Decreto 374/2001 establece el siguiente orden de prioridad en el establecimiento de las medidas preventivas:

- La concepción y la utilización de procedimientos de trabajo, controles técnicos, equipos y materiales que permitan, aislando el agente en la medida de lo posible, evitar o reducir al mínimo cualquier escape o difusión al ambiente o cualquier contacto directo con el trabajador que pueda suponer un peligro para la salud y seguridad de éste.



- Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.
- Medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios.

Teniendo en cuenta que siempre que haya presencia de un agente químico peligroso habrá, en mayor o menor grado, un riesgo, la acción preventiva prioritaria debe ser la eliminación del agente químico peligroso mediante sustitución por otro agente químico que no sea peligroso o mediante la modificación del proceso que lo genera. Así pues, aunque siempre es recomendable plantear la sustitución, ello adquiere especial relevancia ante los agentes y situaciones de mayor riesgo (por ejemplo: para agentes cancerígenos existe una mayor exigencia, tal y como establece su normativa específica, el Real Decreto 665/1997 en su artículo 4). Por ello, a pesar de ser también un principio general, la sustitución del agente químico peligroso viene mencionada explícitamente en el Real decreto 374/2001 como una medida específica de prevención y protección.

Si la eliminación del agente químico peligroso no es posible, la acción preventiva se dirigirá hacia la reducción de los riesgos debidos a su presencia.

El objetivo de minimizar el peligro intrínseco de los agentes químicos utilizados debe mantenerse aun cuando se respeten todas las medidas legales específicas de prevención y protección y, cumplidas dichas medidas, no debe tener más límite que el impuesto por motivos insoslayables de tipo técnico-económico.

Los principios generales de la acción preventiva se concretan en la aplicación de unas técnicas que permiten la consecución de unos objetivos que son básicos y prioritarios para reducir los riesgos. La Guía Técnica del INSST indica el orden para priorizar las técnicas de control de las exposiciones según su objetivo. Las diferentes técnicas de control se muestran en la tabla 1 en un orden de prioridad (de arriba hacia abajo) y para prioridad en orden de preferencia (de izquierda a derecha), basándose en que son preferibles los controles técnicos que los basados en la organización del trabajo debido a su mayor fiabilidad. El concepto de prioridad debe entenderse en sentido estricto: no es adecuado desde un punto de vista preventivo contemplar la posibilidad de aplicación de una técnica hasta que todas las técnicas de las filas superiores se han puesto en práctica o se han descartado por ser inviables técnica o económicamente. Estos casos de inviabilidad deben ser analizados de manera concreta.

La implantación de cualquiera de estas técnicas requiere, normalmente, la colaboración de especialistas de ramas muy diversas y procedimientos de trabajo que pueden ser complejos.

Todas estas técnicas de control o medidas preventivas pueden agruparse en:

- **Sustitución:** Buscan la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico.
- **Reducción del riesgo al mínimo:** Cuando no se pueda eliminar el riesgo, se reducirá al mínimo aplicando medidas de prevención y protección. El orden de prioridad en las medidas a implantar es el siguiente:
  - Aislar el agente, evitando o reduciendo al mínimo cualquier escape, difusión al ambiente o contacto directo con el trabajador.

- Medidas de protección colectiva. Aplicadas preferentemente en el origen del riesgo y medidas adecuadas de organización del trabajo (medidas técnicas y medidas organizativas).
  - La ventilación general
  - La extracción localizada.
- Medidas de protección individual. Cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.

La evaluación de riesgos determinará las medidas necesarias para lograr una adecuada protección del trabajador.

*Tabla 1. Técnicas de control de las exposiciones a agentes químicos*

Nivel de prioridad	Objetivo de la medida preventiva	La medida preventiva se aplica al			
		Agente químico	Proceso o Instalación	Local de trabajo	Método de trabajo
1º	Eliminación del riesgo	Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso	Sustitución del proceso Utilización de equipos intrínsecamente seguros (1)		Automatización Robotización Control remoto
2º	Reducción o control del riesgo	Sustitución parcial del agente Cambio de forma o estado físico (2)	Proceso cerrado Cabinas de guantes Aumento de la distancia Mantenimiento preventivo (3) Extracción localizada Equipos con extracción local incorporada Cubetos de retención	Orden y limpieza Segregación de departamentos sucios Ventilación por dilución Duchas de aire Cortinas de aire Cabinas para los trabajadores Drenajes Control de focos de ignición	Buenas prácticas de trabajo Supervisión Horarios reducidos
3º	Protección del trabajador				EPI de protección respiratoria, dérmica u ocular (RD 773/1997)

(1) Aplicable para eliminar el riesgo de incendio o explosión.

(2) Por ejemplo: la manipulación de un material sólido por vía húmeda, en forma de pasta o gel, o su encapsulamiento puede reducir el riesgo por inhalación.

(3) El objetivo del mantenimiento preventivo debe ser evitar las fugas, derrames o escapes de agentes químicos que son una de las causas de riesgo más frecuentes. Las actuaciones posteriores para la contención y limpieza del producto derramado son medidas de control complementarias.

#### **4. ACCIONES SOBRE EL AGENTE QUÍMICO**

Tienen como objetivo evitar la presencia del contaminante químico en el ambiente de trabajo.

El Reglamento REACH fomenta la sustitución del uso de aquellas sustancias que presentan una mayor peligrosidad para la salud y el medio ambiente, exigiendo su autorización e imponiendo restricciones a determinados usos. Además de estas normas reglamentarias que prohíben o limitan el uso de ciertos productos la experiencia muestra que se han obtenido grandes avances en la prevención de riesgos mediante la sustitución o modificación de los productos.

## **Eliminación del riesgo**

### *Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso*

La sustitución es una medida preventiva consistente en eliminar un determinado riesgo actuando en el origen, ya sea por utilización de un agente químico alternativo o bien empleando otro proceso. En la mayoría de los casos, ello implicará la aparición de un nuevo riesgo, necesariamente de menor magnitud, que deberá valorarse y controlarse de forma adecuada.

El Real Decreto 374/2001 establece que el empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico. Para ello, deberá (preferentemente) evitar el uso de dicho agente, sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que no sea peligroso o que lo sea en menor grado.

Para los agentes químicos cancerígenos y mutágenos el principio de sustitución se aplica de forma aún más estricta puesto que deja de ser una prioridad en el conjunto de acciones preventivas para convertirse en un imperativo legal "*siempre que sea técnicamente posible*" (artículo 4 del Real Decreto 665/1997 sobre la prevención de riesgos derivados de agentes cancerígenos y mutágenos en el trabajo).

En este sentido, se debe proceder a la sustitución, debido a la prohibición de uso, a menos que tengan la correspondiente autorización, de las sustancias denominadas de muy alta preocupación, recogidas en el Anexo XIV del Reglamento REACH . Entre estas se encuentran:

- Las sustancias cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción (CMR) de categoría 1A y 1B.
- Las sustancias persistentes, bioacumulables y tóxicas (PBT).
- Las sustancias muy persistentes y muy bioacumulables (mPmB).
- Las sustancias que presenten evidencia científica de ser probables causantes de graves efectos en humanos o en el medio ambiente, como los alteradores endocrinos cuya situación debe revisarse, dadas las dificultades técnicas y científicas existentes para su clasificación.

Además, el Real Decreto 374/2001 establece una prohibición de uso respecto a 4 sustancias: 2-naftilamina y sus sales, 4-aminodifenilo y sus sales, bencidina y sus sales y 4-nitrodifenilo, en determinadas condiciones de uso (concentración superior a 0.1 % en peso).

Desde el punto de vista técnico, la sustitución es una medida de gran valor, en especial frente a aquellos agentes para los cuales no pueden fijarse límites de exposición seguros.

La sustitución de agentes químicos presenta la siguiente problemática:

- La búsqueda de agentes químicos que sean sustitutos viables desde un punto de vista estrictamente técnico.
- El estudio y la valoración de la peligrosidad de los nuevos agentes que, aunque debe ser menor que la del agente a sustituir, no podrá considerarse despreciable en la mayor parte de los casos.
- La gestión de los cambios que supone la introducción de un nuevo agente en el proceso, y el rechazo que ello puede originar inicialmente en distintos estamentos de la empresa (dirección, trabajadores, ...)

### **Reducción o control del riesgo**

#### *Sustitución parcial del agente*

Consiste en la disminución progresiva de la proporción del agente químico peligroso manipulado antes de conseguir su eliminación total. No sería correcto rechazar una sustitución parcial en espera de que sea posible realizar una sustitución total.

#### *Cambio de forma o estado físico*

Una alternativa al uso de agentes químicos que generan polvo es manejarlos por vía húmeda en forma de pasta o gel o su encapsulamiento, con ello se reducen las emisiones de polvo, reduciéndose la exposición inhalatoria, y se simplifican las tareas de limpieza.

## **5. ACCIONES SOBRE EL PROCESO O INSTALACIÓN**

Tienen como objetivo eliminar o reducir la emisión del contaminante al ambiente.

### **Eliminación del riesgo**

#### *Sustitución del proceso*

Los cambios en el proceso productivo suelen hacerse buscando una mejora en la calidad o en los costes de producción. Para que estos cambios tengan además un aprovechamiento en el terreno preventivo es necesario que los requisitos preventivos se tengan en cuenta desde el comienzo del diseño.

Se considera favorable la mejora en las siguientes características:

- Procesos cerrados, que evitarán la dispersión del contaminante en el ambiente de trabajo.
- Menor temperatura o presión.
- Evitar agitación o borboteos en depósitos abiertos que puedan favorecer la dispersión del contaminante.
- Manipulación por vía húmeda

#### *Utilización de equipos intrínsecamente seguros*

Esta medida es especialmente eficaz para eliminar el riesgo de incendio y explosión.

El diseño de una instalación concreta debe partir de las reglamentaciones de obligado cumplimiento que le sean de aplicación (Reglamentos de Seguridad Industrial). Sin embargo, para lograr un nivel elevado de seguridad es preciso, además, que las especificaciones del diseño se apoyen, hasta donde sea posible, en la aplicación de normas técnicas de reconocida solvencia (DIN, VDI, ASTM u otras).

## **Reducción o control del riesgo**

### *Proceso cerrado*

Trabajar en proceso cerrado significa que no hay contacto entre el agente químico y el ambiente. Los ejemplos típicos de cerramiento de procesos los constituyen las cabinas para contener una máquina. Cuando el cerramiento total no es posible, puede intentarse un cerramiento parcial.

### *Cabinas de guantes*

Caso particular de aislamiento del proceso. La generación de contaminante se sitúa dentro de un recinto dotado de aspiración y el trabajador actúa fuera de él. Para trabajos con materiales de baja o media toxicidad el cerramiento es parcial y se puede manipular en el interior a través de una ventana de acceso. Para materiales de alta toxicidad el cerramiento debe ser completo. Esta medida se puede aplicar a un conjunto de tareas que impliquen el uso a pequeña escala de líquidos y sólidos.

### *Aumento de la distancia*

Esta medida puede tener varios objetivos

- Separar al trabajador del foco de emisión del contaminante para reducir su exposición.
- Separar productos químicos incompatibles para controlar el riesgo.

### *Mantenimiento preventivo*

El objetivo del mantenimiento preventivo debe ser evitar las fugas, derrames o escapes de agentes químicos que son una de las causas de riesgo más frecuentes. Las actuaciones posteriores para la contención y limpieza del producto derramado son medidas de control complementarias.

### *Extracción localizada*

Su objetivo es captar el agente químico en la zona inmediata del punto donde se ha generado (el foco), evitando así que se difunda al ambiente general del local.

### *Equipos con extracción local incorporada*

Se trata de un caso particular de extracción localizada, que viene ya incorporada en el propio equipo que genera el contaminante químico. Es el caso por ejemplo de la maquinaria de corte de madera, que posee equipos incorporados de extracción del polvo de las maderas.

### *Cubetos de retención*

Su finalidad es recoger posibles vertidos de sustancias de diferente tipo de peligrosidad, para su posterior tratamiento, por ejemplo, las sustancias inflamables para su posterior eliminación por incineración o, las corrosivas, su neutralización.

## **6. ACCIONES EN EL LOCAL DE TRABAJO**

Su objetivo es mantener la concentración ambiental del agente químico en un valor seguro.

### **Reducción o control del riesgo**

#### *Orden y limpieza*

La limpieza es también una de las medidas preventivas básicas para evitar la exposición innecesaria de trabajadores. Los suelos, techos y paredes de los lugares de trabajo serán de características tales que permitan una correcta limpieza y asimismo garanticen una total impermeabilización frente a agentes químicos que pudieran proyectarse, derramarse, etc. Las operaciones de limpieza sean programadas o puntuales, no deben constituir por sí mismas una fuente de riesgo para los trabajadores que las efectúen o para terceros. Para garantizarlo, existirán procedimientos encaminados a garantizar que las mismas se realizarán en los momentos, por las personas, de la forma y con los medios más adecuados.

#### *Segregación de departamentos sucios*

Consiste en el aislamiento de la operación potencialmente contaminante en un recinto específico separado del resto. Así es posible aplicar a este local medidas preventivas particulares más efectivas y económicas que si estas operaciones se realizasen junto con otras en una zona común.

#### *Ventilación por dilución*

Su objetivo es reducir el nivel del agente químico en aire renovando globalmente el aire del local, mezclando el aire con el agente químico presente en las proximidades del foco de generación con aire limpio, con la finalidad de obtener concentraciones más bajas. Debe considerarse adecuada únicamente en aquellos casos en que los agentes químicos en aire son de baja toxicidad, su generación ocurre en muchos puntos del local y se encuentran en pequeñas concentraciones.

#### *Duchas de aire*

Son recintos especialmente concebidos y diseñados para la limpieza de las partículas que se quedan depositadas en la vestimenta del trabajador, y son utilizadas fundamentalmente en los ingresos a zonas limpias, como zonas estériles, y salidas de áreas en contención.

#### *Cortinas de aire*

Es un equipo de ventilación que crea una capa de aire sobre una puerta para separar dos ambientes diferentes de manera eficiente y sin limitar el acceso de las personas o vehículos. Permite reducir la contaminación de materia particulada en la ropa los trabajadores cuando pasen a través de las mismas.



### *Cabinas para los trabajadores*

Medidas preventivas que consiste en la ubicación de los trabajadores en un recinto anexo al de producción debidamente protegido, separándolo de esta forma de la zona de emisión. El riesgo no se elimina totalmente, pues el trabajador podría abandonar la cabina para efectuar determinadas tareas fuera de la misma (por ejemplo, tareas de mantenimiento).

### *Drenajes*

Permiten la recogida de fugas accidentales, con el objeto de disminuir la exposición de los trabajadores a dichas fugas en caso de producirse.

### *Control de focos de ignición*

Si no es posible impedir o reducir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables, se debe garantizar que los distintos tipos de fuente de ignición que pudieran encontrarse habitual o esporádicamente en el ámbito de trabajo no puedan desprender una cantidad de energía suficiente para iniciar el incendio, explosión u otras situaciones adversas. Para ello, siempre que sea posible, se utilizarán equipos alimentados o accionados por energías que no generen calor (hidráulica, neumática, etc.). Cuando ello no sea posible, se deben usar equipos protegidos y procedimientos de trabajo que garanticen un control de los focos de ignición.

## **7. ACCIONES EN LOS METODOS DE TRABAJO**

Tienen por objetivo evitar el contacto directo entre el agente químico y el trabajador.

### **Eliminación del riesgo**

#### *Automatización, robotización, control remoto*

Los procedimientos de trabajo que entrañan peligro pueden eliminarse mediante automatización. La robotización de las operaciones de soldadura y pintura en la industria del automóvil son el ejemplo típico.

### **Reducción o control del riesgo**

#### *Buenas prácticas de trabajo*

Trabajar de forma que se eviten las emisiones al ambiente mediante comportamientos tales como mantener los recipientes cerrados, evitar derrames, hacer uso de las aspiraciones disponibles, etc. Igualmente, la implantación de unas buenas prácticas de higiene personal es un requisito elemental, en cualquier puesto de trabajo, que puede contribuir en gran medida a eliminar o reducir los riesgos debidos a la exposición a agentes químicos peligrosos.

### *Supervisión*

Siempre que la gravedad del riesgo por exposición a agentes químicos dependa significativamente de la forma de realizar la tarea, se deberá controlar la correcta aplicación del procedimiento.

### *Horarios reducidos*

Puede disminuirse la exposición al agente químico mediante rotación de puestos o reducción de horarios. Paralelamente han de ponerse en marcha controles administrativos que aseguren el correcto reparto del tiempo de exposición entre los diferentes trabajadores.

## **Protección del trabajador**

### *Utilización de EPI*

No se recurrirá a la protección individual sin respetar el orden de prioridad de aplicación de las medidas preventivas. En general, se recurrirá a la protección individual cuando:

- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas aplicadas sean insuficientes o técnicamente inviables.
- Las medidas de prevención y protección colectiva que sean oportunas no puedan adoptarse inmediatamente y se deba recurrir provisionalmente a dicha protección individual.
- Se trate de efectuar operaciones puntuales o de una situación eventual que no justifique la implantación de medidas permanentes. En estos supuestos se debe garantizar que el uso de un EPI proporciona un nivel de protección equivalente al que proporcionarían las medidas a las que sustituye.
- Se produzcan situaciones de emergencia, rescate o autosalvamento. En este caso se utilizarán siempre.

La selección de los equipos puede desarrollarse conforme a la secuencia de actuación que se presenta en la siguiente tabla:

SECUENCIA DE ACTUACIÓN	PARÁMETROS DE DECISIÓN
1 Determinación del tipo de equipo a utilizar	• Vías de entrada del contaminante
2 Determinación de las características técnicas del equipo a utilizar	• Evaluación de riesgos • Información del fabricante
3 Adquisición del equipo	• Adecuación al riesgo • Adaptación al entorno de trabajo, a la tarea y al usuario

### Protección de las vías respiratorias

El fin último de todo equipo de protección respiratoria es proteger el sistema respiratorio de la inhalación de atmósferas peligrosas, ya sea por estar contaminadas con partículas, gases y vapores o por tener una deficiencia de oxígeno.

Todo equipo de protección respiratoria está compuesto por una pieza facial, que tiene por objeto impedir la entrada de aire contaminado, y por un sistema que proporcione aire respirable.

Los equipos de protección respiratoria se clasifican en:

- Dependientes de la atmósfera ambiente. El aire inhalado pasa a través de un material filtrante que retiene los contaminantes. Son denominados equipos filtrantes. Sólo deben utilizarse en atmósferas sin deficiencia de oxígeno. Pueden ser:
  - Equipos filtrantes de partículas. Los filtros frente a partículas se codifican, según la norma europea, con el color blanco y con el símbolo P. Se clasifican como P1, P2 y P3, según sean de eficacia baja, media o alta.
  - Equipos filtrantes contra gases y vapores. Al contrario de lo que ocurre con los filtros frente a partículas, los filtros frente a gases son específicos para los contaminantes. Así, se encuentran filtros frente a gases y vapores orgánicos, gases y vapores inorgánicos, dióxido de azufre y gases ácidos, amoníaco, óxidos de nitrógeno y vapores de mercurio, además de las clases que pueden presentar y los colores que los filtros para gases específicos.
- Independientes de la atmósfera ambiente, que proporcionan aire respirable procedente de una fuente independiente del medio ambiente, que puede ser portada por el propio usuario (equipos autónomos) o ser una línea de aire fresco o de aire comprimido. Se denominan equipos aislantes.

La selección de un EPR depende de los datos aportados en la evaluación de riesgos, especialmente se debería tener en cuenta lo siguiente:

- Concentración de oxígeno durante todo el tiempo que dure el trabajo o la exposición.
- Agentes químicos peligrosos, incluyendo los asfixiantes, y estado físico del contaminante (polvo, fibra, humo, gas, vapor, etc.).
- Concentración máxima que se puede encontrar en la atmósfera y valor límite ambiental.
- Adaptación del equipo al ambiente de trabajo, al usuario y a las características propias de la tarea
- Otros riesgos (por ejemplo: salpicaduras, chispas, incendio) que estén relacionados con el trabajo y que puedan influir en la selección y uso del equipo.

#### Guantes de protección

Los guantes de protección química son impermeables al aire. Sin embargo, el nivel de protección del guante frente a un producto químico depende fundamentalmente del tipo de material y del producto químico específico. Este nivel de protección se determina basándose en la resistencia del material a la permeación del producto a su través en condiciones de laboratorio y este parámetro se mide en términos de un tiempo de paso o *Breakthrough time*. Este tiempo, en minutos, sirve para clasificar el material del guante en seis clases o niveles, desde la clase 1 hasta la 6:

Tiempo de paso <sup>a</sup>	Clase o nivel de prestación
> 10 minutos	1
> 30 minutos	2
> 60 minutos	3
> 120 minutos	4
> 240 minutos	5
> 480 minutos	6

### Protección ocular y facial

La propiedad que define el protector ocular y/o facial que se debe utilizar frente a un agente químico, es el estado físico de presentación del contaminante: sólido, líquido, aerosol o gas. Los protectores oculares y faciales se pueden clasificar, atendiendo al tipo de montura, en: protectores oculares de montura universal, protectores oculares de montura integral y pantallas faciales. En cualquier caso, el marcado de la montura indica cual es el campo de uso del protector, es decir, la protección que ofrece frente a un riesgo determinado.

Los protectores adecuados para su uso frente a agentes químicos son aquellos que lleven en el apartado del marcado de la montura relativo al campo de uso los símbolos 3 (para contaminantes líquidos; gotas o salpicaduras) o 5 (para gases, vapores, aerosoles, etc.).

### Ropas de protección

Para la ropa de protección química, no sólo el material de fabricación sino también el diseño del traje juega un papel fundamental en la protección. De este último va a depender la hermeticidad del equipo, es decir, la resistencia a la entrada de los productos químicos, en sus distintas formas de presentación (polvos, líquidos y gases) a través de costuras y uniones. La clasificación de la ropa de protección química que hacen las normas europeas, en sus distintos tipos, se basa en esta hermeticidad.

		Forma física del contaminante				
		Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
PARTE DEL CUERPO	TODO	Trajes tipo 1a, 1b, 1c y 2	Trajes tipo 3	Trajes tipo 4	Trajes tipo 6	Trajes tipo 5
	ZONAS	Prendas de protección parcial				

### Calzado

El calzado resistente a productos químicos es aquel que tiene como finalidad aislar los pies o los pies y las piernas del contacto con un producto químico. El calzado con resistencia química no proporciona protección contra todos los productos químicos. Debería elegirse de acuerdo con los agentes químicos frente a los cuales se haya ensayado.

## **8. TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE AGENTES QUÍMICOS: EXTRACCIÓN LOCALIZADA Y VENTILACIÓN POR DILUCIÓN**

Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores debidos a la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo son de muy distinta tipología y forma de actuación, pero muchos de ellos tienen en común el factor de riesgo "concentración en el ambiente" como parámetro que determina la magnitud del riesgo; en consecuencia, uno de los objetivos técnicos de cualquier planificación preventiva será mantener la concentración ambiental del agente por debajo de un valor predefinido.

Las técnicas de ventilación son una herramienta válida y eficaz para lograr el objetivo indicado. Además, tienen ventajas adicionales como son una relación coste/eficacia muy buena en comparación con otras técnicas preventivas y una implantación que puede hacerse de forma independiente a la concepción del proceso productivo. Debido a estas ventajas, son las soluciones en las que se piensa de forma automática en cuanto se detecta un posible riesgo por agentes químicos. Conviene llamar la atención sobre este aspecto, a fin de evitar que se recurra de forma indiscriminada a soluciones de ventilación sin plantearse previamente si la ventilación es la técnica preventiva más adecuada para controlar una situación de riesgo dada, o incluso si puede aportar un incremento del riesgo, como, por ejemplo, en el caso capas o depósitos de polvo combustible, donde una ventilación inadecuada podría favorecer la formación de una atmósfera explosiva.

Las técnicas de ventilación para el control de agentes químicos se concretan en las identificadas como extracción localizada y ventilación por dilución.

### **Ventilación por extracción localizada**

Consiste en crear, mediante aspiración, una corriente de aire con la intención de captar los contaminantes ambientales (polvo, fibras, humo, vapores, etc.) lo más cerca posible de su zona de emisión al ambiente; de esta forma se evita que el contaminante se disperse en el ambiente pudiendo dar lugar a concentraciones peligrosas, sea por inhalación o por aproximarse al Límite Inferior de Inflamabilidad.

Los sistemas de ventilación por extracción localizada se utilizan cuando se dan las siguientes circunstancias:

- El contaminante es de alta toxicidad
- Se genera una gran cantidad de contaminante
- La evolución del contaminante no es uniforme
- La proximidad de los trabajadores y su posición respecto al foco de emisión así lo exija.

### *Descripción*

Un sistema de extracción localizada siempre está constituido por:

- **campana:** elemento situado en las proximidades del foco de generación en el que se produce la aspiración del aire;
- **conducto o red de conductos** de aspiración, que canalizan el aire contaminado aspirado hasta una zona de descarga sin riesgo;

- **ventilador**, necesario para conseguir la circulación del aire por la campana y los conductos.
- **depurador de gases o un filtro** para eliminar la contaminación del aire vehiculado.

#### *Bases de diseño*

Aunque el diseño de un sistema de extracción localizada para cada caso concreto suele ser una labor de especialista, es posible enunciar los requisitos necesarios para que un sistema de extracción localizada sea eficaz:

- La campana debe tener una forma y unas dimensiones adaptadas a la forma y dimensiones del foco de generación de la contaminación. Son preferibles las campanas que encierran total o parcialmente el foco.
- La campana debe estar situada lo más cerca posible del foco de generación de la contaminación que sea compatible con el desarrollo de las operaciones de producción. En general son preferibles las campanas ubicadas lateralmente porque pueden situarse más cerca del foco que las situadas sobre él. La distancia al foco de contaminación es el factor que más limita la eficacia de una campana de extracción localizada.
- El caudal de aspiración debe ser el suficiente para crear una corriente de aire capaz de arrastrar los contaminantes.
- El local debe tener un suministro de aire forzado o unas entradas de aire exterior de tamaño suficiente para proporcionar un caudal de aire exterior igual o superior al que extrae el sistema de extracción localizada.
- Si el contaminante se libera a una velocidad elevada (caso de las amoladoras, por ejemplo), la extracción localizada requiere una campana que encierre el foco lo máximo posible para evitar la dispersión de las partículas lejos de la zona de acción de la campana de extracción.
- Los conductos deben diseñarse de forma que la velocidad en ellos sea relativamente elevada para evitar la acumulación de polvo en su interior, con la consiguiente pérdida de rendimiento del sistema.
- El ventilador debe elegirse teniendo en cuenta las prestaciones que debe suministrar, es decir, el caudal total de aire necesario para que las campanas sean eficaces y teniendo en cuenta la pérdida de carga que tendrá el conjunto del sistema, incluyendo la correspondiente al depurador en su caso.

#### *Mantenimiento*

Un sistema de extracción localizada debe someterse a un plan de mantenimiento que asegure su funcionalidad a lo largo del tiempo. Los puntos clave a revisar con la periodicidad necesaria son:

- Comprobación de las velocidades de captación en los puntos de generación de contaminantes. Esta comprobación puede ser cuantitativa (uso de anemómetros o velómetros) o cualitativa (tubos de humo o similares).
- Comprobación del caudal aspirado por cada campana.

- Verificación de la integridad física de las campanas y los conductos.
- Comprobación de las presiones en puntos significativos del circuito. Las presiones en un sistema de extracción localizada son negativas en las ramas de aspiración, y positivas en la impulsión (chimenea). Los puntos significativos para la medida de depresiones son la unión de las campanas con los conductos, la entrada y salida del depurador (si lo hay) y la entrada al ventilador.
- Verificación del ventilador y sus elementos mecánicos (carcasa, rodete, motor, rodamientos, correas de transmisión, etc.).

#### *Ventajas de la extracción localizada*

- Capta el contaminante antes de que éste llegue a afectar el ambiente de trabajo
- Trabaja con caudales sensiblemente inferiores
- Altera en menor medida las condiciones termohigrométricas ambientales
- Facilita mejor la depuración
- Es aplicable a aerosoles
- Puede garantizar atmósferas no explosivas con mayor facilidad
- Evita el posible deterioro de equipos por contaminantes corrosivos

#### **VENTILACIÓN POR DILUCIÓN**

Consiste en introducir en un local una cantidad de aire exterior suficiente para diluir el contaminante generado hasta valores de concentración ambiental no peligrosos para la seguridad y la salud. Con este sistema no se evita la contaminación del ambiente, simplemente se reduce su concentración. Se trata, por tanto, de un sistema de reducción de riesgos cuya aplicabilidad debe limitarse a los casos en que no es posible o no es viable un sistema de extracción localizada.

Como norma general, en el caso de riesgos por inhalación, la ventilación por dilución deberá limitarse a situaciones en las que el contaminante es de toxicidad baja o media (VLA superior a 50 ppm si es vapor, o 5 mg/m<sup>3</sup> si se trata de materia particulada) y su generación se produce a partir de un gran número de focos muy dispersos o móviles, lo que imposibilita en muchos casos el recurso a la extracción localizada.

Para evitar los riesgos de incendio y explosión la ventilación por dilución es una medida complementaria de otras acciones y su implantación siempre es recomendable. Lógicamente en este caso la concentración ambiental que hay que garantizar mediante dilución será el Límite Inferior de Inflamabilidad o una fracción del mismo.

#### **Descripción**

La ventilación por dilución tiene la disposición física de una ventilación general de un local. Consiste en una combinación de máquinas que extraen aire del local para verterlo al exterior o que captan aire del exterior para introducirlo en el local o una combinación de ambos. En



cualquier caso, siempre se verifica que el caudal de aire que entra en un recinto será igual al caudal de aire que sale del recinto.

En el ámbito industrial una disposición muy frecuente es disponer extractores en las paredes o cubierta del taller que evacúan el aire viciado al exterior confiando la entrada de aire a través de las aberturas de puertas y ventanas del taller. En talleres de grandes dimensiones es habitual utilizar un sistema mixto basado en extractores y en una introducción de aire forzada mediante una red de conductos.

### **Bases de diseño**

Los requisitos necesarios de un sistema de ventilación por dilución son:

- Las entradas y salidas de aire deben disponerse de forma que la circulación del aire recorra todo el recinto, evitando zonas muertas con poca ventilación.
- Sólo debe computarse como aire de ventilación el caudal efectivamente introducido en el recinto desde el exterior, los caudales de recirculación del aire a través de acondicionadores o filtros de materia gruesa no son caudales que deban computarse como aire exterior.
- El motivo más frecuente de fallo de los sistemas de ventilación por dilución es la mala práctica de cerrar u obstruir las entradas de aire exterior durante la época fría; en estas condiciones, aunque los extractores estén en funcionamiento, no pueden vehicular el caudal nominal ante la imposibilidad del aire exterior para entrar en el local. El sistema de calefacción o enfriamiento existente en el local deberá ser dimensionado teniendo en cuenta el caudal de aire de ventilación necesario en el local.

El primer requisito citado en el anexo III del Real Decreto 486/1997 sobre condiciones ambientales en los lugares de trabajo es: *"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"*. En consecuencia, si la prevención de los riesgos por exposición a agentes químicos se basa en una ventilación por dilución, esta se deberá diseñar de acuerdo con lo expuesto en el Real Decreto 374/2001, con independencia de que además cumpla con los requisitos contemplados en el Anexo III del Real Decreto 486/1997.

## TEMA 51

### **EL REAL DECRETO 374/2001, DE 6 DE ABRIL, SOBRE RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS DURANTE EL TRABAJO. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS PRESENTES EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

(Se recomienda complementar el tema con la lectura completa del Real Decreto 374/2001 y de la Guía Técnica del INSST).

#### **1. EL REAL DECRETO 374/2001, DE 6 DE ABRIL, SOBRE RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS DURANTE EL TRABAJO**

##### **INTRODUCCIÓN**

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) establece en su artículo 6 que las normas reglamentarias deben fijar y concretar los requisitos mínimos que deben reunir las condiciones de trabajo con el fin de garantizar la protección de la seguridad y salud de las personas trabajadoras.

En el ámbito laboral es frecuente la presencia de agentes químicos peligrosos, que pueden ser origen de riesgos para la salud y seguridad de las personas trabajadoras que están expuestas a ellos, siendo necesario garantizar su protección. Por ello, y en cumplimiento del artículo 6 de la LPRL mencionado, se aprueba el **Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**, que establece las disposiciones mínimas para la protección de las personas trabajadoras contra los riesgos derivados, o que puedan derivarse, de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos que se realice.

El Real Decreto 374/2001 considera tanto el riesgo de enfermedad por exposición a agentes químicos como el riesgo de accidente causado por agentes químicos (incendios, explosiones o reacciones químicas peligrosas).

En cumplimiento del artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP), el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) ha elaborado una Guía Técnica que proporciona criterios y recomendaciones para la interpretación y aplicación del Real Decreto 374/2001, guía a la que se hará alusión en algunos puntos de este epígrafe y que se verá más en detalle en el epígrafe 2.

##### **ESTRUCTURA**

El Real Decreto 374/2001 traspone al ordenamiento jurídico español:

- el Convenio número 155 de la OIT, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España en 1985,
- la Directiva de la Unión Europea 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, y

- la Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos.

El Real Decreto 374/2001 se estructura de la siguiente manera:

- PREÁMBULO
- CAPÍTULO I. Disposiciones generales
  - Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.
  - Artículo 2. Definiciones.
- CAPÍTULO II. Obligaciones del empresario
  - Artículo 3. Evaluación de los riesgos.
  - Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos.
  - Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección.
  - Artículo 6. Vigilancia de la salud.
  - Artículo 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias.
  - Artículo 8. Prohibiciones.
  - Artículo 9. Información y formación de los trabajadores.
  - Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores.
- DISPOSICIÓN DEROGATORIA ÚNICA. Derogación normativa.
- DISPOSICIONES FINALES:
  - Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica.
  - Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.
  - Disposición final tercera. Entrada en vigor.
- ANEXO I. Lista de valores límite ambientales de aplicación obligatoria
- ANEXO II. Valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud
- ANEXO III. Prohibiciones

A continuación se van a desarrollar los artículos más importantes del real decreto.

### **OBJETO Y ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El objeto y ámbito de aplicación del Real Decreto 374/2001 vienen establecidos en su artículo 1.1 y 1.2, respectivamente.

El objeto, en el ámbito de la LPRL, es el de establecer las disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y salud de las personas trabajadoras contra los riesgos derivados, o que puedan derivarse, de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos.

En cuanto a su ámbito de aplicación, sus disposiciones serán aplicables a los agentes químicos peligrosos que estén, o puedan estar, presentes en el lugar de trabajo, sin perjuicio de:

- Las disposiciones de la normativa sobre protección radiológica de trabajadoras/es relacionadas con agentes químicos.
- Las disposiciones más rigurosas o específicas establecidas en el Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.
- Las disposiciones más rigurosas o específicas en materia de transporte de mercancías peligrosas por carretera, ferrocarril, mar, navegación interior y vía aérea.

Según lo establecido en el artículo 2 del real decreto, se entiende por:

- Agente químico: todo elemento o compuesto químico, por sí solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencional y se haya comercializado o no.
- Agente químico peligroso: el agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de las personas trabajadoras debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo. Se consideran incluidos en esta definición, en particular:
  - a) Todo agente químico que cumpla los criterios para su clasificación como peligroso dentro de cualquier clase de peligro físico o para la salud establecida en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP), con independencia de que dicho agente químico esté clasificado o no en dicho Reglamento.
  - b) Cualquier agente químico que, aunque no cumpla con los criterios del párrafo anterior, disponga de un valor límite ambiental de los indicados en el artículo 3.4 del Real Decreto 374/2001.

## **EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS**

La evaluación de los riesgos originados por agentes químicos peligrosos existentes en el lugar de trabajo se encuentra regulada en el artículo 3 del Real Decreto 374/2001.

(Artículo 3.1) La empresa deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo. Si así fuera, se deberán evaluar los riesgos para la salud y seguridad de las personas trabajadoras, originados por dichos agentes, de conformidad con el artículo 16 de la LPRL y de la sección 1ª del capítulo II del RSP, considerando y analizando conjuntamente:

- a) Sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar la empresa proveedora, o que pueda recabarse de esta o de cualquier otra fuente de información de fácil acceso. Esta información debe incluir la ficha de datos de seguridad y, cuando proceda, la evaluación de los riesgos para las personas usuarias, de conformidad con las disposiciones del Reglamento (CE) n.º 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 18 de diciembre de 2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (Reglamento REACH).
- b) Los valores límite ambientales y biológicos.
- c) Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.
- d) El tipo, nivel y duración de la exposición de las personas trabajadoras a los agentes y cualquier otro factor que condicione la magnitud de los riesgos derivados de dicha exposición, así como las exposiciones accidentales.
- e) Cualquier otra condición de trabajo que influya sobre otros riesgos relacionados con la presencia de los agentes en el lugar de trabajo y, específicamente, con los peligros de incendio o explosión.

- f) El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.
- g) Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de las personas trabajadoras que, en su caso, se haya realizado y los accidentes o incidentes causados o potenciados por la presencia de los agentes en el lugar de trabajo.

(Artículo 3.2) La evaluación del riesgo deberá incluir la evaluación de todas aquellas actividades cuya realización, aunque se hayan tomado todas las medidas técnicas pertinentes, pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de las personas trabajadoras por la posibilidad de que se produzcan exposiciones de importancia.

(Artículo 3.3) Cuando los resultados de la evaluación revelen un riesgo para la salud y la seguridad de las personas trabajadoras, serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7. No obstante, dichas medidas específicas no serán de aplicación en aquellos supuestos en que los resultados de la evaluación de riesgos pongan de manifiesto que la cantidad de un agente químico peligroso presente en el lugar de trabajo hace que solo exista un riesgo leve para la salud y seguridad de las personas trabajadoras, siendo suficiente para reducir dicho riesgo la aplicación de los principios de prevención establecidos en el artículo 4.

(Artículo 3.4) En cualquier caso, los artículos 5 y 6 se aplicarán obligatoriamente cuando se superen:

- a) Los valores límite ambientales establecidos en el anexo I del Real Decreto o en una normativa específica aplicable.
- b) En ausencia de los anteriores, los valores límite ambientales publicados por el INSST en el «Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España», cuya aplicación sea recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, salvo si puede demostrarse que se utilizan y respetan unos criterios o límites alternativos, cuya aplicación resulte suficiente, en el caso concreto de que se trate, para proteger la salud y seguridad de las personas trabajadoras.

(Artículo 3.5) La evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador/a, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda, según lo dispuesto en el párrafo anterior. El procedimiento de medición utilizado deberá adaptarse, por tanto, a la naturaleza de dicho valor límite. El procedimiento de medición y, concretamente, la estrategia de medición (el número de muestras, duración de cada muestra, momento del muestreo, etc.) y el método de medición (incluidos, en su caso, los requisitos exigibles a los instrumentos de medida), se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación o, en ausencia de ésta, conforme a lo dispuesto en el artículo 5.3 del RSP.

Las mediciones de la concentración del agente en el aire no serán, sin embargo, necesarias, cuando la empresa demuestre claramente por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 3.1.

(Artículo 3.6) En el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos, la evaluación deberá realizarse atendiendo al riesgo que presente su combinación (es decir, al riesgo de la mezcla).

(Artículo 3.7) La evaluación de los riesgos deberá mantenerse siempre actualizada, y debe revisarse:

- a) Cuando se produzcan modificaciones en las condiciones de trabajo existentes en el momento en el que se hizo la evaluación, que puedan aumentar el riesgo invalidando sus resultados.
- b) En los casos señalados en el artículo 6.1 del RSP:
  - cuando se establezca por normativa (por ejemplo, el Real Decreto 396/2006 para el amianto),
  - cuando se hayan detectado daños en la salud de las personas trabajadoras, o
  - cuando las medidas preventivas existentes pueden ser inadecuadas o insuficientes.
- c) Periódicamente. Conforme a lo dispuesto en el artículo 6.2 del RSP, la evaluación deberá revisarse con la periodicidad que se acuerde entre la empresa y las personas representantes de los/las trabajadores/ras. La periodicidad deberá fijarse en función de la naturaleza y gravedad del riesgo, y teniendo en cuenta la posibilidad de que este se incremente por causas que pasen desapercibidas (como el deterioro por el transcurso del tiempo de los elementos que integran el proceso productivo), así como los criterios establecidos en la Guía a que hace referencia la disposición final primera del Real Decreto 374/2001 (Guía Técnica que proporciona criterios y recomendaciones para la interpretación y aplicación del Real Decreto 374/2001, publicada por el INSST).

(Artículo 3.8) En el caso de una nueva actividad en la que se utilicen agentes químicos peligrosos, el trabajo deberá iniciarse únicamente cuando se haya efectuado una evaluación del riesgo de dicha actividad y se hayan aplicado las medidas preventivas correspondientes.

(Artículo 3.9) La evaluación deberá documentarse de acuerdo con lo establecido en el artículo 23 de la LPRL y en el artículo 7 del RSP. En los casos en los que se considere innecesario realizar las mediciones de la concentración del agente químico en el aire para evaluar los riesgos derivados de la exposición por inhalación, la documentación de la evaluación deberá incluir las razones que justifiquen su no realización.

## **MEDIDAS DE PREVENCIÓN GENERALES Y ESPECÍFICAS**

Las medidas de prevención y protección a aplicar para actuar sobre los riesgos que pueden derivarse de la actividad con agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo pueden ser generales o específicas, y se encuentran reguladas en el artículo 4 y en el 5 del real decreto, respectivamente.

(artículo 4) Los riesgos para la salud y seguridad de las personas trabajadoras en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:

- a) La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.
- b) La selección e instalación de los equipos de trabajo.
- c) El establecimiento de los procedimientos adecuados para el uso y mantenimiento de los equipos utilizados para trabajar con agentes químicos peligrosos, así como para la realización de cualquier actividad con agentes químicos peligrosos, o con residuos que los contengan, incluidas la manipulación, el almacenamiento y el traslado de los mismos en el lugar de trabajo.



- d) La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.
- e) La reducción de las cantidades de agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo al mínimo necesario para el tipo de trabajo de que se trate.
- f) La reducción al mínimo del número de trabajadores/as expuestos o que puedan estarlo.
- g) La reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones.

Tal y como establece la Guía Técnica del real decreto en sus comentarios al artículo 4, estos principios generales de la acción preventiva deben considerarse como una extensión de los principios de la acción preventiva del artículo 15 de la LPRL aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos.

(artículo 5.1) Las medidas específicas de prevención y protección serán aplicables cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomarlas, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el artículo 3 del Real Decreto 374/2001 antes comentado (concretamente en 3.3 y 3.4).

(artículo 5.2) La empresa garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de las personas trabajadoras durante el trabajo. Para ello, la empresa deberá, preferentemente, evitar el uso de dicho agente sustituyéndolo por otro o por un proceso químico que, con arreglo a sus condiciones de uso, no sea peligroso o lo sea en menor grado.

Cuando la naturaleza de la actividad no permita la eliminación del riesgo por sustitución, la empresa deberá garantizar la reducción al mínimo de dicho riesgo aplicando medidas de prevención y protección que sean coherentes con la evaluación de los riesgos. Dichas medidas incluirán, por orden de prioridad:

- a) La concepción y la utilización de procedimientos de trabajo, controles técnicos, equipos y materiales que permitan, aislando al agente en la medida de lo posible, evitar o reducir al mínimo cualquier escape o difusión al ambiente o cualquier contacto directo con la persona trabajadora que pueda suponer un peligro para su salud y seguridad.
- b) Medidas de ventilación u otras medidas de protección colectiva, aplicadas preferentemente en el origen del riesgo, y medidas adecuadas de organización del trabajo.
- c) Medidas de protección individual, acordes con lo dispuesto en la normativa sobre utilización de equipos de protección individual, cuando las medidas anteriores sean insuficientes y la exposición o contacto con el agente no pueda evitarse por otros medios.

(artículo 5.3) Sin perjuicio de lo establecido en el apartado anterior, la empresa deberá adoptar, en particular, las medidas técnicas y organizativas necesarias para proteger a las personas trabajadoras frente a los riesgos derivados, en su caso, de la presencia en el lugar de trabajo de agentes que puedan dar lugar a incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas (debido a su carácter inflamable, a su inestabilidad química, a su reactividad frente a otras sustancias presentes en el lugar de trabajo, o a cualquier otra de sus propiedades fisicoquímicas).



Estas medidas deberán ser adecuadas a la naturaleza y condiciones de la operación (incluidos el almacenamiento, la manipulación y el transporte de los agentes químicos en el lugar de trabajo y, en su caso, la separación de los agentes químicos incompatibles).

En particular, la empresa adoptará, por orden de prioridad, medidas para:

- a) Impedir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o de cantidades peligrosas de sustancias químicamente inestables o incompatibles con otras también presentes en el lugar de trabajo cuando la naturaleza de la actividad lo permita.
- b) Cuando la naturaleza del trabajo no permita la adopción de la medida prevista en el apartado anterior, evitar:
  - fuentes de ignición que pudieran producir incendios o explosiones,
  - condiciones adversas que pudieran activar la descomposición de sustancias químicamente inestables,
  - mezclas de sustancias químicamente incompatibles.
- c) Paliar los efectos nocivos para la salud y la seguridad de las personas trabajadoras originados en caso de incendio, explosión u otra reacción exotérmica peligrosa.

En todo caso, los equipos de trabajo y los sistemas de protección empleados en los lugares de trabajo con presencia de agentes que puedan dar lugar a incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas, deberán cumplir los requisitos de seguridad y salud establecidos por la normativa que regule su concepción, fabricación y suministro (Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas, así como el Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas).

(artículo 5.4) En el caso particular de la prevención de las explosiones, las medidas adoptadas deberán:

- Tener en cuenta y ser compatibles con la clasificación en categorías de los grupos de aparatos que figura en Real Decreto 144/2016, de 8 de abril, por el que se establecen los requisitos esenciales de salud y seguridad exigibles a los aparatos y sistemas de protección para su uso en atmósferas potencialmente explosivas.
- Ofrecer un control suficiente de las instalaciones, equipos y maquinaria, o utilizar equipos para la supresión de las explosiones o dispositivos de alivio frente a sobrepresiones.

## **VIGILANCIA ESPECÍFICA DE LA SALUD**

Se encuentra regulada en el artículo 6 del Real Decreto 374/2001.

(artículo 6.1) Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de las personas trabajadoras, la empresa deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores/as, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6 del Real Decreto 374/2001, artículo 22 de la LPRL y artículo 37.3 del RSP.

(artículo 6.2) La vigilancia de la salud se considerará adecuada cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- La exposición de la persona trabajadora al agente químico peligroso puede relacionarse con una determinada enfermedad o efecto adverso para la salud.
- Existe la probabilidad de que esa enfermedad o efecto adverso se produzca en las condiciones de trabajo concretas en las que la persona trabajadora desarrolla su actividad.
- Existen técnicas de investigación válidas para detectar síntomas de dicha enfermedad o efectos adversos para la salud, cuya utilización entraña escaso riesgo para la persona trabajadora.

(artículo 6.3) La vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico cuando así esté establecido en una disposición legal o cuando resulte imprescindible para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de la persona trabajadora debido a que:

- No pueda garantizarse que la exposición de la persona trabajadora a dicho agente está suficientemente controlada.
- El/La trabajador/a, teniendo en cuenta sus características personales, su estado biológico y su posible situación de discapacidad, y la naturaleza del agente, pueda presentar o desarrollar una especial sensibilidad frente al mismo.

Siempre que se cumplan las condiciones indicadas en el artículo 6.2, la vigilancia de la salud, incluido en su caso el control biológico, será también un requisito obligatorio para trabajar con los agentes químicos indicados en el anexo II del Real Decreto (plomo y sus derivados iónicos).

(artículo 6.4) Cuando la vigilancia de la salud sea un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico, deberá informarse a la persona trabajadora de este requisito, antes de que le sea asignada la tarea que entrañe riesgos de exposición al agente químico en cuestión.

(artículo 6.5) Los procedimientos utilizados para realizar la vigilancia de la salud se ajustarán a los protocolos señalados artículo 37.3 párrafo c) del RSP. Estos protocolos, cuando se refieran a alguno de los agentes indicados en el anexo II del Real Decreto 374/2001, deberán incluir los requisitos establecidos en dicho anexo.

(artículo 6.6) La documentación sobre la evaluación de riesgos por exposición a agentes químicos peligrosos y la vigilancia de la salud de las personas trabajadoras frente a dichos riesgos, deberá ajustarse a lo establecido en el artículo 23 de la LPRL, en el artículo 7 del Real Decreto 374/2001, y en el artículo 37.3 párrafo c) del RSP.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 22.3 de la LPRL, los/las trabajadores/as tendrán acceso, previa solicitud, a la parte de esta documentación que les afecte personalmente.

(artículo 6.7) En los casos en los que la vigilancia de la salud muestre que:

- Una persona trabajadora padece una enfermedad identificable o unos efectos nocivos que, en opinión del médico responsable, son consecuencia de la exposición a un agente químico peligroso, o
- se supera un valor límite biológico de los indicados en el anexo II,

el personal médico responsable u otro personal sanitario competente informarán personalmente a la persona trabajadora del resultado de dicha vigilancia. Esta información incluirá, cuando proceda, los consejos relativos a la vigilancia de la salud a la que la persona

trabajadora deberá someterse al finalizar la exposición, teniendo en cuenta, a este respecto, lo dispuesto en el artículo 37.3 párrafo e) del RSP.

(artículo 6.8) En los casos indicados en el apartado anterior, la empresa deberá:

- Revisar la evaluación de los riesgos.
- Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos (conforme a los artículos 4 y 5).
- Tener en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud al aplicar cualesquiera otras medidas necesarias para eliminar o reducir los riesgos (conforme al artículo 5), incluida la posibilidad de asignar a la persona trabajadora otro trabajo donde no exista riesgo de una nueva exposición.
- Disponer que se mantenga la vigilancia de la salud de las personas trabajadoras afectadas y que se proceda al examen de la salud de los demás trabajadores/as que hayan sufrido una exposición similar, teniendo en cuenta las propuestas que haga el médico responsable en esta materia.

#### **MEDIDAS A ADOPTAR FRENTE A ACCIDENTES, INCIDENTES Y EMERGENCIAS**

Se encuentran reguladas en el artículo 7 del Real Decreto 374/2001.

(artículo 7.1) Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar medidas frente a accidentes, incidentes y emergencias, la empresa deberá tomar medidas específicas de protección frente a ellos, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el artículo 3.3 de este Real Decreto y en los artículos 20 y 21 de la LPRL.

(artículo 7.2) Con objeto de proteger la seguridad y la salud de la persona trabajadora frente a los accidentes, incidentes y emergencias que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, la empresa deberá planificar las actividades a desarrollar en el caso de que se produzcan tales accidentes, incidentes o emergencias y adoptar las medidas necesarias para posibilitar, en tal caso, la correcta realización de las actividades planificadas.

Estas comprenderán:

- La instalación de los sistemas o la dotación de los medios necesarios, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación para paliar las consecuencias del accidente, incidente o emergencia y, en particular, para el control de la situación de peligro y, en su caso, la evacuación de la persona trabajadora y los primeros auxilios.
- La formación de la persona trabajadora que deban realizar o participar en dichas actividades, incluyendo la práctica de ejercicios de seguridad a intervalos regulares.
- La organización de las relaciones con los servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios.
- La puesta a disposición de información sobre las medidas de emergencia relativas a agentes químicos peligrosos, accesible a los servicios internos y externos, incluyendo:
  - ✓ Aviso previo de los correspondientes peligros en el trabajo, medidas de determinación del peligro, precauciones y procedimientos, de forma que los

servicios de urgencias puedan establecer sus propios procedimientos de intervención y sus medidas de precaución.

- ✓ Toda la información disponible sobre los peligros específicos que surjan o puedan surgir durante un accidente o emergencia, incluida la información sobre los planes y procedimientos que se hayan establecido.
- El establecimiento de los sistemas de aviso y comunicación que sean precisos para advertir de un incremento del riesgo que implique una situación de emergencia, a fin de permitir una respuesta adecuada y, en particular, el rápido inicio de las medidas de control de la situación de peligro, así como de las operaciones de asistencia, evacuación y salvamento.

(artículo 7.3) En el caso de que, efectivamente, se produzca un accidente, incidente o emergencia de los considerados en este artículo, la empresa tomará inmediatamente las medidas necesarias para paliar sus consecuencias e informar de ello al personal afectado.

(artículo 7.4) Con el fin de restablecer la normalidad:

- La empresa aplicará las medidas adecuadas para remediar la situación lo antes posible.
- Únicamente se permitirá trabajar en la zona afectada a las personas trabajadoras que sean imprescindibles para la realización de las reparaciones y los trabajos necesarios.
- Se proporcionará a las personas trabajadoras autorizadas a trabajar en la zona afectada ropa de protección adecuada, equipo de protección personal y equipo y material de seguridad especializados que deberán utilizar mientras persista la situación, que no deberá ser permanente.
- No se autorizará a permanecer en la zona afectada a personas sin protección.

## **PROHIBICIONES DE AGENTES Y ACTIVIDADES**

Reguladas en el artículo 8 del Real Decreto 374/2001.

(artículo 8.1) Con objeto de evitar la exposición de la persona trabajadora a los riesgos para la salud derivados de determinados agentes químicos y determinadas actividades con agentes químicos, quedan prohibidas la producción, fabricación o utilización durante el trabajo de los agentes químicos y de las actividades con agentes químicos que se indican en el anexo III del Real Decreto 374/2001.

Esta prohibición no será aplicable si el agente químico está presente en otro agente químico o como componente de desecho, siempre que su concentración específica en el mismo sea inferior al límite establecido en dicho anexo (0,1% en peso).

(artículo 8.2) Se exceptúan del cumplimiento de lo expuesto con anterioridad:

- Las actividades de investigación y experimentación científica, incluidas las de análisis.
- Las actividades que tengan por objeto la eliminación de los agentes químicos presentes en forma de subproductos o productos residuales.
- Las actividades en las que los agentes químicos indicados en el anexo III se usen como productos intermedios y la producción de esos agentes para dicho uso.

(artículo 8.3) En los casos exceptuados, la empresa deberá:

- Tomar las precauciones apropiadas para proteger la seguridad y salud de las personas trabajadoras afectadas, evitando la exposición de estos a los agentes químicos indicados en el anexo III.
- Además, en las actividades en las que los agentes químicos indicados en el anexo III se utilicen como productos intermedios, y en la producción de esos agentes para dicho uso, adoptar las medidas necesarias que aseguren la más rápida producción y utilización de dichos agentes, así como que siempre se utilicen en un sistema cerrado único y sean extraídos solamente en la cantidad mínima necesaria para el control del proceso o para el mantenimiento del sistema.
- Remitir a la autoridad laboral, conjuntamente con la documentación de la comunicación de apertura, toda la información sobre las medidas adoptadas para el cumplimiento de las obligaciones establecidas en caso de estar sujeto a una excepción y, en particular:
  - El motivo por el que se solicita la excepción.
  - Las cantidades utilizadas anualmente.
  - Las actividades y reacciones o procesos implicados.
  - El número de trabajadores/as que puedan estar sujetos a exposición.
  - Las precauciones adoptadas para proteger la seguridad y la salud de las personas trabajadoras y, en particular, las medidas técnicas y organizativas tomadas para evitar la exposición.

(artículo 8.4) A la vista de la información recibida, la autoridad laboral podrá, previo informe de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social, extender la prohibición a ese particular proceso o actividad que en principio estaba exento de prohibición, cuando considere que las precauciones adoptadas por la empresa no garantizan un grado suficiente de protección de la salud y seguridad de las personas trabajadoras.

## **INFORMACIÓN Y FORMACIÓN DE LAS PERSONAS TRABAJADORAS CON RELACIÓN A LOS RIESGOS POR AGENTES QUÍMICOS**

Regulado en el artículo 9 del Real Decreto 374/2001.

(artículo 9.1) De conformidad con los artículos 18 y 19 de la LPRL, la empresa deberá garantizar que las personas trabajadoras y sus representantes reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del Real Decreto 374/2001.

(artículo 9.2) En particular, la empresa deberá facilitar a las personas trabajadoras o a sus representantes, siguiendo el criterio establecido en el artículo 18.1 de la LPRL:

- Los resultados de la evaluación de los riesgos contemplada en el artículo 3 del Real Decreto 374/2001, así como los cambios en dichos resultados que se produzcan como consecuencia de alteraciones importantes de las condiciones de trabajo.
- Información sobre los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo, tales como su denominación, los riesgos para la seguridad y la salud, los valores límite de exposición profesional y los requisitos legales que les sean de aplicación.

- Formación e información sobre las precauciones y medidas adecuadas que deban adoptarse con objeto de protegerse a sí mismos y a los demás trabajadores/as en el lugar de trabajo.
- Acceso a toda ficha técnica facilitada por la empresa proveedora, conforme lo dispuesto en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas, y, en particular, a toda ficha de datos de seguridad facilitada por la empresa proveedora con arreglo a lo dispuesto en el artículo 31 del Reglamento (CE) nº 1907/2006.

(artículo 9.3) La información deberá ser facilitada en la forma adecuada, teniendo en cuenta su volumen, complejidad y frecuencia de utilización, así como la naturaleza y nivel de los riesgos que la evaluación haya puesto de manifiesto. Dependiendo de estos factores, podrá ser necesario proporcionar instrucciones y formación individuales respaldadas por información escrita, o podrá bastar la comunicación verbal. La información deberá ser actualizada siempre que sea necesario tener en cuenta nuevas circunstancias.

(artículo 9.4) La señalización de los recipientes y conducciones utilizados para los agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo deberá satisfacer los requisitos establecidos en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo y, en particular, en el apartado 4 del anexo VII de dicha norma. Cuando la señalización no sea obligatoria, la empresa deberá velar por que la naturaleza y los peligros del contenido de los recipientes y conducciones sean claramente reconocibles.

#### **ANEXOS DEL REAL DECRETO 374/2001**

##### **Anexo I. Lista de valores límite ambientales de aplicación obligatoria**

El valor límite ambiental de exposición diaria para el plomo inorgánico y sus derivados se fija en 0,15 mg/m<sup>3</sup>.

##### **Anexo II. Valores límite biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud. Plomo y sus derivados iónicos**

El valor límite biológico para plomo en sangre será de 70 µg Pb / 100 ml de sangre.

Deberá procederse a la vigilancia médica cuando se esté expuesto a una concentración de plomo en aire que rebase 0,075 mg/m<sup>3</sup> o el control biológico detecte un nivel de plomo en sangre superior a 40 µg Pb/100 ml.

##### **Anexo III. Prohibiciones**

###### *Agentes químicos*

- 2-naftilamina y sus sales
- 4-aminodifenilo y sus sales
- Bencidina y sus sales
- 4-nitrodifenilo

Los cuatro agentes tienen como límite de concentración para la exención 0,1 % en peso.

###### *Actividades con agentes químicos*

Ninguna.



## **2. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LOS AGENTES QUÍMICOS PRESENTES EN LOS LUGARES DE TRABAJO.**

La Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del Real Decreto 374/2001, y para ello, a través de los comentarios al articulado del real decreto y de una serie de apéndices, proporciona herramientas para la identificación de las situaciones de trabajo de riesgo debido a las condiciones de utilización o de exposición a agentes químicos peligrosos, y propone procedimientos específicos de evaluación del mismo.

La última versión de esta Guía fue publicada en el año 2022, y la principal novedad que incluyó fue la actualización del apéndice 4, dedicado a la evaluación cuantitativa de la exposición, donde se recogen y desarrollan los criterios de evaluación que propone la Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 "Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional".

Debido a la amplitud de la Guía, se hace imposible comentarla en su totalidad, por lo que se procede a resaltar dos conceptos fundamentales que expone y que es necesario conocer para decidir si el Real Decreto 374/2001 es de aplicación o no y si nos encontramos ante un riesgo por exposición o un riesgo de accidente, así como los apéndices que incluye al ser éstos un bonus respecto del real decreto.

### **CONCEPTOS CLAVE DE LA GUÍA**

Los dos conceptos fundamentales son "presencia" y "exposición":

#### **Presencia**

La primera obligación que establece el Real Decreto 374/2001 a la empresa es la del artículo 3.1: "El empresario deberá determinar, en primer lugar, si existen agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo". Es decir, la empresa debe determinar si hay presencia o no de agentes químicos. La Guía en sus comentarios a este artículo explica qué se entiende por "presencia":

*"La presencia del agente químico peligroso ocurrirá siempre que se produzca alguna de las siguientes circunstancias referida a alguno de tales agentes:*

- *se emplea como materia prima;*
- *se fabrica;*
- *se genera como producto intermedio, residuo, impureza o por reacción no deseada;*
- *se forma o interviene por cualquier motivo en el proceso laboral básico y en las actividades relacionadas con él (mantenimiento, manutención, reparación, gestión de los residuos, etc.);*
- *se utiliza, se forma o se libera al ambiente en el transcurso de las actividades no ligadas al proceso laboral básico (limpieza, desinfección, obras y modificaciones);*
- *se almacena de forma temporal o permanente en los lugares de trabajo.*

*Por otro lado, podrían darse situaciones en las que la presencia del agente químico se deba a que el mismo penetre desde el exterior por alguna vía (por ejemplo, ventilación o conductos de vertido o desagüe), que debería tenerse en cuenta."*

#### **Exposición**

En los comentarios al artículo 2.2 del real decreto, la Guía explica lo que se debe entender por exposición:



*"Se debe entender que existe exposición a un agente químico cuando dicho agente esté presente en el lugar de trabajo y se produzca contacto del mismo con la persona trabajadora, normalmente por inhalación o por vía dérmica, aunque también es posible por vía digestiva o parenteral."*

Cabe aclarar que, si existe presencia pero no exposición ya no estaríamos ante un riesgo por exposición, sino ante un riesgo por accidente (incendios, explosiones y reacciones químicas peligrosas), riesgo que igualmente se encuentra dentro del ámbito de aplicación del real decreto.

## **APÉNDICES DE LA GUÍA**

Los apéndices que incluye la Guía son los siguientes:

### **Apéndice 1. Definiciones y consideraciones sobre la valoración de la exposición tomadas del documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España**

Proporciona una serie de definiciones necesarias para entender y llevar a cabo la valoración de la exposición de las personas trabajadoras a agentes químicos presentes en el lugar de trabajo: puesto de trabajo, zona de respiración, exposición diaria, exposición de corta duración, indicador biológico, etc.

Además, explica lo que son los valores límite ambientales, los valores límite biológicos y el efecto combinado de agentes químicos presentes en el mismo ambiente de trabajo.

### **Apéndice 2. Información sobre la peligrosidad de los agentes químicos**

Este apéndice facilita algunos enlaces a páginas web en las que se puede obtener información útil para llevar a cabo la evaluación y prevención de riesgos derivados de agentes químicos.

### **Apéndice 3. Métodos de evaluación del riesgo por accidente**

Este apéndice explica las distintas metodologías existentes para llevar a cabo la evaluación del riesgo por accidente debido a la utilización de sustancias y mezclas químicas:

- **Métodos de evaluación simplificados:** se emplean cuando no es razonable prever consecuencias catastróficas en caso de materialización del accidente. Su utilización queda limitada a la evaluación de "riesgos convencionales", con independencia de que el daño esperado sea leve, grave o incluso mortal. Estos se dividen en:
  - **Métodos generales** (como el de "Evaluación de las condiciones de trabajo en PYMES" publicado por el INSST), y
  - **Métodos específicos** (como la "Metodología simplificada de evaluación del riesgo de accidente por agentes químicos" recogido en la NTP 934 del INSST).
- **Métodos de evaluación complejos:** se emplean cuando de la materialización del accidente se prevean consecuencias catastróficas (en pérdidas humanas, materiales/patrimoniales o medioambientales) y la interrelación e importancia de los posibles factores de riesgo no es evidente. Se clasifican en:
  - **Cualitativos:** realizan la valoración del riesgo sin recurrir a una medición numérica. Los más habituales son los métodos de Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE) y de Análisis funcional de operatividad (HAZOP).
  - **Cuantitativos:** realizan la valoración del riesgo cuantificando la frecuencia o probabilidad de que se produzcan los sucesos que intervienen, o que pueden

intervenir, en la materialización del accidente. Métodos cuantitativos son el de Análisis del árbol de fallos y el de Análisis del árbol de sucesos.

- **Semicuantitativos:** sin llegar a realizar una valoración cuantitativa dan como resultado valores numéricos en forma índices relativos de ponderación que permiten hacer una clasificación relativa del riesgo. El método más utilizado para valorar el riesgo de incendio y explosión es el Método DOW.

#### **Apéndice 4. Evaluación de la exposición a agentes químicos. Aplicación de la norma UNE-EN 689:2019+AC:2019**

En este apéndice se recogen y desarrollan los criterios de evaluación que propone la Norma UNE-EN 689:2019+AC:2019 "Mediciones de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional".

El apéndice explica que el procedimiento para la evaluación de la exposición a agentes químicos se estructura en cuatro apartados:



*Figura 1: Procedimiento para la evaluación de la exposición debido a la inhalación de agentes químicos.*

Y desarrolla cada uno de ellos, dando explicaciones concisas sobre cómo llevarlos a cabo e incluyendo ejemplos de los diferentes cálculos que es preciso realizar.

#### **Apéndice 5. Evaluación de la exposición a agentes químicos. Métodos cualitativos y modelos de estimación de la exposición**

El Real Decreto 374/2001 en su artículo 3.5 indica que las mediciones del agente químico en el aire para evaluar la exposición pueden no ser necesarias cuando se demuestre por otros medios de evaluación que se ha logrado una adecuada prevención y protección.

Este apéndice habla sobre los procedimientos de evaluación de la exposición sistematizados existentes que, sin necesidad de realizar mediciones, permiten gestionar la información recopilada del puesto de trabajo (agentes químicos presentes en el ambiente, condiciones de trabajo, condiciones individuales, etc.) y estimar la magnitud de la exposición.

Estos procedimientos sistematizados pueden dividirse en **métodos cualitativos** de estimación de la exposición, que son aquellos que estiman un nivel de riesgo en forma de niveles o bandas a partir de una matriz en la que se combinan las variables de peligro y las de exposición (p.ej. el COSHH Essentials del HSE o el SEIRICH del INRS); y los **modelos matemáticos de estimación de la exposición**, que estiman el nivel de exposición mediante distintos algoritmos y fórmulas cuyas variables son los parámetros que pueden influir en la exposición (velocidad del aire, emisión del contaminante, etc.).

Es importante resaltar que estas metodologías no están concebidas como una alternativa a la evaluación cuantitativa descrita en el apéndice 4, sino como complementarias al proceso de evaluación.

#### **Apéndice 6. Métodos de medición para agentes químicos**

En el artículo 3.5 del Real Decreto 374/2001 se indica que *“la evaluación de los riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental (VLA) que corresponda”*.

En este apéndice se aporta información sobre los diferentes tipos de métodos de medición que hay para la determinación de agentes químicos en el aire, las características y requisitos básicos que deben reunir, los criterios a tener en cuenta a la hora de seleccionar el método más adecuado para cada caso y las instrucciones para la correcta emisión de los resultados proporcionados por el método.

#### **Apéndice 7. Calidad en las mediciones de agentes químicos**

En este apéndice se dan algunas recomendaciones técnicas para la implantación de un sistema de gestión de la calidad para las mediciones de agentes químicos en aire, con el objeto de garantizar la confianza en el resultado de la medición. Contiene recomendaciones aplicables a cada una de las actividades que conforman la medición porque, al ser interdependientes, la calidad del resultado final está condicionada a la correcta ejecución de todas ellas.

Así, se proponen diferentes pautas para los métodos de medición, los equipos, la toma de muestras, su transporte y su conservación; para el aseguramiento de la calidad, para los informes analíticos y para la documentación.

#### **Apéndice 8. Técnicas de ventilación para el control de agentes químicos**

Las técnicas de ventilación son una herramienta válida y eficaz para mantener la concentración ambiental del agente químico por debajo de un valor predefinido. Este apéndice realiza una breve descripción de las técnicas de extracción localizada y de la ventilación por dilución, explicando su fundamento teórico, los criterios de diseño y aspectos relativos al correcto funcionamiento y mantenimiento.

#### **Apéndice 9. Criterios generales para la sección y utilización de equipos de protección individual frente a agentes químicos.**

Este apéndice tiene por objeto ayudar en las tareas de selección y utilización de equipos de protección individual (EPI) frente a agentes químicos para aquellas situaciones en las que la aplicación de los criterios presentados en los artículos 3 (evaluación de los riesgos) y 5 (medidas específicas de prevención y protección) de esta guía técnica aconsejen su utilización.

Para ello proporciona criterios de selección, y criterios para determinar el tipo de EPI a utilizar y las características que este debe reunir. Además, proporciona criterios específicos para los distintos tipos de EPI que se pueden usar para la protección frente a agentes químicos (equipos de protección respiratoria, guantes de protección, ropa de protección, calzado y equipos de protección ocular y facial). También proporciona información sobre el uso y mantenimiento de los EPI.

Otros aspectos que destaca este apéndice son, la necesidad de contar con la opinión de la persona trabajadora que vaya a utilizar el EPI para garantizar el mejor nivel de adaptación posible tanto al usuario como al desarrollo de la tarea, y la obligación de proporcionar la formación para el uso correcto del EPI.

#### **Apéndice 10. Exposición a agentes químicos por vía dérmica**

Este apéndice destaca la importancia de tener en cuenta la propiedad de penetración percutánea que puedan tener los agentes químicos, contribuyendo en tal caso, por absorción dérmica, a la dosis total recibida por el trabajador expuesto.

Proporciona las fuentes de información que se pueden consultar para poder identificar las posibles sustancias con propiedades significativas de penetración percutánea, y expone las razones que justifican llevar a cabo la valoración de la exposición dérmica a pesar de no contar con valores límite de referencia con los que comparar el resultado obtenido. Además, explica los métodos que pueden usarse para la determinación de la exposición dérmica y la estrategia de muestreo a aplicar.

#### **Apéndice 11. Control biológico de la exposición a agentes químicos**

En este apéndice se explica lo que es el control biológico y se desarrolla todo lo relativo al mismo: qué y cuáles son los indicadores biológicos que se pueden analizar para llevarlo a cabo (el propio contaminante, sus metabolitos, el efecto causado por el contaminante o sus metabolitos) y sus factores determinantes, los medios biológicos sobre los que se puede llevar a cabo la determinación de indicadores biológicos (sangre, orina, aire exhalado), los valores límite biológicos como valores de referencia para comparar el resultado y la interpretación de los resultados del control biológico.

Además, resalta que el control biológico siempre debe ser complementario al control ambiental.

#### **Apéndice 12. Los reglamentos REACH y CLP y su relación con la prevención de riesgos laborales**

El Reglamento (CE) n.º 1907/2006, relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y mezclas químicas (Reglamento REACH), y el Reglamento (CE) n.º 1272/2008, sobre la clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas (Reglamento CLP), inciden de forma importante en la evaluación y control de la exposición a agentes químicos durante el trabajo, especialmente en lo relacionado con los artículos 2 (Definiciones) y 3 (Evaluación de riesgos) del RD 374/2001.

En este apéndice se aporta información sobre aquellos aspectos de esta normativa que tienen una mayor relación con la prevención de riesgos laborales, como son: la mejora de la información a través de la cadena de suministro mediante las fichas de datos de seguridad, el establecimiento de escenarios de exposición, la caracterización de riesgos mediante los valores DNEL (niveles sin efecto derivado), el fomento de la sustitución y la restricción de uso de determinadas sustancias debido a su peligrosidad para la salud y el medio ambiente, así como la clasificación y etiquetado de sustancias y mezclas peligrosas.

### **Apéndice 13. Consideraciones específicas para la pequeña empresa**

Con el objetivo de facilitar a las pequeñas empresas el cumplimiento del Real Decreto 374/2001, este apéndice de la Guía aporta una serie de recomendaciones dirigidas a los "recursos especializados" que atienden a las pequeñas empresas (personas trabajadoras designadas y servicios de prevención ajenos), ya que estas, al no contar con recursos especializados propios, reciben un asesoramiento externo que es puntual y esporádico.



## TEMA 52

### **REAL DECRETO 665/1997 SOBRE LA PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS, MUTÁGENOS O REPROTÓXICOS DURANTE EL TRABAJO. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS O MUTÁGENOS DURANTE EL TRABAJO**

La Directiva 90/394/CEE relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes carcinógenos durante el trabajo fue transpuesta a la legislación nacional mediante el Real Decreto 665/1997.

A lo largo de los años varias directivas modificaron la Directiva 90/394/CEE hasta llegar a la que hoy se conoce como la Directiva 2004/37/CE, relativa a la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición durante el trabajo a agentes carcinógenos, mutágenos o reprotóxicos, la cual se trata de una codificación (refundición) de todas las directivas que modificaron la 90/394/CEE.

La Directiva 2004/37/CE no precisó ser transpuesta a otro real decreto y se mantuvo el Real Decreto 665/1997. Posteriormente ha sido modificada para adaptarla al Reglamento CLP y en los últimos años cinco veces más para incorporar nuevas sustancias, procesos y modificar valores límite entre otros. Esto ha dado lugar a los reales decretos que han modificado, acorde a las correspondientes directivas, el Real Decreto 665/1997. La última modificación de la directiva de carcinógenos, mutágenos o reprotóxicos aún no ha sido transpuesta. En la siguiente tabla se indican las directivas correspondientes por orden cronológico y los correspondientes reales decretos.

*Tabla 1. Orden cronológico desde la aparición de la Directiva de cancerígenos y todas las modificaciones posteriores con las correspondientes directivas y reales decretos que transponen dichas directivas*

Directiva 90/394/CEE del Consejo	-->	Real Decreto 665/1997
Directiva 97/42/CE del Consejo	-->	Real Decreto 1124/2000
Directiva 1999/38/CE del Consejo	-->	Real Decreto 349/2003
Directiva 2004/37 (codificación)	-->	Real Decreto 665/1997
Directiva 2014/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo (adaptación al CLP)	-->	Real Decreto 598/2015 (Adaptación CLP)
Directiva (UE) 2017/2398 del Parlamento Europeo y del Consejo	-->	Real Decreto 1154/2020
Directiva (UE) 2019/130 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de enero de 2019	-->	Real Decreto 427/2021
Directiva (UE) 2019/983 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio	-->	Real Decreto 395/2022
Directiva (UE) 2022/431 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2022	-->	Real Decreto 612/2024
Directiva (UE) 2024/869 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de marzo de 2024	-->	A más tardar el 9 de abril de 2026



Estas modificaciones que se han dado en los últimos años se producen para dar un empuje a la prevención en el ámbito de los agentes cancerígenos o mutágenos en los centros de trabajo dadas las elevadas cifras estimadas de muertes en Europa atribuibles al cáncer laboral. Uno de los cambios importantes que introduce la penúltima modificación de la directiva, que ha sido transpuesta al ordenamiento jurídico nacional a través del Real Decreto 612/2024, es la extensión de la aplicación de esta normativa a los agentes clasificados como tóxicos para la reproducción.

De acuerdo con el anexo I del Reglamento CLP se entiende como:

**Carcinógeno:** es una sustancia o mezcla de sustancias que induce cáncer o aumenta su incidencia. Las sustancias y mezclas que han inducido tumores benignos y malignos en animales de experimentación, en estudios bien hechos, serán consideradas también supuestamente carcinógenas o sospechosas de serlo, a menos que existan pruebas convincentes de que el mecanismo de formación de tumores no sea relevante para el ser humano.

La categoría 1 comprende los "carcinógenos o supuestos carcinógenos para el hombre". Una sustancia puede además incluirse en la categoría 1A "si se sabe que es un carcinógeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en humanos", o en la categoría 1B "si se supone que es un carcinógeno para el hombre, en base a la existencia de pruebas en animales".

**Mutágeno:** sustancias capaces de inducir mutaciones en las células germinales humanas transmisibles a los descendientes.

Por mutagenicidad en células germinales se entiende las mutaciones genéticas hereditarias, incluidas las aberraciones cromosómicas estructurales y numéricas hereditarias en las células germinales que ocurren después de la exposición a una sustancia o mezcla.

Los términos más generales «genotóxico» y «genotoxicidad» se refieren a los agentes o procesos que alteran la estructura, el contenido de la información o la segregación del ADN, incluidos aquéllos que originan daño en el ADN, bien por interferir en los procesos normales de replicación, o por alterar ésta de forma no fisiológica (temporal). Los resultados de los ensayos de genotoxicidad se suelen tomar como indicadores de efectos mutagénicos.

Los mutágenos de categoría 1 son sustancias de las que se sabe o se considera que inducen mutaciones hereditarias en las células germinales humanas. La clasificación en la categoría 1A se basa en pruebas positivas en humanos obtenidas a partir de estudios epidemiológicos. La clasificación en la categoría 1B se basa en:

- Resultados positivos de ensayos de mutagenicidad hereditaria en células germinales de mamífero in vivo; o
- Resultados positivos de ensayos de mutagenicidad en células somáticas de mamífero in vivo, junto con alguna prueba que haga suponer que la sustancia puede causar mutaciones en células germinales.
- Resultados positivos de ensayos que muestran efectos mutagénicos en células germinales de personas, sin que esté demostrada la transmisión a los descendientes.

**Toxicidad para la reproducción:** se entiende los efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de hombres y mujeres adultos, y los efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes, tras la exposición a una sustancia o mezcla.

El Reglamento CLP establece que la toxicidad para la reproducción se subdivide en dos capítulos principales:

- (a) efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad;
- (b) efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes.

Algunos efectos tóxicos para la reproducción no pueden asignarse claramente ni a alteraciones de la función sexual y la fertilidad ni a la toxicidad para el desarrollo. No obstante, las sustancias y mezclas con estos efectos se clasificarán como tóxicas para la reproducción con una indicación de peligro general.

Las sustancias que se incluyen en la categoría 1 son sustancias de las que se sabe o se supone que son tóxicas para la reproducción humana. Las sustancias se clasifican en la categoría 1 de toxicidad para la reproducción cuando se sabe que han producido efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad o sobre el desarrollo de las personas o cuando existen pruebas procedentes de estudios con animales que, apoyadas quizás por otra información suplementaria, hacen suponer de manera firme que la sustancia es capaz de interferir en la reproducción humana. La clasificación de una sustancia se diferencia más adelante, en base a que las pruebas utilizadas para la clasificación procedan principalmente de datos en humanos (categoría 1A) o de datos en animales (categoría 1B).

Además, los efectos sobre la lactancia o a través de ella se agrupan en una categoría de peligro única y diferente. Comprenden las sustancias que son absorbidas por las mujeres y cuya interferencia en la lactancia ha sido mostrada o aquellas que pueden estar presentes (incluidos sus metabolitos) en la leche materna, en cantidades suficientes para amenazar la salud de los lactantes.

Son sustancias y mezclas cancerígenas las identificadas con las indicaciones de peligro H350 "Puede provocar cáncer" o H350i "Puede provocar cáncer por inhalación", sean de categoría 1A o 1B. Son sustancias y mezclas mutágenas aquellas identificadas con la indicación de peligro H340 "Puede provocar defectos genéticos", independientemente que estén clasificadas como mutágenas en células germinales de categoría 1A o 1B. Para el caso de los tóxicos para la reproducción serán las que lleven la indicación de peligro H360 "Puede perjudicar la fertilidad o dañar al feto", sean de categoría 1A o 1B. El pictograma que debe figurar en las etiquetas que acompañan a las sustancias y mezclas clasificadas como cancerígenas, mutágenas y tóxicas para la reproducción es el siguiente:



Por tanto, el Reglamento CLP establece los criterios para determinar si una sustancia o mezcla se clasifica como cancerígena, mutágena o tóxica para la reproducción.

El Real Decreto 665/1997 es de aplicación, atendiendo al Reglamento CLP, a las sustancias y mezclas que cumplan los criterios de clasificación de la categoría 1, es decir, 1A y 1B, para cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción.

El Reglamento CLP dispone además de la categoría 2 para las tres clases de peligro (cancerígenos, mutágenos y tóxicos para la reproducción) pero únicamente atiende a que se sospecha que las sustancias puedan causar esos efectos. Por esa razón las sustancias clasificadas como categoría 2 quedan fuera de la aplicación del Real Decreto 665/1997.

## **1. REAL DECRETO 665/1997 SOBRE LA PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS, MUTÁGENOS O REPROTÓXICOS DURANTE EL TRABAJO.**

### **Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación**

El real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo, así como la prevención de dichos riesgos.

Mediante este real decreto se establecen las disposiciones mínimas aplicables a las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos como consecuencia de su trabajo, sin perjuicio de aquellas disposiciones específicas contenidas en la normativa vigente relativa a la protección sanitaria contra las radiaciones ionizantes.

En cuanto a la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de exposiciones al amianto, regulada por su normativa específica, serán de aplicación las disposiciones de este real decreto cuando estas sean más favorables para la seguridad y salud de los trabajadores.

### **Artículo 2. Definiciones**

A efectos de este real decreto, se entenderá por agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico, una sustancia o mezcla que cumpla los criterios para su clasificación como cancerígeno, mutágeno en células germinales o tóxico para la reproducción de categoría 1A o 1B establecidos en el anexo I del Reglamento CLP.

También se entenderá como agente cancerígeno una sustancia, mezcla o procedimiento de los mencionados en el anexo I de este real decreto, así como una sustancia o mezcla que se produzca durante uno de los procedimientos mencionados en dicho anexo.

Se entenderá por:

a) "agente reprotóxico sin umbral": un agente reprotóxico para el que no existe un nivel de exposición seguro para la salud de las personas trabajadoras y que se identifica como tal en la columna de observaciones del anexo III.

b) "agente reprotóxico con umbral": un agente reprotóxico para el que existe un nivel de exposición seguro por debajo del cual no hay riesgos para la salud de las personas trabajadoras y que se identifica como tal en la columna de observaciones del anexo III.

Se entenderá por "valor límite", salvo que se especifique lo contrario, el límite de la media ponderada en el tiempo de la concentración de un agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico en el aire dentro de la zona de respiración de la persona trabajadora, en relación con un período de referencia específico, tal como se establece en el anexo III.

Se entenderá por "valor límite biológico", el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición de la persona trabajadora al agente en cuestión.

Se entenderá por "vigilancia de la salud", el examen de cada persona trabajadora para determinar su estado de salud, en relación con la exposición durante el trabajo a agentes carcinógenos, mutágenos o reprotóxicos específicos.

### **Artículo 3. Identificación y evaluación de riesgos**

Identificados uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo, se procederá, para aquellos que no hayan podido evitarse, a evaluar los mismos determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores. La evaluación deberá tener en cuenta toda posible vía de entrada al organismo o tipo de exposición, incluyendo la vía dérmica, así como los posibles efectos para la seguridad o salud de las personas trabajadoras especialmente sensibles.

La evaluación deberá repetirse periódicamente y, en todo caso, cada vez que se produzca un cambio en las condiciones que pueda afectar a la exposición o cuando se hayan detectado alteraciones de la salud que puedan deberse a la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos.

### **Artículo 4. Sustitución de agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos**

En la medida en que sea técnicamente posible, el empresario evitará la utilización en el trabajo de agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos, en particular mediante su sustitución, por una sustancia, mezcla o un procedimiento que, en condiciones normales de utilización, no sea peligroso o lo sea en menor grado, para la salud o la seguridad de los trabajadores.

### **Artículo 5. Prevención y reducción de la exposición**

Si los resultados de la evaluación pusieran de manifiesto un riesgo para la seguridad o la salud de los trabajadores por exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos, deberá evitarse dicha exposición y programar su sustitución.

En caso de que no sea técnicamente posible sustituir el agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico, el empresario garantizará que la producción y utilización del mismo se lleven a cabo en un sistema cerrado. Cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, el empresario garantizará que el nivel de exposición de los trabajadores a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos sin umbral se reduzca a un valor tan bajo como sea técnicamente posible. En caso de que no sea técnicamente posible utilizar o producir un agente reprotóxico con umbral en un sistema cerrado, el empresario garantizará que el riesgo relacionado con la exposición de las personas trabajadoras a dicho agente reprotóxico con umbral se reduzca al mínimo.

La exposición no superará el valor límite de los agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos establecido en el anexo III. **La no superación del valor límite no eximirá del cumplimiento del resto del articulado del real decreto.**

Siempre que se utilice un agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico el empresario aplicará todas las medidas necesarias siguientes:

- a) Limitar las cantidades del agente.
- b) Diseñar los procesos de trabajo y las medidas técnicas para evitar o reducir al mínimo la formación del agente.
- c) Limitar al menor número posible los trabajadores expuestos o que puedan estarlo.
- d) Evacuar el agente en origen, mediante extracción localizada o, cuando ello no sea técnicamente posible, por ventilación general.
- e) Utilizar los métodos de medición más adecuados, en particular para una detección inmediata de exposiciones anormales debidas a imprevistos o accidentes.
- f) Aplicar los procedimientos y métodos de trabajo más adecuados.
- g) Adoptar medidas de protección colectiva y, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios, medidas de protección individual.
- h) Adoptar medidas higiénicas, en particular la limpieza regular de suelos, paredes y demás superficies.
- i) Delimitar las zonas de riesgo, estableciendo una señalización de seguridad y salud adecuada, que incluya la prohibición de fumar en dichas zonas, y permitir el acceso a las mismas sólo al personal autorizado.
- j) Velar para que los recipientes, envases e instalaciones que contengan estos agentes, estén debidamente etiquetados y señalizados.
- k) Instalar dispositivos de alerta para los casos de emergencia que puedan ocasionar exposiciones anormalmente altas.
- l) Disponer de medios que permitan el almacenamiento, manipulación y transporte seguros de estos agentes, así como para la recogida, almacenamiento y eliminación de residuos.

#### **Artículo 6. Medidas de higiene personal y de protección individual**

El empresario, en toda actividad en que exista un riesgo de contaminación por agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos, deberá adoptar las medidas necesarias para:

- a) Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo.
- b) Proveer a los trabajadores de ropa de protección adecuada.
- c) Disponer de lugares separados para ropas de trabajo o de protección y las ropas de vestir.
- d) Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento.
- e) Disponer de retretes y cuartos de aseo adecuados.

Los trabajadores identificados en la evaluación de riesgos como expuestos dispondrán, dentro de la jornada laboral, del tiempo necesario para su aseo personal, con un máximo de 10 minutos antes de la comida y otros 10 minutos antes de abandonar el trabajo.

El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin.

El coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud no debe recaer sobre los trabajadores.

#### **Artículo 7. Exposiciones accidentales y exposiciones no regulares**

En caso de accidentes o de situaciones imprevistas que pudieran suponer una exposición anormal de los trabajadores, el empresario informará a los mismos y adoptará las medidas necesarias para:

- a) Limitar la autorización para trabajar en la zona afectada a los trabajadores indispensables.
- b) Garantizar que la exposición no sea permanente y que se limite a lo estrictamente necesario.
- c) Poner a disposición ropa y equipos de protección adecuados.
- d) Impedir el trabajo en la zona afectada de los trabajadores no protegidos adecuadamente.

En aquellas actividades no regulares, en las que pueda preverse la posibilidad de un incremento significativo de la exposición, el empresario, una vez agotadas todas las posibilidades de adopción de otras medidas técnicas para limitar la exposición, adoptará, previa consulta a los trabajadores o sus representantes, las medidas necesarias para:

- a) Evitar la exposición permanente del trabajador, reduciendo la duración de la misma al tiempo estrictamente necesario.
- b) Adoptar medidas complementarias para garantizar la protección de los trabajadores afectados, poniendo a su disposición ropa y equipos de protección adecuados que deberán utilizar mientras dure la exposición.
- c) Evitar que personas no autorizadas tengan acceso, delimitando o señalizando.

#### **Artículo 8. Vigilancia de la salud de los trabajadores**

El empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos. Deberá ofrecerse en las siguientes ocasiones:

- a) Antes del inicio de la exposición.
- b) A intervalos regulares en lo sucesivo, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen, considerando el agente cancerígeno, mutágeno o reprotóxico, el tipo de exposición y la existencia de pruebas eficaces de detección precoz.
- c) Cuando sea necesario por haberse detectado algún trastorno que pueda deberse a la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos, o si se detecta que se ha superado un valor límite biológico, el médico o las autoridades sanitarias podrán exigir que otras personas trabajadoras que hayan estado expuestos de forma similar sean objeto de dicha vigilancia.

El anexo II de este real decreto contiene recomendaciones prácticas sobre vigilancia de la salud. Cuando se haya fijado un valor límite biológico en el anexo III bis, la vigilancia de la salud será obligatoria, de conformidad con los procedimientos establecidos en dicho anexo.



Los trabajadores podrán solicitar la revisión de los resultados de la vigilancia de su salud y deberá llevarse un historial médico individual de los trabajadores afectados.

El empresario revisará la evaluación y las medidas de prevención y de protección colectivas e individuales adoptadas cuando se hayan detectado alteraciones de la salud debidas a la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos, o cuando el resultado de los controles periódicos, incluidos los relativos a la vigilancia de la salud, ponga de manifiesto la posible inadecuación o insuficiencia de estas.

Se aconsejará e informará a los trabajadores en lo relativo a cualquier control médico que sea pertinente efectuar con posterioridad al cese de la exposición, y en particular, más allá de la finalización de la relación laboral.

#### **Artículo 9. Documentación**

El empresario está obligado a disponer de:

- a) Los resultados de la evaluación, así como los criterios y procedimientos de evaluación y los métodos de medición, análisis o ensayo utilizados.
- b) Una lista actualizada de los trabajadores encargados de realizar las actividades respecto a las cuales los resultados de las evaluaciones revelen algún riesgo para la seguridad o salud de los trabajadores, indicando la exposición a la cual hayan estado sometidos en la empresa.

El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para la conservación de los historiales médicos individuales.

Tanto la documentación como los historiales médicos mencionados deberán conservarse, después de terminada la exposición, al menos, durante cuarenta años en el caso de agentes cancerígenos o mutágenos y, al menos, durante cinco años en el caso de agentes reprotóxicos .

Los historiales médicos serán remitidos por la autoridad laboral a la sanitaria.

#### **Artículo 10. Información a las autoridades competentes**

El empresario deberá suministrar a las autoridades laborales y sanitarias, cuando éstas lo soliciten, la información adecuada sobre:

- a) Las evaluaciones de riesgos, incluyendo la naturaleza, grado y duración de las exposiciones, así como los criterios y procedimientos de evaluación y los métodos de medición, análisis o ensayo utilizados.
- b) Las actividades o los procedimientos industriales aplicados, incluidas las razones por las cuales se utilizan agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos.
- c) Las cantidades utilizadas o fabricadas de sustancias o mezclas que contengan estos agentes.
- d) El número de trabajadores expuestos y, en particular, la lista actualizada prevista en el artículo anterior.
- e) Las medidas de prevención adoptadas y los tipos de equipos de protección utilizados.
- f) Los criterios y resultados del proceso de sustitución de agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos.

Se comunicarán a la autoridad laboral todos los casos de cáncer, efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de personas trabajadoras adultas o toxicidad para el desarrollo de los descendientes que se reconozcan como contingencia profesional resultantes de la exposición a un agente carcinógeno, mutágeno o reprotóxico durante el trabajo.

### **Artículo 11. Información y formación de los trabajadores**

Los trabajadores y los representantes de los trabajadores recibirán formación e información sobre las medidas que hayan de adoptarse. Asimismo, el empresario garantizará la formación e información en relación con:

- a) Los riesgos potenciales para la salud.
- b) Las precauciones que se deberán tomar para prevenir la exposición.
- c) Las disposiciones en materia de higiene personal.
- d) La utilización y empleo de equipos y ropa de protección.
- e) Las consecuencias de la selección, utilización y empleo de equipos y ropa de protección.
- f) Las medidas que deberán adoptar los trabajadores en caso de incidentes.

Dicha formación deberá adaptarse a la evolución de los conocimientos de los riesgos existentes y nuevos. En el ámbito sanitario, deberá impartirse periódicamente a todas las personas trabajadoras que estén expuestas a agentes carcinógenos, mutágenos o reprotóxicos, en particular cuando se utilicen nuevos medicamentos peligrosos que contengan dichos agentes. En otros ámbitos, deberá repetirse periódicamente si fuera necesario.

Los representantes de los trabajadores y las trabajadoras afectados deberán ser informados de las causas que hayan dado lugar a las exposiciones accidentales y a las exposiciones no regulares, así como de las medidas adoptadas. Los trabajadores tendrán acceso a la información contenida en la documentación a que se refiere el artículo 9 cuando les concierna a ellos mismos. Asimismo, los representantes de los trabajadores o, en su defecto, los propios trabajadores tendrán acceso a cualquier información colectiva anónima.

### **Artículo 12. Consulta y participación de los trabajadores**

La consulta y participación se realizarán de conformidad con el artículo 18.2 de la LPRL.

### **Anexo I Lista de sustancias, mezclas y procedimientos**

1. Fabricación de auramina.
2. Trabajos que supongan exposición a los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el hollín, el alquitrán o la brea de hulla.
3. Trabajos que supongan exposición al polvo, al humo o a las nieblas producidas durante la calcinación y el afinado eléctrico de las matas de níquel.
4. Procedimiento con ácido fuerte en la fabricación de alcohol isopropílico.
5. Trabajos que supongan exposición a polvo de maderas duras.

6. Trabajos que supongan exposición al polvo respirable de sílice cristalina generado en un proceso de trabajo.
7. Trabajos que supongan exposición cutánea a aceites minerales previamente utilizados en motores de combustión interna para lubricar y refrigerar los elementos móviles del motor.
8. Trabajos que supongan exposición a emisiones de motores diésel motor.

#### **Anexo II. Recomendaciones prácticas para la vigilancia sanitaria de los trabajadores**

#### **Anexo III. Valores límite de exposición profesional y otras disposiciones directamente relacionadas**

#### **Anexo III BIS. Valores límite biológicos vinculantes y medidas de vigilancia de la salud**

## **2. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES CANCERÍGENOS O MUTÁGENOS DURANTE EL TRABAJO**

El Real Decreto 665/1997 establece en su Disposición final primera que el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 39/1997, elaborará y mantendrá actualizada una Guía Técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación de los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos, mutágenos o reprotóxicos durante el trabajo. Además, indica explícitamente que la guía incluirá un listado de maderas duras referida en el anexo III. La guía tendrá que ser actualizada para tener en cuenta las modificaciones de los anexos del real decreto, así como la inclusión de nuevos valores límite vinculantes.

La Guía Técnica tiene por objetivo facilitar la aplicación del mencionado real decreto proporcionando criterios e información técnica para la evaluación y prevención de los riesgos por exposición a agentes cancerígenos o mutágenos en el trabajo.

La actualización de la guía con las modificaciones introducidas por el Real Decreto 612/2024, de 2 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 665/1997, aún no ha sido publicada.

A continuación, se exponen algunos de los comentarios que realiza la Guía Técnica sobre el articulado del Real Decreto 665/1997. Además, se indican los apéndices de dicha guía, los cuales abordan con mayor profundidad algunos aspectos tratados en los comentarios al articulado.

### **Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación**

Se amplía la información sobre qué se considera exposición a agente cancerígeno o mutágeno como consecuencia de su trabajo, puesto que el ámbito de aplicación del real decreto está condicionado a ella, tanto si la exposición está originada por la actividad desarrollada, como si es consecuencia del diseño, instalación o mantenimiento de los locales o espacios en los que la persona trabajadora deba permanecer o a los que tenga que acceder en razón de su trabajo. Por tanto, es aplicable siempre que se produzca alguna de las circunstancias siguientes:

- Se emplea como materia prima, se fabrica, se genera como producto intermedio, residuo, impureza o por reacción no deseada, o se forma o interviene por cualquier motivo, en el proceso laboral básico y las actividades relacionadas con él (mantenimiento, manutención, reparación, etc.).

- Se utiliza, se forma o se libera al ambiente en el transcurso de las actividades no ligadas al proceso laboral básico (limpieza, desinfección, obras y modificaciones, etc.).
- Se almacena de forma temporal o permanente en los lugares de trabajo.

El Real Decreto 665/1997 establece unas disposiciones mínimas, sin perjuicio, de disposiciones específicas contenidas en las normativas vigentes sobre protección frente a los riesgos derivados de la exposición a agentes cancerígenos concretos como las radiaciones ionizantes y el amianto. Por la misma razón, las disposiciones del real decreto deben aplicarse igualmente sin perjuicio de otras normativas que incluyen en su ámbito de aplicación la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos.

Además, al ser una normativa de desarrollo reglamentario de la LPRL, se deberá cumplir con los preceptos de carácter general contenidos en la citada ley, así como los recogidos en el Real Decreto 39/1997, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP).

También se tendrá en cuenta que en los anexos VII y VIII del RSP se establecen una serie de disposiciones cuyo objetivo es la protección de la salud de las trabajadoras embarazadas, o en periodo de lactancia natural, del feto o del niño durante el período de lactancia natural, frente a determinados riesgos, entre los que se encuentran los agentes cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción clasificados según el Reglamento CLP.

## **Artículo 2. Definiciones**

El ámbito de aplicación del real decreto se extiende a las sustancias y mezclas clasificadas según los criterios establecidos en el Reglamento CLP que se han definido anteriormente: cancerígeno 1A y 1B y mutágenos 1A y 1B (los tóxicos para la reproducción no están aún descritos en la guía).

También se considera agente cancerígeno una sustancia, mezcla o procedimiento de los mencionados en el anexo I, por tanto, siempre que se realice algunos de esos trabajos o se siga alguno de esos procedimientos o se produzcan durante los mismos, se aplicará el real decreto.

En relación con el concepto de valor límite, su aplicación se deberá realizar con los criterios generales y condiciones particulares para los agentes cancerígenos o mutágenos establecidos en el documento *Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España* publicado por el INSST.

Para los mutágenos y la mayoría de los cancerígenos no es posible determinar científicamente unos niveles por debajo de los cuales la exposición no provoque efectos adversos. No obstante, se admite la existencia de una relación exposición-probabilidad del efecto que permite deducir que, cuanto más baja sea la exposición a estos agentes, menor será la probabilidad de que se produzcan tales efectos, aunque estos, en caso de producirse, serán siempre de carácter muy grave e irreversible. Por esta razón, los límites de exposición adoptados para algunas de estas sustancias no deben ser considerados como una garantía para la protección de la salud, sino como unas referencias máximas para la adopción de las medidas de protección y el control del ambiente de los puestos de trabajo.

## **Artículo 3. Identificación y evaluación de riesgos**

Este artículo establece el marco y el alcance de la identificación de los agentes cancerígenos o mutágenos presentes en el lugar de trabajo y la evaluación de riesgos originados por la exposición a esos agentes, tal como se contempla en la LPRL y en el RSP.

En el proceso de identificación del riesgo se pueden distinguir: puestos de trabajo involucrados directamente en los que la presencia del agente se considera evidente y es posible la exposición; puestos de trabajo no involucrados directamente donde pueda ser posible una exposición.

Una vez identificada la presencia de agentes cancerígenos o mutágenos y, por lo tanto, el riesgo potencial de exposición a los mismos se procederá a eliminar los riesgos evitables. Todos aquellos riesgos que no hayan podido ser eliminados tendrán que ser evaluados.

La evaluación de riesgos debe referirse a todos los agentes cancerígenos o mutágenos que estén o puedan estar presentes en el lugar de trabajo, y el proceso de evaluación considerará todos los aspectos que se citan en este artículo de forma conjunta y no considerando cada aspecto por separado.

Para determinar el grado de exposición se podrá estimar la cantidad del agente susceptible de ser inhalado por la persona trabajadora o de entrar en contacto con su piel u ojos, así como las características de las exposiciones.

La revisión de la evaluación y su periodicidad, en ausencia de motivos concretos, se acordará entre la empresa y los representantes de los trabajadores, teniendo en cuenta, como factores que puedan obligar a aumentar la frecuencia de las revisiones, los niveles de exposición, el número de los trabajadores expuestos, el número de los agentes cancerígenos o mutágenos implicados, la complejidad del proceso productivo y el deterioro, por el transcurso del tiempo, de los elementos que integran el proceso productivo.

#### **Artículo 4. Sustitución de agentes cancerígenos o mutágenos**

Siempre que sea técnicamente posible, la medida obligatoria debe ser la sustitución de estos agentes o el procedimiento que los origine. La obligación se mantiene incluso si la alternativa es más costosa. En la evaluación debe contemplarse esta solución y, si no se adopta, se deberá justificar la imposibilidad técnica de llevarla a cabo.

#### **Artículo 5. Prevención y reducción de la exposición**

En el caso de que la sustitución no sea técnicamente posible, la manipulación de los agentes cancerígenos o mutágenos en sistemas cerrados y estancos, preferentemente a presión negativa, es la primera opción tecnológica para la prevención y reducción de la exposición.

Cuando la aplicación de un sistema cerrado no sea técnicamente posible, se garantizará que el nivel de exposición se reduzca a un nivel "tan bajo como sea técnicamente posible", en el marco de lo que permita la técnica más moderna y eficiente que se utilice en el mismo sector y tipo de actividad.

Los valores límite de exposición deben considerarse como una referencia máxima para el control del ambiente en el puesto de trabajo; hallarse por debajo del valor límite establecido para agentes cancerígenos o mutágenos no significa que no se requieran acciones adicionales destinadas a reducir la exposición a un nivel tan bajo como sea técnicamente posible.

Con objeto de evitar al máximo el riesgo por exposición a los agentes cancerígenos o mutágenos, el real decreto prevé la adopción por la empresa de diversas medidas dirigidas a minimizar el riesgo. Estas medidas serán de aplicación en todo puesto de trabajo en el que se utilicen estos agentes o en el que se produzcan como resultado del mismo y deben aplicarse de forma combinada, en base a la correspondiente evaluación de riesgos, todas aquellas que se consideren

adecuadas o técnicamente eficaces en su conjunto, exceptuando únicamente las que no tengan sentido en cada caso concreto.

Con relación a los equipos de protección individual se acudirá a dicha protección cuando:

- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas aplicadas sean insuficientes.
- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas sean técnicamente inviables.
- Provisionalmente, hasta que se adopten las medidas específicas de prevención y protección colectiva que sean oportunas.
- Se trate de efectuar operaciones puntuales o de una situación eventual.
- Siempre ante situaciones de emergencia, rescate o salvamento.

Es importante mantener unas condiciones higiénicas adecuadas con limpiezas regulares de la zona de trabajo, suelos, paredes y cualquier superficie que pueda verse contaminada.

Todos los recipientes, envases e instalaciones que contengan agentes cancerígenos o mutágenos deberán estar debidamente etiquetados y señalizados, de conformidad con la normativa vigente en la materia.

En aquellos casos donde una situación de emergencia pueda generar exposiciones anormalmente altas a un agente cancerígeno o mutágeno, y llegar a provocar efectos agudos graves, debe disponerse de sistemas automáticos de alarma para su detección y aviso de forma inmediata.

El almacenamiento de los agentes cancerígenos o mutágenos se efectuará en un lugar específico, debidamente protegido y diferenciado de los otros productos almacenados, al que únicamente tengan acceso las personas autorizadas.

#### **Artículo 6. Medidas de higiene personal y de protección individual**

Una posible vía de exposición de los agentes cancerígenos o mutágenos es la digestiva. Por este motivo, debe prohibirse que los trabajadores coman, fumen o beban en las zonas de trabajo en las que exista riesgo de contaminación por la presencia de dichos agentes.

La posible contaminación de algunas partes del cuerpo, o de la ropa de trabajo, también puede provocar y dilatar la exposición más allá de las zonas de trabajo con riesgo. Por ello, aquellas personas identificadas en la evaluación de riesgos como expuestas, dispondrán, para su aseo personal, de un máximo de 10 minutos al abandonar la zona de riesgo tanto antes de la comida como tras finalizar su jornada laboral.

El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo puesto que es una medida necesaria e imprescindible para evitar el traslado de la posible contaminación presente en la ropa de trabajo a otras zonas donde no debiera existir presencia de estos agentes, como, por ejemplo, a los hogares. El personal afectado por esta medida deberá ser aquel que la evaluación de riesgos hubiera identificado como expuesto en función del tipo de tareas que desarrolle.



### **Artículo 7. Exposiciones accidentales y exposiciones no regulares**

Frente a las situaciones que describe el real decreto, las actuaciones deben encaminarse a potenciar al máximo la actividad preventiva. Los objetivos a conseguir son:

- Que las situaciones imprevistas sean cada vez más previsibles y, por consiguiente, se hayan tomado las medidas técnicas y organizativas para su control.
- Que, ante la materialización de alguna de estas situaciones, las consecuencias sean lo más limitadas posible, tanto en su severidad como en el colectivo afectado.

En la medida de lo técnicamente posible, estas situaciones deben preverse, identificarse, localizarse, evaluarse e incorporarse al Plan de Emergencia del centro de trabajo a fin de evitar ante las mismas toda improvisación que pudiera dar lugar a un empeoramiento de la situación o a un agravamiento de las consecuencias.

Debe entenderse que el término "actividades no regulares" se refiere a aquellas tareas poco frecuentes, tales como las de limpieza, revisión, mantenimiento o reparación de equipos, accesorios, conducciones, etc., en las que se prevea o conozca con certeza la posibilidad de un incremento significativo del riesgo de exposición. Estas tan sólo serán realizadas por personal autorizado por escrito, informado, formado, dotado del equipamiento necesario y siguiendo un procedimiento previamente estudiado, el cual deberá definirse por escrito e incluir la secuencia de operaciones a realizar.

### **Artículo 8. Vigilancia de la salud de los trabajadores**

La LPRL configura la vigilancia de la salud como un derecho del trabajador y la trabajadora y una obligación de la empresa, enunciando como regla general la voluntariedad de la misma.

Todas las actividades de vigilancia de la salud se efectuarán de acuerdo con las condiciones establecidas en el artículo 22 de la LPRL, el apartado 3 del artículo 37 del RSP y el Real Decreto 843/2011, de 17 de junio, por el que se establecen los criterios básicos sobre la organización de recursos para desarrollar la actividad sanitaria de los servicios de prevención.

La vigilancia específica y adecuada de la salud frente a estos agentes sólo se realizará a las trabajadoras y los trabajadores con respecto a quienes la evaluación de riesgos indicada en el artículo 3 del Real Decreto 665/1997 ponga de manifiesto un riesgo por exposición a agentes cancerígenos o mutágenos. Existen 7 protocolos específicos que pueden aplicarse a la exposición a agentes cancerígenos: adenocarcinoma de fosas nasales y senos paranasales, agentes citostáticos, amianto, cloruro de vinilo monómero, dermatosis profesionales, óxido de etileno y silicosis. En el caso de no existir protocolos, estos tendrán que ser elaborados por el servicio de prevención responsable de la vigilancia de la salud en función de la evaluación de riesgos y de los efectos del agente químico en cuestión.

Tal y como establece el Real Decreto 374/2001 y el RSP, la historia clínico-laboral, además de los datos de anamnesis, exploración clínica, control biológico si procede, al igual que otras exploraciones complementarias, incluirá la descripción del puesto de trabajo y demás detalles respecto a su permanencia, riesgos concretos por exposición a cancerígenos o mutágenos o a determinados procedimientos de trabajo considerados como tales, y medidas de prevención adoptadas, así como de similares datos respecto de puestos de trabajo anteriores, si se dispone de ellos.

La vigilancia periódica de salud más allá de la finalización de la relación laboral está previsto tanto en la LPRL como en el RSP. Si cesa la exposición, pero sigue la relación laboral, esta vigilancia de la salud debe realizarse por la empresa, mientras que, si la relación laboral ya no existe, correrá a cargo del Sistema Nacional de Salud.

#### **Artículo 9. Documentación**

El empresario está obligado a recoger y disponer de una documentación completa sobre la metodología utilizada en la evaluación de riesgos y sobre sus resultados. La utilización de servicios de prevención ajenos no exime al empresario de esta obligación.

Se deberá disponer de una lista actualizada de las personas que ocupan o hayan ocupado puestos de trabajo para los cuales las evaluaciones efectuadas hayan revelado algún riesgo para la seguridad o la salud, con indicación de los correspondientes niveles de exposición a los que están o hayan estado sometidos.

La conservación de los historiales médicos debe garantizarse en todos los supuestos, incluyendo el cambio del servicio de prevención ajeno responsable de la vigilancia de la salud.

La autoridad laboral competente mencionada en relación con esta documentación es el departamento con las competencias de trabajo de la Comunidad Autónoma correspondiente y la autoridad sanitaria, a quien se remiten los historiales médicos, es el departamento con las competencias de sanidad de la Comunidad Autónoma correspondiente.

#### **Artículo 10. Información a las autoridades competentes**

La información indicada en este apartado del real decreto permite tener un conocimiento más detallado de las sustancias, mezclas utilizadas, cantidades, tiempos de exposición y personal expuesto a los agentes cancerígenos o mutágenos por actividad, sector o industria tanto a nivel municipal y autonómico como nacional.

La comunicación por parte de la empresa a la autoridad laboral de cualquier daño a la salud que tenga su origen en la actividad desarrollada en el centro de trabajo es un principio fundamental en la gestión de la prevención y una obligación contenida en la LPRL.

#### **Artículo 11. Información y formación de los trabajadores**

La obligación de informar y formar a los trabajadores está recogida en la LPRL y remarcada en el real decreto como herramienta fundamental en la gestión de riesgos laborales. Las disposiciones del Real Decreto 374/2001, referentes a información y formación, son de plena aplicación al caso de los riesgos derivados de la exposición a agentes cancerígenos o mutágenos.

La información y formación consistirá en comunicaciones verbales o en instrucciones y formación individuales, y deberá ir acompañada por instrucciones escritas, dadas las características de gravedad de los riesgos debidos a agentes cancerígenos o mutágenos. Es indispensable asegurarse de que el personal comprende y sabe interpretar correctamente la información recibida. Las medidas de prevención y protección estarán incluidas en dicha formación. Asimismo, deberá actualizarse adecuadamente.

Los trabajadores y las trabajadoras tienen derecho a disponer de toda la información existente que les pueda concernir relacionada con el trabajo, tanto en lo referente a la exposición, proveniente de la evaluación de riesgos, como en lo referente a las consecuencias de la misma.

## **Artículo 12. Consulta y participación de los trabajadores**

Tal y como viene recogida en la LPRL, en su artículo 18: "El empresario deberá consultar a los trabajadores, y permitir su participación, en el marco de todas las cuestiones que afecten a la seguridad y a la salud en el trabajo, de conformidad con lo dispuesto en el capítulo V de la presente Ley".

## **Anexo I. Lista de sustancias, mezclas y procedimientos**

Indicado en el real decreto.

## **Anexo II. Recomendaciones prácticas para la vigilancia sanitaria de los trabajadores**

El contenido de la vigilancia de la salud debe facilitar la consecución de los objetivos específicos:

1. Conocer el estado de salud de las trabajadoras y los trabajadores (individual y colectivo) y relacionarlo con la exposición a cancerígenos o mutágenos.
2. Detectar precozmente alteraciones de la salud.
3. Evaluar la eficacia de las medidas preventivas e identificar situaciones de riesgo insuficientemente evaluadas y controladas.
4. Informar de la necesidad de adoptar las medidas adecuadas para controlar los riesgos detectados y adaptar el trabajo a las condiciones de salud de las personas.
5. Informar sobre y recordar a los trabajadores y las trabajadoras los riesgos y medidas preventivas asociadas al desempeño de su trabajo.

## **Anexo III. Valores límite de exposición profesional**

Tabla de valores límite indicada en el real decreto.

## **Apéndices**

### **Apéndice 1. Determinación de la presencia de agentes cancerígenos o mutágenos en los puestos de trabajo no involucrados directamente**

Se proponen una serie de criterios técnicos para la toma de muestras ambientales y posterior valoración de los resultados obtenidos, con el objetivo de determinar la presencia del agente cancerígeno o mutágeno en los puestos de trabajo no directamente involucrados.

## **Apéndice 2. Sustitución de agentes cancerígenos o mutágenos.**

En este apéndice se ofrecen orientaciones sobre cómo afrontar el proceso de sustitución de un agente cancerígeno o mutágeno, así como herramientas útiles para cada una de las etapas del proceso.

## **Apéndice 3. Información sobre personal expuesto a cancerígenos o mutágenos en el trabajo.**

Propone un modelo de formato para la lista de trabajadores y trabajadoras potencialmente expuestos, de tal forma que se facilite la recogida de los datos y su trazabilidad.

## **Apéndice 4. Lista de maderas duras**

El Real Decreto 665/1997 es de aplicación a "trabajos que supongan exposición a polvo de maderas duras".

La distinción entre maderas duras y maderas blandas es botánica y hace referencia al sistema de reproducción de las plantas, correspondiendo las maderas blandas a las gimnospermas y las maderas duras a las angiospermas.

Este apéndice desarrolla listas indicativas de maderas duras y blandas. En la práctica se utilizan otras maderas en proporciones importantes, y que, en caso de ser maderas duras, también les será de aplicación del Real Decreto 665/1997.

## TEMA 53

### **AGENTES BIOLÓGICOS: REAL DECRETO 664/1997, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS DURANTE EL TRABAJO. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

#### **1. AGENTES BIOLÓGICOS: INTRODUCCIÓN**

Los agentes biológicos se diferencian de otros agentes, como son los químicos y físicos, fundamentalmente, porque mientras que estos son materia inerte o distintas formas de energía, los agentes biológicos son capaces de reproducirse o transferir material genético. Se entiende por riesgo biológico, la posibilidad de que una persona trabajadora sufra un daño como consecuencia de la exposición o contacto con agentes biológicos durante la realización de su actividad laboral.

Estos agentes presentan una gran adaptabilidad a las condiciones del entorno, lo que hace que en cualquier medio puedan estar presentes desarrollando estilos de vida particulares y estableciendo todo tipo de relaciones con otros seres vivos. En todo caso, su presencia en un entorno determinado está condicionada por tres factores: la existencia de un reservorio o lugar en que se den las condiciones ambientales para su desarrollo, la posibilidad de multiplicación y las opciones de dispersión.

Algunos agentes biológicos son patógenos, es decir, pueden causar enfermedades a las personas, y este es el aspecto que tiene interés desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales. El Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, comprende a los siguientes tipos de patógenos: **virus, bacterias, hongos y endoparásitos** humanos, incluyendo a los modificados genéticamente.

También se encuentran bajo su ámbito de aplicación los **priones**, como agentes no clasificados asociados a encefalopatías espongiformes transmisibles. Los priones no contienen material genético y no se consideran seres vivos, son proteínas con una configuración anómala, con la capacidad de hacer que otras proteínas cercanas se transformen también en priones y producir una enfermedad.<sup>1</sup>

#### **2. REAL DECRETO 664/1997, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS DURANTE EL TRABAJO**

Este real decreto supone la transposición al derecho español de la Directiva 90/679/CEE, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo. Con el objeto de reflejar el estado de conocimiento más reciente, en lo que se refiere a los avances científicos y epidemiológicos, incluyendo la existencia de

---

<sup>1</sup> Se recomienda complementar el tema con la lectura del Real Decreto 664/1997 y la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos en los lugares de trabajo.

nuevos agentes biológicos, esta Directiva fue modificada en varias ocasiones y de manera sustancial, por lo que se procedió a su codificación aprobándose la Directiva 2000/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

En consecuencia, el real decreto también ha sido actualizado:

- Mediante la Orden de 25 de marzo de 1998 se modifica la clasificación de los agentes biológicos.
- Posteriormente, mediante la Orden TES/1180/2020 se incorpora la Directiva (UE) 2020/739 de la Comisión, por la que se modifica la Directiva 2000/54/CE en lo que respecta a la inclusión del SARS-CoV-2 en la lista de agentes biológicos que son patógenos humanos conocidos, así como parcialmente la Directiva (UE) 2019/1833 de la Comisión con adaptaciones de carácter estrictamente técnico.
- Finalmente, la Orden TES/1287/2021 completa la incorporación al derecho nacional de la Directiva (UE) 2019/1833 de la Comisión.

El Real Decreto 664/1997 consta de un articulado estructurado en **tres capítulos** que tratan las disposiciones generales, las obligaciones del empresario y disposiciones varias aplicables a determinados establecimientos y procedimientos. Está constituido también por una serie de disposiciones: una **disposición adicional única** (relativa a la remisión de documentación por parte de las autoridades laborales a las autoridades sanitarias), una **disposición transitoria única**, una **disposición derogatoria única** y **tres disposiciones finales: primera<sup>2</sup>, segunda** (relativa a las facultades de aplicación y desarrollo) y **tercera** (relativa a la entrada en vigor del real decreto). Por último, recoge **seis anexos** que se detallan al final del apartado.

## **CAPÍTULO I. Disposiciones generales**

En el **artículo 1** se expone el **objeto y ámbito de aplicación**:

“El presente Real Decreto tiene por objeto la protección de los trabajadores contra los riesgos para su salud y su seguridad derivados de la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, así como la prevención de dichos riesgos”.

Será de aplicación sin perjuicio de lo dispuesto en la legislación específica por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismos modificados genéticamente, a fin de prevenir los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

En cuanto a las **definiciones**, el **artículo 2** dice que se entenderá por:

- **Agentes biológicos:** “microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad”.

---

<sup>2</sup> En la disposición final primera se encomienda al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo la elaboración y actualización continua de la Guía Técnica para la evaluación de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.



- **Microorganismo:** "toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o transferir material genético".
- **Cultivo celular:** "el resultado del crecimiento "in vitro" de células obtenidas de organismos multicelulares".

La **clasificación de los agentes biológicos** se recoge en el **artículo 3**. Atendiendo al riesgo de infección, se clasifican en cuatro grupos:

- **Agente biológico del grupo 1:** "aquel que resulta poco probable que cause una enfermedad en el hombre".
- **Agente biológico del grupo 2:** "aquel que puede causar una enfermedad en el hombre, y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente profilaxis o tratamiento eficaz".
- **Agente biológico del grupo 3:** "aquel que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o tratamiento eficaz".
- **Agente biológico del grupo 4:** "aquel que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas probabilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz".

## **CAPÍTULO II. Obligaciones del empresario**

El **artículo 4** detalla los aspectos relacionados con la **identificación y evaluación de riesgos**:

Cuando se identifique uno o más riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, se procederá a realizar la evaluación de aquellos que no se hayan podido evitar, determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición.

Para dicha evaluación se tendrá en cuenta toda la información disponible y, en particular:

- "La naturaleza de los agentes biológicos a los que estén o puedan estar expuestos los trabajadores y el grupo a que pertenecen, de acuerdo con la tabla y criterios de clasificación contenidos en el anexo II.
- Las recomendaciones de las autoridades sanitarias.
- La información sobre las enfermedades susceptibles de ser contraídas por los trabajadores como resultado de su actividad profesional.
- Los efectos potenciales, tanto alérgicos como tóxicos, que puedan derivarse de la actividad profesional de los trabajadores.
- El conocimiento de una enfermedad que se haya detectado en un trabajador y que esté directamente ligada a su trabajo.
- El riesgo adicional para aquellos trabajadores especialmente sensibles en función de sus características personales o estado biológico conocido".

Esta evaluación se debe repetir periódicamente y, en particular, siempre que se produzca una modificación de las condiciones de trabajo que pueda afectar a la exposición de la población

trabajadora a agentes biológicos. Asimismo, se realizará una nueva evaluación cuando se detecte una infección o enfermedad en algún trabajador/a como consecuencia de la exposición.

Si los resultados de la evaluación revelan una exposición a un agente biológico del grupo 1 que no presente un riesgo conocido para la salud de las personas trabajadoras, no serán de aplicación los artículos del 5 al 15 de este real decreto. No obstante, se observarán los principios de correcta seguridad e higiene profesional.

Cuando los resultados de la evaluación muestren la existencia de un riesgo para la seguridad y salud de las personas trabajadoras debido a la exposición a agentes biológicos en el trabajo, deberá evitarse dicha exposición. Si, por motivos técnicos de la actividad, esto no es posible, se tomarán medidas para reducir el riesgo de exposición al mínimo posible.

La primera medida a considerar, establecida en el **artículo 5**, es la **sustitución de agentes biológicos** peligrosos por otros agentes que no lo sean, o lo sean en menor grado, teniendo en cuenta las condiciones de utilización y cuando la naturaleza de la actividad realizada lo permita.

Cuando la sustitución no sea posible, o a pesar de su aplicación siga existiendo un riesgo de exposición, se aplicarán medidas de protección para la **reducción de los riesgos**, recogidas en el **artículo 6**:

- "Establecimiento de procedimientos de trabajo adecuados y utilización de medidas técnicas apropiadas para evitar o minimizar la liberación de agentes biológicos en el lugar de trabajo.
- Reducción, al mínimo posible, del número de trabajadores que estén o puedan estar expuestos.
- Adopción de medidas seguras para la recepción, manipulación y transporte de los agentes biológicos dentro del lugar de trabajo.
- Adopción de medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual, cuando la exposición no pueda evitarse por otros medios.
- Utilización de medios seguros para la recogida, almacenamiento y evacuación de residuos por los trabajadores, incluido el uso de recipientes seguros e identificables, previo tratamiento adecuado si fuese necesario.
- Utilización de medidas de higiene que eviten o dificulten la dispersión del agente biológico fuera del lugar de trabajo.
- Utilización de una señal de peligro biológico como la indicada en el anexo III, así como de otras señales de advertencia pertinentes.
- Establecimiento de planes para hacer frente a accidentes de los que puedan derivarse exposiciones a agentes biológicos.
- Verificación, cuando sea necesaria y técnicamente posible, de la presencia de los agentes biológicos utilizados en el trabajo fuera del confinamiento físico primario".

El **artículo 7** recoge las **medidas higiénicas** a seguir en aquellas actividades donde haya riesgo de exposición a agentes biológicos:

"El empresario deberá adoptar las medidas necesarias para:

- Prohibir que los trabajadores coman, beban o fumen en las zonas de trabajo en las que exista dicho riesgo.
- Proveer a los trabajadores de prendas de protección apropiadas o de otro tipo de prendas especiales adecuadas.
- Disponer de retretes y cuartos de aseo apropiados y adecuados para uso de los trabajadores, que incluyan productos para la limpieza ocular y antisépticos para la piel.
- Disponer de un lugar determinado para el almacenamiento de los equipos de protección y verificar que se limpian y se comprueba su buen funcionamiento, si fuera posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso.
- Especificar los procedimientos de obtención, manipulación y procesamiento de muestras de origen humano o animal.

Los trabajadores dispondrán, dentro de la jornada laboral, de diez minutos para su aseo personal antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

Al salir de la zona de trabajo, el trabajador deberá quitarse la ropa de trabajo y los equipos de protección personal que puedan estar contaminados por agentes biológicos y deberá guardarlos en lugares que no contengan otras prendas.

El empresario se responsabilizará del lavado, descontaminación y, en caso necesario, destrucción de la ropa de trabajo y los equipos de protección, quedando rigurosamente prohibido que los trabajadores se lleven los mismos a su domicilio."

El **artículo 8** establece que "el empresario garantizará una **vigilancia** adecuada y específica **de la salud** de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a agentes biológicos, realizada por personal sanitario competente. Deberá ofrecerse a los trabajadores en las siguientes ocasiones:

- Antes de la exposición.
- A intervalos regulares en lo sucesivo, con la periodicidad que los conocimientos médicos aconsejen, considerando el agente biológico, el tipo de exposición y la existencia de pruebas eficaces de detección precoz.
- Cuando sea necesario por haberse detectado en algún trabajador, con exposición similar, una infección o enfermedad que pueda deberse a la exposición a agentes biológicos."

Deberá ponerse a disposición de las personas trabajadoras vacunas eficaces para el riesgo de exposición a agentes biológicos concreto, siempre que existan, y se les proporcionará información sobre las ventajas e inconvenientes de la vacunación. Tanto el ofrecimiento como el consentimiento del/de la trabajador/a deberá constar por escrito.

Por último, se establece que "deberá llevarse un historial médico individual de los trabajadores objeto de vigilancia sanitaria, y se aconsejará e informará a los trabajadores en lo relativo a cualquier control médico que sea pertinente efectuar con posterioridad al cese de la exposición" (siendo de aplicación lo dispuesto en el Reglamento de los Servicios de Prevención (RSP), sobre la vigilancia de la salud más allá de la finalización de la relación laboral).

El **artículo 9** recoge la **documentación** que el/la responsable de la empresa debe disponer y conservar:

- "La documentación sobre los resultados de la evaluación a que se refiere el artículo 4, así como los criterios y procedimientos de evaluación y los métodos de medición, análisis o ensayo utilizados.
- Una lista de los trabajadores expuestos en la empresa a agentes biológicos de los grupos 3 y 4, indicando el tipo de trabajo efectuado y el agente biológico al que hayan estado expuestos, así como un registro de las correspondientes exposiciones, accidentes e incidentes".
- Un registro de los historiales médicos individuales mencionados en el artículo anterior.

En cuanto a la lista de los trabajadores expuestos y los historiales médicos, este artículo establece que "deberán conservarse durante un plazo mínimo de diez años después de finalizada la exposición; este plazo se ampliará hasta cuarenta años en caso de exposiciones que pudieran dar lugar a una infección en la que concurren alguna de las siguientes características:

- Debida a agentes biológicos con capacidad conocida de provocar infecciones persistentes o latentes.
- Que no sea diagnosticable con los conocimientos actuales, hasta la manifestación de la enfermedad muchos años después.
- Cuyo periodo de incubación, previo a la manifestación de la enfermedad, sea especialmente prolongado.
- Que dé lugar a una enfermedad con fases de recurrencia durante un tiempo prolongado, a pesar del tratamiento.
- Que pueda tener secuelas importantes a largo plazo".

Esta documentación es adicional a la que la empresa debe elaborar en cumplimiento del artículo 23 de la LPRL y el tratamiento de los datos personales contenidos en la misma sólo podrá realizarse en los términos previstos en la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

El **artículo 10** establece que cuando se utilicen, por primera vez, agentes biológicos de los grupos 2, 3 o 4 se realizará una **notificación a la autoridad laboral** con carácter previo y con una antelación mínima de treinta días al inicio de los trabajos. Dicha notificación incluirá:

- "El nombre y la dirección de la empresa o centro de trabajo.
- El nombre y la formación de la persona o personas con responsabilidades en materia de prevención en la empresa.
- El resultado de la evaluación mencionada en el artículo 4.
- La especie del agente biológico.
- Las medidas de prevención y protección previstas".

De producirse cambios en los procesos o procedimientos de trabajo que afecten las condiciones de seguridad y salud, quedará invalidada la notificación anterior y deberá realizarse una nueva.

El **artículo 11** recoge los aspectos relativos a la comunicación e **información a las autoridades competentes**:

1. "El empresario tendrá a disposición de las autoridades laboral y sanitaria la documentación relativa a los resultados de la evaluación a que se refiere el artículo 4 de este real decreto, incluyendo la naturaleza, grado y duración de la exposición, así como los criterios y procedimientos de evaluación y los métodos de medición, análisis o ensayo que hayan sido utilizados.
2. Cuando dicha evaluación ponga de manifiesto que existen riesgos para la seguridad o salud de los trabajadores, la empresa informará a las autoridades laboral o sanitaria que lo soliciten, sobre:
  - a. Las actividades en las que los trabajadores hayan estado o podido estar expuestos a agentes biológicos.
  - b. El número de trabajadores expuestos.
  - c. El nombre y la formación de la persona o personas con responsabilidades en materia de prevención en la empresa.
  - d. Las medidas de prevención y de protección adoptadas, incluyendo los procedimientos y métodos de trabajo.
  - e. Un plan de emergencia para la protección de los trabajadores frente a una exposición a un agente biológico de los grupos 3 o 4, en caso de fallo de la contención física.
3. El empresario informará inmediatamente a las autoridades laboral y sanitaria de cualquier accidente o incidente que haya podido provocar la liberación de cualquier agente biológico y que pueda causar una infección o enfermedad grave en el hombre.
4. Se comunicarán a las autoridades laboral y sanitaria todos los casos de enfermedad o fallecimiento que se hayan identificado como resultantes de una exposición profesional a agentes biológicos".
5. En caso de que la empresa cese su actividad, deberá remitir a la autoridad laboral el listado del personal expuesto a agentes biológicos de los grupos 3 y 4, del que se hablaba en el artículo 9, así como los historiales médicos. Estos últimos serán remitidos por la autoridad laboral a la sanitaria, quien los conservará, garantizando la confidencialidad de estos.

El **artículo 12** establece que, sin perjuicio de lo dispuesto en la LPRL, la persona responsable de la empresa adoptará las medidas apropiadas para que el personal y sus representantes reciban **información y formación** suficiente y adecuada en relación con:

- "Los riesgos potenciales para la salud.
- Las precauciones que deberán tomar para prevenir la exposición.
- Las disposiciones en materia de higiene.
- La utilización y empleo de ropa y equipos de protección individual.
- Las medidas que deberán adoptar en el caso de incidentes y para la prevención de estos".

Las obligaciones que recoge este artículo en materia de formación son que "deberá impartirse cuando el trabajador se incorpore a un trabajo que suponga contacto con agentes biológicos, deberá adaptarse a la aparición de nuevos riesgos y a su evolución y repetirse periódicamente si fuera necesario.

Además, el empresario dará instrucciones escritas en el lugar de trabajo y, si procede, colocará avisos que contengan, como mínimo, el procedimiento que habrá de seguirse en caso de accidente o incidente graves que impliquen la manipulación de un agente biológico y en caso de manipulación de un agente biológico del grupo 4".

El derecho a la **consulta y participación** del personal o sus representantes se recoge en el **artículo 13**, y se desarrolla de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18 de la LPRL.

### **CAPÍTULO III. Disposiciones varias**

El **artículo 14** recoge una serie de aspectos aplicables a **los establecimientos sanitarios y veterinarios distintos de los laboratorios de diagnóstico**:

En estos establecimientos, se deberán tener en cuenta los riesgos propios de las actividades desarrolladas en los mismos en la evaluación de riesgos y, especialmente, la incertidumbre existente sobre la presencia de agentes biológicos en los organismos de pacientes humanos o animales, o en materiales o muestras procedentes de estos. Por eso, en este tipo de establecimientos se deben tomar medidas adecuadas para garantizar la protección sanitaria y la seguridad de las personas trabajadoras, como son "la especificación de procedimientos apropiados de descontaminación y desinfección, y la aplicación de procedimientos que permitan manipular y eliminar sin riesgos residuos contaminados".

Además, los servicios de aislamiento de pacientes o animales que estén o se sospeche que estén contaminados por agentes biológicos de los grupos 3 o 4, deben adoptar las medidas de contención adecuadas de la columna A del anexo IV.

Por último, en el **artículo 15** se establecen **medidas especiales aplicables a los procedimientos industriales, a los laboratorios y a los locales para animales**:

1. En los laboratorios, incluidos los de diagnóstico e investigación, y en los locales destinados a animales de laboratorio contaminados deliberadamente con agentes biológicos de los grupos 2, 3 y 4 o que sean o se sospeche que son portadores de estos agentes, se adoptarán medidas de contención, de conformidad con el anexo IV de este real decreto, después de que haya sido fijado el nivel de contención física requerido en función de los resultados de la evaluación de riesgos.
2. En los procedimientos industriales que utilicen agentes biológicos de los grupos 2, 3 o 4, también deberán de tomarse medidas adecuadas de conformidad con el nivel de contención fijado y en base a las indicaciones contenidas en el anexo V de este real decreto.

Finalmente, se detallan los **anexos** del real decreto:

- **Anexo I. Lista indicativa de actividades:** contiene una lista indicativa de las actividades en las que no hay intención deliberada de manipular agentes biológicos, pero en las que



la exposición es posible. Puede ser necesario tener en cuenta otras actividades no incluidas en este anexo cuando la evaluación de riesgos indique una exposición no intencionada a agentes biológicos.

- **Anexo II. Clasificación de los agentes biológicos:** se presenta una lista de agentes biológicos infecciosos, clasificados en los grupos 2, 3 o 4, siguiendo el criterio expuesto en el artículo 3. Dicha clasificación se basa en el efecto de dichos agentes sobre personas trabajadoras sanas, sin tener en cuenta los efectos particulares sobre trabajadores/as cuya sensibilidad pueda verse afectada por alguna causa. Para ciertos agentes se proporciona información adicional de utilidad preventiva.
- **Anexo III. Señal de peligro biológico.**
- **Anexo IV. Indicaciones relativas a las medidas de contención y a los niveles de contención.**
- **Anexo V. Indicaciones relativas a las medidas de contención y a los niveles de contención para procesos industriales.**
- **Anexo VI. Recomendaciones prácticas para la vacunación.**

### **3. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A AGENTES BIOLÓGICOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Esta Guía Técnica es elaborada y actualizada periódicamente por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) en cumplimiento de la disposición final primera del Real Decreto 664/1997. La última actualización es del año 2024.

Su objetivo es facilitar la aplicación del real decreto, proporcionando criterios e información técnica para la evaluación y prevención de los riesgos por exposición a agentes biológicos durante el trabajo. A continuación, se exponen algunos de los comentarios que realiza la Guía Técnica sobre los aspectos más relevantes del real decreto. Además, también incorpora una serie de apéndices considerados de interés que se detallan al final.

#### **Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación**

El real decreto establece un conjunto de disposiciones que, desde un punto de vista legal, se consideran mínimas y, por tanto, punto de partida para la mejora continuada de las condiciones de trabajo y la protección de la población trabajadora. No es objeto de este real decreto la prevención de los riesgos para la salud pública o los riesgos para el medio ambiente que puedan derivarse del trabajo con agentes biológicos.

Se entiende por exposición a agentes biológicos la presencia de estos en el entorno laboral que implica el contacto de dichos agentes con el trabajador o la trabajadora por cualquiera de las vías de entrada al organismo.

En este sentido, se pueden distinguir dos situaciones:

1. Exposición derivada de una actividad laboral con intención deliberada de utilizar o manipular un agente biológico. Es decir, el cultivo, la manipulación o la concentración de agentes biológicos ya sea a niveles industriales o experimentales, o con fines de investigación, comercial o terapéutico.

2. Exposición derivada de una actividad laboral que no implica una intención deliberada de utilizar o manipular un agente biológico, es decir, los agentes biológicos no forman parte del proceso productivo, pero pueden ir asociados al mismo debido a la naturaleza de la actividad o a las condiciones en que se desarrolla que favorecen su proliferación.

No se consideran dentro del ámbito de aplicación de este real decreto las exposiciones a agentes biológicos que no se derivan de la actividad laboral, por ejemplo, el contagio de infecciones respiratorias entre compañeros/as de trabajo.

## **Artículo 2. Definiciones**

La Guía Técnica desarrolla la definición de agentes biológicos:

- **Microorganismos:** se incluyen en esta categoría los virus, las bacterias, los hongos filamentosos y las levaduras.

Si los priones no se pueden incluir en esta definición de microorganismo, sí se contemplan como agentes biológicos infecciosos, hallándose clasificados en el anexo II del real decreto.

- **Microorganismos modificados genéticamente:** cualquier microorganismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento o la recombinación natural.
- **Cultivo celular:** su inclusión en la definición de agente biológico responde básicamente a su capacidad de permitir el crecimiento y propagación de microorganismos patógenos.
- **Endoparásitos humanos:** organismos unicelulares o pluricelulares que desarrollan parte o todo su ciclo vital en el interior de uno o varios huéspedes. En esta categoría se incluyen los protozoos y los helmintos (gusanos).

Quedan excluidos de la definición de agente biológico y, en consecuencia, del ámbito de aplicación de este real decreto, los ectoparásitos, los insectos, los organismos superiores (animales y plantas) y los productos, estructuras o restos procedentes de los mismos. En cuanto a las sustancias producidas por los agentes biológicos, únicamente tendrán la consideración de agentes biológicos cuando los microorganismos que las originan también estén presentes y su propagación o reproducción sea posible.

## **Artículo 4. Identificación y evaluación del riesgo**

El primer paso es determinar la presencia, o posible presencia, de agentes biológicos en el lugar de trabajo. Esta presencia se puede dar siempre que el agente biológico sea utilizado o manipulado en el proceso laboral, o aun no siendo utilizado, esté provocando infecciones y liberándose al ambiente en el desarrollo de la actividad profesional.

Cuando se trata de actividades sin intención deliberada de utilizar agentes biológicos, determinar su presencia es difícil. Tal y como señala la Guía Técnica, cuando exista incertidumbre sobre la presencia de los agentes biológicos, la evaluación debe realizarse atendiendo al principio de precaución, es decir, dando por segura la presencia. En este sentido, es importante obtener la mayor información posible sobre la exposición, con el fin de poder adoptar las medidas preventivas más adecuadas atendiendo a la actividad realizada.

Dado que no se dispone de límites de exposición profesional para estos agentes, no se establece una metodología cuantitativa para la valoración de la exposición. No obstante, la medición ambiental puede ser de utilidad en algunos casos. El apéndice 2 de esta Guía Técnica proporciona información sobre la medición ambiental de agentes biológicos.

Debido a la dificultad asociada a las evaluaciones de riesgos por exposición a agentes biológicos, es necesario que las personas responsables de su realización cuenten con el conocimiento y experiencia suficientes. El RSP exige que la evaluación de riesgos sea realizada por personal competente y, concretamente en su capítulo VI, reserva como funciones correspondientes al nivel superior "la realización de aquellas evaluaciones de riesgos cuyo desarrollo exija: el establecimiento de una estrategia de medición para asegurar que los resultados obtenidos caracterizan efectivamente la situación que se valora, o una interpretación o aplicación no mecánica de los criterios de evaluación", situaciones que se producen en la evaluación de los riesgos debidos a la exposición a agentes biológicos. Es recomendable, por tanto, que se cuente con la especialidad en higiene industrial complementada con formación especializada, teórica y práctica, sobre la exposición a agentes biológicos.

#### **Artículo 6. Reducción de los riesgos**

En actividades con intención deliberada de utilizar agentes biológicos, a fin de minimizar la exposición, se debe aplicar un conjunto de medidas cuyo objetivo fundamental es la contención. Estas medidas de contención se pueden agrupar en dos líneas básicas: equipos de seguridad o barreras físicas primarias, que engloban las medidas de protección colectiva e individual, y las barreras físicas secundarias, referidas al diseño y construcción de la instalación. La aplicación combinada de estas medidas junto con las prácticas y técnicas de trabajo se conoce como bioseguridad.

En actividades sin intención deliberada de trabajar con agentes biológicos los elementos básicos para reducir la exposición son la aplicación de buenas prácticas de trabajo y medidas de protección colectiva e individual.

- Para la reducción de los riesgos, uno de los pasos fundamentales es el establecimiento de procedimientos de trabajo. Estos procedimientos deben figurar por escrito y la plantilla debe conocerlos, estar adiestrada en las técnicas más adecuadas y desarrollar sus tareas según los principios recogidos en los mismos.
- Otra medida para minimizar el riesgo higiénico es reducir al mínimo posible el número de trabajadoras/es expuestos, delimitando las zonas con riesgo por exposición y restringiendo el acceso únicamente al personal autorizado.
- Las operaciones de recogida, transporte y manipulación de agentes biológicos en el lugar de trabajo entrañan un riesgo de exposición para el personal. Por lo tanto, desde la recepción de las muestras hasta la eliminación, todas las operaciones deben estar debidamente sistematizadas, adoptando medidas que garanticen la seguridad en su realización.
- Se deben adoptar medidas de protección colectiva o, en su defecto, de protección individual. Las medidas de protección colectiva engloban al conjunto de todas las medidas técnicas aplicables para la eliminación o reducción del riesgo y las medidas de protección a nivel individual se basan fundamentalmente en el uso de equipos de protección individual (EPI). Es importante recordar que las medidas de protección

colectiva tienen siempre prioridad y no se debe recurrir a la utilización de los EPI sin antes respetar el cumplimiento de las medidas de protección colectiva.

- Se deben adoptar medidas relativas al diseño y construcción de la instalación que eviten la dispersión de los agentes biológicos a otras zonas de trabajo o al medio ambiente.

#### **Artículo 10. Notificación a la autoridad laboral**

Las actividades con intención deliberada de trabajar con agentes biológicos de los grupos 2, 3 o 4, deben realizar una notificación previa a la autoridad laboral. Esta notificación consiste en la presentación de los documentos que contengan la información exigida por la autoridad laboral, con una antelación mínima de 30 días antes del comienzo de la actividad, siguiendo las bases marcadas en este artículo del real decreto.

#### **Artículo 14. Establecimientos sanitarios y veterinarios distintos de los laboratorios de diagnóstico**

En este artículo se establece que, dada la elevada incertidumbre sobre la presencia de agentes biológicos en estas actividades, se debe actuar bajo el principio de precaución. Por lo tanto, lo adecuado es la aplicación directa de un conjunto de medidas y recomendaciones destinadas a evitar la transmisión de los agentes biológicos en cualquier práctica normal de trabajo, conocidas como "Precauciones estándar". En ocasiones, a estas medidas se deben añadir otras para controlar el riesgo de infección en función del mecanismo de transmisión del agente biológico (apéndice 7).

#### **Artículo 15. Medidas especiales aplicables a los procedimientos industriales, a los laboratorios y a los locales para animales**

En estos procedimientos y locales, el nivel de contención necesario para trabajar se establecerá en función del grupo en el que se haya clasificado el agente o agentes biológicos y la evaluación de riesgos. Sin embargo, cuando los resultados de la evaluación revelen que existen operaciones que pueden suponer un incremento del riesgo se establecerá la necesidad de trabajar en una zona con un nivel superior de contención.

En los apéndices 8 y 9 se recogen los requerimientos mínimos que deben cumplir los laboratorios y los locales para animales de experimentación, respectivamente, para los diferentes niveles de bioseguridad.

#### **Anexo I. Lista indicativa de actividades**

En este listado el real decreto incluye los ejemplos más representativos de actividades donde no hay intención deliberada de manipular agentes biológicos, pero en las que la exposición es posible. La Guía Técnica proporciona ejemplos de otras actividades que pueden considerarse también susceptibles de exposición a agentes biológicos, como son:

- Trabajos en contacto con personas enfermas o con su sangre u otros fluidos biológicos: protección civil, bomberos, funerarias (embalsamadores), centros de tatuaje y *piercing*...

- Trabajos en contacto con aguas contaminadas: mantenimiento de instalaciones de ventilación y climatización, red de saneamiento público...
- Trabajos en contacto con materiales contaminados: minería, construcción...
- Trabajos en contacto con suelos o tierra contaminados: geólogos, arqueólogos, botánicos...

A continuación, se exponen los **apéndices** de la Guía Técnica:

- El **Apéndice 1** recoge aspectos de interés relacionados con **agentes biológicos no infecciosos**. En el anexo II del real decreto se incluye información sobre los efectos alérgicos y tóxicos de los agentes biológicos clasificados, es decir, los que causan infección y en este apéndice se recoge información sobre agentes biológicos no infecciosos que tienen efectos tóxicos o alérgicos.
- En el **Apéndice 2** se aborda la **medición ambiental de agentes biológicos**. Como se expone anteriormente, el real decreto no exige la medición ambiental como un elemento fundamental en la evaluación de riesgos por exposición a agentes biológicos. Sin embargo, en determinadas ocasiones, puede resultar útil ya que permite caracterizar los agentes biológicos asociados a una actividad, reconocer posibles focos de contaminación o valorar la eficacia de las medidas preventivas implantadas.  
  
En este apéndice, con el objetivo de facilitar la medición ambiental de los agentes biológicos, se proporcionan datos sobre la toma de muestras, el transporte de estas, el análisis y la interpretación de los resultados.
- El **Apéndice 3** trata de los **equipos de protección individual contra agentes biológicos**. Ofrece una serie de referencias de ayuda a la hora de seleccionar y utilizar los equipos de protección individual frente a agentes biológicos, como son los guantes de protección, ropa de protección, equipos de protección respiratoria y equipos de protección ocular y facial.
- El **Apéndice 4** recoge aspectos relacionados con la **gestión de residuos sanitarios**, como es su clasificación y las distintas fases que componen el proceso de gestión de estos residuos.
- El **Apéndice 5** expone diferentes **procedimientos de descontaminación y desinfección** de materiales, objetos, instrumentos, superficies o ambientes con el objetivo de destruir los agentes patógenos o limitar su número hasta niveles que no supongan un peligro. En este apéndice se detallan los procesos y productos que son utilizados con mayor frecuencia para este fin.

- El **Apéndice 6** establece una serie de consideraciones relacionadas con la **prevención de lesiones por objetos cortantes y punzantes**. En el sector sanitario existe un riesgo considerable de contraer enfermedades infecciosas causadas por agentes patógenos, asociado generalmente a accidentes de trabajo con instrumentos cortantes y punzantes. La prevención de este riesgo se puede lograr mediante la aplicación de medidas determinadas como puede ser el establecimiento de procedimientos de trabajo seguros y el uso de dispositivos con mecanismos de seguridad integrados.
- El **Apéndice 7** proporciona una serie de **precauciones para el control de las infecciones** en centros sanitarios. Se diferencia entre precauciones estándar, las cuales constituyen la estrategia básica y se aplican a todos los pacientes; y precauciones basadas en el mecanismo de transmisión, las cuales son complementarias a las precauciones estándar y se aplican en el cuidado de pacientes que se sabe o se sospecha que se encuentran infectados por agentes infecciosos.
- El **Apéndice 8** trata de los **requerimientos de los niveles de bioseguridad en los laboratorios**. Se conoce por bioseguridad la aplicación combinada de prácticas de trabajo, técnicas y elementos de contención<sup>3</sup>. En función de esto, se establecen cuatro niveles de bioseguridad y será mediante el resultado de la evaluación de riesgos cuando se determine el nivel necesario para el trabajo con un agente biológico determinado en laboratorio.
- El **Apéndice 9** hace referencia a los **requisitos de bioseguridad en locales para animales de experimentación** contaminados de forma deliberada con agentes biológicos para el estudio de enfermedades infecciosas y ensayos de vacunas y tratamientos.
- El **Apéndice 10** incluye información sobre el **riesgo biológico en distintos sectores de actividad**. Proporciona fichas informativas de las actividades incluidas en el Anexo I del Real Decreto 664/1997.

---

<sup>3</sup> Se entiende por contención el confinamiento físico del agente patógeno mediante los equipos de seguridad, el diseño y la construcción de las instalaciones del laboratorio.



## **TEMA 54**

### **RUIDO: REAL DECRETO 286/2006, DE 10 DE MARZO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES AL RUIDO**

El ruido es un contaminante que se presenta con frecuencia y que suele derivarse de la actividad humana. Aunque tradicionalmente se ha identificado como un sonido molesto, si se atiende a sus efectos adversos, se definiría como sonido de nivel elevado, con independencia de que resulte o no agradable. Así las fuentes de ruido forman parte del ocio, por ejemplo, cuando el volumen musical es alto y también están muy presentes en el mundo laboral debido a las emisiones sonoras de algunos procesos productivos y al funcionamiento de la maquinaria industrial.

El ruido, junto con las vibraciones, las radiaciones y el ambiente térmico forman parte de los denominados "agentes físicos". Es decir, distintas manifestaciones de la energía que pueden ocasionar daños en la salud y, por tanto, se hace necesario elaborar una legislación específica dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL).

Este tema se ha elaborado incluyendo el contenido esencial del articulado del Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido (en adelante, RDR), así como las aportaciones fundamentales de su guía técnica. No obstante, se recomienda complementar su estudio con la lectura de ambos documentos.

#### **1. REAL DECRETO 286/2010, DE 10 DE MARZO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AL RUIDO**

Este real decreto constituye una norma de desarrollo reglamentario de la LPRL y supone la incorporación al derecho nacional de la Directiva 2003/10/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 6 de febrero de 2003, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (ruido).

El RDR consta de:

- Articulado.

Donde se detalla el objeto, las definiciones, el ámbito de aplicación, los criterios de referencia, las disposiciones para reducir o evitar la exposición, la evaluación de riesgos, la protección individual, la limitación de la exposición, las sanciones y las obligaciones de la empresa en materia de: formación e información, consulta y participación y vigilancia de la salud. Cabe destacar que se incluye un artículo sobre excepciones a la utilización de la protección individual.

- Dos disposiciones adicionales.

La primera dicta la obligación ministerial de transmitir a la Comisión Europea la lista de excepciones en virtud de lo dispuesto en el artículo 12.

En la segunda se mandata al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (en adelante, INSST) a elaborar y mantener actualizada una guía técnica (en adelante, GTR) de carácter no vinculante al amparo de lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP). Además, se establece que la GTR se complementará con un Código de conducta específico para los sectores de la música y el ocio.

- Una disposición transitoria única.

Relativa a la entrada en vigor de sus disposiciones en sectores específicos (música y ocio, buques de navegación). Actualmente la norma está plenamente vigente.

- Una disposición derogatoria única

Por la que se deroga el Real Decreto 1316/89, así como cualquier disposición de igual o inferior rango que se oponga a lo previsto en este real decreto.

- Dos disposiciones finales.

Que recogen la habilitación para el desarrollo reglamentario y la incorporación al derecho nacional de la directiva europea antes citada.

- Tres Anexos.

El Anexo I incluye las definiciones necesarias para la aplicación de la norma.

El Anexo II desarrolla los aspectos esenciales a considerar en el procedimiento de medición: colocación del micrófono, número y duración de las mediciones, criterios de toma de decisión respecto a los valores establecidos y determinación de la incertidumbre.

El Anexo III trata de los instrumentos de medición y las condiciones de aplicación.

En relación con el cuerpo dispositivo del RDR, son especialmente relevantes los artículos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 12 ya que en ellos se abordan aspectos fundamentales para la adecuada comprensión y aplicación de la norma.

A continuación, se incluye el contenido esencial del articulado del RDR.

### **Artículo 1. Objeto**

El objeto de este real decreto es establecer las disposiciones mínimas para la protección de la seguridad y la salud contra los riesgos de la exposición al ruido durante el trabajo, en particular los riesgos para la audición.

### **Artículo 2. Definiciones**

Los parámetros físicos utilizados para la evaluación del riesgo se definen en el Anexo I.

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

En este artículo se indica que las disposiciones se aplican a las actividades en las que las personas estén o puedan estar expuestas al ruido como consecuencia de su trabajo.

### **Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**

Las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición se orientan a eliminar el riesgo en su origen o reducirlo al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y las

medidas de control del riesgo en su origen. La reducción se basará en los principios de la acción preventiva indicados en el artículo 15 de la LPRL, considerando:

- a) otros métodos de trabajo;
- b) la elección de equipos que generen menores niveles de ruido;
- c) el diseño de los lugares y puestos de trabajo;
- d) la información y formación sobre el manejo adecuado de los equipos de trabajo;
- e) la reducción técnica del ruido aéreo (pantallas, cerramientos, recubrimientos absorbentes) y transmitido por cuerpos sólidos (amortiguamiento, aislamiento);
- f) programas de mantenimiento de los equipos, lugares y puestos de trabajo;
- g) la organización del trabajo, incluyendo la limitación de la duración e intensidad de la exposición.

En este artículo se establece que si la evaluación de riesgos determina que se sobrepasan los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, la empresa establecerá y ejecutará un programa de medidas técnicas y organizativas, que se integrará en la planificación de la actividad preventiva, destinado a reducir la exposición.

También se indica que los lugares de trabajo donde la exposición pueda sobrepasar los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se señalarán de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea posible y necesario, se limitará el acceso.

Cuando, por razón de la actividad, se disponga de locales de descanso en los lugares de trabajo, el ruido en ellos se reducirá a un nivel compatible con su finalidad.

Por último, el artículo menciona la obligación de adaptar las medidas a las necesidades de las personas trabajadoras especialmente sensibles.

#### **Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción**

Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

- a) Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 140 \text{ dB (C)}$ ;
- b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 137 \text{ dB (C)}$ ;
- c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80 \text{ dB(A)}$  y  $L_{pico} = 135 \text{ dB (C)}$ .

Al aplicar los valores límite de exposición, se tendrá en cuenta la atenuación que procuran los protectores auditivos individuales utilizados. Sin embargo, no se tendrá en cuenta para los valores de exposición que dan lugar a una acción.

Para las actividades en las que la exposición diaria al ruido varíe considerablemente de una jornada laboral a otra, a efectos de la aplicación de los valores límite y de los valores de exposición que dan lugar a una acción, podrá utilizarse el nivel de exposición semanal al ruido, a condición de que:

- a) el nivel de exposición semanal al ruido no sea superior al valor límite de exposición de  $87 \text{ dB(A)}$ , y

b) se adopten medidas adecuadas para reducir al mínimo el riesgo.

#### **Artículo 6. Evaluación de los riesgos**

La empresa deberá realizar una evaluación basada en la medición de los niveles de ruido. Esta no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma.

Los datos obtenidos de la evaluación se documentarán y conservarán de manera que permita su consulta posterior, ajustándose a lo dispuesto en el artículo 23 de la LPRL y en el artículo 7 del RSP.

Los métodos e instrumentos que se utilicen deberán permitir la determinación del nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ), del nivel de pico ( $L_{pico}$ ) y del nivel de exposición semanal equivalente ( $L_{Aeq,s}$ ), y decidir en cada caso si se han superado los valores establecidos en el artículo 5. Para ello, dichos métodos e instrumentos deberán adecuarse a las condiciones existentes (características del ruido, duración de la exposición, factores ambientales).

Los métodos de evaluación y medición podrán incluir un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición personal. La forma de realizar las mediciones, así como su número y duración se efectuará conforme a lo dispuesto en el anexo II. Para la medición se utilizarán los instrumentos indicados en el anexo III, los cuales deberán ser comprobados mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones.

La evaluación y la medición se revisarán con la periodicidad establecida con el artículo 6 del RSP y, como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción. Estas evaluaciones serán realizadas por personal cualificado según lo dispuesto en los artículos 36 y 37 del RSP.

De conformidad con los artículos 14 y 15 de la LPRL, la evaluación de riesgos deberá realizarse prestando atención a:

- a) el nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida la exposición a ruido de impulsos;
- b) la existencia de equipos con niveles de emisión inferiores;
- c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción;
- d) los efectos para la salud y la seguridad debidos a las interacciones con las sustancias ototóxicas relacionadas con el trabajo o con las vibraciones;
- e) los posibles efectos indirectos debidos a la interacción del ruido y las señales acústicas de alarma u otros sonidos útiles para la prevención de accidentes;
- f) la información sobre emisiones sonoras facilitada en los manuales de instrucciones de los equipos;
- g) cualquier efecto sobre la salud y la seguridad de las personas especialmente sensibles;
- h) la prolongación de la jornada laboral habitual;
- i) la información derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada;
- j) la disponibilidad de protectores auditivos adecuados.

### **Artículo 7. Protección individual**

Si no hubiera otros medios de prevenir los riesgos derivados de la exposición al ruido, se pondrán a disposición del personal protectores auditivos individuales apropiados, con arreglo a las siguientes condiciones:

- a) cuando el nivel de ruido supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, la empresa pondrá a disposición protectores auditivos individuales;
- b) mientras se ejecuta el programa de medidas técnicas y organizativas y en tanto el nivel de ruido sea igual o supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, se utilizarán protectores auditivos individuales;
- c) los protectores auditivos individuales se seleccionarán para que supriman o reduzcan al mínimo el riesgo.

La empresa deberá fomentar el uso de los protectores auditivos cuando estos no sean obligatorios y velar por el uso efectivo cuando lo sean. Asimismo, incumbirá a la empresa la responsabilidad de comprobar su eficacia y dejar constancia en la documentación de las razones que justifican la utilización.

### **Artículo 8. Limitación de exposición**

En este artículo se establece que no se deberán superar los valores límite y en caso de comprobarse dicha superación la empresa deberá:

- a) tomar inmediatamente medidas para evitar la superación;
- b) determinar las causas de la sobreexposición;
- c) corregir las medidas de prevención y protección, evitando una reincidencia;
- d) informar a los delegados de prevención.

### **Artículo 9. Información y formación de los trabajadores**

Cuando la exposición iguale o supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción, de conformidad con los artículos 18 y 19 de la LPRL, la empresa deberá informar y formar al personal y sus representantes sobre los riesgos de la exposición, en particular:

- a) la naturaleza de los riesgos;
- b) las medidas tomadas;
- c) los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción;
- d) los resultados de las evaluaciones y mediciones del ruido, junto con una explicación de su significado y riesgos potenciales;
- e) el uso y mantenimiento de los protectores auditivos, así como su capacidad de atenuación;
- f) la forma de detectar e informar sobre indicios de lesión auditiva;
- g) las circunstancias en las que las personas trabajadoras tienen derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta;
- h) las prácticas de trabajo seguras.

#### **Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores**

La consulta y la participación se realizará por medio de la representación laboral y de conformidad con el artículo 18 de la LPRL, prestando especial atención:

- a) la evaluación de los riesgos;
- b) las medidas destinadas a eliminar o reducir los riesgos;
- c) la elección de los protectores auditivos.

#### **Artículo 11. Vigilancia de la salud**

Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud, la empresa deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud del personal, y este someterse a ella.

Cuando la exposición al ruido supere los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, las personas afectadas tendrán derecho a que, a través de la organización preventiva que haya adoptado la empresa y bajo la responsabilidad de un médico, se lleve a cabo controles de su función auditiva. También tendrán derecho al control audiométrico las personas cuya exposición supere los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción si la evaluación indica que existe riesgo para la salud.

Los controles audiométricos se realizarán en la forma establecida en los protocolos específicos a que hace referencia el artículo 37 del RSP y su finalidad será el diagnóstico precoz de cualquier pérdida de audición debida al ruido. Su periodicidad será como mínimo, cada tres años en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada cinco años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción.

La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral, manteniendo su confidencialidad. La persona trabajadora tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

Cuando el control de la función auditiva ponga de manifiesto que una persona padece una lesión auditiva diagnosticable, el médico responsable de la vigilancia de la salud evaluará si la lesión puede ser consecuencia de una exposición al ruido durante el trabajo. En tal caso:

- a) personal sanitario competente comunicará a la persona afectada el resultado;
- b) por su parte, la empresa deberá:

1.º) revisar la evaluación de los riesgos;

2.º) revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos. Durante este proceso se incluye la posibilidad de exigir el uso de los protectores auditivos en el supuesto que se superen los valores inferiores que dan lugar a una acción.

#### **Artículo 12. Excepciones**

En las situaciones excepcionales en las que la utilización de protectores auditivos pueda causar un riesgo mayor para la seguridad o la salud que el hecho de prescindir de ellos, la empresa podrá dejar de cumplir las obligaciones de entrega de estos, vigilancia de su uso y limitación de la exposición.

Dicha circunstancia deberá justificarse, ser previamente consultada con la representación laboral y constar en la evaluación de riesgos. Además, deberá comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, así como el período de tiempo estimado en el que permanecerán las circunstancias que la motivan.



En cualquier caso, la empresa deberá adoptar las medidas técnicas y organizativas que garanticen la reducción a un mínimo de los riesgos. Además, la vigilancia de la salud se realizará de forma más intensa.

## **2. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN DE LOS TRABAJADORES AL RUIDO**

Las guías del INSST proporcionan criterios y recomendaciones que pueden facilitar a la empresa y a los/las responsables de prevención la interpretación y aplicación de la norma legal que las mandata, especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud y en lo concerniente a las medidas preventivas aplicables.

En particular, la GTR cuenta con cuatro partes:

- Introducción.
- Desarrollo y comentarios al RDR.
- Apéndices:
  1. Fundamentos físicos del ruido.
  2. Mediciones del nivel de ruido.
  3. Control de la exposición al ruido.
  4. Protectores auditivos: selección y utilización.
  5. Evaluación de molestias debidas al ruido.
- Fuentes de información.

Se ha de tener presente que la redacción de apéndices en las guías tiene como objeto desarrollar con mayor profundidad algunos aspectos tratados en los comentarios al articulado.

En este segundo epígrafe, se resumen las aportaciones fundamentales proporcionadas por la GTR en los artículos más relevantes del texto legal, incorporando una síntesis de los contenidos que se recogen en los apéndices referidos en los citados artículos.

### **Artículo 1. Objeto**

La guía recalca que los valores límite de exposición de este real decreto se han establecido, únicamente, para proteger la salud auditiva.

### **Artículo 2. Definiciones**

En el Apéndice 1 se explican los fundamentos físicos para la comprensión de las definiciones incluidas en el Anexo 1. A continuación se realiza un resumen de su contenido:

Cuando el sonido es percibido como algo molesto o desagradable es denominado ruido. Esta definición tiene evidentes connotaciones subjetivas, no obstante, el daño auditivo depende fundamentalmente de la intensidad del sonido y no de las sensaciones o emociones que provoca.

El sonido, desde un punto de vista físico, es una vibración que se propaga en un medio (sólido, líquido o gaseoso) capaz de transmitir las vibraciones, que generalmente es el aire. El sonido se caracteriza por su intensidad y por su frecuencia, por lo que interesa profundizar en el

significado de estas magnitudes, así como en la percepción de estas por el ser humano (sensación sonora).

- La intensidad (volumen o presión acústica)

La vibración de un objeto genera un movimiento en las partículas de aire adyacentes, de tal manera que esas partículas empujan a sus vecinas que, a su vez, chocan con otras colindantes produciendo así una reacción en cadena. Como consecuencia, se producen zonas de mayor concentración molecular –donde la presión será mayor- y otras donde las partículas están más dispersas.

La presión acústica se define como la diferencia entre la presión instantánea y la presión atmosférica estática ( $P_{atm}$ ). Se asocia con el concepto de volumen. Su unidad en el sistema internacional es el pascal ( $P_a$ ).

- La frecuencia (tono)

La frecuencia de un sonido hace referencia al número de veces que el aire, que transmite ese sonido, vibra por segundo. Permite diferenciar los sonidos graves, que tienen frecuencia baja, de los sonidos agudos, que tienen frecuencias elevadas. La unidad de medida de la frecuencia en el sistema internacional es el hertzio (Hz, o también  $s^{-1}$ ).

El espectro audible se puede dividir en intervalos de frecuencia, siendo la más común la banda de octava. Esta clasificación permite descomponer los sonidos reales que están formados por múltiples frecuencias.

- La sensación sonora

El ser humano es capaz de detectar variaciones tanto en la intensidad como en la frecuencia del sonido.

Atendiendo a la intensidad, el intervalo de presiones audibles está entre  $2 \cdot 10^{-5}$  y 200 Pa.

Dado que trabajar con una escala de siete órdenes de magnitud es poco operativo y que el oído no responde proporcionalmente en el intervalo audible, se hace necesario introducir un nuevo concepto: el nivel de presión acústica ( $L_p$ ).

El nivel de presión acústica ( $L_p$ ) permite convertir la escala lineal de presiones en una escala logarítmica, donde todos los valores pasan a estar referenciados al umbral de audición ( $P_0=10^{-5}$  Pa), mediante la expresión:

$$L_p(dB) = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

Esto implica la transformación de la escala lineal de 10 millones de unidades en otra mucho más manejable, donde los 0 dB se corresponden con el umbral de audición y el límite superior (140 dB) es el umbral de dolor, es decir, la máxima presión acústica que puede soportar la membrana del tímpano.

Por lo tanto, se puede afirmar que los pascales cuantifican el sonido en sí mismo, mientras que los decibelios están más relacionados con la percepción del sonido.

Sin embargo, este cambio de escala conlleva que la suma de decibelios no pueda realizarse de forma convencional ya que no se trata de una suma lineal. Como consecuencia, duplicar la energía acústica supone un incremento de tan solo 3 dB del nivel sonoro.

Por otra parte, el oído es capaz de escuchar frecuencias que estén comprendidas entre 20 y 20.000 Hz; sin embargo, la percepción del sonido no es lineal en todo este intervalo. Para

reproducir esta característica del oído humano, se han desarrollado diferentes escalas de ponderación (A, B y C).

La escala de ponderación A se utiliza para determinar la exposición diaria equivalente y prevenir los daños en la cóclea, mientras que la escala de ponderación C se emplea para obtener el nivel de pico y prevenir daños agudos, por ejemplo, la rotura de la membrana del tímpano.

En el Anexo I del Real Decreto 286/2006 se definen diferentes magnitudes para la medida:

- Nivel de presión acústica ( $L_p$ ) y nivel de presión acústica ponderado A, donde la presión acústica se determina con un filtro de ponderación A.
- Nivel de pico ( $L_{Cpico}$ ) donde la presión acústica corresponde al valor instantáneo determinado con un filtro de ponderación C.
- Nivel de presión acústica continuo equivalente ( $L_{eq,T}$ ), que se define como el nivel de ruido constante que tiene la misma energía que un ruido variable para un mismo periodo de tiempo determinado. En consecuencia, no representa el nivel de presión acústica real, sino que es un concepto puramente teórico.
- Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{Aeq,T}$ ), es el nivel de presión acústica continuo equivalente cuando se ha aplicado la escala de ponderación A.
- Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ), se define como: el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, referenciado a 8 horas. El periodo temporal de cálculo es coincidente con la jornada laboral estándar. Es la magnitud más importante en la evaluación de la exposición al ruido ya que permite determinar si se superan los criterios de referencia establecidos en la legislación.

La expresión matemática para el cálculo de esta magnitud es la siguiente:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log \frac{T}{8}$$

En el supuesto que haya diferentes exposiciones durante la jornada, resulta útil analizarlas de forma independiente. Para estas situaciones, se utilizan las siguientes expresiones:

$$L_{Aeq,d} = 10 \log \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1(L_{Aeq,d})_i} = 10 \log \frac{1}{8} \sum_{i=1}^{i=m} T_i 10^{0,1L_{Aeq,Ti}}$$

- Nivel de exposición semanal equivalente ( $L_{Aeq,s}$ ), es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, con referencia temporal a una semana laboral de 40 horas. Se calcula a través de la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,s} = 10 \log \frac{1}{5} \sum_{i=1}^{i=m} 10^{0,1L_{Aeq,di}}$$

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

La guía refiere que toda exposición durante la jornada laboral queda incluida en el ámbito de aplicación de este real decreto, con la excepción de la debida a la emisión fuera de la empresa regulada por la normativa medioambiental.

#### **Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**

Seguidamente se resumen los comentarios realizados a este apartado en la guía:

La prioridad en la intervención sigue el orden: métodos de trabajo, equipos: elección, mantenimiento y uso correcto, diseño de lugares y puestos y organización del trabajo. Algunas consideraciones a tener en cuenta son:

- La sustitución o modificación del proceso productivo por otro que conlleve operaciones menos ruidosas tiene como objeto la reducción del ruido en origen y en general, es más eficaz que otras medidas. En el Apéndice 3 se incluyen ejemplos en esta línea.
- La elección de máquinas que a igualdad de prestaciones técnicas generan niveles sonoros más bajos, requiere atender a la declaración del ruido emitido en el manual de instrucciones, de conformidad con la normativa de comercialización.
- La realización del mantenimiento según manual de instrucciones garantiza que los equipos conserven las mismas condiciones que dieron lugar a su certificación, y por tanto evita incrementos del nivel sonoro emitido por mal estado.
- El uso de los equipos según las indicaciones de la empresa fabricante limita la cantidad de energía sonora emitida y el nivel asociado. Por esta razón, es importante que la empresa traslade esta información de forma comprensible y que la mantenga disponible y accesible para su consulta.
- La ubicación de las fuentes con nivel sonoro elevado en recintos separados físicamente, alejadas de superficies reflectantes y de los puestos, así como la instalación de pantallas acústicas, recubrimientos absorbentes en los paramentos, silenciadores o elementos que minimicen la transmisión del sonido y las vibraciones reducen los niveles soportados por la población trabajadora. La exposición también puede reducirse limitando su duración mediante la alternancia de tareas silenciosas y ruidosas.

Además, el Apéndice 3 aporta información adicional sobre la selección de las medidas de control más eficaces describiendo un procedimiento de diagnóstico acústico, que en ocasiones puede precisar de nuevas mediciones y de la intervención de empresas especializadas en soluciones acústicas. Incluye los siguientes pasos:

- Listado de las fuentes que afectan a cada puesto.
- Ordenación de las fuentes según su contribución sonora.
- Jerarquización de las medidas de control.

Para conseguir una reducción adecuada de la exposición, se recomienda considerar lo establecido en las normas UNE EN ISO 11690-1, UNE EN ISO 11690-2 y UNE EN ISO 11690-3 referidas a prácticas para el diseño de lugares y puestos de trabajo con bajo nivel de ruido que contienen maquinaria.

Como buena práctica, se propone señalar y limitar el acceso a aquellas zonas que cuenten con fuentes de nivel de presión acústica superior a 85 dB(A). Dado que no existe una señal normalizada de riesgo por exposición al ruido, se sugiere establecerla mediante triángulo de color amarillo y reborde negro, con pictograma que se ajuste a la información de la que advierte.

Además, se considera que el nivel de ruido de un local de descanso debe permitir una comunicación oral sin dificultad alguna y por tanto se aconseja utilizar el cálculo del índice SIL (*Speech Interference Level*) para su valoración.

Las medidas a adoptar, según la guía, deben atender al dictamen del personal médico que lleve a cabo la vigilancia y ser conformes con las propuestas emitidas por este.

#### **Artículo 5. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción**

Se explica que los valores de referencia establecidos en este artículo vienen expresados como nivel de presión acústica diario equivalente ( $L_{Aeq,d}$ ) y nivel de presión acústica de pico ( $L_{Cpico}$ ). Estos valores de referencia tienen como objeto la protección frente al trauma acústico crónico y al trauma acústico agudo, respectivamente.

Se añade que la situación de riesgo comienza cuando se supera alguno de los valores de exposición inferior que da lugar a una acción (nivel inferior de acción), no obstante, el plan de medidas técnicas y organizativas solo es obligatorio cuando se supera al menos uno de los valores de exposición superior que da lugar a una acción (nivel superior de acción). Además, se matiza que las comparaciones de la exposición al ruido con los niveles de acción y con los valores límite son independientes entre sí. La primera de ellas tiene el objetivo de delimitar el rango de acciones a adoptar y la segunda, si aplican las obligaciones establecidas en el artículo 8.

La guía incluye el sector de la carpintería de aluminio como posible ejemplo de aplicación del nivel de exposición semanal, aclarando que el real decreto no admite promedio de la exposición entre meses, estaciones o años.

#### **Artículo 6. Evaluación de los riesgos**

Se hace referencia al documento "Directrices básicas para la evaluación de riesgos laborales" donde se expone que la "directa apreciación" alude a la posibilidad de caracterizar el riesgo haciendo uso esencialmente de los sentidos, mientras la "capacitación profesional acreditada" está ligada a la cualificación exigida en el RSP. Esta evaluación directa es idónea en las actividades que carecen de fuentes sonoras relevantes, por ejemplo, oficinas, pero no está indicada para niveles muy elevados, que precisan cuantificar la exposición para la selección adecuada del EPI.

Para la determinación de la exposición al ruido en el trabajo, se recomienda seguir el procedimiento de ingeniería descrito en la norma UNE EN ISO 9612. Respecto a los instrumentos de medición autorizados, se comenta que están sometidos a control metrológico del Estado, razón por la cual sus características están perfectamente definidas.

Según la ICT/155/2020, los equipos se someten a evaluación de la conformidad en fase de comercialización y puesta en servicio, verificación tras reparación y verificación periódica anual con objeto de comprobar que la instrumentación mantiene las características que lo son de aplicación.

Los comentarios de la guía a este artículo se complementan con los realizados en los Anexos II y III y se desarrollan ampliamente en el Apéndice 2. A continuación, se realiza un resumen de estos contenidos:

El objeto del apéndice es exponer un procedimiento de muestreo que permita obtener un resultado representativo. En todo caso, este consiste en un intervalo de valores donde se encuentra con una cierta probabilidad el valor verdadero del nivel diario equivalente, el cual puede definirse por un valor central y una incertidumbre. Esta ha de tenerse en cuenta en la toma de decisión en relación con la superación o no de los valores de referencia y ha de determinarse de conformidad con la práctica metrológica, según se establece en el Anexo II del real decreto.

La incertidumbre es consecuencia de varios factores: variación del trabajo diario, tipo de instrumentación y calibración, posición del micrófono, falsas contribuciones, voces, música, etc. Las tres primeras son términos que se estiman siguiendo el procedimiento, mientras que las otras contribuciones deben reducirse mediante una buena práctica de trabajo.

El procedimiento conlleva las siguientes etapas:

- Análisis del puesto de trabajo
- Selección de la estrategia de medición
- Mediciones
- Cálculo de incertidumbres
- Presentación de resultados

Para realizar el análisis del puesto hay que determinar las tareas, los grupos de personas con exposición similar (GHE), las fuentes de ruido, los episodios de ruido significativos y otros factores que puedan influir en el nivel de ruido.

Cuando las tareas son diferentes entre semanas, meses u otros periodos de tiempo más largos se aconseja considerar cada conjunto temporal de tareas por separado y determinar, para cada uno, su ( $L_{Aeq,d}$ ) o ( $L_{Aeq,s}$ ) característico, adoptando las medidas necesarias en función del valor característico para cada periodo de tiempo. Esto no debe confundirse con las oscilaciones propias de las tareas, que deben resolverse mediante el cálculo de la incertidumbre asociada, y en caso de dificultad para obtener un valor representativo tomando como referencia la situación más desfavorable.

Se proponen tres estrategias:

- Basada en la tarea. Es adecuada cuando la jornada puede dividirse en tareas de duración conocida y cada una se caracteriza por un nivel continuo equivalente repetible y representativo. Consiste en hacer mediciones del nivel continuo equivalente de cada una de las tareas que se desarrollan a lo largo de la jornada laboral.
- Basada en el puesto de trabajo. Es útil cuando las tareas son difíciles de describir o no se quiere hacer un análisis de trabajo detallado. Consiste en la toma de muestras aleatorias del nivel continuo equivalente durante la realización de las funciones propias del puesto.
- Basada en la jornada completa. Es aplicable a todo modelo de exposición, aunque lo habitual es recurrir a ella cuando las anteriores estrategias no son aplicables. Consiste en realizar mediciones del nivel continuo equivalente a lo largo de jornadas completas.

En el apéndice se describe de forma detallada el procedimiento para realizar las mediciones según cada una de las estrategias, así como para realizar el cálculo de la incertidumbre.

Respecto a la instrumentación para la medición, se pueden utilizar sonómetros, sonómetros integradores-promediadores y dosímetros, como mínimo de clase 2. Sin embargo, técnicamente se prefiere la clase 1 porque cuenta con mayor precisión y un funcionamiento adecuado hasta 16 KHz y en un rango más amplio de temperaturas.

El dosímetro está diseñado para ser portado por la persona. En origen proporcionaba la dosis de ruido, pero con el tiempo ha adoptado funciones del sonómetro, como el cálculo del nivel de presión acústica continuo equivalente de cualquier tipo de ruido. Su uso se recomienda para mediciones de larga duración o para tareas con fuentes sonoras próximas al oído, por ejemplo, el manejo de herramientas portátiles. Deben colocarse a 10 cm. del oído más expuesto.



El sonómetro convencional solo mide el nivel de presión acústica instantáneo por lo que sólo es válido para ruido estable.

El sonómetro integrador-promediador proporciona el nivel de presión continuo equivalente. Su uso se recomienda para las mediciones de corta duración. El micrófono debe colocarse a la altura del oído, si es posible en ausencia de la persona y preferiblemente sobre un trípode, o bien sostenido con el brazo extendido.

Dado que para la determinación de los niveles de ruido es indispensable el establecimiento de una estrategia de medición, se recuerda que esta acción es competencia exclusiva del nivel superior en PRL según dispone el artículo 37 del RSP. No obstante, se matiza que las personas con formación de nivel intermedio podrán descartar la existencia del riesgo en aquellos supuestos que no precisan de medición por estar muy por debajo de los niveles inferiores de acción.

Se reitera que la exposición queda caracterizada por el nivel de exposición equivalente y por el nivel de pico. El primero resulta de la combinación de los niveles de presión acústica ponderado A y el tiempo de exposición, mientras que en el segundo no interviene el factor temporal. Con frecuencia el nivel de pico es relevante en los ruidos de impulso.

El personal que sufre exposiciones simultáneas a ruido y sustancias ototóxicas o ruido y vibraciones posiblemente será más vulnerable y requerirá de una protección adicional que puede alcanzarse mediante una especial atención desde el punto de vista de la vigilancia de la salud.

Para evitar el enmascaramiento de señales auditivas, se propone que estas resulten suficientemente audibles y diferenciables de otros sonidos. Para alcanzar este objetivo, se refieren normas para el diseño de las señales de peligro y de las señales propias de la seguridad de las máquinas.

La información incluida en el manual de instrucciones que avisa de emisiones en condiciones de ensayo superiores a 70 dB(A) de nivel de presión acústica y/o superiores a 130 dB de nivel de presión acústica instantánea no puede utilizarse para evaluar la exposición, pero es un criterio para la selección de equipos en el momento de la adquisición.

La guía incluye como factores de especial sensibilidad ciertas enfermedades crónicas, algunas alteraciones del oído, el consumo de fármacos ototóxicos, la edad (a partir de los 50 años) y el embarazo.

Un diagnóstico precoz de sordera indica que el riesgo no está controlado, lo que resulta relevante en el proceso de evaluación.

Otro aspecto que se destaca es la disponibilidad del EPI adecuado y su correcto uso, lo que condiciona el cumplimiento de limitación de la exposición cuando se supera  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) o  $L_{Cpico} = 140$  dB(C).

#### **Artículo 7. Protección individual**

En este artículo se incide en la justificación del EPI en operaciones de mantenimiento, limpieza y similares donde la proximidad de los focos de ruido hace difícil la aplicación de otras medidas, así como tras la detección de lesión auditiva mientras se revisan las medidas preventivas adoptadas por la empresa.

El Apéndice 4 de la guía amplía la información sobre la selección y utilización de los protectores auditivos. A continuación, se resumen los aspectos fundamentales:

Los protectores auditivos están sujetos a un doble marco normativo: Reglamento (UE) 2016/425, de comercialización y el Real Decreto 773/1997 de utilización.

Los protectores auditivos debido a sus propiedades de atenuación del sonido evitan un daño en el oído. Según su diseño, se clasifican en:

- Orejeras. Consisten en casquetes que cubren las orejas y que se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas, forradas normalmente con un material que absorbe el sonido. Están unidos entre sí por una banda de presión (arnés). También se pueden presentar unidos a otro EPI.
- Tapones. Elemento que se inserta en el canal auditivo, obturándolo. A diferencia de las orejeras, existen tapones desechables y reutilizables.

Según su funcionamiento, se distinguen protectores pasivos, que son aquellos que poseen una capacidad de reducir el ruido que depende de su diseño y de las características físicas de los materiales utilizados, por absorción o reflexión del sonido y protectores activos, que además de reducir el ruido de forma pasiva incorporan un circuito electrónico relacionado con la función de atenuación del equipo. Estos últimos comprenden los protectores auditivos dependientes del nivel, con reducción activa del ruido y con entrada de audio.

Las recomendaciones relativas a la selección, uso, precauciones de empleo y mantenimiento están contenidas en la norma UNE EN 458. El proceso de selección debe realizarse por personal capacitado, siendo esencial además garantizar la participación de quienes vayan a usarlos. Son aspectos fundamentales en la selección los factores del ambiente laboral acústicos y no acústicos, el ajuste adecuado, los requerimientos de inteligibilidad de la tarea que se ejecuta o de evitar la distorsión del sonido. Para ruidos de impulso se recomiendan los protectores dependientes del nivel y cuando predominan las frecuencias bajas, los protectores con reducción activa del ruido.

Los requisitos esenciales establecidos con el Reglamento 425/2016 pueden cumplirse siguiendo la serie de normas armonizadas UNE EN 352 (parte 1 a 10), de aplicación voluntaria. Esta normativa clasifica los protectores auditivos como EPI de categoría 3, debiendo acompañarse de unas instrucciones de uso que contengan información sobre la atenuación, el uso, la limpieza, el mantenimiento, la fecha de caducidad, el almacenamiento etc. Cabe destacar que la atenuación es un valor constante por banda de octava, pero la protección global es diferente según el espectro de frecuencias del ruido.

Existen cuatro métodos distintos que nos permiten estimar el nivel de presión acústica efectivo ponderado A. Se encuentran descritos en las normas UNE EN 458 y UNE EN ISO 4869-2 y necesitan para su aplicación disponer de una información concreta. Estos son:

- Método de bandas de octava
- Método HML
- Método SNR
- Método de comprobación HML

El método de bandas de octava es el método más fiable y su aplicación requiere conocer en bandas de octava, tanto los niveles del ruido ambiental como los valores de protección estimados del protector. Habitualmente, el rendimiento de protección es del 84%, es decir, la atenuación de que dispondrán 84 de cada 100 personas.

El método H M L necesita conocer los niveles ponderados C y A del ruido ambiental y los valores H, M, L del protector. El significado de estos valores corresponde a la atenuación típica que puede lograr un protector para ruidos que tienen un contenido predominante en frecuencia "Alta", "Media" o "Baja".

El método SNR precisa disponer del nivel ponderado C del ruido ambiental y del parámetro SNR del protector.

Cuando predominan los niveles correspondientes a las frecuencias muy altas o bajas del espectro del ruido en cuestión aumentan las diferencias halladas entre los niveles efectivos ponderado A en el oído calculados por los tres métodos, disminuyendo mucho la precisión del sistema de cálculo a partir del SNR, mientras que se mantiene una precisión aceptable en el método H M L.

El método de comprobación H M L es una simplificación del método H M L que utiliza el nivel sonoro ponderado A y determina por escucha si predominan las bajas, medias o altas frecuencias. Este método proporciona una tabla donde se presenta una relación de fuentes de ruido de baja, media y alta frecuencia. Los resultados por este método se ajustan mejor que mediante el índice SNR.

También se ha desarrollado un método que permite obtener la atenuación proporcionada por un protector para el nivel de pico de ruido impulsivo. Se precisa conocer, además del nivel de presión acústica de pico, si la energía del pulso está distribuida fundamentalmente en bajas, medias o altas frecuencias.

Para ayudar en la selección de los protectores auditivos dependientes de nivel con restauración del sonido, existen métodos basados en los niveles de criterio H, M y L. Estos, que no se deben confundir con los valores H, M y L del protector pasivo, sirven para predecir si el nivel efectivo en oído será inferior a 85 dB(A). Para la aplicación de estos métodos se precisa conocer los niveles ponderados A y C del ruido ambiental. En caso de disponer solo del nivel ponderado A, si se pueden identificar las frecuencias predominantes por escucha, se puede predecir que el nivel efectivo en el oído estará por debajo de 85 dB(A) para nivel ambiental menor que el criterio M cuando predominan las medias-altas frecuencias, o menor que el criterio L si predominan las bajas frecuencias.

La atenuación acústica proporcionada por un protector auditivo es adecuada si el nivel efectivo en oído es igual o mayor a 65 dB(A) y menor de 80 dB(A). A partir de 80 dB(A) es insuficiente y por debajo de 65 es excesiva, lo que puede conllevar problemas de comunicación y aislamiento del usuario.

Otro aspecto relevante a tener en cuenta es el tiempo de utilización del EPI. Si se retira el EPI, incluso en cortos periodos, la protección acústica efectiva se verá seriamente reducida. Para potenciar el uso del protector, así como su adecuada utilización es fundamental contar en la elección del EPI con la participación del personal, ya que la comodidad de uso variará en función de las características individuales, no obstante, esta participación de la plantilla no sustituye a la responsabilidad de la empresa en la selección del EPI.

El desconocimiento de las consecuencias en la salud o la sobreprotección pueden influir en la no utilización del protector. En este sentido, la información y formación personalizadas junto con los controles periódicos son claves respecto al riesgo de pérdida de audición. La empresa puede potenciar el uso del EPI mediante la organización de jornadas informativas y la colocación de cartelera.

Con carácter general para el almacenamiento, el uso, la limpieza y desinfección, el mantenimiento y la revisión de cualquier EPI, se deben seguir las indicaciones del manual de instrucciones.

#### **Artículo 8. Limitación de exposición**

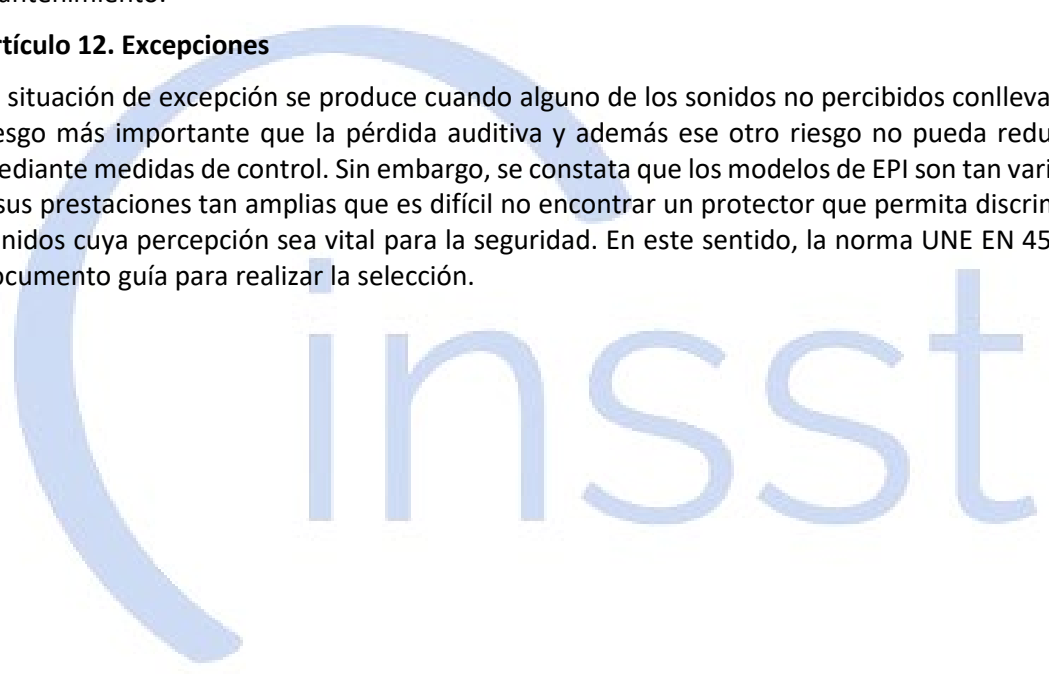
Se indica que quedan excluidas de limitación de exposición las situaciones de trabajo en las que el uso de protectores auditivos puede implicar un riesgo mayor para la seguridad y la salud, según artículo 12.

Las medidas para la limitación de la exposición pueden ser provisionales.

La guía comenta que la medición es la vía habitual para identificar una sobreexposición. Las causas pueden tener su origen en incorporación de nuevas fuentes, nuevas materias primas, cambios en el proceso productivo, modificación de los lugares de trabajo, falta de mantenimiento.

#### **Artículo 12. Excepciones**

La situación de excepción se produce cuando alguno de los sonidos no percibidos conlleva otro riesgo más importante que la pérdida auditiva y además ese otro riesgo no pueda reducirse mediante medidas de control. Sin embargo, se constata que los modelos de EPI son tan variados y sus prestaciones tan amplias que es difícil no encontrar un protector que permita discriminar sonidos cuya percepción sea vital para la seguridad. En este sentido, la norma UNE EN 458, es documento guía para realizar la selección.



## TEMA 55

### **VIBRACIONES: REAL DECRETO 1311/2005, DE 4 DE NOVIEMBRE, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS O QUE PUEDAN DERIVARSE DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES MECÁNICAS**

Un gran número de trabajadores está expuesto a vibraciones en sus lugares de trabajo. En prevención de riesgos laborales se estudian dos modelos diferenciados de vibración:

- la vibración transmitida al **cuerpo entero**, y
- la transmitida al sistema **mano-brazo**.

Las vibraciones de cuerpo completo son, por ejemplo, las que se transmiten por los asientos de vehículos o máquinas o la vibración de una plataforma o piso. En el caso de las vibraciones del sistema mano-brazo, quedan incluidas las transmitidas por herramientas manuales, como taladros o amoladoras, o por elementos de los equipos de trabajo que se sujetan con las manos, como el volante de un vehículo.

Una vibración se puede caracterizar por su **frecuencia y su intensidad**.

- La frecuencia es el número de veces que se completa un ciclo de oscilación y se mide en hercios (Hz), que equivale a un ciclo por segundo.
- La intensidad puede medirse indistintamente en unidades de desplazamiento, velocidad o aceleración del elemento que vibra, ya que las tres magnitudes están relacionadas entre sí. La magnitud que se utiliza habitualmente para determinar la intensidad de las vibraciones es la aceleración eficaz expresada en unidades de  $m/s^2$ . Se mide utilizando un vibrómetro.

Las vibraciones que tienen interés, por los **efectos que causan en el organismo**, son aquellas con frecuencias entre 1 y 1.500 Hz. Los efectos sobre la salud de los trabajadores serán diferentes en función de si la vibración es transmitida al cuerpo entero o si la vibración se transmite al sistema mano-brazo.

Las vibraciones de frecuencias comprendidas entre 1 y 80 Hz, que afectan a todo el cuerpo, pueden ocasionar lumbalgias, hernias, pinzamientos discales y lesiones raquídeas, así como síntomas neurológicos tales como dificultad para mantener el equilibrio. Pueden observarse, por ejemplo, en puestos de trabajo de conductores de vehículos.

Las vibraciones de frecuencias comprendidas entre 20 y 1.500 Hz son las típicas de las herramientas manuales rotativas o alternativas y sus efectos se concentran en el sistema mano-brazo. Este tipo de vibraciones pueden originar lesiones óseas de muñeca y codo y alteraciones en los nervios de la mano que pueden causar calambres o trastornos de la sensibilidad. Una de sus posibles manifestaciones es el llamado síndrome de Raynaud o de dedo blanco.

**1. REAL DECRETO 1311/2005, DE 4 DE NOVIEMBRE, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES FRENTE A LOS RIESGOS DERIVADOS O QUE PUEDAN DERIVARSE DE LA EXPOSICIÓN A VIBRACIONES MECÁNICAS**

En España, la normativa que regula la exposición a vibraciones es el **Real Decreto 1311/2005, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas** que traspone al derecho español el contenido de la Directiva 2002/44/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y de salud relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de los agentes físicos (vibraciones).

El real decreto consta de ocho artículos, una disposición adicional, una disposición transitoria, una disposición derogatoria, dos disposiciones finales y un anexo.

La norma determina en su articulado como **objeto**, el establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores frente a los riesgos para su seguridad y su salud derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. Disposiciones que tienen su **ámbito de aplicación** en las actividades en las que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a riesgos derivados de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

Especifica los **valores límite de exposición diaria y los valores de exposición diaria que dan lugar a una acción** para un período de referencia de ocho horas, tanto para la vibración transmitida al sistema mano-brazo:

- a) El valor límite de exposición diaria normalizado se fija en  $5 \text{ m/s}^2$ .
- b) El valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción se fija en  $2,5 \text{ m/s}^2$ .

como para la vibración transmitida al cuerpo entero:

- a) El valor límite de exposición diaria normalizado se fija en  $1,15 \text{ m/s}^2$ .
- b) El valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción se fija en  $0,5 \text{ m/s}^2$ .

Cuando la exposición a las vibraciones sea de forma habitual inferior a los valores de exposición diaria, pero varíe sustancialmente de un período de trabajo al siguiente y pueda sobrepasar ocasionalmente el valor límite correspondiente, el cálculo del valor medio de exposición podrá hacerse sobre la base de un período de referencia de 40 horas, en lugar de ocho horas, siempre que pueda justificarse que los riesgos resultantes del régimen de exposición al que está sometido el trabajador son inferiores a los que resultarían de la exposición al valor límite de exposición diaria.

Dicha circunstancia deberá razonarse por el empresario, ser previamente consultada con los trabajadores y/o sus representantes, constar de forma fehaciente en la evaluación de riesgos laborales y comunicarse a la autoridad laboral mediante el envío a esta de la parte de la evaluación de riesgos donde se justifica la excepción, para que esta pueda comprobar que se dan las condiciones motivadoras de la utilización de este procedimiento.



- Valor límite de exposición → VL
- Valor de exposición que da lugar a una acción → NA

VL 1,15 m/s <sup>2</sup>		VL 5 m/s <sup>2</sup>	
NA 0,5 m/s <sup>2</sup>		NA 2,5 m/s <sup>2</sup>	

El real decreto también prevé diversas especificaciones relativas a la **determinación y evaluación de los riesgos**, y establece, en primer lugar, la obligación de que el empresario efectúe una evaluación y, en caso necesario, la medición de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores. Podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

El empresario deberá justificar, en su caso, que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas hacen innecesaria una evaluación más detallada de estos.

Al evaluar los riesgos, se concederá particular atención a los siguientes aspectos:

- a) El nivel, el tipo y la duración de la exposición, incluida toda exposición a vibraciones intermitentes o a sacudidas repetidas.
- b) Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- c) Todos los efectos que guarden relación con la salud y la seguridad de los trabajadores especialmente sensibles expuestos al riesgo, incluidas las trabajadoras embarazadas.
- d) Todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo.
- e) La información facilitada por los fabricantes del equipo de trabajo.
- f) La existencia de equipos sustitutivos concebidos para reducir los niveles de exposición a las vibraciones mecánicas.
- g) La prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario.
- h) Condiciones de trabajo específicas, tales como trabajar a temperaturas bajas.
- i) La información apropiada derivada de la vigilancia de la salud de los trabajadores incluida la información científico-técnica publicada, en la medida en que sea posible.

Y en función de los resultados de la evaluación, el empresario deberá determinar las medidas que deban adoptarse, por lo que en el real decreto se regulan **disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**, de manera que los riesgos derivados de la exposición a vibraciones mecánicas se eliminen en su origen o se reduzcan al nivel más bajo posible. Incluyendo la obligación de que el empresario establezca y ejecute un programa de medidas técnicas y/o de organización, además de un listado de los factores que, especialmente, deben

ser tomados en consideración. Además, especifica que los trabajadores no deberán estar expuestos en ningún caso a valores superiores al valor límite de exposición e introduce excepciones, de manera que determinadas disposiciones no serán de aplicación en el sector de la navegación marítima y aérea en lo que respecta a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero en determinadas condiciones y con una serie de garantías adicionales.

Respecto al **programa de medidas técnicas y/o de organización** destinado a reducir al mínimo la exposición a las vibraciones mecánicas y los riesgos que se derivan de esta, se establecerán y ejecutarán por el empresario cuando se rebasen los valores establecidos para el valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción. Tomando en consideración, especialmente:

- a) Otros métodos de trabajo que reduzcan las vibraciones mecánicas.
- b) La elección del equipo de trabajo adecuado, bien diseñado desde el punto de vista ergonómico y generador del menor nivel de vibraciones posible, habida cuenta del trabajo al que está destinado.
- c) El suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones, por ejemplo, asientos, amortiguadores u otros sistemas que atenúen eficazmente las vibraciones transmitidas al cuerpo entero y asas, mangos o cubiertas que reduzcan las vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo.
- d) Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo, del lugar de trabajo y de los puestos de trabajo.
- e) La concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- f) La información y formación adecuadas a los trabajadores sobre el manejo correcto del equipo de trabajo, para así reducir al mínimo la exposición a vibraciones mecánicas.
- g) La limitación de la duración e intensidad de la exposición.
- h) Una ordenación adecuada del tiempo de trabajo.
- i) La aplicación de las medidas necesarias para proteger del frío y de la humedad a los trabajadores expuestos, incluyendo el suministro de ropa adecuada.

Continuando con las disposiciones del real decreto, este recoge dos de los derechos básicos en materia preventiva: la forma de ejercer los trabajadores su derecho a ser **consultados y a participar** en los aspectos relacionados con la prevención y la necesidad de **formación de los trabajadores y la información** a estos, sobre este aspecto, formar e informar de:

- a) Las medidas tomadas en aplicación de este real decreto para eliminar o reducir al mínimo los riesgos derivados de la vibración mecánica.
- b) Los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción.
- c) Los resultados de las evaluaciones y mediciones de la vibración mecánica y los daños para la salud que podría acarrear el equipo de trabajo utilizado.
- d) La conveniencia y el modo de detectar e informar sobre signos de daños para la salud.
- e) Las circunstancias en las que se tiene derecho a una vigilancia de su salud.
- f) Las prácticas de trabajo seguras, para reducir al mínimo la exposición a las vibraciones.

Y finalmente se establecen disposiciones relativas a la **vigilancia de la salud** de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a vibraciones mecánicas, teniendo en cuenta que su objetivo es la prevención y el diagnóstico precoz de cualquier daño para la salud como consecuencia de la exposición a vibraciones mecánicas y que los resultados de la vigilancia deberán tenerse en cuenta al aplicar medidas preventivas en un lugar de trabajo concreto.

El **anexo del real decreto** trata aspectos de evaluación de exposición, medición, interferencias y riesgos indirectos tanto para las vibraciones mano-brazo, como las de cuerpo entero y en concreto los equipos de protección individual para las vibraciones mano-brazo y la prolongación de la exposición para las vibraciones de cuerpo entero.

Respecto a las interferencias y riesgos indirectos establece lo mismo para vibración transmitida al sistema mano-brazo y para la vibración transmitida al cuerpo entero:

#### *Interferencias*

La disposición sobre la determinación y la evaluación de riesgos que establece que "Todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo." se aplicarán, en particular, cuando las vibraciones mecánicas dificulten la correcta manipulación de los controles o la buena lectura de los aparatos indicadores.

#### *Riesgos indirectos*

La disposición sobre la determinación y la evaluación de riesgos que establece que "Todos los efectos indirectos para la seguridad de los trabajadores derivados de la interacción entre las vibraciones mecánicas y el lugar de trabajo u otro equipo de trabajo." se aplicará, en particular, cuando las vibraciones mecánicas perjudiquen la estabilidad de las estructuras o el buen estado de los elementos de unión.

Y diferencia el anexo:

#### *A. Vibración transmitida al sistema mano-brazo*

##### **1. Evaluación de la exposición.**

Se basa en el cálculo del valor de exposición diaria, normalizado para un período de referencia de ocho horas,  $A(8)$ , expresada como la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados (valor total) de los valores eficaces de la aceleración ponderada en frecuencia, determinados según los ejes ortogonales  $a_{hw}$ ,  $a_{hy}$  y  $a_{hz}$ , como se define en los capítulos 4 y 5 y en el anexo A de la norma UNE-EN ISO 5349-1 (2002).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

##### **2. Medición.**

Cuando se proceda a la medición:

a) Los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión; los métodos y aparatos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que

deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida, con arreglo a la norma UNE-EN ISO 5349-2 (2002).

b) Cuando se trate de aparatos que deban sostenerse con ambas manos, las mediciones deberán realizarse en cada mano. La exposición se determinará por referencia al valor más elevado; también se dará información sobre la otra mano.

### 3. Equipos de protección individual.

Los equipos de protección individual contra la vibración transmitida al sistema mano-brazo pueden contribuir al programa de medidas técnicas y organizativas.

## *B. Vibración transmitida al cuerpo entero*

### 1. Evaluación de la exposición.

Se basa en el cálculo de la exposición diaria  $A(8)$  expresada como la aceleración continua equivalente para un período de ocho horas, calculada como el mayor de los valores eficaces de las aceleraciones ponderadas en frecuencia determinadas según los tres ejes ortogonales ( $1,4a_{wx}$ ,  $1,4a_{wy}$ ,  $a_{wz}$ , para un trabajador sentado o de pie), de conformidad con los capítulos 5, 6 y 7, el anexo A y el anexo B de la norma ISO 2631-1 (1997).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición.

En el sector de la navegación marítima podrán tenerse en cuenta únicamente, para la evaluación de las exposiciones, las vibraciones de frecuencia superior a 1 Hz.

### 2. Medición.

Cuando se proceda a la medición, los métodos utilizados podrán implicar un muestreo, que deberá ser representativo de la exposición del trabajador a las vibraciones mecánicas en cuestión. Los métodos utilizados deberán adaptarse a las características específicas de las vibraciones mecánicas que deban medirse, a los factores ambientales y a las características de los aparatos de medida.

### 3. Prolongación de la exposición.

La prolongación de la exposición a las vibraciones transmitidas al cuerpo entero después del horario de trabajo, bajo responsabilidad del empresario se aplicará, en particular, cuando la naturaleza de la actividad implique la utilización por parte de los trabajadores de locales de descanso bajo responsabilidad del empresario; excepto en casos de fuerza mayor, la exposición del cuerpo entero a las vibraciones en estos locales debe reducirse a un nivel compatible con las funciones y condiciones de utilización de estos locales.

## **2. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LAS VIBRACIONES MECÁNICAS**

El Real Decreto 1311/2005 encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST), la elaboración y actualización de una Guía técnica, de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos

derivados de la exposición a vibraciones mecánicas en los lugares de trabajo proporcionando criterios y recomendaciones que pueden facilitar la interpretación y aplicación del real decreto, especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud de los trabajadores involucrados y en lo concerniente a medidas preventivas aplicables. Para facilitar su consulta la GT se presenta transcribiendo íntegramente el real decreto inscrito en recuadros en color e intercalando, en los preceptos en que se ha considerado oportuno, las observaciones o aclaraciones pertinentes o, cuando estas son numerosas o complejas, agrupándolas en un apéndice específico al que se hace referencia en el apartado correspondiente. En concreto, contempla tres apéndices:

Apéndice 1: Efectos sobre la salud y factores de riesgo de la exposición a vibraciones.

Apéndice 2: Evaluación del riesgo.

Apéndice 3: Medición de la aceleración.

Hay que tener en cuenta también que, aunque la guía se refiere exclusivamente a dicho real decreto, debe tenerse en cuenta que el mismo se encuadra en la normativa general sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, constituida principalmente por la LPRL, y por el RSP, y sus posteriores modificaciones. Por tanto, junto a las obligaciones específicas relativas a la prevención y protección de los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas, el empresario debe garantizar el cumplimiento de los preceptos de carácter general contenidos en la citada Ley y en el Reglamento.

Para que la exposición del segundo punto del tema no sea repetitiva debido a que la Guía contempla criterios y recomendaciones para facilitar la interpretación y aplicación del real decreto, se destacan lo contemplado en las siguientes disposiciones y en los apéndices:

### **1. Determinación y evaluación de los riesgos**

La realización de la evaluación conducirá a tres posibles escenarios,

- A(8) está por debajo del valor que da lugar a una acción
- A(8) está entre el valor que da lugar a una acción y el valor límite
- A(8) está por encima del valor límite

en cada uno de estos supuestos las acciones a realizar serán diferente.

No será necesario calcular el valor A(8) para realizar la evaluación de riesgos en aquellas situaciones en las que sea evidente que no se alcanzan los valores que dan lugar a una acción a juicio de una persona que tenga la cualificación apropiada según lo dispuesto en el capítulo VI del RSP.

Así, por ejemplo, en las actividades de carácter comercial (tiendas, grandes almacenes, etc.) y administrativo no suele haber exposición a las vibraciones, pero en el caso de que las haya, generalmente, el nivel de exposición es inferior al valor que da lugar a una acción y por tanto en ellas no será habitualmente necesaria la determinación del valor de A(8). En cambio, en actividades en que se utilicen, entre otras, herramientas portátiles rotativas o percutoras o maquinaria de obras públicas o de transporte, la evaluación de riesgos deberá incluir, en general, la evaluación de riesgos de vibraciones mediante la determinación del valor de A(8).

Uno de los parámetros necesarios para la evaluación del riesgo es el tiempo de exposición para cuya determinación debe observarse el método de trabajo utilizado, con el fin de establecer el

tiempo durante el cual el trabajador está efectivamente expuesto a las vibraciones. Por ejemplo, la observación del método de trabajo permite determinar que un trabajador dedicado a la reparación de ruedas de automóvil utiliza una pistola neumática durante 40 s en cada rueda que repara. Si en una jornada de 8 horas repara 25 ruedas, el tiempo de exposición a la vibración en esa jornada es de 1000 s, es decir, menos de 20 minutos.

Esa observación pondrá asimismo de manifiesto si el trabajo se realiza en alguna de las condiciones que, como la humedad, las bajas temperaturas, las posiciones forzadas, etc., pueden agravar los efectos derivados de las vibraciones.

La evaluación de riesgos de la exposición a vibraciones mecánicas exige conocer la magnitud de la misma expresada por su aceleración, el procedimiento exigirá bien la medición de la magnitud de la misma, bien su cálculo a partir de datos de la aceleración. Este es un aspecto a resaltar, ya que el legislador para este contaminante físico frente a otros, por ejemplo, el ruido, abre la puerta a poderlo evaluar por estimación (observación) sin necesidad de medición, utilizando información de base de datos. A nivel nacional existe BaseVibra, base de datos de vibraciones mecánicas, cuyo objetivo principal es facilitar la evaluación por estimación del riesgo de vibraciones mecánicas, en aquellos casos en los que las tareas y máquinas a evaluar sean semejantes a las reflejadas en la base de datos.

Los datos contenidos en esta base reflejan valores de exposición a vibraciones, obtenidos en condiciones reales de trabajo o condiciones simuladas con dicho fin y provienen de estudios realizados tanto por el INSST como por los órganos Técnicos de las Comunidades Autónomas e incluso alguna empresa privada.

Así mismo, la base dispone de un acceso a otra herramienta del INSST, en concreto el Calculador para las vibraciones mecánicas que facilita el cálculo del  $A(8)$  y su posterior interpretación.

Respecto a lo establecido en el RD, "El empresario deberá justificar, en su caso, que la naturaleza y el alcance de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas hacen innecesaria una evaluación más detallada de estos."

Si se trata de exposición a vibraciones cuya aceleración ponderada en frecuencia no sobrepasa el valor que da lugar a una acción, la sola mención de esta circunstancia, así como del tiempo de exposición permiten justificar que es innecesaria una evaluación más detallada, haciéndose constar así en la evaluación de riesgos.

En el caso de exposiciones a valores inferiores al valor que da lugar a una acción cuya duración sobrepase 8 horas, será necesario calcular el valor de  $A(8)$ . Cuando  $A(8)$  sea próximo al valor que da lugar a una acción, es recomendable realizar una evaluación más detallada, que podrá incluir la medición de los niveles de vibraciones.





Donde: NA: valor de exposición diaria normalizado que da lugar a una acción.

VL: valor límite de exposición diaria normalizado.

Con carácter general, **la evaluación inicial debe repetirse** en las siguientes circunstancias:

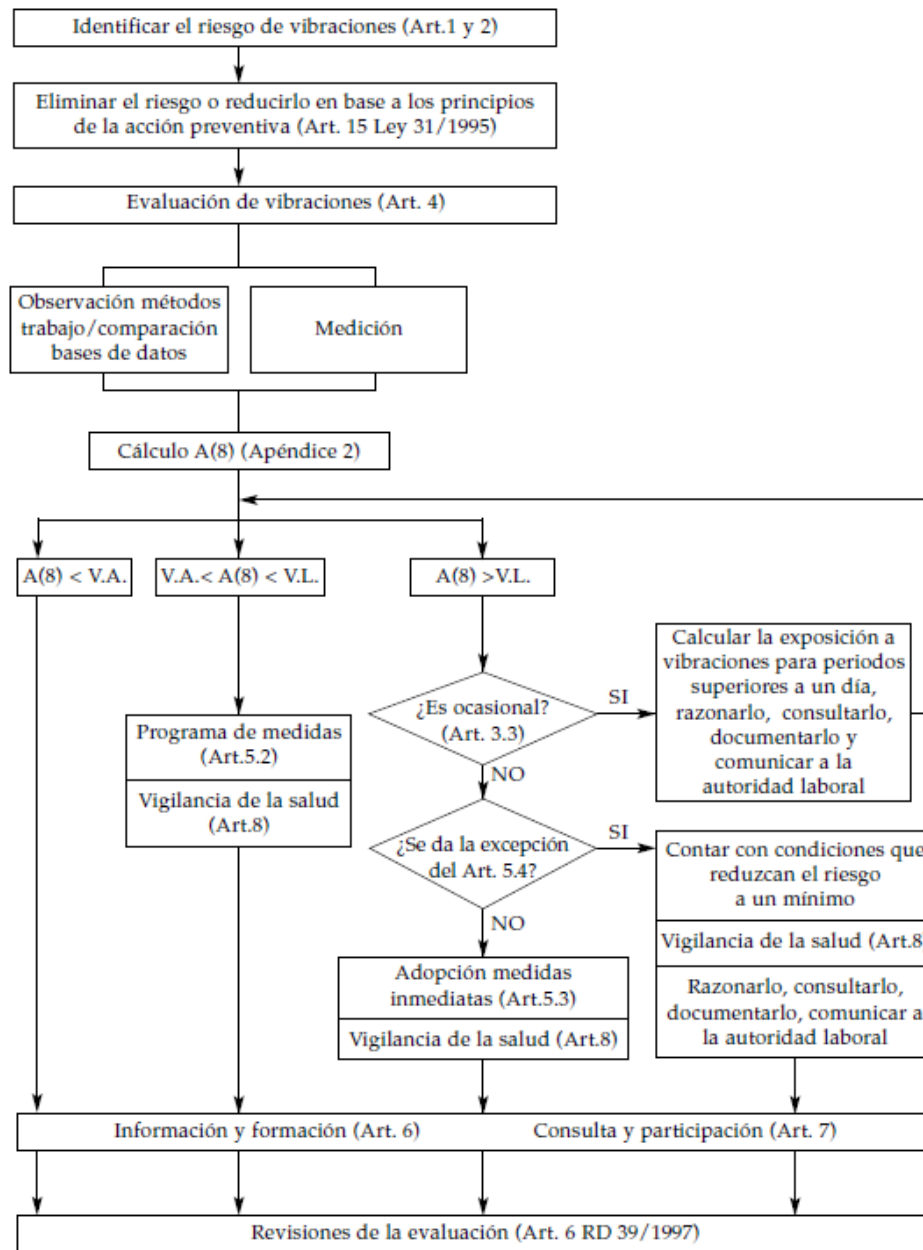
a) Cuando los puestos de trabajo se vean afectados por:

- la elección de equipos de trabajo, sustancias o preparados químicos, la introducción de nuevas tecnologías o la modificación en el acondicionamiento de los lugares de trabajo;
- por el cambio en las condiciones de trabajo;
- por la incorporación de un trabajador cuyas características personales o estado biológico conocido lo hagan especialmente sensible a las condiciones del puesto.

b) Cuando se hayan detectado daños a la salud de los trabajadores o se haya apreciado, a través de los controles periódicos realizados en virtud de lo dispuesto en el artículo 16.2.a de la LPRL, que las actividades de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes.

c) Periódicamente, según lo acordado entre la empresa y los representantes de los trabajadores.

En el siguiente diagrama se resumen las medidas que deben aplicarse según los resultados hallados en la valoración de las vibraciones:



## 2. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición

En este se contemplan criterios y recomendaciones de medidas técnicas y de gestión, a modo de ejemplo:

- El programa de medidas técnicas y/o de organización deberá incluir en todos los casos los medios humanos y materiales necesarios, y establecerse para un período determinado, distinguiendo las fases y prioridades de su desarrollo en función de la magnitud de los riesgos y del número de trabajadores expuestos a los mismos.
- Para muchos equipos de trabajo, las vibraciones producidas durante su funcionamiento varían de manera importante en función de su estado de mantenimiento.

Por ello, para los equipos de trabajo en los que se dé tal circunstancia, se deberá incluir en su plan de mantenimiento un apartado específico de control de las vibraciones producidas, comparando el nivel de aquéllas con su valor en la primera puesta en funcionamiento del equipo (correctamente ajustado), y la realización de las operaciones oportunas para minimizar la diferencia entre ambos valores.

Algunos ejemplos de medidas prácticas de mantenimiento para reducir la exposición a vibraciones son: afilar periódicamente las herramientas de corte, reemplazar piezas gastadas, verificar el estado de los cojinetes y engranajes y sustituirlos si están defectuosos, revisar que la presión de los neumáticos sea la correcta, etc.

- Puesto que la capacidad de una vibración para producir daño depende fundamentalmente de la cantidad de energía recibida por el cuerpo, tan importante es reducir la magnitud de la vibración como el tiempo de exposición a la misma, lo que hace necesario establecer algún tipo de rotación entre los trabajadores y que, aun siendo teóricamente posible, no suele ser una solución fácil de llevar a la práctica.

Este puede ser el caso del uso de martillos neumáticos o maquinaria de compactación, donde será necesario reducir la duración de la exposición a vibraciones de los trabajadores mediante medidas de tipo organizativo, como pueda ser la rotación del personal.

Respecto a los apéndices:

#### **Apéndice 1: Efectos sobre la salud y factores de riesgo de la exposición a vibraciones.**

La exposición a vibraciones mecánicas está asociada a la aparición de determinadas patologías. Esta asociación se encuentra bien determinada en algunos casos (problemas vasculares, osteoarticulares, nerviosos o musculares, principalmente), mientras que, en otros, el conocimiento científico actual no permite extraer resultados concluyentes acerca de la relación causa-efecto.

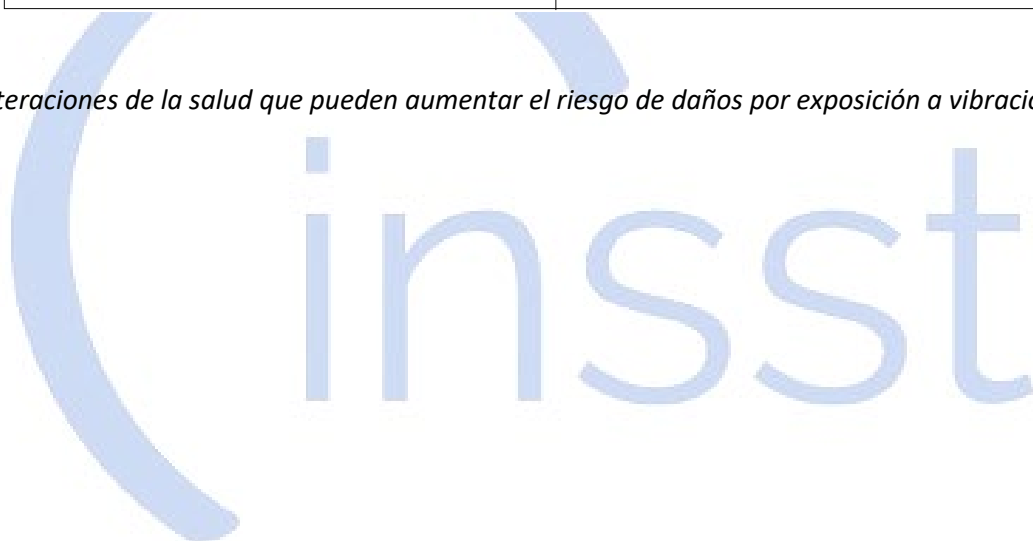
Este apéndice tiene por objetivo la mención de todos ellos a título orientativo, así como la descripción de otros efectos que no son considerados propiamente efectos sobre la salud, sino que inciden sobre el confort de los trabajadores (y por lo tanto influyen sobre su trabajo), aunque ello no sea objeto del Real Decreto 1311/2005.

Se citan además los factores de riesgo de la exposición a vibraciones, es decir, aquellas circunstancias o situaciones que pueden aumentar la probabilidad de sufrir y desarrollar ciertos efectos en los trabajadores o agravarlos. Se incluyen tanto los debidos a factores laborales (aspectos ergonómicos, como posturas forzadas, o exposición simultánea a otros agentes físicos o químicos) como los debidos a características personales de los trabajadores, permanentes o temporales (patologías, embarazo, etc.).

*Efectos de la exposición a vibraciones:*

VIBRACIONES MANO-BRAZO	VIBRACIONES CUERPO ENTERO
<p><i>Afecciones osteoarticulares</i> Ostonecrosis del escafoides Necrosis del semilunar Artrosis hiperostósante del codo</p> <p><i>Afecciones neurológicas</i> Neuropatía periférica de predominio sensitivo</p> <p><i>Afecciones vasculares</i> Fenómeno de Raynaud Síndrome del martillo hipotenar</p> <p><i>Alteraciones musculares</i> Dolor Entumecimiento Rigidez Disminución de la fuerza muscular</p>	<p><i>Afecciones de la columna vertebral</i> Discopatías dorsolumbares Lumbalgias Ciática</p> <p><i>Otras alteraciones</i> Digestivas Vasculares periféricas (hemorroides, varices) Esfera reproductiva (abortos espontáneos, desórdenes menstruales)</p>

*Alteraciones de la salud que pueden aumentar el riesgo de daños por exposición a vibraciones:*



VIBRACIONES MANO-BRAZO	
Generales	Específicas
VASCULARES	<p><i>Síndrome de Raynaud (idiopático)</i></p> <p><i>Fenómeno de Raynaud secundario:</i>  <b>ENFERMEDADES DEL TEJIDO CONECTIVO:</b> Escleroderma, Lupus eritematoso, Poliarteritis nodosa, dermatomiositis, artritis reumatoide, Síndrome de Sjögren.  <b>ENFERMEDADES VASCULARES OCLUSIVAS:</b> Tromboangeitis obliterante, aterosclerosis, trombo-embolismo o aneurisma.  <b>COMPRESIÓN VASCULAR:</b> Síndrome del canal torácico, Síndrome costoclavicular, Síndrome por hiperabducción.  <b>TRAUMATISMOS:</b> Lesiones en dedos/manos por accidente, fractura o cirugía; congelación, síndrome de inmersión.  <b>NEUROGÉNICO:</b> Poliomiелitis, Siringomielia, Hemiplegia.  <b>HEMATOLÓGICO:</b> Policitemia vera, Crioproteinemias, Macroglobulinemia, Trombocitosis, Leucemia.  <b>AGENTES QUÍMICOS DE ORIGEN LABORAL:</b> Cloruro de vinilo, Arsénico, Nitratos (Ej.: nitroglicerina, nitroglicol)  <b>FÁRMACOS:</b> Betabloqueantes, Clonidina, Ergotamínicos, Nitroglicerina, Nicotina, Citostáticos (vinblastina, bleomicina, cisplatino), Ciclosporinas, Metiserigide, Anfetaminas, Imipramina.  <b>MISCELÁNEA:</b> Vasculitis, Fístula arteriovenosa, Síndrome del Túnel carpiano, Fibromialgia, Enfermedad renal, Hipotiroidismo, Neoplasias, Distrofia del reflejo simpático, Hepatitis B antigénica, Inyecciones intraarteriales.</p> <p><i>Trastornos vasculares periféricos:</i> arteriosclerosis obliterante, tromboangeitis obliterante o enfermedad de Buerger, fístulas arteriovenosas adquiridas, eritromialgia.</p> <p><i>Alteraciones vasculares secundarias a malformaciones, lesiones, fracturas o cirugía en la mano, brazo o cuello.</i></p>

NEUROLÓGICAS	<p><i>Por compresión nerviosa:</i> síndrome del túnel carpiano, síndrome del pronador, síndrome del canal de Guyon, síndrome del túnel cubital, síndrome del canal torácico.</p> <p><i>Neuropatías periféricas:</i> diabética, alcohólica, radiculopatía cervical, tóxica (disolventes, organofosfatos, carbamatos), fármacos (antibióticos, citostáticos)</p> <p><i>Alteraciones del Sistema Nervioso Central:</i> mielopatía compresiva (espondilosis, tumores), degeneración de la médula espinal, esclerosis múltiple.</p> <p>Alteraciones neurológicas secundarias a malformaciones, lesiones, fracturas o cirugía en mano, brazo o cuello.</p>
MUSCULOESQUELÉTICAS	<p><i>Tendinitis o tenosinovitis en extremidad superior.</i></p> <p><i>Enfermedad de Dupuytren</i></p> <p><i>Enfermedades degenerativas óseas o articulares en extremidad superior o en cuello.</i></p> <p><i>Deformidades óseas o articulares importantes en extremidad superior secundarias a deformaciones, lesiones, fracturas o cirugía.</i></p> <p><i>Miopatías.</i></p>
<b>VIBRACIONES DE CUERPO ENTERO</b>	
<b>General</b>	<b>Específicas</b>
COLUMNA VERTEBRAL	<p>Cambios degenerativos prematuros no relacionados con la edad</p> <p>Lesiones del disco intervertebral con o sin síndrome radicular</p> <p>Inflamaciones agudas</p> <p>Deformaciones vertebrales adquiridas o congénitas</p> <p>Cirugía vertebral</p> <p>Lesiones previas con fractura vertebral</p> <p>Lumbalgia crónica</p>
OTRAS CONDICIONES	<p>Alteraciones de cuello y hombro</p> <p>Gastritis crónica y/o úlceras gastroduodenales</p> <p>Embarazo</p>

## Apéndice 2: Evaluación del riesgo

El Real Decreto 1311/2005 establece la obligación del empresario de evaluar el riesgo derivado de la exposición a vibraciones.

Como norma general, y excepto en aquellos casos en que la naturaleza y el alcance de los riesgos hagan innecesaria una evaluación detallada de estos, la evaluación se basará en la cuantificación del riesgo, que se llevará a cabo mediante la determinación del parámetro A(8). Este parámetro representa el valor de la exposición diaria a vibraciones, normalizado para un periodo de ocho horas, y se puede obtener por medición de la aceleración o por su estimación a partir de datos disponibles tal y como se detalla en este apéndice.

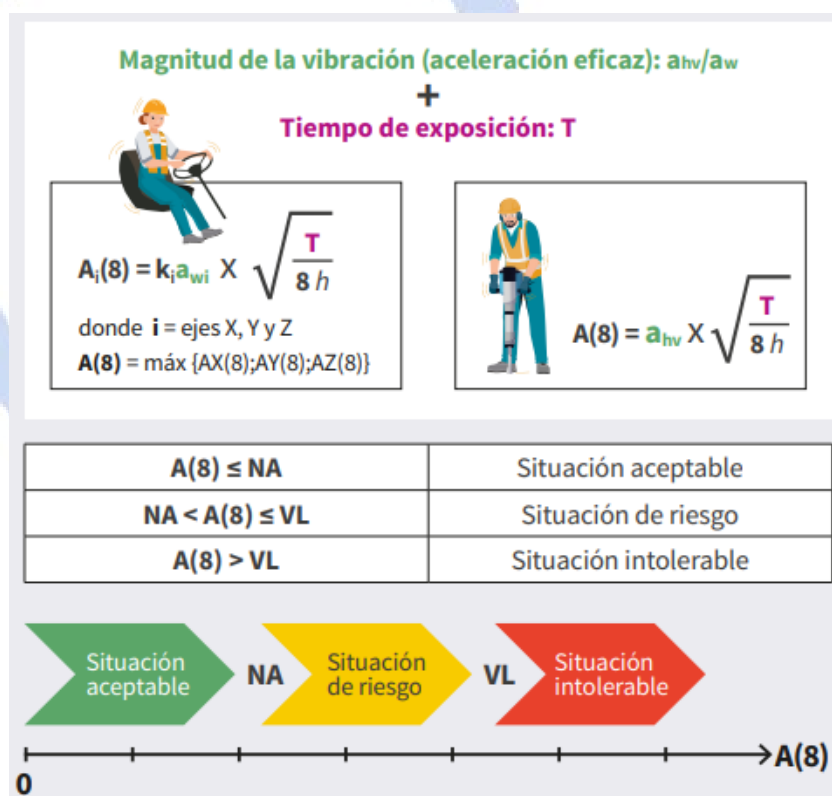


El valor de  $A(8)$  obtenido se compara con el valor límite y/o con el valor que da lugar a una acción, comparación de la que pueden derivarse tres situaciones que darán lugar a diferentes acciones:

- a) es inferior al valor de acción;
- b) está entre el valor de acción y el valor límite; y
- c) está por encima del valor límite.

El valor de  $A(8)$ , que se determina de manera diferente según se trate de vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo (VMB) o de vibraciones transmitidas al cuerpo entero (VCE), depende de dos factores: la magnitud de la vibración (expresada por su aceleración) y el tiempo de exposición.

Este apéndice trata de establecer las acciones a desarrollar sucesivamente para evaluar el riesgo (determinación del tiempo de exposición, determinación de la aceleración sin medición, medición de la aceleración, cálculo de  $A(8)$  y evaluación de la exposición a vibraciones para periodos superiores a un día) y, en su caso tomar, como mínimo, las medidas de prevención y corrección previstas en el real decreto.



### Apéndice 3: Medición de la aceleración

El objeto de este apéndice es el de proporcionar una metodología de medición acorde con los criterios contemplados en el Real Decreto 1311/2005 y las normas a las que este remite.

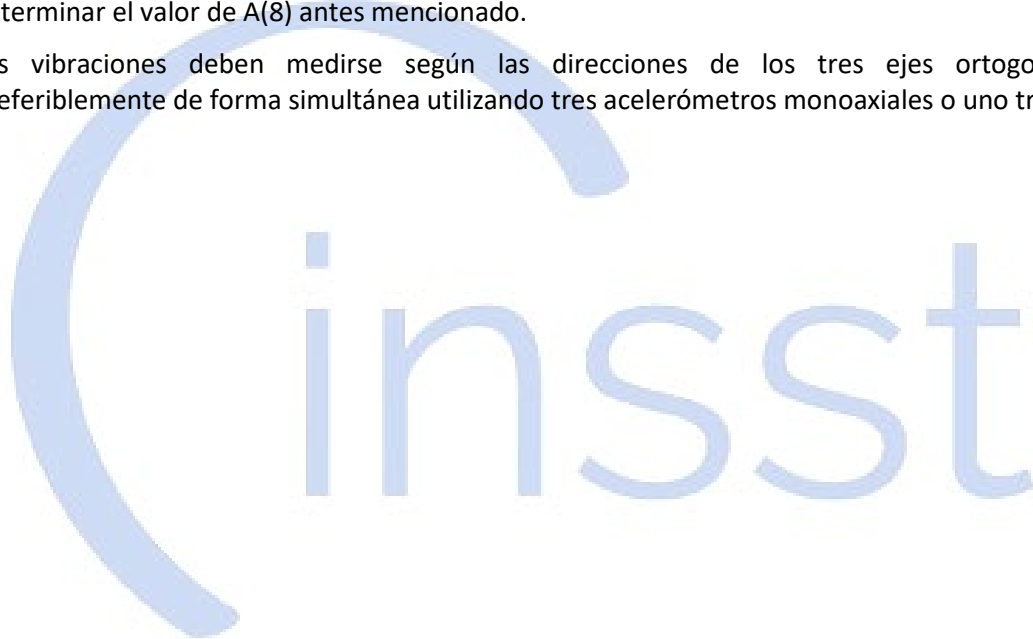
Una de sus principales novedades es la posibilidad de realizar la evaluación de riesgos mediante una estimación basada en la observación de las prácticas de trabajo específicas y en el valor

probable de la magnitud de la vibración obtenido a partir de los valores de emisión de vibraciones facilitados por los fabricantes de los equipos de trabajo, eliminando la "obligatoriedad" de tener que medir en el puesto de trabajo, con las dificultades que esto conlleva.

Sin embargo, en los casos en que no se disponga de los valores de emisión o en que las condiciones de exposición o de utilización de las máquinas o herramientas susciten dudas sobre la aplicabilidad de la evaluación mediante estimación, deberá hacerse una medición de la vibración. Esta situación se dará, por ejemplo, en los casos en que la máquina se utilice en condiciones diferentes a aquellas en las que se determinó la aceleración que figura en los datos del fabricante o en las bases de datos.

Para la medición de la aceleración será preciso diseñar una estrategia de medición, adecuada a cada caso concreto, que permita la determinación del valor de la aceleración a que está sometido el trabajador y del tiempo de exposición, parámetros necesarios para poder determinar el valor de A(8) antes mencionado.

Las vibraciones deben medirse según las direcciones de los tres ejes ortogonales, preferiblemente de forma simultánea utilizando tres acelerómetros monoaxiales o uno triaxial.



## **TEMA 56**

**AMBIENTE TÉRMICO. ECUACIÓN DEL BALANCE TÉRMICO. MECANISMOS DE TERMORREGULACIÓN Y DE INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL ORGANISMO Y EL AMBIENTE. EFECTOS DEL CALOR Y EL FRÍO SOBRE EL ORGANISMO. MÉTODOS DE VALORACIÓN: ÍNDICE WBGT. ÍNDICE DE SOBRECARGA TÉRMICA. ÍNDICE IREQ (AISLAMIENTO REQUERIDO DE LA VESTIMENTA). TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO POR EL VIENTO. CONTROL DE LAS EXPOSICIONES. PRINCIPALES MEDIDAS PREVENTIVAS**

El ambiente térmico, junto a las radiaciones ionizantes, las radiaciones ópticas, los campos electromagnéticos, el ruido y las vibraciones mecánicas conforman lo que se denominan agentes físicos, que tienen en común la transmisión de una cantidad de energía que puede ocasionar daños a la seguridad y salud de las personas, en particular en el ámbito laboral.

Por otro lado, el ambiente térmico se diferencia de los demás agentes físicos en que no está sujeto a una legislación específica para la prevención y el control de los riesgos derivados de la exposición laboral. Únicamente existen una limitación de los rangos de temperaturas para trabajos sedentarios y trabajos ligeros y las disposiciones sobre las condiciones ambientales durante el trabajo al aire libre en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo; y una regulación de tiempos de permanencia en cámaras frigoríficas en el Real Decreto 1561/1995, de 21 de septiembre, sobre jornadas especiales de trabajo.

No obstante, lo anterior no es óbice para que la empresa deba evaluar el riesgo de desequilibrio térmico y adoptar las medidas preventivas que procedan para evitar las consecuencias de la ganancia/pérdida de calor corporal, es decir, hipertermia/hipotermia, cuyos efectos van desde el disconfort hasta la muerte.

Previo al desarrollo de este tema merece especial atención la mencionada disposición adicional única del Real Decreto 486/1997, que indica que en los trabajos al aire libre deberán tomarse medidas adecuadas para la protección de las personas frente a cualquier riesgo derivado de los fenómenos meteorológicos adversos. Estas medidas incluirán la prohibición de desarrollar determinadas tareas si no puede garantizarse de otro modo la seguridad y la salud. Adicionalmente, cuando la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) o el órgano autonómico correspondiente emita un aviso por fenómenos meteorológicos adversos de nivel naranja o rojo y las medidas preventivas implementadas no garanticen la protección de las personas, resultará obligatoria la adaptación de las condiciones de trabajo, incluida la reducción o modificación de las horas de desarrollo de la jornada prevista.

A estos efectos, obsérvese que AEMET emite avisos frente a las siguientes condiciones meteorológicas: temperaturas máximas, temperaturas mínimas, precipitaciones, viento, polvo en suspensión y fenómenos costeros. Por tanto, esta disposición no sólo se refiere a los riesgos derivados del estrés térmico objeto de este tema.

## **1. ECUACIÓN DE BALANCE TÉRMICO E INTERCAMBIO DE CALOR ENTRE EL ORGANISMO Y EL AMBIENTE**

El balance térmico está regido por dos fuentes de calor; por un lado, el propio organismo del ser humano genera calor, y por el otro, el entorno exterior, existiendo un intercambio de energía entre el ser humano y el ambiente exterior.

La ecuación simplificada de balance térmico relaciona este intercambio energético mediante la expresión:

$$\text{Ganancia} = Q_{\text{metabólico}}(M) \pm Q_{\text{convectivo}}(C) \pm Q_{\text{radiante}}(R) \pm Q_{\text{conductivo}}(K) - Q_{\text{evaporación}}(E)$$

Donde:

M es el calor producido por el metabolismo. Existen dos componentes, uno es el metabolismo basal que es el calor que se produce como consecuencia del mantenimiento de las funciones vitales del ser humano, por ejemplo, la respiración, los latidos del corazón, etc., es decir, todas aquellas funciones del organismo necesarias para seguir vivo. La segunda componente es la actividad física, que genera más calor cuanto más intensa es la actividad como, por ejemplo, caminar, correr, etc.; o en el ámbito laboral, puestos de trabajo que implican manipulación manual de cargas.

C es el Calor que se transmite por convección. Se trata de la energía que se intercambia entre dos fluidos que están a distinta temperatura. Un ejemplo cotidiano de este fenómeno es la calefacción de los hogares, por la que circula agua que está a mayor temperatura que el aire de la habitación. En este caso hay una transmisión de calor desde el agua del interior del calefactor al aire de la habitación, calentándose el aire y enfriándose el agua. Esta componente convectiva de transmisión de calor suele estar muy presente en el entorno industrial, por ejemplo, en puestos de trabajo que se desarrollan en obradores de pan o en cámaras frigoríficas, así como en industrias que utilizan hornos de polimerización.

R es el calor que se transmite por radiación, que consiste en el calor emitido desde cualquier objeto por el hecho de estar a una determinada temperatura. El calor irradiado por un objeto es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura. Tiene una gran relevancia en procesos industriales de forja o de fundición, donde en ocasiones se superan de largo los 1.000 °C, y en trabajos que se desarrollan al aire libre en los que se está expuesto al sol.

K es el calor que se transmite por conducción, es aquel que se transmite por contacto directo con superficies muy calientes, o muy frías. Esta componente no tiene mucho peso en la exposición laboral al estrés térmico por calor, sino que está más relacionada con el riesgo de quemaduras. Por ello, es habitual que en la bibliografía no aparezca esta componente reflejada en la ecuación de balance térmico. Sin embargo, la componente conductiva puede ser relevante en el estrés por frío, ya que el contacto de partes del cuerpo con superficies que estén a temperaturas extremadamente bajas puede originar lesiones por enfriamiento local.

E es la pérdida de calor por evaporación. Se trata de un mecanismo de termorregulación, al que se hará referencia más adelante.

Se dice que hay equilibrio térmico cuando la ganancia es nula. Si la ganancia es distinta de cero se produce un desequilibrio térmico, que puede ser compensado por mecanismos de termorregulación, de forma que la temperatura corporal se mantiene estable en un estrecho

intervalo de 35 – 37 °C. En el caso de que los mecanismos de termorregulación sean incapaces de hacer frente a la ganancia o pérdida de calor (ganancia negativa), se producirá un riesgo de estrés térmico por calor o frío, respectivamente.

## **2. MECANISMOS DE TERMORREGULACIÓN**

Existen dos tipos de mecanismos termorreguladores, el comportamental como pueden ser ponerse a la sombra, beber agua fresca o refrescarse, aligerarse la ropa y modificar la actividad física, que consiste en actuaciones voluntarias del ser humano. Está asociado a la percepción individual de pérdida de confort térmico, sin que necesariamente se haya producido variación de la temperatura corporal.

Por otra parte, el tipo fisiológico consiste en actos reflejos involuntarios regidos por el hipotálamo, que está situado en el cerebro. Por ejemplo, la sudoración o la vasodilatación cuando la temperatura corporal aumenta, y la vasoconstricción o aumento de la actividad metabólica para generar calor mediante escalofríos y tiritonas cuando la rotura del equilibrio térmico es por pérdida de calor.

A continuación, se describen los principales mecanismos fisiológicos de termorregulación:

- La **sudoración** es un mecanismo muy eficaz de enfriamiento del organismo cuando el entorno permite, e incluso, facilita la evaporación del sudor. Si el organismo humano genera calor o absorbe calor, la temperatura corporal tiende a aumentar. A fin de mantener el equilibrio térmico las glándulas sudoríparas se activan y emanan sudor. Para evaporarse el sudor necesita calor, que lo toma de la piel de la persona. De esta forma hay una transmisión de calor desde la piel hacia el sudor que cambia de estado, de líquido a vapor y se diluye en el aire. El organismo se enfría y el sudor utiliza el calor para evaporarse. Este fenómeno es posible si el aire no está saturado de vapor de agua, es decir si la humedad relativa es lo suficientemente baja como para diluir el vapor del sudor y se verá favorecido al aumentar la velocidad de aire.
- La **vasodilatación** es otro mecanismo para que el organismo del ser humano elimine calor generado internamente por el que los vasos sanguíneos de la piel se dilatan y se desplazan internamente hacia la superficie cutánea para favorecer el intercambio de calor de la sangre con el ambiente exterior.
- La **vasoconstricción** es el mecanismo inverso. Cuando el organismo necesita mantener el calor interno ante un ambiente exterior muy frío, el hipotálamo envía señales que ocasionan la constricción de los vasos sanguíneos de la piel. Al disminuir el diámetro de los vasos sanguíneos cutáneos, se reduce el flujo de sangre en las capas externas de la piel, que se enfrían. La diferencia de temperatura entre la superficie corporal y el ambiente disminuye, y con ella la pérdida de calor.
- **Aumento de la actividad metabólica** mediante el consumo de tejido adiposo acumulado, o bien a través de la activación del músculo esquelético que a fin de generar calor en el interior del organismo se producen rápidas y repetitivas contracciones, que se conocen como escalofríos y tiritonas, produciéndose calor por fricción celular del músculo.

### **3. EFECTOS DEL CALOR Y EL FRÍO SOBRE EL ORGANISMO**

Otra característica del ambiente térmico es que todos los efectos debidos a una exposición a condiciones térmicas extremas se producen de forma súbita, manifestándose de forma inmediata, es decir, sin período de latencia

Si las condiciones ambientales son muy adversas pueden requerir un esfuerzo excesivo de los mecanismos fisiológicos de termorregulación, con consecuencias perjudiciales para la salud. **En ambientes calurosos**, pueden aparecer los siguientes efectos:

- **Síncope por calor.** Consiste en un cuadro que va desde el aturdimiento y visión borrosa hasta el desmayo o pérdida de conocimiento como consecuencia de la combinación de una exposición a ambientes muy calurosos y de mantener una postura de pie e inmóvil durante períodos prolongados de tiempo. La razón fisiológica es que a causa del calor se produce una vasodilatación en las capas externas de la piel aumentando el flujo sanguíneo a la periferia del cuerpo, que hace que no llegue suficiente sangre a la cabeza. Suele ir acompañado de una bajada repentina de tensión arterial. Habitualmente se produce en aquellas personas trabajadoras que no se hayan aclimatado previo a la exposición al calor.
- **Deshidratación y déficit salino.** Ambos están relacionados con la pérdida de agua y sales minerales debida a la sudoración. Por un lado, se pierde mayor cantidad de agua que la que se ingiere directamente o a través de los alimentos. Al sudar también se pierde cloruro sódico, provocando calambres principalmente en aquellos músculos que realizan el trabajo y que afectan, sobre todo, a las personas trabajadoras no aclimatadas.
- **Agotamiento por calor.** Es un efecto que tiene su origen en una importante deshidratación. Entre sus síntomas más comunes destacan la pérdida de la capacidad de trabajo, reducción de las habilidades psicomotrices, náuseas, fatiga, etc. En la mayoría de los casos se consigue la recuperación del individuo con la rehidratación y el reposo, produciéndose la recuperación del organismo, salvo que la situación sea extrema.
- **Golpe de calor.** Se produce una excesiva acumulación de calor en el organismo debido a que la carga metabólica por trabajo en un ambiente térmico agresivo supera ampliamente las pérdidas de calor y, con ello, un aumento de la temperatura corporal. Los mecanismos termorreguladores no son capaces de controlar la temperatura y se pueden producir daños en el sistema central nervioso, que pueden provocar vértigos, delirios, inconsciencia, e incluso la muerte. Una intervención rápida que procure el enfriamiento, por ejemplo, aligerar la ropa de la víctima, envolverle con ropa empapada en agua, suele favorecer su recuperación.

Por otra parte, **en ambientes extremadamente fríos** pueden darse los siguientes efectos:

- **Hipotermia.** Consiste en una reducción de la temperatura corporal debida a que hay una pérdida neta de calor en el organismo, las ganancias de energía son menores que sus pérdidas. La disminución de la temperatura en el cerebro produce confusión, descoordinación, incapacidad para mantener el ritmo de trabajo y aletargamiento. En casos raros y extremos puede sobrevenir la muerte.
- **Congelación.** Se localiza preferentemente en la periferia del cuerpo (mejillas, nariz, orejas, manos, pies) ocasionando dolor y lesiones. Puede darse incluso a temperaturas superiores a 0°C si la ropa está mojada.



- El frío provoca un **agravamiento de enfermedades** respiratorias, cardiovasculares; asimismo, desencadena episodios de crisis en personas con síndrome de Raynaud.

#### 4. MÉTODOS DE VALORACIÓN: ÍNDICE WBGT

El índice WBGT (*Wet bulb globe temperature*, Temperatura de globo y de bulbo húmedo) es un método de evaluación de riesgo por calor muy utilizado por su sencillez y sirve para discriminar si la situación es admisible o no. Se puede emplear tanto en trabajos que se realizan en locales interiores como en trabajos desarrollados al aire libre. Por el contrario, sus limitaciones son diversas, se trata de un método no muy preciso, no tiene en cuenta las características individuales de las personas trabajadoras, ni permite determinar las variables que causan el riesgo.

El método se encuentra descrito en la norma UNE-EN ISO 7243:2017. El índice WBGT<sup>1</sup> es una temperatura aparente que combina las contribuciones de tres parámetros ambientales, la temperatura húmeda natural,  $T_{HN}$ , con peso del 70%, la temperatura de globo,  $T_G$ , con peso del 20% y la temperatura del aire ambiental,  $T_A$ , con un peso del 10%. Tiene, por tanto, en cuenta la temperatura, la humedad, la velocidad del aire y la radiación visible e infrarroja procedente del sol.

En el caso de que los trabajos se lleven a cabo en locales interiores, o bien en el exterior, pero sin exposición solar, no hay contribución de la temperatura del aire ambiental en el WBGT<sup>2</sup>, y el peso de la temperatura de globo,  $T_G$ , pasa del 20 al 30%.

La temperatura húmeda natural es el valor obtenido por un sensor de temperatura envuelto en un paño humedecido y expuesto a una ventilación natural, es decir, sin ventilación forzada, que es precisamente lo que le diferencia de la temperatura húmeda psicrométrica que requiere una corriente de aire alrededor del sensor con una velocidad mínima de 1 m/s. La temperatura húmeda psicrométrica se utiliza habitualmente en la termodinámica y las técnicas de climatización porque conociendo esta y la temperatura seca pueden obtenerse otras magnitudes características del aire como, por ejemplo, la humedad relativa del aire o la temperatura de rocío.

La temperatura de globo es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera de color negro mate y de 150 milímetros de diámetro.

La temperatura seca del aire es la indicada por un termómetro convencional, por ejemplo, de mercurio.

En aquellas ocasiones en las que la temperatura puede variar en distintas partes del cuerpo, se suele utilizar el  $\overline{WBGT}$ <sup>3</sup>, que se calcula como promedio ponderado de los WBGT de la cabeza, del abdomen y de los tobillos, de forma que el correspondiente al abdomen pesa el doble que los otros dos.

Para evaluar las situaciones de exposición intensa al calor se comparan los valores WBGT del ambiente obtenidos tal como se ha comentado anteriormente, con los valores máximos de WBGT que varía según la carga térmica metabólica de la persona trabajadora.

---

<sup>1</sup>  $WBGT = 0,7 \cdot T_{HN} + 0,2 \cdot T_G + 0,1 \cdot T_A$  para trabajos con exposición solar

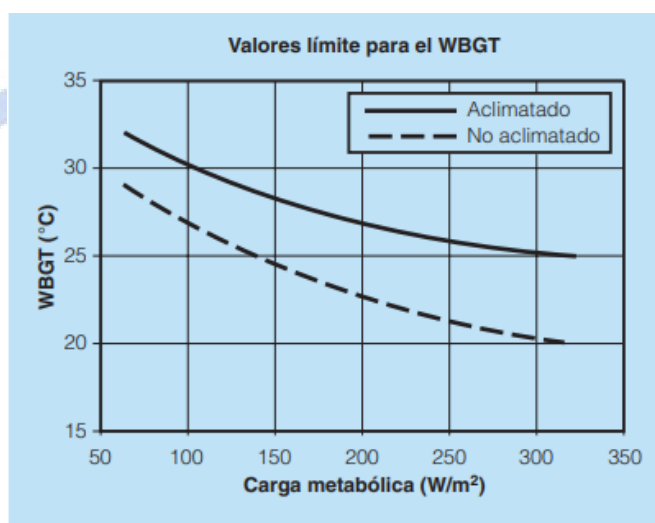
<sup>2</sup>  $WBGT = 0,7 \cdot T_{HN} + 0,3 \cdot T_G$  para trabajos en interiores o en el exterior con sombra

<sup>3</sup>  $\overline{WBGT} = \frac{1 \cdot WBGT_{CABEZA} + 2 \cdot WBGT_{ABDOMEN} + 1 \cdot WBGT_{TOBILLOS}}{4}$

De esta forma, si el índice  $WBGT_{\text{ambiente}}$  no alcanza el valor máximo correspondiente a una carga metabólica determinada, la situación será aceptable. En caso contrario será inaceptable.

La norma UNE-EN ISO 7243:2017 ha representado las curvas que relacionan el  $WBGT_{\text{máxima}}$  con la carga térmica metabólica. Se puede observar en la gráfica de "Valores límite para el WBGT" que a medida que aumenta la carga térmica metabólica, menor es la temperatura máxima de WBGT. Véase el ejemplo<sup>4</sup> que figura al pie de página.

Por otra parte, se observa que para personas trabajadoras no aclimatadas la variación de los valores límite del WBGT se representa con una curva desplazada (curva de trazo discontinuo), de forma que se alcanzan los valores límite antes que para las personas aclimatadas. Así mismo, las curvas de valor límite de WBGT dependen de la velocidad de aire.



Habitualmente, las personas trabajadoras no están expuestas a unas determinadas condiciones ambientales que se mantengan constantes a lo largo de la jornada laboral, ni tampoco el ritmo de trabajo es el mismo durante toda la exposición, sino que van variando con el tiempo. De esta forma, se puede caracterizar distintas exposiciones a las que se puede estar expuesto durante la jornada, cada una con su WBGT y con su correspondiente duración.

El WBGT continuo equivalente,  $WBGT_{eq,T}$ <sup>5</sup>, se calcula como el promedio de los WBGT de cada exposición ponderado en el tiempo. Igualmente se puede calcular la carga metabólica continua equivalente,  $M_{eq,T}$ <sup>6</sup>.

El tiempo máximo de este promedio es una hora. Esto se hace con la intención de evitar que periodos largos en condiciones peligrosas puedan ser compensados con otros periodos largos de condiciones más benignas.

<sup>4</sup> Ejemplo: Para una carga térmica metabólica de 100 w/m² el valor máximo de WBGT para personas trabajadoras aclimatadas es de 30º C, mientras que el valor máximo de WBGT para una carga térmica metabólico de 300 w/m² es de 25º C.

<sup>5</sup>  $WBGT_{eq,T} = \frac{\sum_{i=1}^n WBGT_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$ , donde  $\sum_{i=1}^n t_i = T$  y n es el número de exposiciones diferentes

<sup>6</sup>  $M_{eq,T} = \frac{\sum_{i=1}^n M_i \times t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$ , donde  $\sum_{i=1}^n t_i = T$  y n es el número de exposiciones diferentes

## **5. MÉTODOS DE VALORACIÓN: ÍNDICE DE SOBRECARGA TÉRMICA**

Cuando el índice WBGT es superior a los límites establecidos es conveniente recurrir a una metodología más precisa que informe en detalle de las condiciones de estrés térmico. Esta metodología se basa en la determinación del índice de Sobrecarga Térmica, el cual viene descrito en la norma UNE EN ISO 7933:2005.

Este método estima la tasa de sudoración y la temperatura interna que el cuerpo humano alcanzará en respuesta a las condiciones de trabajo. La norma antes mencionada tiene un doble objetivo; por un lado, la evaluación del estrés térmico que podría provocar un incremento de la temperatura corporal o de pérdida de agua; y por el otro, la determinación de tiempos de exposición para los que la sobrecarga térmica es aceptable. Esta norma no tiene en cuenta las características individuales de las personas expuestas, sino que solo considera individuos "normales", es decir, con buena salud y adaptados al trabajo que desempeñan.

Este método tiene en cuenta las siguientes características:

- los parámetros ambientales: temperatura del aire, temperatura radiante media, presión parcial de vapor y velocidad del aire
- la tasa metabólica, y
- las características térmicas de la ropa.

El método propone las siguientes etapas:

1. A partir de la ecuación de balance energético se calcula el flujo de calor por evaporación, la mojadura de la piel y la tasa de sudoración requeridos.

El flujo de calor por evaporación requerido,  $E_{req}^7$ , es el necesario para mantener el equilibrio térmico, es decir, para que la ganancia, también denominada almacenamiento de calor, sea cero.

La mojadura de la piel requerida,  $W_{req}^8$ , es la relación entre el flujo de calor por evaporación y el flujo máximo de calor por evaporación en la superficie de la piel.

La tasa de sudoración requerida,  $SW_{req}^9$ , es la relación entre el flujo de calor requerido y un valor adimensional que se refiere a la capacidad de que se evapore el sudor.

2. Teniendo en cuenta las limitaciones del cuerpo y la respuesta del mecanismo de sudoración, se estiman los valores previsibles del flujo de calor por evaporación, la mojadura y la tasa de sudoración.
3. Se estima la tasa de almacenamiento de calor a partir de la diferencia entre los flujos de calor por evaporación requerido y previsto.
4. Una vez estimadas la temperatura rectal y la pérdida acumulada de agua, el tiempo necesario para que alguna de ellas alcance su correspondiente valor máximo determina el tiempo de exposición máximo permisible.

---

<sup>7</sup>  $E_{req} = M - W - C_{res} - E_{res} - C - R - dS_{eq}$  según ecuación de balance térmico en el que se añade la convección y la evaporación por la respiración del individuo y  $dS_{eq}$  que es el almacenamiento de calor debido al incremento de la temperatura interna asociado a la tasa metabólica.

<sup>8</sup>  $W_{req} = \frac{E_{req}}{E_{máx}}$

<sup>9</sup>  $SW_{req} = \frac{E_{req}}{r_{req}}$ , donde  $r_{req}$  es la eficiencia evaporativa requerida de la sudoración

## **6. MÉTODOS DE VALORACIÓN: ÍNDICE IREQ (AISLAMIENTO REQUERIDO DE LA VESTIMENTA)**

Previo a entrar en el método IREQ debe tenerse presente que los riesgos debidos a ambientes fríos se combaten principalmente incrementando bien la actividad metabólica, o sino el aislamiento del vestido, que es independiente del material y depende del aire atrapado en la trama de fibras. Existen tablas para el cálculo del aislamiento por la vestimenta.

Se suele utilizar el clo como unidad del aislamiento y el valor para mantener confortable a una persona en estado sedentario a 21°C.

El índice IREQ tiene como objeto cuantificar el aislamiento térmico de la vestimenta que permita evitar el enfriamiento general del cuerpo. El método está descrito en la norma UNE EN ISO 11079:2009.

El método se basa en el cálculo del intercambio de calor y de la resistencia de la ropa requerida para que no haya pérdida ni ganancia de calor, es decir para que se consiga el equilibrio térmico, que corresponde al concepto IREQ. Además, por otra parte, se calcula la resistencia térmica de la ropa utilizada para su comparación con el IREQ calculado, y de ahí se concluye el nivel de riesgo.

El procedimiento incluye varias etapas:

- La medición de las condiciones ambientales. Se toma lectura de la temperatura del aire, temperatura radiante media, velocidad del aire y humedad relativa.
- La determinación del consumo metabólico de las personas expuestas a partir de la actividad realizada,
- La determinación del aislamiento térmico de la ropa utilizada en el puesto de trabajo a partir de las tablas incluidas en la norma EN ISO 9920:2009. En dichas tablas se indica la resistencia térmica de las distintas prendas de vestir en función de su tipo y de los materiales empleados.
- El cálculo del índice IREQ para su comparación con la ropa usada en el puesto de trabajo. Si es superior a la resistencia térmica de la ropa utilizada, esta será insuficiente y permitirá calcular el tiempo límite de exposición.

Los movimientos del cuerpo permiten la penetración de aire y la pérdida de calor por convección, pudiendo disminuir el aislamiento hasta un 50% respecto al aislamiento básico proporcionado por las tablas de la norma antes citada que corresponde al aislamiento real en condiciones estáticas y sin viento. La reducción del aislamiento se puede estimar en función del metabolismo de trabajo, y de esta forma se puede calcular el nuevo aislamiento térmico que se denomina aislamiento térmico corregido de la ropa utilizada<sup>10</sup>.

## **7. MÉTODOS DE VALORACIÓN: TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO POR EL VIENTO**

La temperatura de enfriamiento,  $t_{WC}$ , es un concepto que se utiliza en el método de evaluación del estrés por frío, enfriamiento local. Se trata de un método que evalúa el efecto local de enfriamiento en el exterior debido a la temperatura del aire y a la velocidad del viento. La

---

<sup>10</sup>  $I_{cl} = I_{cl,r} + \frac{[0,092 \cdot e^{(0,15 \cdot v_a - 0,22 \cdot v_w)} - 0,045] / f_{cl}}{[0,54 \cdot e^{(0,075 \cdot \ln(ap)) - 0,15 \cdot v_a - 0,22 \cdot v_w}] - 0,06 \cdot \ln(ap) + 0,5} - 0,085 / f_{cl}$ , donde  $I_{cl,r}$  es el aislamiento

corregido de la ropa,  $v_a$  es la velocidad del aire,  $v_w$  es la velocidad del viento alrededor del cuerpo,  $f_{cl}$  es el factor de superficie de la ropa y  $ap$  es la permeabilidad del aire.

actividad física de la persona trabajadora modifica el desplazamiento de aire en el entorno próximo de trabajo, por lo que la velocidad del viento se corrige mediante un factor que se calcula a partir del consumo metabólico. El método viene descrito en la norma UNE-EN ISO 11079:2009.

Todas las personas han sentido alguna vez una sensación de que la temperatura es menor que la medida en el termómetro por efecto del viento. La temperatura de enfriamiento por el viento se define como aquella temperatura ambiente que en condición de calma produce el mismo enfriamiento de las superficies expuestas de la piel que el producido bajo las condiciones ambientales reales.

Se considera como condición de calma cuando la velocidad del viento es menor o igual a 1,16 m/s, es decir, 4,2 Km/h.

Su valor se calcula mediante una ecuación<sup>11</sup> que la relaciona con la temperatura ambiente y con la velocidad del viento medida a 10 metros sobre el nivel del suelo. Si se mide a nivel de suelo, debe multiplicarse por 1,5. También se encuentra tabulada en la norma y sus resultados categorizados en 4 niveles de riesgo, cuyos efectos corresponden a: frío molesto; muy frío; frío intenso y frío extremo.

Clasificación del riesgo	$t_{wc}$ (°C)	Efecto
1	-10 a -24	Frío molesto
2	-25 a -34	Muy frío riesgo de congelación de la piel
3	-34 a -59	Frío intenso riesgo de congelación profunda en 10 min.
4	-60 e inferiores	Frío extremo riesgo de congelación en 2 min.

El método proporciona una tabla que indica el tiempo de congelación de las partes al descubierto en función de la temperatura de enfriamiento.

## 8. CONTROL DE LAS EXPOSICIONES

Cuando se habla de control de las exposiciones se hace referencia a la monitorización fisiológica del riesgo de sobrecarga térmica. Se realiza en base a:

- las características del personal expuesto, por ejemplo, constitución corporal, edad, sexo, aptitudes físicas, etc.
- su nivel de aclimatación y/o su adaptación al frío
- la higiene alimentaria, y
- el reconocimiento médico.

Por tanto, se trata de un control sobre las funciones vitales del individuo y deberá realizarse por personal sanitario competente.

<sup>11</sup>  $t_{wc} = 13,12 + 0,6215 \cdot t_a - 11,37 \cdot v_{10}^{0,16} + 0,3965 \cdot t_a \cdot v_{10}^{0,16}$

Se suele recurrir a la monitorización fisiológica en aquellas situaciones en las que la ropa utilizada reduce significativamente la pérdida de calor, es decir, cuando la ropa es no permeable al vapor o se utilizan varias capas de ropa superpuestas, deberán monitorizarse los signos y síntomas del personal expuesto. Algunos de los signos y síntomas que permiten identificar la existencia de sobrecarga térmica y determinar la necesidad de interrumpir la actividad son:

- Para personas con un sistema cardíaco normal, se debe interrumpir durante varios minutos la exposición cuando el pulso cardíaco supera 180 pulsaciones por minuto, restada la edad en años de la persona ( $180 - \text{edad}$ ).
- Si la temperatura corporal interna supera los  $38^{\circ}\text{C}$  en el caso de personal no aclimatado.
- Si tras un gran esfuerzo, cuando el pulso de recuperación (un minuto después del esfuerzo máximo) es mayor de 110 pulsaciones por minuto.
- Si existen síntomas como fuerte fatiga repentina, náuseas, vértigo o mareos.
- Si una persona expuesta al calor aparece desorientada o confusa, o sufre una irritabilidad inexplicable, malestar general o síntomas gripales, se le debería retirar a una zona refrigerada con circulación rápida de aire y permanecer en observación por personal cualificado.
- Si la sudoración se interrumpe y la piel se vuelve caliente y seca, se le debe proporcionar atención médica inmediata, seguida de la hospitalización.

## **9. PRINCIPALES MEDIDAS PREVENTIVAS**

En este apartado se van a distinguir las medidas preventivas frente a la exposición a ambientes calurosos de aquellas destinadas a prevenir los riesgos derivados de la exposición a ambientes fríos.

### **1. MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE AL ESTRÉS TÉRMICO POR CALOR**

Las principales medidas preventivas para el control de las exposiciones son la reducción de la agresividad térmica del ambiente.

Esto puede realizarse actuando sobre el foco mediante:

- Automatización del proceso. Si la automatización es parcial, esta medida se suele complementar instalando cabinas térmicamente acondicionadas que permiten aislar a la persona del ambiente térmico agresivo, minimizando su exposición al calor.
- Aislamiento de la fuente. De esta forma se impide que el calor del foco pueda emitirse al entorno de trabajo evitando la generación de un ambiente térmico peligroso.

También se puede actuar sobre el medio mediante:

- Instalación de cabinas acondicionadas, antes mencionadas.
- Utilización de pantallas en caso de la presencia de focos de calor radiantes para evitar que la radiación procedente de estos llegue hasta las personas. Las pantallas pueden ser de los siguientes tipos:
  - Pared simple de aluminio brillante o doble con tres centímetros de separación que permita la circulación y evacuación del aire.



- Pared traslucida de vidrio opaco al infrarrojo, o bien
- Entramados metálicos de malla pequeña.
- Reducción de aportes externos de calor mediante:
  - Paredes y techos opacos, mejor dobles con alto coeficiente de reflexión por láminas de aluminio, cobre o tratamientos de pintura.
  - Colocación de toldos, persianas,
  - Doble vidrio o vidrios opacos al infrarrojo, mejor con una hoja de cobre en el interior.
  - Extracción localizada de gases calientes.
- Ventilación general. Lograr una velocidad de aire elevada que favorezca la evaporación del sudor, requiere que la humedad del aire no sea muy alta. Se puede utilizar deshumidificador, o bien, ventilar con aire exterior más seco. En todo caso, la temperatura del aire debe ser inferior a 35 °C para que permita la pérdida de calor por convección. Si el aire está a más de 35 °C, el efecto sería contraproducente. El aire exterior debe penetrar por la parte de abajo y el aire caliente salir por la de arriba. Para ambientes con temperatura y humedad elevadas, la solución podría ser la utilización de sistemas de climatización.

Se pueden adoptar medidas organizativas, entre las que destacan:

- Priorizar la participación del personal que está en el puesto de trabajo, ya que son quienes mejor conocen las tareas y las circunstancias que rodean su labor.
- En el caso de trabajos al aire libre, planificar las actividades considerando las condiciones meteorológicas previstas por AEMET o, en su caso, por el órgano de la Comunidad Autónoma que corresponda, incluyendo la posibilidad de reducir o modificar las horas de desarrollo de la jornada prevista.
- Disponer de un sistema de comunicación y control, favoreciendo el trabajo entre dos personas, especialmente en lugares alejados del resto de puestos de trabajo. En caso de trabajos en situación de soledad y aislamiento, se debe considerar el uso de dispositivos "hombre muerto" que envíen señal de alarma en caso de inmovilización prolongada.

Como último recurso, o bien complementariamente a las anteriores cuando no sean suficientes, se puede actuar sobre el individuo:

- Reduciendo la actividad física y por tanto la carga metabólica.
- Empleando medios mecánicos que aligeren la carga metabólica.
- Disminuyendo el tiempo de exposición. Se puede reducir el tiempo de exposición bien mediante la rotación de personas trabajadoras, pero implicaría un aumento del número de personas expuestas; o bien, propiciando descansos en ambientes frescos que, además permitan la recuperación del individuo.

En los descansos se suministrarán bebidas refrigeradas entre 10 y 15°C, evitando el alcohol y la cafeína. La alimentación deberá ser rica en sal y sin muchas calorías.

La exposición repetida y gradual a las condiciones calurosas hace que se desarrollen mecanismos fisiológicos de adaptación que mejoran la tolerancia del organismo al calor. En esto se basa, precisamente, el entrenamiento para la aclimatación al calor y debe de preceder a la exposición

al mismo. La aclimatación se logra en un periodo de tiempo breve (una semana) pero se pierde por incremento de la actividad, de la carga ambiental o bien de una ausencia prolongada, del orden de 3 semanas. En estos casos, se procederá a nueva aclimatación.

Los mecanismos fisiológicos que se desarrollan para mejorar la tolerancia al calor son los siguientes:

- Menor ritmo cardiaco,
- sudoración más abundante y a más bajas temperaturas, y
- menor concentración salina en el sudor.

Por último, se debe utilizar ropa ligera evitando ropa impermeable. También se pueden utilizar EPI que dispongan de algún medio de climatización interno, tales como:

- Trajes aluminizados, que reflejan el calor transmitido por radiación, por ejemplo, en proximidad de material fundido.
- Trajes provistos de refrigeración por agua o aire. Existen chalecos con burbujas rellenas de hidrogeles que absorben el calor del cuerpo al evaporarse, o también rellenas de sales que se licuan, absorbiendo el calor latente necesario para el cambio de estado de la piel de la persona expuesta a calor. Este tipo de traje es adecuado para calor convectivo.

Estas prendas solo son apropiadas para cortos periodos de tiempo, justo el necesario para realizar operaciones concretas de inspección o mantenimiento.

Por ejemplo, en el caso de puestos de trabajo que implican la utilización de hornos de fundición es habitual que se disponga de salas de control térmicamente acondicionadas, desde la que se pilotan mediante automatismos la mayoría de las tareas. De esta forma, se minimizan las operaciones que solo se pueden realizar fuera de la sala de control y en proximidad del horno o del material fundido y, por tanto, con exposición al calor radiante. Para estas operaciones puntuales con riesgo de estrés térmico por calor debe utilizarse trajes aluminizados y, para las operaciones que pueden realizarse automáticamente, debe permanecerse en la sala de control térmicamente acondicionada que, además, permitirá la recuperación de la persona expuesta.

En este ejemplo se han combinado medidas preventivas que actúan sobre los distintos ámbitos. Se ha automatizado el proceso, aunque sea parcialmente, actuando sobre el foco. Por otro lado, se ha actuado sobre el medio al disponer de una sala de control aislada y con climatizador, desde donde se realizan la mayoría de las tareas y, por último, se actúa sobre el individuo al proporcionarle trajes aluminizados para aquellos trabajos que sólo puedan hacerse fuera de dicha sala. También, como medida individual, se podría recurrir a un entrenamiento para la aclimatación de las personas al calor y mejorar su tolerancia al mismo.

## **2. MEDIDAS PREVENTIVAS FRENTE AL ESTRÉS TÉRMICO POR FRÍO**

Las medidas preventivas frente a las exposiciones al frío pueden ser de tres tipos:

- Medidas técnicas en los lugares de trabajo.

En general:

- Disponer de locales de descanso calefactados, pero evitando el sobrecalentamiento, en los que se pueda consumir bebidas calientes.

- Colocar aislamiento en superficies metálicas y diseñar equipos que puedan usarse con guantes.
- Utilizar mecanismos automáticos que permitan evitar el contacto con partes frías, o incluso, la proximidad a espacios fríos.

En el caso específico de las cámaras frigoríficas u otras instalaciones de frío algunos ejemplos de medidas técnicas de diseño son:

- Permitir las aperturas de las puertas de las cámaras frigoríficas desde el interior en cualquier situación.
  - Disponer de un sistema de alarma, por si accidentalmente alguna persona se queda encerrada en su interior.
  - Instalar un sistema de ventilación que garantice una velocidad de aire inferior a 0,2 m/s<sup>2</sup> y que evite la condensación.
- Medidas de organización del trabajo. Al igual que se ha mencionado en apartado anterior, se pueden adoptar las siguientes medidas:
- Priorizar la participación del personal que está en el puesto de trabajo.
  - En el caso de trabajos al aire libre, planificar las actividades considerando las condiciones meteorológicas previstas.
  - Disponer de un sistema de comunicación y control, favoreciendo el trabajo entre dos personas, especialmente en lugares alejados del resto de puestos de trabajo.
- Medidas preventivas personales, que se basan en el control del balance térmico del cuerpo:
- Reducir la pérdida de calor, mediante el uso de ropa de protección caracterizada por su aislamiento térmico y su protección frente a la humedad, el aislamiento de superficies expuestas al contacto con partes del cuerpo humano, y la disminución al mínimo posible del tiempo de exposición. En el caso de las cámaras de refrigeración y congelación debe respetarse las pausas establecidas en el Real Decreto 1561/1995 de jornadas especiales.
  - Incrementar el calor generado en el interior del cuerpo, aumentando la actividad muscular en la medida que las circunstancias laborales lo permitan.
  - Aumentar el calor externo a partir de la instalación de sistemas de calefacción auxiliares en los propios equipos de protección, o bien del establecimiento de pausas en locales climatizados que permitan calentarse e ingerir bebidas calientes.
  - Formar a las personas trabajadoras sobre los riesgos que entraña el frío y la detección de los signos de congelación.

## **TEMA 57**

### **REAL DECRETO 486/2010, DE 23 DE ABRIL, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Las radiaciones ópticas toman su nombre del latín "*opticus*" cuyo significado es "relativo a la visión". Este fenómeno bien conocido por el ser humano bajo el término de "luz", resulta imprescindible para que el ojo pueda percibir el entorno que le rodea. No obstante, esta propiedad solo es característica de una parte del espectro óptico (rango visible). El sol es una fuente de luz de origen natural pero también existen múltiples fuentes artificiales tanto en el entorno doméstico (lámparas incandescentes, calentadores de infrarrojos...) como en el ámbito laboral (lámparas germicidas, láser, masas incandescentes...).

Las radiaciones ópticas junto con los campos electromagnéticos, las radiaciones ionizantes, el ruido, las vibraciones y el ambiente térmico forman parte de los denominados "agentes físicos". Es decir, distintas manifestaciones de la energía que pueden ocasionar daños en la salud y, por tanto, se hace necesario elaborar una legislación específica dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL).

Este tema se ha elaborado incluyendo el contenido esencial del articulado del Real Decreto 486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales (en adelante, RD-RO), así como las aportaciones fundamentales de su guía técnica. No obstante, se recomienda complementar su estudio con la lectura de ambos documentos.

#### **1. REAL DECRETO 486/2010, DE 23 DE ABRIL, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES**

Este real decreto constituye una norma de desarrollo reglamentario de la LPRL y supone la incorporación al derecho nacional de la Directiva 2006/25/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la exposición de los trabajadores a riesgos derivados de los agentes físicos (radiaciones ópticas artificiales).

El RD-RO consta de:

- Articulado.  
Donde se detalla el objeto, las definiciones, el ámbito de aplicación, los valores límites de exposición, las disposiciones para reducir o evitar la exposición, la evaluación de riesgos, la limitación de la exposición, las sanciones y las obligaciones de la empresa en materia de: formación e información, consulta y participación y vigilancia de la salud.
- Una disposición adicional.

En la que se mandata al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, en adelante INSST, a elaborar y mantener actualizada una guía técnica (en adelante, GT-RO) de carácter no vinculante al amparo de lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP).

- Una disposición derogatoria única.

Por la que se deroga cualquier disposición de igual o inferior rango que se oponga a lo previsto en este real decreto.

- Cuatro disposiciones finales.

Relativas al Título competencial y la habilitación para el desarrollo reglamentario, la incorporación al derecho nacional de la directiva europea antes citada y la entrada en vigor de la norma.

- Dos anexos.

Un anexo específico para radiaciones ópticas incoherentes y otro para radiaciones ópticas láser. En cada uno se describen las magnitudes físicas correspondientes para evaluar el riesgo, sus valores límite de exposición y los respectivos efectos adversos para la salud frente a los que protegen.

En relación con el cuerpo dispositivo del RD-RO, son especialmente relevantes los artículos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 ya que en ellos se abordan aspectos fundamentales para la adecuada comprensión y aplicación de la norma.

A continuación, se incluye el contenido esencial del articulado del RD-RO.

### **Artículo 1. Objeto**

El objeto de este real decreto es establecer las disposiciones mínimas para la protección contra los riesgos para la salud y la seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a las radiaciones ópticas artificiales durante el trabajo.

### **Artículo 2. Definiciones**

Incluye las siguientes definiciones:

a) Radiación óptica: Toda radiación electromagnética cuya longitud de onda esté comprendida entre 100 nm y 1 mm. Se divide en las siguientes bandas:

1º. Radiación ultravioleta: Comprendida entre 100 nm y 400 nm.

2º. Radiación visible: Comprendida entre 380 nm y 780 nm.

3º. Radiación infrarroja: Comprendida entre 780 nm y 1 mm.

b) Láser: Todo dispositivo capaz de producir radiación óptica mediante el proceso de emisión estimulada controlada.

c) Radiación láser: La radiación óptica procedente de un láser.

d) Radiación incoherente: Toda radiación óptica distinta de una radiación láser.

e) Valores límite de exposición: Los límites de la exposición a la radiación óptica procedente de fuentes artificiales basados en los efectos sobre la salud comprobados. El cumplimiento de estos límites protege frente a los efectos nocivos conocidos para la salud.

f) Irradiancia (E) o densidad de potencia: La potencia radiante que incide, por unidad de área, sobre una superficie, expresada en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ).

g) Exposición radiante (H): La irradiancia integrada con respecto al tiempo, expresada en julios por metro cuadrado ( $J/m^2$ ).

h) Radiancia (L): El flujo radiante o la potencia radiante emitida por unidad de ángulo sólido y por unidad de área, expresada en vatios por metro cuadrado por estereorradián ( $W/(m^2 \cdot sr)$ ).

i) Nivel: La combinación de irradiancia, exposición radiante y radiancia a la que esté expuesta una persona en el ámbito laboral.

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

En este artículo se indica que las disposiciones se aplican a las actividades en las que las personas trabajadoras estén o puedan estar expuestas a las radiaciones ópticas artificiales durante su trabajo, limitándose a los efectos nocivos en los ojos y en la piel.

### **Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**

Las disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición se orientan a eliminar el riesgo en su origen o reducirlo al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y las medidas de control del riesgo en su origen de conformidad con los principios de la acción preventiva indicados en el artículo 15 de la LPRL.

En este artículo se establece que si la evaluación de riesgos revela la posibilidad de que se superen los valores límite de exposición, la empresa elaborará y aplicará un plan de acción, que se integrará en la planificación de la actividad preventiva, donde se incluirán medidas técnicas y/u organizativas destinadas a impedir que la exposición supere dichos valores límite, considerando en particular:

- a) otros métodos de trabajo;
- b) la elección de equipos que generen menores niveles de radiación óptica;
- c) medidas técnicas para reducir la radiación óptica (cerramientos, blindajes o mecanismos similares);
- d) programas apropiados de mantenimiento de los equipos, lugares y puestos de trabajo;
- e) el diseño de los lugares y puestos de trabajo;
- f) la limitación de la duración y del nivel de la exposición;
- g) la disponibilidad de protección individual;
- h) las instrucciones del equipo;

También se indica que cuando se superen los valores límite establecidos en esta normativa se señalarán los lugares de trabajo de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Asimismo, cuando sea posible y necesario, se limitará el acceso.

Por último, el artículo menciona la obligación de adaptar las medidas a las necesidades de las personas trabajadoras especialmente sensibles.



### **Artículo 5. Valores límite de exposición**

En este artículo se indica que los valores límite de exposición a la radiación incoherente se establecen en el apartado A del anexo I y los correspondientes a la radiación láser en el apartado A del anexo II.

### **Artículo 6. Evaluación de los riesgos**

Cuando las personas trabajadoras estén expuestas a fuentes artificiales de radiación óptica, la empresa deberá evaluar los niveles de radiación para reducir la exposición a los límites aplicables. La medición de los niveles no será necesaria en los casos en que la directa apreciación profesional acreditada permita llegar a una conclusión sin necesidad de la misma teniendo en cuenta, en su caso, para el cálculo de dichos niveles, los datos facilitados en los manuales de instrucciones de los equipos conforme a la normativa de seguridad en el producto.

La metodología aplicada en la evaluación, la medición y/o los cálculos se ajustará a las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) para la radiación láser y a las recomendaciones de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) y del Comité Europeo de Normalización (CEN) para la radiación incoherente y, cuando éstas no sean de aplicación, a los métodos o criterios a los que se refiere el artículo 5.3 del RSP.

Estas evaluaciones se revisarán con la periodicidad establecida con el artículo 6 del RSP y serán realizadas por personal cualificado para el desempeño de funciones de nivel superior con la especialidad de higiene industrial.

Los datos obtenidos de la evaluación se documentarán y conservarán de manera que permita su consulta posterior, ajustándose a lo dispuesto en el artículo 23 de la LPRL y en el artículo 7 del RSP.

De conformidad con los artículos 14 y 15 de la LPRL, la evaluación de riesgos deberá realizarse prestando atención:

- a) el nivel, el intervalo de longitudes de onda y la duración de la exposición;
- b) los valores límite de exposición establecidos;
- c) los posibles efectos en la salud y la seguridad de las personas especialmente sensibles;
- d) los posibles efectos en la salud y la seguridad debidos a las interacciones con las sustancias químicas fotosensibilizantes;
- e) los posibles efectos indirectos (deslumbramiento, explosión, incendio);
- f) la existencia de equipos con niveles de emisión inferiores;
- g) la información derivada de la vigilancia de la salud, incluida la información científico-técnica publicada;
- h) la exposición a múltiples fuentes de radiaciones ópticas artificiales;
- i) la clasificación de un láser con arreglo a la norma UNE EN 60825-1«Seguridad de los productos láser. Parte 1: Clasificación del equipo y requisitos» y, cualquier clasificación análoga referida a otra fuente de radiación óptica artificial capaz de ocasionar lesiones similares a un láser de clase 3B o 4;
- j) los manuales de instrucciones de las fuentes de radiación óptica y equipos de trabajo.

### **Artículo 7. Limitación de exposición**

En este artículo se establece que no se deberán superar los valores límite y en caso de comprobarse dicha superación la empresa deberá:

- a) tomar inmediatamente medidas para evitar la superación;
- b) determinar las causas de la sobreexposición;
- c) corregir las medidas de prevención y protección, evitando una reincidencia;
- d) informar a los delegados de prevención.

### **Artículo 8. Información y formación de los trabajadores**

La empresa deberá informar y formar al personal y sus representantes sobre el resultado de la evaluación de riesgos de conformidad con los artículos 18 y 19 de la LPRL, en particular sobre:

- a) las medidas tomadas;
- b) los valores límite de exposición establecidos y los riesgos potenciales asociados;
- c) los resultados de la evaluación, junto con una explicación de su significado;
- d) la forma de detectar los efectos nocivos para la salud e informar sobre ellos;
- e) las circunstancias que dan derecho a una vigilancia de la salud, y la finalidad de esta;
- f) las prácticas de trabajo seguras;
- g) el uso correcto de los equipos de protección individual.

### **Artículo 9. Consulta y participación de los trabajadores**

La consulta y la participación por medio de la representación laboral se realizará de conformidad con el artículo 18 de la LPRL.

### **Artículo 10. Vigilancia de la salud**

La empresa garantizará una adecuada vigilancia de la salud, tal y como se contempla en el artículo 22 de la LPRL, con el fin de la detección precoz de cualquier efecto nocivo, así como de la prevención de cualquier riesgo o de enfermedad crónica.

Cuando se detecte una exposición que supere los valores límite, las personas afectadas tendrán derecho a un examen médico. También lo tendrán las personas que padezcan un efecto nocivo consecuencia de la exposición a radiaciones ópticas artificiales en el trabajo.

En los supuestos anteriores, el personal sanitario competente de la organización preventiva que haya adoptado la empresa propondrá a las personas expuestas un examen médico, les comunicará su resultado y cualquier medida a la que deban someterse tras el cese de la exposición. Así mismo, informará a la empresa de cualquier resultado significativo.

Por su parte, la empresa deberá revisar la evaluación de riesgos y adoptar las medidas necesarias para la reducción del riesgo, teniendo en cuenta las recomendaciones del médico responsable de la vigilancia de la salud. También deberá disponer una vigilancia de las demás personas que hayan sufrido una exposición similar.

La vigilancia de la salud incluirá la elaboración y actualización de la historia clínico-laboral, manteniendo su confidencialidad. La persona trabajadora tendrá acceso, previa solicitud, al historial que le afecte personalmente.

## **Artículo 11. Infracciones y sanciones**

Los incumplimientos a lo dispuesto en este real decreto serán sancionados con arreglo a lo dispuesto en la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social.

## **2. GUÍA TÉCNICA PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A RADIACIONES ÓPTICAS ARTIFICIALES EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Las guías del INSST proporcionan criterios y recomendaciones que pueden facilitar a la empresa y a los/las responsables de prevención la interpretación y aplicación de la norma legal que las mandata, especialmente en lo que se refiere a la evaluación de riesgos para la salud y en lo concerniente a las medidas preventivas aplicables.

En particular, la GT-RO cuenta con cuatro partes:

- Introducción.
- Desarrollo y comentarios al RD-RO.
- Apéndices:
  1. Definiciones.
  2. Clasificaciones de riesgo. Uso de los datos del fabricante.
  3. Efectos de las radiaciones ópticas sobre la salud.
  4. Valores límite de exposición
  5. Evaluación de la exposición.
  6. EPI frente a radiaciones ópticas artificiales: selección y uso
  7. Exposición a radiación óptica de origen natural
  8. Consideraciones específicas para la pequeña empresa
- Fuentes de información.

Se ha de tener presente que la redacción de apéndices en las guías tiene como objeto desarrollar con mayor profundidad algunos aspectos tratados en los comentarios al articulado.

En este segundo epígrafe, se resumen las aportaciones fundamentales proporcionadas por la GT-RO en los artículos más relevantes del texto legal, incorporando una síntesis de los contenidos que se recogen en los apéndices referidos en los citados artículos.

### **Artículo 1. Objeto**

La guía destaca que los riesgos por exposición a radiaciones ópticas naturales no están regulados en este real decreto, no obstante, matiza que este hecho no exime a la empresa de garantizar la salud de su plantilla cumpliendo con los preceptos de carácter general contenidos en la LPRL.

### **Artículo 2. Definiciones**

Los comentarios de la guía a este artículo se realizan en el Apéndice 1, el cual se resume a continuación.

Las radiaciones ópticas (en adelante, RO) tienen mayor energía que los campos electromagnéticos, aunque esta no es suficiente para provocar ionización. Se clasifican por su

longitud de onda, habiéndose fijado por conveniencia unos rangos que no deben considerarse como límites estrictos. La subdivisión en bandas UV e IR está basada en la interacción de la radiación con la materia biológica establecida por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE).

El UV es la RO con mayor poder energético y su interacción con la materia se produce a través de mecanismos fotoquímicos. El visible, también denominado "luz", es capaz de causar una sensación visual y el IR tiene efectos exclusivamente térmicos.

En la naturaleza, las RO se presentan como una radiación incoherente, es decir, compuesta por ondas de distinta longitud de onda, que se propagan desfasadas y de forma omnidireccional. De forma artificial, se puede generar una emisión monocromática, en fase y unidireccional, que se denomina radiación láser. Esta se caracteriza por la duración de la emisión (continua, pulsada) y por la potencia o energía del haz. Aunque, los efectos de la radiación láser son los que corresponden a su longitud de onda, su característica no dispersiva hace que la energía se concentre en un punto, por lo que su evaluación requiere de consideraciones particulares.

Para cuantificar el riesgo potencial por exposición a una fuente de RO cuya emisión sea continua, se utiliza la irradiancia, en caso contrario, se utiliza la exposición radiante. Esta se usa para expresar la dosis y como no considera el tiempo en el que se ha recibido la energía, debe ir acompañada del tiempo de exposición.

Para la determinación de las magnitudes citadas, el Vocabulario Electrotécnico Internacional define las siguientes magnitudes radiométricas complementarias:

- Energía radiante. Es la cantidad de energía emitida por una fuente de radiación, transferida por una radiación o que incide sobre una superficie en forma de ondas electromagnéticas, expresada en julios (J).
- Flujo radiante o potencia radiante. Es la energía radiante emitida, transferida o recibida en la unidad de tiempo, expresada en vatios (W).

Los haces luminosos penetran en el ojo con un determinado ángulo, llamado ángulo visual ( $\alpha$ ), que varía en función de la posición del objeto con respecto al ojo del observador. Así la cantidad de energía que puede llegar a la retina dependerá en gran medida de la dirección de incidencia. La geometría de la visión es clave en la evaluación del riesgo, siendo el caso más sencillo cuando la fuente radiante está colocada perpendicularmente al eje de visión. Entonces el ángulo visual se calcula conforme a la siguiente expresión:

$$\alpha = \text{Dimensión mayor de la fuente/distancia de visión}$$

Si  $\alpha$  es muy pequeño, haz esencialmente paralelo, lo que sucede con fuentes muy distantes y láseres, la energía se concentra en un área muy pequeña de la retina. El ángulo sólido subtendido ( $\omega$ ) es el equivalente tridimensional al ángulo visual y se mide en el SI en estereorradianes (sr). Se calcula dividiendo el área de la fuente (A) por el cuadrado de la distancia (r).

La radiancia es la magnitud que mejor cuantifica el riesgo en la retina, por exposición al visible y al IRA ya que el ángulo sólido de visión del ojo es relativamente pequeño. Se puede obtener a partir de la relación entre el flujo radiante de un haz que se propaga en un ángulo sólido que contiene la dirección de observación y el área proyectada de la fuente sobre un plano perpendicular a la dirección de observación, mediante la siguiente fórmula:

$$L = d\Phi / dA \cdot \cos\theta \cdot d\omega$$

Donde  $\theta$  es el ángulo plano que forma la dirección de la observación con la normal a la superficie de la fuente.

La irradiancia, la exposición radiante y la radiancia son las magnitudes radiométricas más importantes para caracterizar una exposición laboral. Cada una de ellas se utiliza para evaluar la exposición en una banda espectral determinada, por lo que el nivel referido en el texto legal hace referencia a la magnitud que debe utilizarse en cada caso que dependerá del tipo de radiación emitida.

### **Artículo 3. Ámbito de aplicación**

La guía matiza que la exposición laboral a RO puede deberse a:

- Una exposición funcional: cuando el uso de fuentes de radiación óptica artificial, en un determinado proceso, es imprescindible.
- Una exposición no deliberada: donde la radiación no es imprescindible para la realización de la actividad.

### **Artículo 4. Disposiciones encaminadas a evitar o a reducir la exposición**

La Guía técnica refiere otros métodos como la automatización del proceso y la rotación de puestos de trabajo, exceptuando para esta alternativa la exposición a UV debido a sus efectos estocásticos.

Los comentarios de la guía respecto a la elección de equipos se realizan en el Apéndice 2. Seguidamente se incluyen los aspectos fundamentales recogidos.

La normativa para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas indica que el manual de instrucciones contendrá información sobre la radiación no ionizante emitida para las personas expuestas, cuando sea probable que esta pueda causar daño. Para el cumplimiento de este requisito, las empresas fabricantes disponen de distintas normas que desarrollan el concepto de "clase" según el nivel de riesgo potencial.

Los láseres se clasifican en función de su peligrosidad de acuerdo a la norma UNE-EN 60825-1. La clase conlleva información fundamental de las características físicas de la emisión láser y también de las medidas de prevención que deberían contemplarse. En la norma se distinguen:

- Clase 1. Son láseres seguros en las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles incluyendo el uso de instrumentos ópticos para mirar directamente al haz. Se incluyen los láseres de alta potencia si están confinados durante su uso normal.
- Clase 1M. Son seguros en las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles, pero pueden ser peligrosos si el usuario emplea elementos ópticos en el haz.
- Clase 2. Emiten en el visible (400 a 700 nm.). Cabe esperar que la respuesta de aversión, consistente en apartar los ojos y parpadear proporcione la protección adecuada en las condiciones de funcionamiento razonablemente previsibles, incluyendo el uso de instrumentos ópticos. No obstante, pueden resultar peligrosos si se fija la vista voluntariamente en el haz.
- Clase 2M. Idéntica a la clase 2, sin embargo, mirar a la salida del haz puede ser peligroso si el usuario emplea elementos ópticos.
- Clase 3R. Es potencialmente peligroso mirar directamente al haz, pero el riesgo es menor que para los láseres de la Clase 3B.

- Clase 3B. Son láseres normalmente peligrosos cuando hay exposición directa al haz dentro de la distancia de seguridad. Observar las reflexiones difusas es generalmente seguro.
- Clase 4. Son láseres cuya exposición directa e indirecta (difusa) es peligrosa. Pueden producir daños en la piel y podrían presentar también riesgo de incendio.

En conclusión, los láseres de Clase 1M, 2 y 2M se consideran seguros siempre que se utilicen en las condiciones establecidas en los manuales de instrucciones, mientras que las clases 3B y 4 son potencialmente peligrosas y debería procurarse su confinamiento.

Para realizar el procedimiento de clasificación se mide la irradiancia o la exposición radiante en condiciones que maximicen los niveles de emisión accesibles. Por tanto, la clasificación normalizada implica que no se sobrepasarán los Límites de Emisión Accesibles designados para cada clase.

Las fuentes incoherentes también disponen de normas para su clasificación según el riesgo asociado. En particular, la norma UNE-EN 62471 para lámparas y la norma UNE-EN 12198-1:2001+A1:2008 para máquinas que emiten RO.

La norma UNE-EN 62471 no tiene en cuenta la acumulación de la exposición en el caso de múltiples fuentes. Distingue los siguientes grupos:

- Grupo exento: no presenta ningún riesgo fotobiológico en cualquier situación previsible.
- Grupo 1 (riesgo bajo): en condiciones normales de funcionamiento no presenta ningún riesgo debido a las limitaciones en la exposición.
- Grupo 2 (riesgo moderado): el riesgo está limitado por la respuesta de aversión a las fuentes de luz brillante o al malestar térmico.
- Grupo 3 (riesgo alto): supone un riesgo incluso en exposiciones breves o instantáneas.

La norma UNE-EN 12198-1:2001+A1:2008 asigna una categoría para cada una de las fases de la vida de la máquina, siendo la categoría global asignada la más alta de todas ellas. Se establecen las siguientes categorías:

- Categoría 0. No es necesaria ninguna restricción, ni información.
- Categoría 1. Se requiere limitación de acceso y pueden ser necesarias medidas de seguridad.
- Categoría 2. Se requieren restricciones especiales y medidas de seguridad indispensables. Puede ser necesaria formación.

En las categorías 1 y 2, es necesario suministrar información sobre los peligros, los riesgos y los efectos secundarios.

En las fases de diseño y fabricación de las fuentes de RO se deben adoptar todas las medidas necesarias para que la radiación emitida por estas se limite al nivel más bajo posible. No obstante, en ocasiones la empresa deberá adoptar medidas adicionales para el cumplimiento de los valores de referencia. Entre estas cabe destacar medidas tales como la disminución de las superficies reflectantes, la instalación de barreras físicas, interruptores de parada de emergencia, dispositivos de enclavamiento, sensores de presencia, etc. Cuando se precisa la supervisión de un proceso confinado total o parcialmente, existe la posibilidad de utilizar cámaras, mirillas o ventanas.



Para definir las características de las barreras, la guía cita dos normas:

- Una que especifica los requisitos de seguridad de las cortinas, lamas y pantallas transparentes para la protección de los puestos de trabajo cercanos a los procesos de soldadura de arco.
- Otra que detalla los requisitos de funcionamiento y el sistema de etiquetado de las pantallas destinadas a la protección frente a la radiación laser.

Las barreras que cumplen estas normas se acompañan de un folleto informativo, que contiene las capacidades de protección, las limitaciones y las instrucciones de uso, montaje y mantenimiento.

La guía señala que el programa de mantenimiento debería ser conforme con los manuales de instrucciones, e incluir la revisión de las pantallas de protección, la reparación de los enclavamientos que funcionen mal, la sustitución de las fuentes cuando finalice su vida funcional y de los elementos con características filtrantes cuando sufran deterioro.

Para el diseño de los lugares de trabajo se recomienda aumentar la distancia a las fuentes de emisión, eliminar las superficies reflectantes innecesarias, separar los puestos con exposición del resto y de las zonas de paso, limitando el acceso mediante señalización adecuada.

Dado que la dosis depende del nivel y del tiempo se aconseja actuar sobre el nivel como la mejor opción y la más factible.

La guía desarrolla en el Apéndice 6 los requisitos de selección y uso del EPI frente a RO. A continuación, se procede a realizar una síntesis de su contenido.

La selección del EPI de protección ocular y facial frente a RO conlleva las siguientes etapas:

- 1º. Identificación de la fuente de radiación óptica (IR, UV, láser, soldadura, etc.)
- 2º. Determinación de la protección requerida, que viene descrita por el código de protección (en función del tipo de radiación) y el grado de protección.

Las características del EPI para la protección de los ojos en operaciones de soldadura y técnicas afines están normalizadas. La norma en cuestión indica que los filtros que ofrecen protección para estas operaciones carecen de código numérico de protección y el grado de protección depende de ciertos parámetros intrínsecos al tipo de soldadura (intensidad de corriente, tipo de arco, metal base, caudal de gas del quemador, etc.).

También se encuentran normalizadas las características de los filtros de protección para las aplicaciones que emiten UV y para las fuentes con emisión de radiación IR. La protección frente al IR se determina según la temperatura del fundente en grados centígrados. En caso de fuentes intensas, se recomienda que los EPI dispongan de reflectancia mejorada que provoca un menor incremento de la temperatura del filtro.

Dado que determinar el grado adecuado de protección del EPI respecto a la radiación láser es complejo, es esencial el asesoramiento proporcionado por la empresa fabricante. No obstante, existen normas que informan acerca de los requisitos que deben cumplir los filtros y protectores de los ojos contra la radiación láser para exposición accidental y para visión directa.

Los trabajos de soldadura y los trabajos en hornos de fundición requieren además la protección de la piel, de forma que se precisa utilizar ropa certificada que cuente con características específicas frente a las emisiones del soldeo y al calor y la llama respectivamente. También se han publicado normas técnicas que definen sus características.

La ropa y los guantes de protección con resistencia a la inflamabilidad suele proteger la piel frente al láser, aunque estén diseñados para otros fines. Por otra parte, las batas y guantes de laboratorio suelen ofrecer una protección suficiente para la utilización de las lámparas germicidas.

La guía concreta que los accesos a las áreas con presencia de radiación láser deben contar con una señal de aviso adecuada (UNE-EN 60825-1). Además, cada producto láser debe llevar, de acuerdo con su clase, unas etiquetas que resuman las medidas preventivas y que sean duraderas, permanentes, fijas y legibles.

### **Artículo 5. Valores límite de exposición**

La guía incluye el Apéndice 4 donde se explican los valores límite de exposición. A continuación, se realiza un breve desarrollo.

El anexo I "Radiaciones ópticas incoherentes" del Real Decreto 486/2010 se compone de tres apartados:

- A. Valores Límite de Exposición, expresados en las magnitudes radiométricas (tabla A.1). están basados en recomendaciones de la *International Commission on Non Ionizing Radiation Protection* (ICNIRP).
- B. Expresiones o fórmulas matemáticas, que representan el significado físico de cada VLE (tabla A.2).
- C. Curvas de ponderación biológica que reproducen la respuesta del organismo frente a las distintas longitudes de onda del espectro óptico (tablas A.3 y A.4). Se describen tres curvas o funciones de ponderación:  $S(\lambda)$ ,  $B(\lambda)$  y  $R(\lambda)$ .

Las magnitudes radiométricas cuantifican la radiación óptica y pueden hacer referencia al total de la emisión o descomponerse en cada una de sus longitudes de onda. En este último caso, se denota mediante el subíndice  $\lambda$ .

En la región UV, se definen dos valores límites, ambos expresados en exposición radiante:

- el VLE-1 protege frente a daños en la piel (eritema, cáncer) y los ojos (queratitis, conjuntivitis). A pesar de que se define en todo el intervalo UV, en la práctica se aplica solo entre 180-315 nm. porque los factores de ponderación por encima de 315 nm (UVA) están muy próximos a cero. Utiliza la curva de ponderación  $S(\lambda)$ .
- el VLE-2, protege frente a cataratas y es exclusivo para el UVA. No incluye ponderación espectral.

Los valores límite para el visible y el infrarrojo consideran además de las curvas de ponderación, la geometría de visión, que determina la cantidad de radiación que llega a la retina. Pertenecen a este intervalo:

- VLE-3a y VLE-3b. Se expresan en radiancia o irradiancia ponderada por  $B(\lambda)$ . Protegen la retina del riesgo por luz azul (fotorretinitis) y se aplican en el intervalo 300-700 nm.
- VLE-4 (380-1400 nm) y VLE-5 (780-1400 nm). Se expresan en radiancia ponderada por  $R(\lambda)$ . Protegen de forma conjunta frente a quemaduras en la retina. Si la fuente radiante emite sólo en el IRA, se utiliza el VLE-5; pero si además la emisión incluye la región del visible, se aplicará el VLE-4, ya que con estímulo visual el ojo está protegido por la respuesta de aversión.

- VLE-6. Se expresa en irradiancia. Protege al cristalino y la córnea de lesiones térmicas derivadas de la exposición a IRA e IRB. Aplica entre 780 y 3000 nm.
- VLE-7. Se expresa en exposición radiante. Este límite está destinado a proteger frente a las quemaduras que la radiación visible e infrarroja provocan en la piel. Aplica entre 380 y 3.000 nm, aunque en la práctica es poco probable su superación, porque el valor establecido es muy elevado.

Los valores límite para la radiación láser están establecidos en el anexo II del real decreto (tablas B1 y B2 para los ojos y B3 para la piel). El anexo II también contiene las expresiones matemáticas y los factores de corrección para determinar los valores de exposición a las radiaciones ópticas láser que son pertinentes desde un punto de vista biofísico.

Los láseres continuos se caracterizan por la potencia media de salida y su límite se expresa en términos de irradiancia mientras que los láseres de impulsos se definen por la energía del pulso y los VLE se expresan como exposición radiante. Los valores límite están definidos para la protección frente a daños, pero no frente al deslumbramiento. Las exposiciones más peligrosas se producen cuando el haz incide directamente o por reflexión especular. Cada clase de láser garantiza que no se sobrepasan los Límites de Emisión Accesibles (LEA) designados y estos a su vez, se determinan a partir de los valores límite de exposición bajo unas condiciones de ensayo.

#### **Artículo 6. Evaluación de los riesgos**

La guía argumenta que, dada la considerable dificultad de realizar la medición de los niveles de RO, especialmente en el rango del visible, es de gran utilidad evaluar este riesgo por estimación. Esto se podrá realizar:

- A partir de los datos facilitados por los manuales de instrucciones.
- Por apreciación directa; cuando la exposición esté notablemente por debajo o por encima del VLE.

La evaluación y medición de los niveles de RO incoherentes se describe en la norma UNE-EN 14255 que consta de cuatro partes, mientras que para la radiación laser el procedimiento correspondiente se detalla en la norma UNE EN 60825-1.

Además, la guía en el Apéndice 5, propone un método simplificado de evaluación basado en estas normas. Este método identifica fuentes cuya emisión está por debajo de los VLE (fuentes de bajo riesgo) o por encima de ellos (fuentes de riesgo alto), procediendo a realizar la evaluación por estimación directa, sin necesidad de cuantificar por cálculo o por medición la exposición.

Las fuentes de bajo riesgo se clasifican en:

- Fuentes seguras, entre las que se hallan:
  - luminarias de techo con difusores,
  - alumbrado de trabajo, incluidas lámparas de mesa y halógenas de tungsteno con filtros UV,
  - fotocopiadoras y escáneres,
  - pantallas de ordenador y similares,
  - dispositivos de control remoto por LED,
  - flash de fotografía usados individualmente,

- radiadores de infrarrojo (estufas, calentadores),
- luces de freno, marcha atrás y antiniebla,
- lámparas clasificadas "1-riesgo bajo" según UNE-EN 62471,
- máquinas clasificadas "categoría 0" según UNE-EN 12198-1:2001+A1:2008,
- láseres clase 1 según UNE-EN 60825-1.
- Fuentes seguras en condiciones de empresa fabricante:
  - luminarias fluorescentes de techo sin difusores,
  - proyectores de mercurio de alta presión,
  - proyectores de sobremesa.
  - luces delanteras de vehículos,
  - lámparas para cirugía y diagnóstico,
  - trampas UV para insectos,
  - iluminación con focos, efectos de luz y flashes con filtro UV,
  - utilización simultánea de flashes de fotografía,
  - lámparas clasificadas "2-riesgo moderado" según UNE-EN 62471,
  - láseres clase 1M, 2 o 2M según UNE-EN 60825-1.

Por otra parte, son fuentes con riesgo alto, para las que resulta necesario la adopción de medidas preventivas, incluido el uso del EPI, las siguientes:

- soldadura o técnicas relacionadas,
- proximidad a hornos y quemadores,
- metales fundentes,
- industria del vidrio,
- curado de tintas y pinturas con UV,
- trabajos con láser 3B y 4,
- fototerapia con luz azul o UV,
- esterilización con UV y fluorescencia inducida,
- luz pulsada de alta intensidad (IPL).

Para abordar la evaluación, la longitud de onda de la emisión es un dato fundamental que se obtiene a partir del manual de instrucciones. En el visible, el tiempo de exposición no se puede igualar al tiempo de la tarea ya que los movimientos reflejos de los ojos actúan como mecanismo de protección natural si la exposición supera los 0,25 segundos. Por ello, ante luz muy brillante se podría suponer que la duración de la exposición es igual al tiempo de la respuesta de parpadeo (0,25 segundos).

Entre las personas especialmente sensibles se encuentran las expuestas a agentes o sustancias fotosensibilizantes y aquellas que padecen afaquia (ausencia de cristalino), ya que en este caso

se incrementa el riesgo en la retina por la luz. Para la valoración del riesgo "afáquico", ICNIRP recomienda la utilización de una curva de ponderación específica,  $A(\lambda)$ .

El UV y la luz azul interactúan con la piel y los ojos mediante un mecanismo fotoquímico que consiste en la inducción de una reacción química, dando como resultado la producción de daños relacionados con la dosis. Por otra parte, existen agentes químicos capaces de amplificar estas reacciones fotoquímicas y que se encuentran con frecuencia presentes en perfumes, cosméticos, colorantes, tintas de impresión, pesticidas y medicamentos. Los posibles efectos sinérgicos no modifican los VLE, por lo que procede evitar o reducir la exposición.

Además de la salud, la evaluación debe tener presente la seguridad de las personas trabajadoras, ya que las fuentes incoherentes de gran potencia y los láseres de Clase 4 pueden provocar incendios o explosiones en presencia de atmósferas explosivas.

Cuando se realiza el proceso de evaluación se recomienda atender a las fuentes bibliográficas de reconocida solvencia. En particular, las publicaciones de la OMS y la ICNIRP.

Otro aspecto para tener en cuenta son los efectos aditivos debidos a la combinación de exposiciones pertenecientes a diferentes regiones del espectro óptico, los cuales se identifican en una tabla incluida en la guía.

Dado que el concepto de "clase de riesgo" aplica tanto a dispositivos láser como a las fuentes incoherentes. Para estas, la UNE-EN 62471 recoge una clasificación que identifica las fuentes de clase 3, con riesgo similar al láser de clase 3B o 4.

La norma UNE EN 60825-1 establece la figura del responsable de seguridad láser como el profesional con amplio conocimiento para asesorar en la evaluación y control de estos riesgos, indicando que debe designarse en los centros de trabajo con presencia de láser 3B o 4.

En la guía se informa que el manual de instrucciones debe incluir los datos relativos a los procedimientos de uso seguros. Si la fuente ha sido clasificada conforme a algunas de las normas citadas, también incluirá la clase o grupo de riesgo, el intervalo espectral, la potencia radiante, las distancias de seguridad, etc.

#### **Artículo 7. Limitación de exposición**

La guía concreta que, además de adoptar las medidas derivadas del artículo 4, con carácter excepcional, se puede limitar el tiempo de exposición, utilizar un EPI adecuado o retirar provisionalmente del puesto de trabajo.

Respecto a las causas de la sobreexposición, se relacionan entre otras la incorporación de fuentes de emisión, la falta de mantenimiento, el aumento del tiempo de trabajo, las modificaciones del lugar de trabajo o una selección inadecuada del EPI.

## **TEMA 58**

### **REAL DECRETO 299/2016, DE 22 DE JULIO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Los campos electromagnéticos (en adelante, CEM) están presentes de manera habitual en el mundo que nos rodea y son parte esencial de nuestro medio ambiente. Los más conocidos son los de origen natural, como el campo magnético terrestre o los campos eléctricos generados en la atmósfera durante una tormenta. Pero también existen múltiples aplicaciones de los CEM en actividades laborales, como, por ejemplo: en el sector sanitario, en el del transporte o en el de las telecomunicaciones y la radiodifusión.

Los CEM -junto con las radiaciones ionizantes, las radiaciones ópticas, el ruido, las vibraciones y el ambiente térmico- forman parte de los denominados "agentes físicos". Es decir, distintas manifestaciones de la energía que pueden ocasionar daños en la salud y, por tanto, se hace necesario elaborar una legislación específica dentro del marco de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales (en adelante, LPRL).

#### **1. REAL DECRETO 299/2016, DE 22 DE JULIO, SOBRE LA PROTECCIÓN DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DE LOS TRABAJADORES CONTRA LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS**

Este real decreto (en adelante, RD-CEM) constituye una norma de desarrollo reglamentario de la LPRL y supone la incorporación al derecho nacional de la Directiva 2013/35/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2013, sobre las disposiciones mínimas de salud y seguridad relativas a la exposición de los trabajadores a los riesgos derivados de agentes físicos (campos electromagnéticos).

El RD-CEM tiene por objeto la protección de la salud y la seguridad frente a los efectos causados por la exposición a CEM durante el trabajo. Para lo cual tiene en cuenta, además de los riesgos relativos a la seguridad, los efectos biofísicos a corto plazo que pueden afectar a la salud. Sin embargo, la norma no aborda los posibles efectos a largo plazo, ya que, tal y como se cita en la directiva europea "no existen datos científicos comprobados que establezcan un nexo causal".

Al igual que otros reales decretos del ámbito preventivo, el RD-CEM consta de:

- Articulado.

Donde se detalla el objeto y el ámbito de aplicación, las definiciones, los criterios de referencia, las disposiciones para reducir o evitar la exposición, la evaluación de riesgos, la limitación de la exposición, las sanciones y las obligaciones de la empresa en materia de: formación e información, consulta y participación y vigilancia de la salud. Cabe destacar, por no ser habitual en la normativa de PRL, que se incluye un artículo sobre excepciones al cumplimiento de los valores límite de exposición.



- Una Disposición Adicional Única.

En la que se mandata al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo a elaborar y mantener actualizada una guía técnica (en adelante, GT-CEM) de carácter no vinculante al amparo de lo dispuesto en el artículo 5.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (en adelante, RSP).

- Cuatro Disposiciones Finales.

Relativas al Título competencial y la habilitación para el desarrollo reglamentario, la incorporación al derecho nacional de la directiva europea antes citada y la entrada en vigor de la norma.

- Tres Anexos.

De alta complejidad técnica en los que se describen las principales magnitudes físicas necesarias para evaluar el riesgo y los criterios de referencia<sup>1</sup> (valores límite de exposición y niveles de acción) que se establecen para evitar que se produzcan los efectos adversos para la salud.

En relación con el cuerpo dispositivo del RD-CEM, son especialmente relevantes los artículos 2, 3, 4, 5, 6 7 y 11 ya que en ellos se abordan aspectos fundamentales para la adecuada comprensión y aplicación de la norma.

A continuación, se realiza una visión general de los artículos del RD-CEM y posteriormente, en el siguiente epígrafe se profundizará más en ellos, poniendo el acento en las aportaciones que la guía del INSST proporciona para realizar la evaluación de la exposición de forma adecuada.

El **artículo 1**, determina que el real decreto tiene por objeto, en el marco de la LPRL, establecer las disposiciones mínimas para la protección frente a los riesgos para su salud y su seguridad derivados o que puedan derivarse de la exposición a campos electromagnéticos durante el trabajo.

El **artículo 2**, dedicado a las definiciones, detalla los siguientes términos:

- **CEM:** todo campo eléctrico o magnético estático, así como los campos eléctricos, magnéticos y electromagnéticos variables en el tiempo, con frecuencias comprendidas entre 0 Hz y 300 GHz.
- **Efectos biofísicos directos:** son los causados directamente por los CEM sobre el cuerpo humano. Pueden clasificarse en: efectos térmicos (calentamientos), efectos no térmicos (electroestimulación de músculos, nervios y órganos sensoriales) y corrientes en las extremidades.
- **Efectos indirectos:** son los causados por los CEM sobre un objeto, que puede a su vez suponer un riesgo para la salud o la seguridad. Estos son: las interferencias electrónicas con equipos y dispositivos médicos (como marcapasos), la activación de electro-explosivos, los incendios y explosiones ocasionadas por chispas, la proyección de

---

<sup>1</sup> En adelante, se entenderá que el término "criterios de referencia" engloba conjuntamente a los VLE y a los NA y por tanto lo descrito aplicará a ambos conceptos.

objetos ferromagnéticos en campos magnéticos estáticos, las corrientes de contacto y las descargas en forma de chispa.

- **Valores límite de exposición (VLE):** los valores que se han establecido a partir de consideraciones biofísicas y biológicas, en particular sobre la base de los efectos directos agudos y a corto plazo científicamente comprobados. Estos pueden clasificarse en:
  - Valores límite de exposición relacionados con efectos para la salud (VLE<sub>SALUD</sub>): aquellos valores por encima de los cuales se pueden producir daños, como el calentamiento o la estimulación de los tejidos nervioso y muscular.
  - Valores límite de exposición relacionados con efectos sensoriales (VLE<sub>SENSORIALES</sub>): aquellos valores por encima de los cuales se pueden producir pequeños cambios en las funciones cerebrales y en las percepciones de los sentidos. En estos casos, el real decreto indica que estos síntomas no suponen un daño para la salud, sino más bien, una molestia que puede afectar al malestar de la persona expuesta y por tanto vincularse con riesgos asociados a la seguridad (caídas, distracciones, etc.).
- **Niveles de acción (NA):** los niveles operativos establecidos para simplificar la demostración del cumplimiento de los VLE correspondientes o para tomar las medidas de protección o de prevención. A su vez los NA pueden dividirse en niveles inferiores y superiores de acción.

A partir de estas definiciones, el **artículo 3** establece que el alcance de la norma solo contempla los efectos biofísicos a corto plazo, que son aquellos de los que se tiene una evidencia científica comprobada, y los efectos indirectos causados por los CEM. Además, se incide en que en el RD-CEM no aborda ni los posibles efectos a largo plazo (como podrían ser las enfermedades crónicas) ni los riesgos derivados del contacto con conductores en tensión.

El **artículo 4**, sobre las disposiciones encaminadas a reducir o evitar la exposición, indica que son aquellas que deben ponerse en marcha cuando la evaluación concluye que existen riesgos para la seguridad o la salud. Se constituyen en el plan de acción y se establece que este no será necesario si se cumplen los VLE.

Análogamente a otros reales decretos, como el de radiaciones ópticas o el de ruido, aquí se enumeran una serie de puntos a considerar como, por ejemplo:

- La adopción de métodos de trabajo que conlleven una exposición menor.
- Las medidas técnicas para reducir la emisión y exposición.
- Las medidas adecuadas de delimitación y acceso (como señales o barreras).
- Los programas de mantenimiento de equipos, lugares y puestos de trabajo.
- El diseño y la disposición de los lugares y puestos de trabajo.
- La limitación de la duración e intensidad de la exposición.
- La disponibilidad de equipos adecuados de protección individual.

Sin embargo, por la propia naturaleza de los CEM y por las particularidades de su interacción con el cuerpo humano, en el artículo 4 también se abordan cuestiones como:

- La necesidad de recibir formación específica y EPI apropiados cuando pueda existir riesgo de descargas eléctricas debido a los efectos indirectos.
- La adopción de medidas específicas para prevenir el control de movimientos.

Por último, se establece la necesidad de revisar, y en su caso actualizar la evaluación de riesgos, cuando el personal expuesto informe de la aparición de algún efecto biofísico directo contemplado en el ámbito de aplicación.

El **artículo 5**, sobre valores límite de exposición y niveles de acción, es especialmente complejo ya que, además de remitir a los anexos para establecer los distintos criterios de referencia, indica en qué condiciones se aplican cada uno de ellos.

Dado el gran calado de este artículo y sus anexos, la GT-CEM le dedica una parte relevante. No obstante, a continuación, se resume el contenido general de los citados anexos y el alcance del artículo.

El **anexo II** está dedicado a prevenir los **EFFECTOS NO TÉRMICOS**. Los valores se describen pormenorizadamente a lo largo de 7 tablas ya que estos límites varían en función de:

- La componente del campo: eléctrico o magnético.
- La frecuencia.

Cada límite está orientado a prevenir la aparición de un efecto adverso concreto y están definidos en las magnitudes físicas que permiten cuantificar el campo electromagnético y la corriente eléctrica, es decir: la intensidad del campo eléctrico, la inducción magnética y la intensidad de corriente.

Para prevenir la aparición de estos daños a la salud (electroestimulación de tejidos) y molestias (vértigos, náuseas y fosfenos) se establecen los siguientes límites y niveles:

- **Sección A (Valores Límite de Exposición VLE)**

- La tabla 1 contiene los  $VLE_{SALUD}$  y  $VLE_{SENSORIALES}$  aplicables a los campos magnéticos estáticos (0 Hz).

Cabe destacar que esta tabla distingue entre condiciones de trabajo "normales" y "controladas", dos conceptos que se explican en la GT-CEM y que son fundamentales para saber qué límite aplica en cada caso.

- Las tablas 2 y 3 son para campos variables de baja frecuencia (> 0 Hz) y recogen los  $VLE_{SALUD}$  como  $VLE_{SENSORIALES}$  para el campo eléctrico "in situ". El concepto de campo eléctrico "in situ" y sus diferencias con el campo eléctrico ambiental se explican también en la GT-CEM.

- **Sección B (Niveles de Acción NA)**

- La tabla 4 recoge los NA para los campos magnéticos estáticos (0Hz) para prevenir las posibles interferencias con dispositivos médicos activos implantados y la atracción y proyección de objetos dentro de campos intensos.
- Las tablas 5 y 6 contienen los NA inferiores y superiores de los campos eléctricos y magnéticos variables desde 1Hz hasta los 10 MHz.
- Por último, la tabla 7 incluye los NA que aplican para prevenir las corrientes de contacto, en este caso el rango de frecuencias alcanza los 10 GHz.

El **anexo III** está dedicado a los **EFFECTOS TÉRMICOS**, es decir el calentamiento global o parcial de alguna parte localizada del organismo.

De la misma manera que en el anexo II, los límites y niveles están establecidos en función de la frecuencia y de la componente eléctrica o magnética del campo. Sin embargo, en esta ocasión, las magnitudes utilizadas para establecer los VLE son diferentes ya que deben tratar de cuantificar el aumento de temperatura en los tejidos. Por eso se emplean la absorción específica (SA), la Tasa de Absorción Específica (SAR) y la densidad de potencia (S).

- **Sección A (Valores Límite de Exposición VLE)**

- La tabla 8 recoge los VLE<sub>SALUD</sub> para prevenir el calentamiento global o parcial (de la cabeza o las extremidades) entre 100 kHz y 6 GHz.
- La tabla 9 introduce los VLE<sub>SENSORIALES</sub> para evitar un efecto muy concreto: la estimulación del órgano del oído por las microondas pulsátiles. Es decir, en determinadas circunstancias se pueden "oír" las microondas, por eso esta tabla solo aplica a las frecuencias entre 300 MHz y 6 GHz.
- La tabla 10 contiene los VLE<sub>SALUD</sub> para prevenir los calentamientos superficiales en exposiciones a campos de muy alta frecuencia (hasta 300 GHz).

- **Sección B (Niveles de Acción NA)**

- La tabla 11 establece los NA para los campos eléctrico y magnético desde los 100 kHz hasta los 6 GHz.
- La tabla 12 establecen los NA las corrientes de contacto y las corrientes inducidas en las extremidades.

El artículo 5 dispone, con carácter general, que es deber de la empresa garantizar que no se superan ni los VLE<sub>SALUD</sub> ni los VLE<sub>SENSORIALES</sub>. Para asegurar esto, se puede recurrir a los NA ya que, cuando estos se satisfagan, se dará por cumplida esta obligación. No obstante, bajo determinadas circunstancias, se da la posibilidad de que se excedan, tanto los NA inferiores como los VLE<sub>SENSORIALES</sub>. Estos aspectos se examinan con detalle en la GT-CEM ya que son clave para la correcta aplicación del real decreto.

El **artículo 6** trata de la evaluación de riesgos y formalmente tiene muchos aspectos en común con otros reales decretos sobre higiene industrial como: la obligación de evaluar el riesgo (incluyendo mediciones cuando sea necesario), la información de los fabricantes, la existencia de equipos que permitan reducir la exposición, así como la información acerca de las características individuales de la plantilla (sobre todo cuando haya trabajadores especialmente sensibles).

Sin embargo, este artículo presenta unas particularidades que lo diferencian del resto de la normativa de prevención.

- La evaluación de los riesgos puede hacerse pública si así se solicita por parte de personas físicas o jurídicas ajenas a la empresa, siempre que se respete la normativa sobre protección de datos de carácter personal.
- La evaluación de riesgos solo puede llevarse a cabo por quienes estén en posesión de la capacitación de nivel superior en PRL.

- En relación con las personas especialmente sensibles, se incluyen explícitamente a las mujeres embarazadas y a quienes lleven dispositivos médicos implantados activos o pasivos, como marcapasos o bombas de insulina.
- Finalmente, no será necesario realizar la evaluación de la exposición en los lugares de trabajo abiertos al público, siempre que cumplan con las disposiciones aplicables a la población general. Este punto también es de especial relevancia en la GT-CEM ya que es muy importante conocer el porqué de esta excepción y cuáles son los lugares de trabajo en los que puede aplicarse.

El **artículo 7** sobre limitación de la exposición determina que esta no deberá superar:

- Los  $VLE_{SALUD}$  salvo que sea de aplicación el artículo 11.
- Los  $VLE_{SENSORIALES}$  salvo que se den las circunstancias establecidas en el artículo 5.

No obstante, en la GT-CEM, al profundizar en la aplicabilidad de estas excepciones, se concluye que su alcance es bastante limitado.

Además, si a pesar de las medidas adoptadas para reducir la exposición se continúan superando los VLE, se mandata a la empresa a intervenir con carácter inmediato para reducir dichos valores. Asimismo, se deberán determinar las causas de la superación, proponer nuevas medidas de control e informar a las delegadas y los delegados de prevención de las circunstancias que han dado lugar a la sobreexposición.

El **artículo 8** recoge que la empresa velará porque se satisfagan los derechos de formación e información establecidos en la LPRL. Para ello, partiendo de los resultados de la evaluación de riesgos, se deberán abordar:

- Las medidas preventivas adoptadas.
- El significado de los criterios de referencia y los posibles riesgos asociados a la exposición.
- Los posibles efectos indirectos.
- Los resultados de la evaluación, la medición o los cálculos de los niveles de exposición.
- La forma de detectar los efectos adversos para la salud y cómo informar sobre ellos.
- La posibilidad de que surjan trastornos transitorios relacionados con los efectos sobre el sistema nervioso central o periférico.
- Las circunstancias en las que se tiene derecho a una vigilancia de la salud.
- Las prácticas de trabajo seguras para reducir los riesgos al mínimo.
- El personal especialmente sensible.

El **artículo 9** desarrolla el derecho de consulta y participación de conformidad con lo dispuesto en la LPRL.

De igual manera el **artículo 10** enmarca el derecho a la vigilancia de la salud según lo dispuesto en la LPRL y el RSP y determina que tiene por objeto prevenir y diagnosticar lo antes posible cualquier efecto adverso para la salud derivado de la exposición a CEM.

El **artículo 11** contiene tres excepciones a la aplicación de los VLE.

La primera de ellas afecta al sector sanitario, en concreto al uso, ensayo, mantenimiento e investigación de equipos de imagen por resonancia magnética para pacientes (en adelante, IRM). Para acogerse a esta excepción han de cumplirse cinco condiciones:

1. Que se demuestre que se han superado los VLE.
2. Que se hayan aplicado todas las medidas técnicas y de organización posibles.
3. Que la superación de los VLE esté debidamente justificada.
4. Que se hayan tenido en cuenta las características del lugar de trabajo, del equipo de trabajo y las prácticas de trabajo.
5. Que se demuestre que la seguridad y la salud del personal expuesto no va a verse comprometida y, especialmente, garantizar que se siguen las instrucciones de uso seguro de los equipos.

La segunda excepción aplica al sector de la defensa, en el que se podrá autorizar la aplicación de otros límites distintos a los de este real decreto, siempre que ofrezcan una protección equivalente.

La tercera excepción es más generalista y no menciona ninguna actividad concreta. Establece que la superación de los VLE solo pueda darse en circunstancias debidamente justificadas que, en esencia, se corresponden con las cinco condiciones que se han enunciado antes para la IRM.

En la GT-CEM se profundiza en el alcance de este artículo y se dan pautas para su aplicabilidad.

## **2. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN A CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LOS LUGARES DE TRABAJO**

Sin duda alguna, las guías técnicas del INSST, a pesar de su carácter no vinculante, son documentos de referencia ineludibles para cualquier prevencionista ya que su objetivo es facilitar la aplicación de los reales decretos que los mandatan.

Todas las guías técnicas siguen una misma estructura. Transcriben íntegramente, en recuadros en color, los contenidos de la norma y cuando se estima necesario se van intercalando observaciones del INSST para facilitar la comprensión y aplicación del texto legal. Además de los comentarios al articulado y los anexos, las guías técnicas suelen contar con apéndices para abordar temas con mayor profundidad en los que, a menudo, se incluyen esquemas, tablas y figuras.

En particular, la GT-CEM cuenta con cuatro partes:

- Introducción.
- Desarrollo y comentarios al RD-CEM.
- Apéndices:



1. Fundamentos físicos de los CEM.
2. Efectos biológicos y límites de exposición.
3. Medidas técnicas y organizativas para el control de los riesgos.
4. Evaluación de la exposición.

- Fuentes de información.

Como ya se ha avanzado en el epígrafe anterior, en la GT-CEM se profundiza en las cuestiones que son vitales para la correcta aplicación del RD-CEM y, en particular, para la evaluación del riesgo.

La primera de ellas es, la necesaria comprensión de los fundamentos físicos de los CEM ya que estos influyen decisivamente en la evaluación. Por eso, en el apéndice 1 se explica:

- Que los CEM son radiaciones no ionizantes.
- Las distintas bandas espectrales en las que se dividen los CEM y sus principales fuentes de exposición laboral.

Campos estáticos, campos de extremadamente baja frecuencia (ELF), radiofrecuencias y microondas.

- El significado de los criterios de referencia.

Concretamente que, los VLE son magnitudes biológicas y, en consecuencia, salvo dos de ellas, no son medibles en el puesto de trabajo. Por eso, para garantizar el cumplimiento de los VLE se usan los NA- que sí son mensurables- y, por tanto, son los niveles operativos que se utilizan para hacer la evaluación.

- Cómo se generan los CEM.

Lo cual es fundamental para saber si en la evaluación hay que considerar los campos eléctrico y magnético de manera conjunta o por separado.

- Que para caracterizar los CEM no siempre es necesario medir su componente eléctrica y su componente magnética. Hay ocasiones en las que basta con medir solo una de las dos.

Este aspecto es, a todas luces, vital para realizar correctamente la evaluación de riesgos.

- Que la intensidad de los CEM decae drásticamente al aumentar la distancia.

Lo que conlleva que, incrementar la separación entre la fuente y la persona expuesta sea la medida más eficaz para reducir la exposición.

En cuanto a los **comentarios al artículo 3**, destacan las justificaciones relativas a la exclusión del ámbito de aplicación de la norma:

- Los efectos a largo plazo.

Porque no existen evidencias científicas que soporten la relación causal con la exposición a CEM.

- Los riesgos derivados del contacto con conductores en tensión.

Porque están cubiertos por su normativa específica (reglamentos electrotécnicos).

De los **comentarios al artículo 4** sobre las disposiciones para reducir la exposición, cabe destacar las referencias a otras normas reglamentarias de ámbito no laboral que regulan las emisiones de CEM y cuyo conocimiento es fundamental para adoptar medidas de control del riesgo. Por ejemplo, el Real Decreto 1066/2001, por el que se establecen las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico y el Real Decreto 186/2016, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de equipos eléctricos y electrónicos.

Además, cuando se enumeran los puntos sobre los que se basará el plan de acción que se deriva de la evaluación de riesgos, la GT-CEM profundiza en cada uno de ellos en el apéndice 3. Concretamente, se describen medidas como:

- Los apantallamientos para los campos eléctricos y magnéticos.
- Los sistemas de resguardo y de delimitación de acceso.
- El diseño de los lugares y puestos de trabajo
- La señalización: en particular las señales dedicadas a la prohibición de acceso a las personas con marcapasos u otros implantes.
- El mantenimiento de las instalaciones.
- Las actuaciones para evitar las descargas de chispas y las corrientes de contacto.
- Los EPI.
- La formación e información.

El **artículo 5**, sobre valores límite de exposición, obviamente es uno de los puntos clave de la GT-CEM y por ello se le dedica, además de los comentarios referidos sobre la propia disposición, todo el apéndice 2.

La GT-CEM explica las diferencias conceptuales entre los VLE y los NA: los VLE son magnitudes biológicas no medibles, por lo que es muy difícil poder verificar su cumplimiento, de ahí que surja la necesidad de establecer los NA.

Los NA son magnitudes ambientales medibles que se han obtenido a partir de los  $VLE_{SALUD}$  presuponiendo siempre las condiciones de exposición más adversas. Este hecho es lo que justifica que el RD-CEM abra la posibilidad a que los NA puedan superarse, ya que es poco probable que de manera habitual se esté ante circunstancias tan desfavorables.

No obstante, como se ha visto en el epígrafe anterior, para permitir la superación de los NA el RD-CEM establece unas condiciones que deben cumplirse en su totalidad. En la GT-CEM, al analizar estos requisitos, se concluye que es muy costoso, además de extremadamente complejo desde un punto de vista técnico, asegurar el cumplimiento del  $VLE_{SALUD}$  cuando se han superado los NA. Por lo tanto, la recomendación del INSST es que se apliquen directamente medidas de control.

Las conclusiones de la GT-CEM al artículo 5 del RD-CEM son:

- Bajo ciertas condiciones, es posible superar tanto los NA como los  $VLE_{SENSORIALES}$ , pero los  $VLE_{SALUD}$  deben cumplirse en todo momento.
- Ante la superación de los NA, lo más eficaz es tomar medidas de control para reducir la exposición.

Por último, en la GT-CEM se explica que los criterios de referencia están basados en las recomendaciones de la ICNIRP (Comisión Internacional para la Protección frente a la Radiación

No Ionizante) que es una entidad sin ánimo de lucro, de reconocido prestigio, creada en 1992, que está constituida por expertos- de diferentes países- en disciplinas como la Biología, la Epidemiología, la Medicina, la Física o la Química.

ICNIRP tiene como objetivo proteger a las personas y al medio ambiente de los efectos adversos de la radiación no ionizante, para lo cual se basan en evidencias estrictamente científicas y formulan sus recomendaciones en forma de Directrices, Revisiones y Declaraciones, que se publican gratuitamente a través de su página web (<https://www.icnirp.org>). Además, ICNIRP organiza talleres, seminarios y congresos para informar sobre el conocimiento científico actual y brindar la oportunidad, a todas las partes involucradas, de avanzar en el diálogo sobre la protección frente a las radiaciones no ionizantes.

El **artículo 6**, sobre la evaluación de riesgos, es la otra disposición fundamental del RD-CEM y en consecuencia de la guía.

Partiendo de los puntos que se han destacado en el epígrafe anterior sobre los aspectos diferenciales de esta normativa con relación al resto de los reglamentos de prevención, la GT-CEM aporta la siguiente información:

- Se justifica el motivo por el que no será necesario evaluar en los lugares de trabajo abiertos al público o con dispositivos destinados a usarse por la población general.

La razón es que la normativa de salud pública- el Real Decreto 1066/2001, por el que se establecen las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico- fija unos límites de exposición más restrictivos que los del RD-CEM. Por tanto, todo lugar de trabajo que cumpla con la legislación de público general asegurará de facto los límites del RD-CEM.

Adicionalmente, para facilitar su identificación, **la GT-CEM incorpora una tabla con ejemplos de lugares y equipos que no requirieren evaluación**. Entre ellos se pueden destacar: los teléfonos móviles, las redes WI-FI, los equipos informáticos y los electrodomésticos.

- Sobre la protección del personal especialmente sensible.

La GT-CEM, basándose en la bibliografía internacional y las recomendaciones ICNIRP, establece que este estaría adecuadamente protegido por los límites para el público en general. No obstante, en el caso concreto de las personas con implantes activos (es decir, implantes con componentes electrónicos cuyo funcionamiento pudiese verse alterado por los CEM como marcapasos o bombas de insulina), incluso los niveles para la población general podrían no brindar una protección suficiente. En cuyo caso, correspondería al especialista en Medicina del Trabajo del Servicio de Prevención proponer las medidas preventivas más adecuadas.

La GT-CEM también ofrece un listado con ejemplos de lugares y equipos de trabajo que pueden requerir una evaluación de CEM en el caso de que haya personal con riesgos particulares.

Finalmente, para terminar lo relativo al artículo 6, la GT-CEM remite al **apéndice 4** donde se detalla el proceso de evaluación de riesgos y se aglutina buena parte de la información de desarrollada en otras partes de la guía.

Al contrario que las tablas citadas anteriormente, en este apéndice se incluye una relación de actividades en las que **sí se requieren mediciones para garantizar el cumplimiento de los**

**valores límite** (como la electrolisis industrial, la soldadura y fusión eléctricas o la diatermia clínica).

Asimismo, se propone un diagrama de flujo para llevar a buen término la evaluación y, en caso necesario la medición, para el que es fundamental saber responder a tres cuestiones:

- ¿Cuál es la frecuencia del CEM?

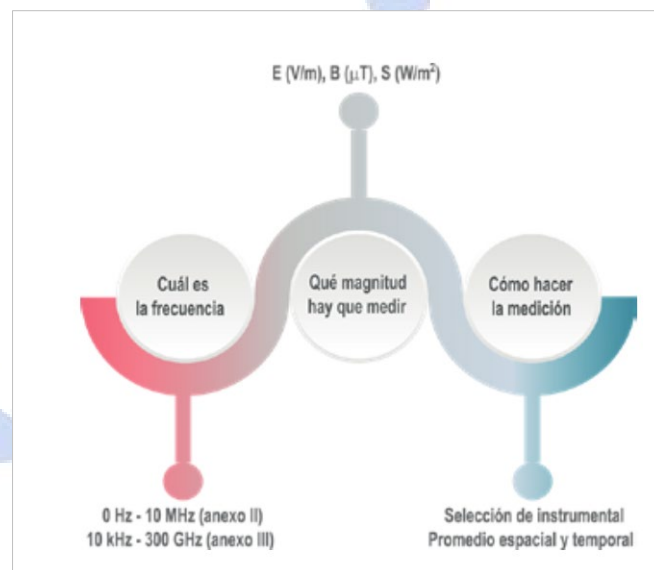
De esto depende, el tipo de efecto (térmico o no térmico) y por consiguiente cuales son los NA aplicables (anexo II o anexo III).

- ¿Qué magnitud hay que medir?

En ocasiones, no será necesario medir las dos componentes del campo (la eléctrica y la magnética) a pesar de que haya límites para ambas.

- ¿Cómo hay que hacer la medición?

Para los CEM el intervalo de tiempo en el que hay que registrar la medida dependerá del tipo de efecto a proteger. Esto, además, condicionará el instrumental para la medición y su configuración.



En cuanto a los **comentarios al artículo 7** sobre la limitación de la exposición, la guía matiza que, dado que ningún límite del RD-CEM está referenciado a la jornada completa (8 horas) porque los efectos adversos frente a los que protegen son agudos, los VLE no pueden superarse en:

- Para los efectos no térmicos, no se puede exceder el VLE en ningún momento durante la jornada laboral.
- Para efectos térmicos, no podrá excederse el VLE en ningún período de 6 minutos durante la jornada laboral.

Todo esto sin perjuicio de los requisitos establecidos en el artículo 5 para poder superar los NA que ya se ha explicado que son muy difíciles de demostrar, y de las excepciones del artículo 11 que se comentarán a continuación.

Las principales aportaciones que hace la GT-CEM al **artículo 8** son:

- Que tanto la información como la formación preventiva deberían adecuarse tanto al puesto de trabajo como al nivel del riesgo.
- Que es fundamental que el personal expuesto sea capaz de reconocer en qué circunstancias la exposición a CEM puede conllevar riesgos particulares, en especial, para las trabajadoras embarazadas y para quienes lleven dispositivos médicos implantados como marcapasos o bombas de insulina.

Los **comentarios a los artículos 9 y 10** sobre la consulta y participación y sobre la vigilancia de la salud, se enmarcan en el contexto general de la LPRL y el RSP.

Por último, la GT-CEM tiene especial interés en contextualizar el alcance de las excepciones contenidas en el **artículo 11**.

- Con respecto a la IRM.

Teniendo en cuenta que en estos servicios se cumplen las denominadas "condiciones de trabajo controladas", que suponen que: la intensidad del campo es conocida y estable, se han tomado medidas de control y se ha informado y formado al personal para trabajar en condiciones de seguridad. El valor límite aplicable en este caso para el campo magnético estático que se puede aplicar es de  $8T^2$ .

- En cuanto al sector militar.

El RD-CEM indica que podrán establecerse otros sistemas de protección equivalentes para lo que la GT-CEM pone como ejemplo el STANAG 2345 de la OTAN.

Las STANAG (*Standardization Agreement*, en español, "Acuerdo de Normalización") son normas que aplican a procesos, procedimientos, términos y condiciones de equipamiento o procedimientos y técnicas militares comunes entre los países miembros de la Alianza Atlántica.

Es decir, el RD-CEM está permitiendo la interoperatividad de las maniobras militares conjuntas en el ámbito internacional con países que no pertenezcan a la UE y que, en consecuencia, no les sea de aplicación el derecho comunitario. No obstante, el RD-CEM dispone que, en estos casos, el personal expuesto a CEM no puede sufrir menoscabo de su seguridad o su salud ya que deben estar cubiertos por niveles de protección equivalentes a los del real decreto.

- Sobre la tercera excepción, en la que no se concreta ninguna actividad.

En general, será muy difícil encontrar situaciones que estén cubiertas por esta excepción ya que, como ya se ha explicado en los comentarios al artículo 5, es extremadamente difícil determinar cuándo se superan los  $VLE_{SALUD}$  teniendo en cuenta que no son magnitudes medibles y para ello habría que recurrir a modelos matemáticos complejos

Sobre el resto del RD-CEM- artículo 12 y disposiciones adicionales y finales- la GT-CEM no aporta comentarios.

---

<sup>2</sup> A título informativo, el  $VLE_{SALUD}$  para condiciones controladas = 8 teslas y las resonancias magnéticas más habituales son de 1,5 y 3 teslas.

## TEMA 59

### **RADIACIONES IONIZANTES: CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RADIACIONES IONIZANTES Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA. REAL DECRETO 1029/2022, DE 20 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO SOBRE PROTECCIÓN DE LA SALUD CONTRA LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES IONIZANTES. ESPECIAL MENCIÓN A LA RADIACIÓN NATURAL: RADÓN**

Las radiaciones ionizantes acompañan al ser humano a lo largo de toda su vida. Siempre va a haber exposición a una cierta cantidad de este tipo de radiación llamada **radiación de fondo o natural**, cuyo origen es la tierra o el cosmos principalmente. Además, la radiación ionizante es un agente físico y su presencia en el lugar de trabajo se considera una condición de trabajo según el artículo 4 de la LPRL, independientemente del origen o agente que la origine.

No obstante, cuando se superan ciertos límites de exposición en determinadas situaciones, ya sean laborales o no, se vuelven muy perjudiciales para la salud y es necesario regular la protección sanitaria de la población frente a este agente físico. La normativa específica que tiene por objeto establecer las normas de protección a los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes es Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes.

#### **1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE RADIACIONES IONIZANTES Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

Las radiaciones electromagnéticas son energía que se transmite en forma de onda o de partícula. A diferencia del ruido o de las vibraciones no necesitan un medio material para propagarse. Las radiaciones ionizantes transportan suficiente energía y capacidad de penetración que al interactuar con la materia alteran su estructura atómica generando partículas que tienen carga eléctrica, es decir, producen la ionización de los átomos. En el caso de que no se tenga esa capacidad, se llaman radiaciones no ionizantes. Estos iones son partículas que han adquirido carga eléctrica y que tenderán a perderla mediante diversos procesos físicos y químicos.

En función de su naturaleza, las radiaciones ionizantes se clasifican en dos grupos:

- Las **radiaciones corpusculares** (alfa, beta, protones, iones pesados, neutrones, etc.) están constituidas por partículas subatómicas con masa cargadas y no cargadas eléctricamente y que se mueven a velocidades próximas a la de la luz que determina la energía que transportan o pueden transferir.
- Las **radiaciones electromagnéticas** están constituidas por paquetes de onda, que no poseen masa ni carga eléctrica pero que transportan energía o velocidades muy cercanas a la de la luz. Tienen una longitud de onda inferior a los 100 nm, lo que implica una elevada energía del fotón asociado.

Entre los diferentes tipos de **radiación corpuscular ionizante** están:

**Radiación  $\alpha$ :** son núcleos de helio cargados positivamente. Tienen una energía muy elevada y muy baja capacidad de penetración. Pueden ser absorbidos por una hoja de papel.



**Radiación  $\beta$ :** son electrones. Tienen un poder de ionización inferior a las radiaciones  $\alpha$  y una capacidad de penetración superior. Son absorbidas por una lámina de metal.

**Radiación de neutrones:** es la emisión de partículas sin carga, de alta energía y gran capacidad de penetración. Los neutrones se generan en los reactores nucleares y en los aceleradores de partículas, no existiendo fuentes naturales de radiación de neutrones.

Entre los diferentes tipos de **radiación electromagnética ionizante** están:

**Radiación  $\gamma$ :** son radiaciones electromagnéticas procedentes del núcleo del átomo. Tienen menor nivel de energía que las anteriores y una mayor capacidad de penetración, lo que dificulta su absorción por apantallamientos.

**Rayos X:** también son radiaciones electromagnéticas, pero se originan en los orbitales atómicos. Son las radiaciones de menor energía, pero presentan una gran capacidad de penetración, siendo necesario apantallamiento de grosor elevado.

La radiación ionizante se puede clasificar atendiendo a su origen:

- **Natural:** es la radiación procedente del sol y los espacios interestelares del universo, denominada **radiación cósmica** (está formada aproximadamente en su mayoría por protones, y en menor proporción núcleos de helio, núcleos más pesados, así como electrones además de otras partículas), o procedente de los elementos radiactivos que existen en la corteza terrestre de nuestro planeta (emitida por las rocas y el suelo...), denominada **radiación terrestre**.
- **Artificial:** Son las que generan fuentes médicas (RX de diagnóstico, gammaterapia...), materiales radiactivos que la industria nuclear, los hospitales y los centros de investigación depositan en el medio ambiente de manera controlada, otras fuentes como detectores de humo, pararrayos radioactivos, algunos relojes luminosos, etc.

### **Efectos de las radiaciones ionizantes**

Los efectos biológicos producidos por las radiaciones ionizantes son la respuesta del organismo como consecuencia de la energía absorbida por la interacción con ellas. Esta interacción provoca alteraciones por la ionización de las moléculas constitutivas del organismo. Los daños biológicos más importantes producidos en la célula se deben a la acción sobre las moléculas de ADN, vital en las diversas funciones celulares.

Los efectos biológicos se pueden clasificar según varios criterios:

- Según a quién afecta: efectos somáticos, si afectan al propio individuo que recibe la radiación. Efectos genéticos, si afectan a los descendientes de la persona radiada. Efectos teratógenos, efectos observables en niños expuestos a la radiación durante su desarrollo embrionario o su vida fetal.
- Según el tiempo transcurrido desde que la persona ha sido irradiada hasta que aparecen los efectos: efectos inmediatos o pronto, aparecen tras una irradiación intensa y relativamente breve. Efectos retardados o tardíos, aparecen después de 5 años de haber recibido una irradiación.
- En función de la probabilidad de que ocurran: efectos probabilísticos o estocásticos, son tanto más probables cuanto mayor es la cantidad de radiación recibida, pero cuya gravedad no depende necesariamente de esa cantidad. No posee valor umbral y sus efectos son tardíos (periodo de latencia). Efectos deterministas o no estocásticos, son

aquellos que ocurren cuando la radiación supera un determinado valor umbral y cuya gravedad es función de la dosis.

## **2. REAL DECRETO 1029/2022, DE 20 DE DICIEMBRE, POR EL QUE SE APRUEBA EL REGLAMENTO SOBRE PROTECCIÓN DE LA SALUD CONTRA LOS RIESGOS DERIVADOS DE LA EXPOSICIÓN A LAS RADIACIONES IONIZANTES**

Con fecha 5 de diciembre de 2013, el Consejo de la Unión Europea aprobó la **Directiva 2013/59/Euratom**, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, y se derogan las Directivas 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom y 2003/122/Euratom.

El compromiso de cumplir lo dispuesto en la citada directiva ha hecho necesario aprobar un nuevo texto reglamentario, **Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección de la salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes** y derogar el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, vigente hasta finales del 2022.

Este real decreto lo forman 9 títulos y 8 anexos, 9 disposiciones adicionales y 4 transitorias, junto con 7 anexos. Destacamos:

El título I. Disposiciones generales, trata el objeto y ámbito de aplicación, las definiciones y establece que la responsabilidad corresponde al titular de la práctica o actividad, el título II expone los principios generales de un sistema de protección radiológica, y el título III. Situaciones de exposición planificada, un título que establece los límites de dosis y la estimación de dosis efectivas y equivalentes.

El título IV. Principios fundamentales de protección ocupacional de los trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes, es de gran importancia desde el punto de vista laboral. Establece los principios de la protección ocupacional, la prevención de la exposición, vigilancia y valoración de la exposición, la protección para personas en formación y estudiantes y aparte contempla, la protección ocupacional de trabajadores externos.

El título V. Protección radiológica de los miembros del público en circunstancias normales, donde la protección al público se rige por unos principios, se establecen responsabilidades y establece niveles inferiores a unos límites.

El Título VI. Situaciones de exposición de emergencia, y el título VII. Situaciones de exposición existente, donde regula en el capítulo III. Exposición al radón, con dos secciones, Sección 1ª. Requisitos en los lugares de trabajo, y Sección 2ª, Plan Nacional contra el Radón.

### **Título I. Disposiciones Generales**

#### **Artículo 1. Objeto**

El Reglamento, tiene por objeto establecer las normas relativas a la protección de la salud de los trabajadores y de los miembros del público contra los riesgos que resultan de las radiaciones ionizantes. Se categoriza la exposición a radiaciones ionizantes en tres situaciones:

1. Situaciones de exposición planificada: son las que surgen del uso planificado de una fuente de radiación o de una actividad humana que altera las vías de exposición,

causando la exposición o exposición potencial de las personas o del medio ambiente. Se incluye tanto las exposiciones normales como las potenciales.

2. Situaciones de exposición de emergencia, debidas a una emergencia nuclear o radiológica.
3. Situaciones de exposición existente, ya existen cuando ha de tomarse una decisión para su control y que no requieren la adopción de medidas urgentes o, situaciones creadas por una fuente de radiación cuya ubicuidad o magnitud hace injustificado su control de acuerdo con los mismos criterios aplicables a una situación de exposición planificada. Incluyen las situaciones de exposición prolongada después de una emergencia nuclear o radiológica.

## **Artículo 2. Ámbito de aplicación**

Este reglamento se aplicará a cualquier situación que implique un riesgo de exposición a radiaciones ionizantes que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica o en relación con el medio ambiente, a fin de proteger la salud humana a largo plazo.

Y en particular, aplicará a lo que se llama tres situaciones de exposición:

- a) Situación de exposición planificada
  1. La explotación de minerales radiactivos, la fabricación, producción, tratamiento, manipulación, eliminación, utilización, almacenamiento, posesión, transporte, importación, exportación y movimiento intracomunitario de materiales radiactivos de origen artificial o natural, cuando los radionucleidos son o han sido procesados por sus propiedades radiactivas, fisionables o fértiles.
  2. La fabricación y la operación de todo equipo eléctrico que emita radiaciones ionizantes y que contenga componentes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kilovoltios (kV).
  3. El procesamiento, aprovechamiento o gestión de materiales radiactivos de origen natural no contemplados en el apartado 1º.
  4. La comercialización de fuentes radiactivas y la asistencia técnica de equipos que incorporen fuentes radiactivas o sean productores de radiaciones ionizantes.
- b) Situaciones de exposición de emergencia: nuclear o radiológica.
- c) Situaciones de exposición existentes
  1. La exposición a la contaminación residual que haya podido producirse como consecuencia de una emergencia nuclear o radiológica o de una actividad humana pasada.
  2. La exposición de los miembros de la tripulación de aeronaves y vehículos espaciales.
  3. La exposición de trabajadores o de miembros del público al radón en recintos cerrados.
  4. La exposición externa en recintos cerrados a la radiación gamma procedente de los materiales de construcción.

El anexo V contempla tipos de situaciones de exposición existente como, por ejemplo, La exposición debida a contaminación de zonas por material radiactivo residual procedente de actividades pasadas de las empresas que ya no son legalmente responsables o, la exposición a fuentes de radiación natural, incluidas la exposición en recintos cerrados al radón y al torón, como por ejemplo en lugares de trabajo, viviendas y otros edificios, entre otros ejemplos.

Este reglamento no se aplicará a los radionucleidos contenidos naturalmente en el cuerpo humano, los rayos cósmicos a nivel del suelo, y la exposición en la superficie de la tierra debida a los radionucleidos presentes en la corteza terrestre no alterada. No se aplicará tampoco a la exposición de miembros del público, o de trabajadores que no formen parte de la tripulación de aeronaves o de vehículos espaciales, a la radiación cósmica durante el vuelo o en el espacio. Y no se aplicará en las exposiciones médicas, que se regirán por lo establecido en el Real Decreto 601/2019, de 18 de octubre, sobre justificación y optimización del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas.

#### **Artículo 4. Definiciones**

A los efectos de este Reglamento en su artículo 4 se contemplan 89 definiciones, necesarias para entender el texto. Entre las definiciones de las que se hace uso el nuevo Real Decreto destacan las siguientes:

Dosis absorbida: la dosis absorbida (D) es la energía absorbida por unidad de masa. Su unidad es el Gray (Gy).

Dosis equivalente: Dosis equivalente HT es la dosis absorbida en el tejido u órgano T, ponderada en función del tipo y calidad de la radiación R. La unidad de dosis equivalente es el Sievert (Sv)

Dosis efectiva: la dosis efectiva (E) es la suma de las dosis equivalentes ponderadas en todos los tejidos y órganos del cuerpo a causa de las radiaciones internas y externas. La unidad de dosis efectiva es el Sievert (Sv). Cuando a lo largo de este reglamento se mencione el término «dosis», sin mayor precisión, se entenderá que se refiere a «dosis efectiva».

Dosis equivalente comprometida:  $[H_T(t)]$  Integral respecto al tiempo (t) de la tasa de dosis equivalente en un tejido u órgano T que recibirá un individuo como consecuencia de una incorporación. La unidad para la dosis equivalente comprometida es el sievert.

Dosis efectiva comprometida:  $[E(t)]$ : suma de las dosis equivalentes comprometidas en un tejido u órgano  $H_T(t)$  como resultado de una incorporación, multiplicada cada una de ellas por el factor de ponderación tisular correspondiente  $W_T$ . La unidad para la dosis efectiva comprometida es el sievert.

Límite de dosis: Valor de la dosis efectiva (cuando proceda, la dosis efectiva comprometida), o de la dosis equivalente, en un periodo especificado, que no debe ser superado para una persona.

Trabajador expuesto: Persona que, trabajando, bien por cuenta propia o ajena, está sometida a exposición en el trabajo realizado en una práctica regulada por este reglamento, que puede recibir dosis que superen alguno de los límites de dosis para los miembros del público o que, implicando exposición a radón o radiación cósmica en aeronaves o vehículos espaciales, desarrolla su trabajo en actividades laborales que se gestionan como situaciones de exposición planificada.

Práctica: actividad humana que puede aumentar la exposición de las personas a las radiaciones procedentes de una fuente de radiación y que se gestiona como situación de exposición planificada.

Servicio y Unidad Técnica de Protección Radiológica: entidad expresamente autorizada por el Consejo de Seguridad Nuclear para desempeñar las funciones establecidas en este reglamento. El Servicio de Protección Radiológica es una entidad propia de un titular o mancomunada por varios titulares, mientras que la Unidad Técnica de Protección Radiológica es una entidad ajena contratada por el titular.

Titular (o empresa): persona física o jurídica que tiene, con arreglo a la legislación nacional, la responsabilidad respecto de una fuente de radiación (incluidos los casos en que el propietario o poseedor de la fuente de radiación no realiza actividades relacionadas con ella) o sobre el ejercicio de alguna de las prácticas o actividades laborales previstas en el artículo 2.

## **Título II. Sistemas de protección radiológica**

El **artículo 6. Principios generales de un sistema de protección radiológica** señala que el control de todas las situaciones de exposición a las radiaciones ionizantes se fundamenta en un sistema de protección radiológica basado en los siguientes tres principios:

- a) Justificación: las decisiones que introduzcan una práctica deberán justificarse mediante un análisis que asegure que el beneficio individual o social que resulte de la práctica compense el detrimento de la salud que esta pueda causar. Para situaciones de exposición existentes y de emergencia deberán justificarse demostrando que la nueva situación es más beneficiosa que perjudicial.
- b) Optimización: la protección radiológica de las personas sometidas a exposición ocupacional o como miembros del público se optimizará con el objetivo de mantener la magnitud de las dosis individuales, la probabilidad de exposición y el número de personas expuestas lo más bajos que sea razonablemente posible.
- c) Limitación de dosis: en situaciones de exposición planificada, la suma de las dosis recibidas por cualquier persona no superará los límites de dosis establecidos, tanto para la exposición ocupacional como para la de los miembros del público. Los límites de dosis se aplican a la suma de las dosis procedentes de las exposiciones externas en el período especificado y las dosis comprometidas a cincuenta años (hasta setenta años en el caso de niños) a causa de las incorporaciones producidas en el mismo período. En su cómputo no se incluirá la dosis debida al fondo radiactivo natural salvo en las actividades consideradas en el artículo 75 (exposición radón en lugares de trabajo), ni la exposición sufrida como consecuencia de exámenes y tratamientos médicos.

### **Limitación de dosis. Artículo 10. Aplicación**

1.- Para los trabajadores expuestos, los correspondientes límites de dosis del artículo 11 se aplicarán a la suma de las exposiciones ocupacionales anuales procedentes de todas las prácticas autorizadas, de la exposición ocupacional al radón en el lugar de trabajo cuando la concentración de este gas en alguna de las zonas de éste exceda el nivel de referencia establecido en el artículo 72, y de otras exposiciones ocupacionales resultantes de situaciones de exposición existentes de conformidad con el título VII, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 14.

2.- Para los miembros del público, la suma de las dosis recibidas procedentes de todas las prácticas no sobrepasará el límite de dosis del artículo 15, con excepción de las exposiciones para la obtención de imágenes no médicas.

### **Artículo 11. Límites de dosis para los trabajadores expuestos.**

El límite de dosis efectiva para los trabajadores expuestos será de 20 mSv por año oficial. Sin perjuicio de lo anterior, se aplicarán los siguientes límites:

- a) El límite de dosis equivalente para el cristalino será de 100 mSv a lo largo de cinco años oficiales consecutivos, y una dosis máxima de 50 mSv en un único año oficial.
- b) El límite de dosis equivalente para la piel será de 500 mSv por año oficial. Dicho límite se aplicará a la dosis promediada sobre cualquier superficie cutánea de 1 cm<sup>2</sup>, con independencia de la superficie expuesta.
- c) El límite de dosis equivalente para las manos, antebrazos, pies y tobillos será de 500 mSv por año oficial.

#### **Artículo 12. Límite de dosis durante el embarazo y de actividades de la lactancia**

Será improbable que la dosis recibida por el feto exceda de 1mSv

#### **Artículo 13. Límite de dosis para personal en formación y estudiantes**

Los límites de dosis para las personas en formación y los estudiantes mayores de dieciocho años que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes de radiación, serán los mismos que para la exposición ocupacional (establecidos en el artículo 11).

El límite de dosis efectiva para personas en formación y estudiantes con edades comprendidas entre dieciséis y dieciocho años que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes de radiación, será de 6 mSv por año oficial.

Sin perjuicio de este límite de dosis:

- a) El límite de dosis equivalente para el cristalino será de 15 mSv por año oficial.
- b) El límite de dosis equivalente para la piel será de 150 mSv por año oficial. Dicho límite se aplicará a la dosis promediada sobre cualquier superficie cutánea de 1 cm<sup>2</sup>, con independencia de la superficie expuesta.
- c) El límite de dosis equivalente para las manos, antebrazos, pies y tobillos será de 150 mSv por año oficial.

Los límites de dosis para las personas en formación y los estudiantes que no estén sometidos a las disposiciones previstas en los apartados anteriores, serán los mismos que los establecidos para los miembros del público (artículo 15).

#### **Artículo 15. Límite de dosis para los miembros del público**

El límite de dosis efectiva para los miembros del público será de 1 mSv por año oficial. Sin perjuicio de lo anterior el límite de dosis equivalente por año oficial será:

- Para el cristalino de 15 mSv.
- Para la piel de 50 mSv.

#### **Artículo 16. Criterios de estimación de dosis**

Para la estimación de las dosis efectivas y equivalentes se utilizarán los valores, relaciones y directrices a que se refiere este título, a saber:

- a) Para la radiación externa, deberá aplicarse lo establecido en el anexo I para estimar las dosis efectivas y equivalentes pertinentes.



- b) Para la exposición interna procedente de un radionucleido o de una mezcla de radionucleidos, deberá aplicarse lo establecido en los anexos I y III con objeto de estimar las dosis efectivas comprometidas.

**Título IV: Principios fundamentales de protección ocupacional de los trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes**

**Artículo 17. Principios de protección de los trabajadores expuestos**

El Real Decreto 1029/2022 establece unos principios de protección de los trabajadores expuestos:

a) **Evaluación previa de las condiciones laborales** para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico y asegurar la aplicación del principio de optimización.

b) **Clasificación de los lugares de trabajo** en diferentes zonas, teniendo en cuenta: la evaluación de las dosis anuales previstas, el riesgo de dispersión de la contaminación y la probabilidad y magnitud de exposiciones potenciales.

c) **Clasificación de los trabajadores expuestos** en diferentes categorías según sus condiciones de trabajo.

d) **Aplicación de las normas y medidas de vigilancia** y control relativas a las diferentes zonas y a las distintas categorías de trabajadores expuestos, incluida, en su caso, la vigilancia individual.

e) **Vigilancia de la salud.**

f) **Información y formación.**

**Artículo 18. Clasificación de zonas**

El titular de la práctica, tras realizar una evaluación previa, clasificará los lugares de trabajo en:

**Zona controlada**, es aquella zona en la que se cumplan cualquiera de las siguientes condiciones, que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 6 mSv por año oficial, o que sea necesario seguir procedimientos de trabajo con objeto de restringir la exposición, evitar la dispersión significativa de contaminación radiactiva o prevenir o limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos o sus consecuencias. La zona controlada se subdivide en las siguientes:

- Zonas de permanencia limitada: Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir una dosis superior a los límites de dosis fijados en el artículo 11.
- Zonas de permanencia reglamentada: Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir en cortos periodos de tiempo una dosis superior a los límites de dosis fijados en el artículo 11 y que requieren prescripciones especiales desde el punto de vista de la optimización.
- Zonas de acceso prohibido: Son aquellas en las que existe el riesgo de recibir, en una exposición en muy corto periodo de tiempo, dosis superiores a los límites de dosis fijados en el artículo 11.

**Zona vigilada**, es aquella zona en la que, no siendo zona controlada, exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a 1 mSv por año oficial.

**Artículo 19. Medidas en los lugares de trabajo**

1. A efectos de protección radiológica, y tras realizar una evaluación previa para determinar la naturaleza y magnitud del riesgo radiológico para los trabajadores expuestos, el titular de la práctica identificará, delimitará y clasificará todos los lugares de trabajo en los que exista la posibilidad de recibir dosis efectivas superiores a **1 mSv** por año oficial y establecerá las medidas de protección radiológica aplicables.

Dichas medidas deberán adaptarse a la naturaleza de las instalaciones y de las fuentes, y a las condiciones y normas de trabajo, así como a la magnitud y naturaleza de los riesgos. El alcance de los medios de prevención y de vigilancia, así como su naturaleza y calidad, deberán estar en función de los riesgos vinculados a los trabajos que impliquen una exposición a las radiaciones ionizantes.

**El riesgo de exposición a radiaciones ionizantes y las medidas de protección radiológica deben considerarse, de manera integrada, en los planes de prevención de riesgos laborales, en las evaluaciones de riesgos y en las planificaciones de la actividad preventiva que exige la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales.**

2. Cuando en un lugar de trabajo haya zonas en las que la concentración de **radón en aire** exceda el nivel establecido en el artículo 72.a, nivel de referencia **300 Bq/m<sup>3</sup>**, a pesar de las medidas adoptadas de acuerdo con el principio de optimización, el titular de la práctica:
- a) Revalorará las concentraciones de radón en aire con la frecuencia que en cada caso establezca el Consejo de Seguridad Nuclear.
  - b) Estimaré las dosis efectivas anuales debidas al radón que puedan recibir los trabajadores con acceso a esas zonas, no debiéndose computar estas dosis para el cumplimiento de los artículos 18 y 22.
  - c) Clasificará como trabajadores expuestos al radón a aquellos trabajadores que puedan recibir una dosis efectiva por exposición al radón superior a 6 mSv por año oficial.
  - d) Clasificará y señalará como zonas de radón aquellas zonas en las que exista una concentración de radón en aire que pueda dar lugar a una dosis efectiva a los trabajadores superior a **6 mSv** por año oficial.

Cuando en alguno de los lugares de trabajo a los que se refiere el artículo 75.1 haya trabajadores cuya dosis efectiva anual debida al radón pueda ser superior a 6 mSv, el titular de la actividad laboral deberá establecer las medidas de protección radiológica aplicables. El alcance de estas estará en función del riesgo asociado y, en particular, serán de aplicación los artículos 11, 16, 19.2.c), 19.2.d), 23, 24, 25, 31.2, 31.3, 31.4, 32, 36, 39.1, 40.2, 42 y 43. 4.

En las empresas de explotación de **aeronaves** en las que la dosis efectiva anual para la tripulación debida a la exposición a la radiación cósmica pueda ser superior a 6 mSv por año oficial, el titular de la empresa gestionará esta exposición según lo establecido en este reglamento.

#### **Artículo 20. Requisitos de las zonas**

En las **zonas vigiladas** deberá efectuarse, al menos, mediante dosimetría de área, una estimación de las dosis que pueden recibirse.

Teniendo en cuenta la naturaleza y la importancia de los riesgos radiológicos, en las **zonas controladas y vigiladas** el titular de la práctica deberá realizar una vigilancia radiológica de los lugares de trabajo, con arreglo a lo dispuesto en el artículo 31. Además, estas zonas:

- a) Estarán delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede de manifiesto el riesgo de exposición existente en las mismas. Esta señalización se efectuará de acuerdo con lo especificado en el **anexo IV**.

- b) Tendrán su acceso limitado a las personas autorizadas al efecto que hayan recibido la formación y las instrucciones adecuadas al riesgo existente en el interior de dichas zonas. En las zonas controladas estas instrucciones serán acordes con los procedimientos de trabajo establecidos por escrito por el titular de la práctica.

En las **zonas controladas** en las que exista:

- a) Riesgo de exposición externa, será obligatoria una estimación individual de dosis, que, en el caso de trabajadores de categoría A, deberá estar basada en dosimetría individual, salvo cuando el Consejo de Seguridad Nuclear acepte expresamente alternativas propuestas por el titular con base en las características especiales del puesto de trabajo.
- b) Riesgo de contaminación, será obligatoria la utilización de equipos de protección individual adecuados al riesgo existente. A la salida de estas zonas existirán detectores adecuados para comprobar la posible contaminación de personas y equipos y, en su caso, poder adoptar las medidas oportunas.

El titular de la práctica será el responsable de que se cumpla lo establecido en los párrafos anteriores, y de que esto se realice con el asesoramiento y la supervisión del Servicio de Protección Radiológica o la Unidad Técnica de Protección Radiológica o, en su defecto, del Supervisor o persona a la que se le encomienden las funciones de protección radiológica.

## **Artículo 22. Clasificación de trabajadores expuestos**

Por razones de vigilancia y control radiológico, el titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa, los trabajadores expuestos se clasificarán en dos categorías:

Categoría A: pertenecen a esta categoría aquellos trabajadores expuestos que, por las condiciones en las que se realizan su trabajo, pueden recibir una dosis efectiva superior a 6 mSv por año oficial o una dosis equivalente superior a 15 mSv por año oficial al cristalino o superior a 150 mSv para la piel y las extremidades.

Categoría B: pertenecen a esta categoría aquellos trabajadores expuestos que no sean clasificados como trabajadores de categoría A.

El titular de la instalación o actividad, o en su caso, de la empresa externa, debe decidir sobre la clasificación de cada uno de los trabajadores antes de que asuman las tareas que pudieran dar lugar a exposición, y debe revisar regularmente dicha clasificación con arreglo a las condiciones de trabajo y a la vigilancia médica. La decisión tendrá también en cuenta las exposiciones potenciales.

## **Artículo 23. Información y formación**

1. El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa, deberá informar, antes de iniciar su actividad, a sus trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes que, durante sus estudios, tengan que utilizar fuentes de radiación, sobre:

- a) Los riesgos para la salud relacionados con la exposición a la radiación en su puesto de trabajo.
- b) Los procedimientos generales de protección radiológica y precauciones que deban tomarse.
- c) Los procedimientos de protección radiológica y precauciones que deban tomarse en relación con las condiciones operacionales y de trabajo, tanto de la práctica en general como de cada tipo de puesto de trabajo o tarea que se les pueda asignar.

- d) Las partes pertinentes de los procedimientos y planes de respuesta ante emergencia.
- e) La importancia que reviste el cumplimiento de los requisitos técnicos, médicos y administrativos.
- f) En el caso de trabajadoras, la necesidad de comunicar cuanto antes la situación de embarazo y el periodo de lactancia, habida cuenta de los riesgos de exposición para el feto, así como el riesgo de contaminación del lactante en caso de incorporación de radionucleidos o contaminación radiactiva corporal.

2. El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa, deberá proporcionar a los trabajadores expuestos, personas en formación y estudiantes, formación en materia de protección radiológica a un nivel y con una periodicidad adecuados a su responsabilidad y al riesgo de exposición a las radiaciones ionizantes en su puesto de trabajo.

3. El titular de la práctica o actividad o, en su caso, de la empresa externa, no ofrecerá al trabajador beneficios a cambio de relajación de las medidas de protección.

### **Competencias del Servicio de Protección Radiológica o la Unidad Técnica de Protección Radiológica**

#### **Artículo 24. Aplicación de medidas de protección radiológica**

El titular de la práctica será responsable de que el examen y control de los dispositivos y técnicas de protección y de los instrumentos de medición se efectúen de acuerdo con los procedimientos establecidos, y con el asesoramiento y la supervisión del **Servicio de Protección Radiológica** o la **Unidad Técnica de Protección Radiológica** o, en su defecto, del Supervisor o persona a la que se le encomienden las funciones de protección radiológica, y comprenderán, en particular:

- a) El examen crítico previo de los proyectos de la instalación o actividad laboral, desde el punto de vista de la protección radiológica.
- b) La adquisición y puesta en servicio de fuentes de radiación nuevas o modificadas, desde el punto de vista de la protección radiológica.
- c) La comprobación periódica de la eficacia de los dispositivos y técnicas de protección.
- d) La calibración, verificación y comprobación periódica del buen estado y funcionamiento de los instrumentos de medición.
- e) La verificación de que los equipos de detección son utilizados adecuadamente.

#### **Artículo 26. Autorización y organización de los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica.**

1. Los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica deberán ser expresamente autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear y estarán constituidos por el Jefe de Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica y por los técnicos en protección radiológica.

2. Los Servicios de Protección Radiológica se organizarán y actuarán independientemente del resto de unidades funcionales y el Jefe de este Servicio mantendrá una dependencia directa del titular, al menos, funcional o, en su caso, de la persona en quien recaiga la máxima responsabilidad dentro de la instalación o centro. Todo ello sin perjuicio de la coordinación necesaria con los Servicios de Prevención establecidos en la legislación laboral.

3. Los Servicios y Unidades Técnicas de Protección Radiológica podrán actuar en más de una instalación cuando estén autorizados al efecto por el Consejo de Seguridad Nuclear.

**Artículo 27. Acreditación y obligaciones del Jefe de Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica.** El Jefe de Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica deberá velar por el cumplimiento de este reglamento.

**Artículo 28. Funciones del Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica.** El Servicio o Unidad Técnica de Protección Radiológica tendrá asignadas las funciones que le sean aplicables, o que el titular le haya contratado, de las siguientes:

- a) Optimización y establecimiento de restricciones de dosis.
- b) Planificación de nuevas instalaciones y autorización de puesta en servicio de fuentes de radiación nuevas. Evaluación de riesgos previa.
- c) Clasificación radiológica de las zonas de trabajo.
- d) Clasificación de los trabajadores expuestos.
- e) Vigilancia dosimétrica de los trabajadores expuestos.
- f) Asignación de dosis a los trabajadores expuestos a partir de los datos dosimétricos aportados por el Servicio de Dosimetría Personal autorizado.
- g) Actualización y mantenimiento de los historiales dosimétricos de los trabajadores expuestos.
- h) Vigilancia radiológica de los lugares de trabajo.
- i) Determinación de características de la instrumentación para la vigilancia de la radiación; comprobaciones, calibraciones y garantía de calidad asociada.
- j) Gestión de efluentes y de residuos radiactivos y residuos NORM.
- k) Vigilancia radiológica ambiental y control de dosis al público.
- l) Elaboración y aplicación de procedimientos de trabajo para el control de recepción, manejo, transporte y almacenamiento de material radiactivo.
- m) Establecimiento de medidas de prevención de accidentes e incidentes.
- n) Preparación e intervención en situaciones de exposición de emergencia.
- ñ) Programas de formación y perfeccionamiento de los trabajadores expuestos.
- o) Investigación y análisis de accidentes e incidentes y medidas correctoras.
- p) Evaluación de los riesgos y definición de las condiciones de trabajo de las trabajadoras embarazadas y en periodo de lactancia.
- q) Elaboración del Manual de Protección Radiológica y de los procedimientos asociados sometidos a garantía de calidad.

r) Mantenimiento de registros y archivo.

s) Preparación de la documentación necesaria en materia de protección radiológica.

### **Artículo 31. Vigilancia radiológica de los lugares de trabajo**

La vigilancia radiológica de los lugares de trabajo a que hace referencia el artículo 20 comprenderá:

- a) La medición de las tasas de dosis externas, especificando la naturaleza, tipo y calidad de las radiaciones de que se trate.
- b) La medición de las concentraciones de actividad en el aire y la contaminación superficial, especificando la naturaleza de las sustancias radiactivas contaminantes y sus estados físico y químico.

En los lugares de trabajo especificados en el artículo 19 (superar los niveles de referencia del radón), la vigilancia radiológica comprenderá:

- a) La medición de la concentración de actividad del radón en el aire.
- b) En los casos que determine el Consejo de Seguridad Nuclear, la medición del factor de equilibrio y de la distribución de tamaño de aerosoles, o bien la medición de las concentraciones de actividad en el aire de los descendientes del radón de vida corta.

Los documentos correspondientes al registro, evaluación y resultado de dicha vigilancia deberán ser archivados por el titular de la práctica, quien los tendrá a disposición del **Servicio de Prevención** y de las correspondientes autoridades competentes.

Cuando sea adecuado, los resultados de estas medidas se usarán para estimar las dosis individuales, de acuerdo con lo que se establece en los artículos 34 (trabajadores categoría B) y 35 (estimaciones especiales).

**Artículo 32. Vigilancia individual.** Las dosis recibidas por los trabajadores expuestos deberán determinarse de acuerdo con lo establecido en los artículos 33 y 34 del RD 1029/2022 cuando las condiciones de trabajo sean normales, con una periodicidad no superior a un mes, para la dosimetría externa, y con la periodicidad que en cada caso se establezca, para la dosimetría interna, para aquellos trabajadores que están expuestos a riesgo de incorporación de radionucleidos.

La dosimetría individual, tanto externa como interna, será efectuada a partir de los datos dosimétricos aportados por los **Servicios de Dosimetría Personal** expresamente autorizados por el Consejo de Seguridad Nuclear. Estos Servicios remitirán los resultados de esta vigilancia al titular de la práctica o, en su caso, a la empresa externa.

Los resultados de la vigilancia individual de los trabajadores expuestos serán asimismo remitidos al Consejo de Seguridad Nuclear, acompañados de la información necesaria para permitir la adecuada identificación de dichos trabajadores, de la empresa que les emplea, de las instalaciones en las que desarrollan su actividad laboral y del tipo de trabajo por ellos desarrollado.

En caso de asignación de dosis diferentes de las aportadas por el Servicio de Dosimetría Personal, el titular de la práctica informará de tal circunstancia a dicho Servicio, así como de la dosis finalmente asignada.

El titular de la práctica o, en su caso, la empresa externa transmitirá los resultados de los controles dosimétricos, a los efectos de su valoración, al Servicio de Prevención que desarrolle



la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores. En caso de urgencia, dicha transmisión deberá ser inmediata.

**Artículo 33. Estimación de las dosis de los trabajadores de categoría A.** En el caso de los trabajadores expuestos de categoría A, será obligatoria en el caso de exposición externa la utilización de dosímetros individuales que midan la dosis externa, representativa de la dosis para la totalidad del organismo durante toda la jornada laboral. En el caso de riesgo de exposición parcial o no homogénea del organismo, será obligatorio la utilización de dosímetros adecuados a las partes potencialmente más afectadas. En el caso de riesgo de contaminación interna, será obligatorio la realización de las medidas o análisis pertinentes para evaluar las dosis correspondientes.

**Artículo 34. Estimación de las dosis de los trabajadores de categoría B.** Las dosis individuales recibidas por trabajadores expuestos pertenecientes a la categoría B se podrán estimar a partir de los resultados de la vigilancia realizada en el ambiente de trabajo, siempre y cuando estos permitan demostrar que dichos trabajadores están clasificados correctamente en la categoría B.

**A continuación, se establecen las competencias en materia de vigilancia de la salud por parte del Servicio de Prevención en los siguientes artículos:**

**Artículo 44. Vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos.** La vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos se basará en los principios generales de medicina del trabajo, así como en lo establecido en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, y sus normas de desarrollo.

**Artículo 45. Exámenes de salud:** Toda persona que vaya a ser clasificada como trabajador expuesto de categoría A deberá ser sometida a un examen de salud previo, que permita comprobar su aptitud para realizar las funciones que se le asignen. Estarán sometidos, además, a exámenes de salud periódicos que permitan comprobar que siguen siendo aptos para ejercer sus funciones. Estos exámenes se realizarán cada doce meses o más frecuentemente, si lo hiciera necesario, a criterio médico, el estado de salud del trabajador, sus condiciones de trabajo o los incidentes que puedan ocurrir. Tendrán una validez de trece meses. No obtener el apto médico implica la baja como trabajador expuesto de categoría A.

**Artículo 47. Exámenes de salud periódicos.** El Servicio de Prevención que desarrolle la función de vigilancia y control de la salud de los trabajadores podrá determinar la conveniencia de que se prolongue, durante el tiempo que estime necesario, la vigilancia de la salud de los trabajadores de categoría A que hayan sido posteriormente declarados no aptos o hayan cesado en esa actividad profesional. En los casos en que esa vigilancia de la salud post-ocupacional deba hacerse por otro Servicio de Prevención o por el Sistema Nacional de Salud, porque el trabajador haya cambiado de empresa o se encuentre en situación de desempleo o jubilación, el Servicio de Prevención debe informar de ello al trabajador y facilitarle la información necesaria, preferiblemente mediante copia de la historia clínico-laboral.

El **artículo 48. Clasificación médica** se refiere a que los trabajadores clasificados A, tendrá una clasificación desde el punto de vista médico según puedan realizar actividades con riesgo de exposición en; aptos, aptos en determinadas ocasiones y no aptos.

El capítulo V y VI, del título IV, regula la protección para personas en formación y estudiantes y la protección ocupacional de los trabajadores externos. Con relación al primer grupo, el

reglamento equipara a las personas en formación y estudiantes (mayor de 18 años) con los trabajadores de categoría A o B, según los casos.

En el caso de la protección ocupacional de los trabajadores externos, el artículo 55, 56 y 57 regula las obligaciones de la empresa externa, del titular de la instalación o actividad y de los trabajadores externos.

#### **Título V. Protección radiológica de los miembros del público en circunstancias normales**

En este título regula los principios básicos y generales bajo los cuales se ha proteger a los miembros del público. En el caso de evacuación de efluentes radioactivos y residuos radiactivos sólidos, el artículo 64. Estimación de las dosis recibidas por los miembros del público, señala que el titular de cada práctica autorizada realizará una estimación de las dosis recibidas por los miembros del público que será proporcional al riesgo de exposición derivado de la práctica y el Consejo de Seguridad Nuclear determinará las prácticas para las que se deba proceder a una evaluación de las dosis para los miembros del público y aquellas para las que sea suficiente una evaluación exploratoria.

### **3. ESPECIAL MENCIÓN A LA RADIACIÓN NATURAL: RADÓN**

El capítulo III, del **título VII. Situaciones de exposición existente** del Reglamento, trata la **exposición al radón**, estableciendo los requisitos de los lugares de trabajo en la sección 1ª y la descripción del Plan Nacional contra el radón en la sección 2ª.

#### **Sección 1ª. Requisitos en los lugares del trabajo, artículo 75. Obligaciones del titular artículo 75. Obligaciones del titular**

1. Los titulares de las actividades laborales que se desarrollen en los lugares de trabajo citados a continuación, deberán estimar el promedio anual de concentración de radón en aire en todas las zonas del lugar de trabajo en las que los trabajadores deban permanecer o a las que puedan acceder por razón de su trabajo, excluidas las zonas al aire libre:

a) lugares de trabajo subterráneos, tales como obras, túneles, minas o cuevas.

b) lugares donde se procese, manipule o aproveche agua de origen subterráneo, tales como actividades termales y balnearios.

c) todos los lugares de trabajo situados en planta bajo rasante o planta baja de los términos municipales de actuación prioritaria a los que hace referencia el artículo 79.

2. Cuando en un lugar de trabajo haya zonas con concentraciones de radón en aire que, en promedio anual, superen el nivel de referencia de **300 Bq/m<sup>3</sup>**, el titular de la actividad laboral deberá tomar las medidas oportunas para reducir las concentraciones y/o la exposición al radón, de acuerdo con el principio de optimización, tras lo cual deberá reevaluar el promedio anual de concentración de radón en aire en el lugar de trabajo.

3. Cuando, a pesar de las medidas tomadas de acuerdo con el apartado 2, en alguna de las zonas del lugar de trabajo especificadas en el apartado 1 continúe habiendo concentraciones de radón en aire que, en promedio anual, sean superiores al nivel de referencia de 300 Bq/m<sup>3</sup>, el titular de la actividad laboral queda sujeto al cumplimiento del **artículo 19 y demás artículos de aplicación**.

#### **Artículo 76. Estimación del promedio anual de la concentración de radón**

1. Las estimaciones del promedio anual de la concentración de radón en aire que requiere el artículo 75 serán acometidas por el titular de la actividad laboral, que podrá contar para ello con el asesoramiento de una Unidad Técnica de Protección Radiológica.

2. El promedio anual de la concentración de radón en aire se estimará, a partir de medidas de larga duración, *siguiendo las Guías e Instrucciones emitidas por el Consejo de Seguridad Nuclear*. El laboratorio que realice la medida deberá estar acreditado de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2017, Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, o revisión posterior, por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), o bien por otro organismo nacional de acreditación designado de acuerdo con la normativa europea. El titular de la actividad laboral asumirá la responsabilidad de verificar que el laboratorio de medida cuente con una acreditación en vigor.

3. Los resultados de las estimaciones del promedio anual de la concentración de radón en aire se recogerán en un informe que deberá identificar a su autor o autores, indicando su cargo en la empresa o relación contractual, y en el que deberá constar la fecha de conclusión y la firma. Este informe deberá realizarlo el propio titular de la actividad laboral, los trabajadores designados por este, un servicio de prevención propio, un servicio de prevención ajeno o, en los supuestos que establezca el Consejo de Seguridad Nuclear, una Unidad Técnica de Protección Radiológica. Ello sin perjuicio de la responsabilidad del titular de garantizar la protección de los trabajadores. El informe estará a disposición del trabajador, de las autoridades sanitarias, de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social o, en su caso, de otras administraciones públicas competentes en materia laboral, y del Consejo de Seguridad Nuclear.

## **Sección 2ª Plan nacional contra el radón, artículo 77. Establecimiento del Plan Nacional contra el Radón**

1. El Gobierno establecerá la política para reducir el riesgo para la salud de la población debido a la exposición al radón en recintos cerrados, mediante la aprobación del Plan Nacional contra el Radón. El Plan será propuesto por el Ministerio de Sanidad y revisado cada cinco años.

2. El Plan Nacional contra el Radón incluirá medidas para fomentar la identificación de viviendas, edificios de acceso público y lugares de trabajo, en los que el promedio anual de concentración de radón supere el nivel de referencia establecido en el artículo 72.a), teniendo en cuenta para ello cualquier posible vía de entrada de radón, ya sea el suelo, el agua corriente o los materiales de construcción, así como para favorecer la reducción de la concentración de radón en los mismos por medios técnicos o de otro tipo. El Plan Nacional contra el Radón recogerá los aspectos que se enumeran en el anexo VIII del referido real decreto.

3. El Plan Nacional contra el Radón recogerá las estrategias establecidas y las actividades a desarrollar por las diferentes administraciones públicas con el fin de reducir el riesgo para la salud de la población por exposición al radón. A este respecto, las comunidades autónomas y las entidades locales, en el ámbito de sus respectivas competencias y dentro del marco del Plan Nacional, podrán elaborar sus propios planes.

**Por el artículo 78. Comité del Plan Nacional contra el Radón,** se crea el Comité del Plan Nacional contra el Radón, adscrito al Ministerio de Sanidad, constituido por representantes de las autoridades con competencias en las materias objeto del Plan y se establecen sus funciones.

### **El artículo 79. Listado de términos municipales de actuación prioritaria señala:**

"El Consejo de Seguridad Nuclear publicará, a partir de la mejor información disponible, una instrucción que contenga un listado de ámbito nacional de términos municipales en los que un

número significativo de edificios supere el nivel de referencia establecido en el artículo 72.a). Este listado se actualizará periódicamente, mediante Instrucción del Consejo de Seguridad Nuclear, en función del estado de avance del Plan Nacional contra el Radón y de los nuevos datos disponibles”.

En base a lo anteriormente expuesto, fue aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del día 9 de enero de 2024 el “Acuerdo por el que se aprueba el Plan Nacional contra el Radón”.



## **TEMA 60**

### **PLAGUICIDAS: CLASIFICACIÓN, TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS: ABSORCIÓN, TRANSPORTE, BIOTRANSFORMACIÓN Y ELIMINACIÓN, DAÑOS A LA SALUD. PLAGUICIDAS CANCERÍGENOS. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL (VLA, VLB), PROTECCIÓN EN LA APLICACIÓN, ECOTOXICIDAD**

Se conocen como plaguicidas aquellas sustancias que deliberadamente se introducen en el ambiente para controlar o eliminar determinados organismos vivos (plagas) considerados perjudiciales para los intereses del hombre. Las plagas pueden controlarse también mediante otros métodos, entre los cuales se encuentran el uso de agentes biológicos y físicos, pero desde hace más de cincuenta años la lucha contra las plagas se ha basado esencialmente en el uso de plaguicidas químicos sintéticos.

La Ley 43/2002 de sanidad vegetal, establece las siguientes definiciones:

- Plaga: Organismo nocivo de cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para los vegetales o los productos vegetales.
- Sustancias activas: Las sustancias o microorganismos, incluidos los virus, que ejerzan una acción general o específica contra las plagas o en vegetales, partes de vegetales o productos vegetales

Los plaguicidas se utilizan en muchos campos de la actividad humana, pero los de mayor importancia son la agricultura y la salud pública. Se calcula que aproximadamente el 85% de los plaguicidas sintéticos empleados en el mundo se dedica al sector agrario y el 10% a las campañas sanitarias.

La legislación europea sobre comercialización y uso sostenible de productos plaguicidas garantiza un alto nivel de protección de la salud humana y el medio ambiente, y entre sus ámbitos de interés se incluye la protección de las personas trabajadoras, complementando la legislación en materia de prevención de riesgos laborales.

#### **1. CLASIFICACIÓN**

Se consideran plaguicidas tanto los productos fitosanitarios (utilizados en la agricultura) como los biocidas (uso ambiental, en la industria alimentaria, higiene personal, desinfectantes de ambientes clínicos y quirúrgicos, etc.).

El Reglamento CE 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios (PPFF), los define como “productos, en la forma en que se suministren al usuario, que contengan o estén compuestos de sustancias activas, protectores o sinérgicos, y que estén destinados a uno de los usos siguientes:

- proteger los vegetales o los productos vegetales de todos los organismos nocivos o evitar la acción de estos, excepto cuando dichos productos se utilicen principalmente por motivos de higiene y no para la protección de vegetales o productos vegetales;
- influir en los procesos vitales de los vegetales como, por ejemplo, las sustancias que influyen en su crecimiento, pero de forma distinta de los nutrientes;

- mejorar la conservación de los productos vegetales, siempre y cuando las sustancias o productos de que se trata no estén sujetos a disposiciones comunitarias especiales sobre conservantes;
- destruir vegetales o partes de vegetales no deseados, excepto las algas, a menos que los productos sean aplicados en el suelo o el agua para proteger los vegetales;
- controlar o evitar el crecimiento no deseado de vegetales, excepto las algas, a menos que los productos sean aplicados en el suelo o el agua para proteger los vegetales".

Por su parte, el Reglamento (UE) no 528/2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la comercialización y el uso de los biocidas, los define como:

- "toda sustancia o mezcla, en la forma en que se suministra al usuario, que esté compuesto por, o genere, una o más sustancias activas, con la finalidad de destruir, contrarrestar o neutralizar cualquier organismo nocivo, o de impedir su acción o ejercer sobre él un efecto de control de otro tipo, por cualquier medio que no sea una mera acción física o mecánica,
- toda sustancia o mezcla generada a partir de sustancias o mezclas distinta de las contempladas en el primer guion, destinada a ser utilizada con la intención de destruir, contrarrestar o neutralizar cualquier organismo nocivo, o de impedir su acción o ejercer sobre él un efecto de control de otro tipo, por cualquier medio que no sea una mera acción física o mecánica".

Este Reglamento (UE) Nº 528/2012, clasifica a los biocidas en cuatro grupos:

- Desinfectantes
  - Tipo de producto 1: Higiene humana
  - Tipo de producto 2: Desinfectantes y alguicidas no destinados a la aplicación directa a personas o animales
  - Tipo de producto 3: Higiene veterinaria
  - Tipo de producto 4: Alimentos y piensos
  - Tipo de producto 5: Agua potable
- Conservantes
  - Tipo de producto 6: Conservantes para los productos durante su almacenamiento
  - Tipo de producto 7: Conservantes para películas
  - Tipo de producto 8: Protectores para maderas
  - Tipo de producto 9: Protectores de fibras, cuero, caucho y materiales polimerizados
  - Tipo de producto 10: Conservantes de materiales de construcción
  - Tipo de producto 11: Protectores para líquidos utilizados en sistemas de refrigeración y en procesos industriales
  - Tipo de producto 12: Productos antimoho



- Tipo de producto 13: Protectores de líquidos empleados para trabajar o cortar materiales
- Plaguicidas
  - Tipo de producto 14: Rodenticidas
  - Tipo de producto 15: Avicidas
  - Tipo de producto 16: Molusquicidas, vermícidias y productos para controlar otros invertebrados
  - Tipo de producto 17: Piscicidas
  - Tipo de producto 18: Insecticidas, acaricidas y productos para controlar otros artrópodos
  - Tipo de producto 19: Repelentes y atrayentes
  - Tipo de producto 20: Control de otros animales vertebrados
- Otros biocidas
  - Tipo de producto 21: Productos antiincrustantes
  - Tipo de producto 22: Líquidos para embalsamamiento y taxidermia

Salvo algunas excepciones, en que es posible la aplicación de la propia sustancia activa, en la mayoría de los casos es preciso recurrir a la formulación de la sustancia con otros compuestos para aprovechar adecuadamente su utilidad plaguicida.

El o los ingredientes activos juegan un papel primordial en los formulados fitosanitarios, pero no menos importante es el resto de los productos que le acompañan ya que ellos determinarán la eficacia del primero, su adherencia a la planta, su disipación, etc., y en gran proporción, la exposición de las personas trabajadoras durante su utilización y durante la posterior entrada a las áreas tratadas.

Toda formulación plaguicida está compuesta de una o varias sustancias o ingredientes activo-técnicos y, en su caso, ingredientes inertes, coadyuvantes y aditivos, en proporción fija<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> La Reglamentación Técnico-Sanitaria para la fabricación, comercialización y utilización de plaguicidas, aprobada por Real Decreto 3349/1983, contiene las siguientes definiciones:

- **Formulación o preparado:** Todo plaguicida compuesto de una o varias sustancias o ingredientes activo-técnicos y, en su caso, ingredientes inertes, coadyuvantes y aditivos, en proporción fija.
- **Ingrediente activo-técnico:** Todo producto orgánico o inorgánico, natural, sintético o biológico, con determinada actividad plaguicida, con un grado de pureza establecido.
- **Coadyuvantes:** Las sustancias tales como tensioactivos, fluidificantes, estabilizantes y demás, que sean útiles en la elaboración de plaguicidas por su capacidad de modificar adecuadamente las propiedades físicas y químicas de los ingredientes activos.
- **Aditivos:** Aquellas sustancias tales como colorantes, repulsivos, eméticos y demás que, sin tener influencia en la eficacia de los plaguicidas, sean utilizadas en la elaboración de los mismos con objeto de cumplir prescripciones reglamentarias u otras finalidades.
- **Ingredientes inertes:** Aquellas sustancias o materiales que, unidos a los ingredientes activos para la preparación de formulaciones, permiten modificar sus características de dosificación o de aplicación.

Por su parte, el citado Reglamento CE 1107/2009, incluye las siguientes definiciones:

Entre las formulaciones sólidas se pueden destacar los polvos espolvoreables, gránulos, polvos solubles, polvos mojables, microencapsulados, cebos tabletas, etc. Entre las líquidas se encuentran las emulsiones concentradas, suspensiones concentradas, soluciones, etc.

El tipo de formulación puede condicionar el nivel de exposición durante su manejo. Por ejemplo, las formulaciones en polvo pueden provocar una exposición mayor que los gránulos. Actualmente se están comercializando formulaciones de liberación controlada que eliminan o reducen significativamente la exposición durante su manejo. Asimismo, la concentración del ingrediente activo es determinante en el nivel de exposición, siendo en algunos casos mayor, tal como ocurre generalmente con los polvos solubles y mojables que se diluyen antes de su aplicación, que, en otros, como los polvos espolvoreables y gránulos, en los que la concentración suele ser inferior y no se diluyen.

Los plaguicidas pueden clasificarse de muchas formas, pero las más importantes son: según su acción específica, sus propiedades toxicológicas, y el grupo químico a que pertenecen.

### **Atendiendo a su acción específica**

Pueden efectuarse múltiples clasificaciones de este tipo y algunas sustancias tienen varias actividades plaguicidas. Pueden ser: acaricidas (elimina ácaros), alguicidas (elimina algas), avicidas (elimina o repele aves), bactericidas (elimina bacterias), fungicidas (elimina hongos), herbicidas (elimina malas hierbas), insecticidas (elimina insectos), larvicidas (elimina larvas), molusquicidas (elimina moluscos), nematocidas (elimina nematodos), ovicida (destruye huevos), pediculicida (elimina piojos), piscicidas (elimina peces), predicidas (elimina depredadores), rodenticida (elimina roedores), silvicidas (elimina árboles y matorrales), y termiticidas (elimina termitas). También pueden ser atrayentes (atrae insectos), defoliantes (desprende las hojas), desecantes (acelera la desecación de las plantas), desinfectantes (destruye o inactiva microorganismos nocivos), feromonas (atrae insectos o vertebrados), quimioesterilizantes (esteriliza insectos o vertebrados), reguladores del crecimiento (estimula o retarda el crecimiento de plantas o insectos), y repelentes (repele insectos, ácaros o vertebrados).

### **Según las propiedades toxicológicas**

El Reglamento CE 1272/2008 (CLP) recoge en el Anexo I los siguientes peligros para la salud:

- Toxicidad aguda: 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

- 
- Protectores: Sustancias o preparados que se añadan a un producto fitosanitario para eliminar o reducir los efectos fitotóxicos del producto fitosanitario en determinadas plantas.
  - Sinergistas: Sustancias o preparados que puedan aumentar la actividad de las sustancias activas de un producto fitosanitario.
  - Coformulantes: Sustancias o preparados que se usen o estén destinados a usarse en un producto fitosanitario o en un adyuvante, pero que no sean sustancias activas ni protectores o sinergistas.
  - Adyuvantes: Sustancias o preparados que consistan en coformulantes, o preparados que contengan uno o varios coformulantes, en la forma en que se suministren al usuario y se comercialicen para que el usuario los mezcle con un producto fitosanitario, y que mejoren su eficacia u otras propiedades plaguicidas.

dosis múltiples administradas a lo largo de 24 horas o como consecuencia de una exposición por inhalación durante 4 horas.

- Corrosión o irritación cutáneas: por corrosión cutánea se entiende la 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 de ensayo durante un período de hasta 4 horas. Irritación cutánea es la aparición de una lesión reversible de la piel como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo 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 de ensayo en la superficie anterior del ojo, no completamente reversible en los 21 días siguientes a la aplicación. Irritación ocular es la producción de alteraciones oculares como consecuencia de la aplicación de una sustancia de ensayo en la superficie anterior del ojo, totalmente reversible en los 21 días siguientes a la aplicación.
- Sensibilización respiratoria o cutánea: sensibilizante respiratorio es una sustancia cuya inhalación induce hipersensibilidad de las vías respiratorias. Sensibilizante cutáneo es una sustancia que induce una respuesta alérgica por contacto con la piel.
- Mutagenicidad en células germinales: una mutación es un cambio permanente en la cantidad o en la estructura del material genético de una célula.
- Carcinogenicidad: carcinógeno es una sustancia o mezcla de sustancias que induce cáncer o aumenta su incidencia.
- Toxicidad para la reproducción: la toxicidad para la reproducción incluye los efectos adversos sobre la función sexual y la fertilidad de hombres y mujeres adultos, y los efectos adversos sobre el desarrollo de los descendientes.
- Toxicidad específica en determinados órganos (exposición única): es la toxicidad no letal que se produce en determinados órganos tras una única exposición a una sustancia o mezcla.
- Toxicidad específica en determinados órganos (exposiciones repetidas): es la toxicidad específica que se produce en determinados órganos tras una exposición repetida a una sustancia o mezcla.
- Peligro por aspiración: sustancias o mezclas que pueden presentar un peligro de toxicidad por aspiración para el hombre.

### **Según grupos químicos**

La clasificación por grupos químicos es fundamental, puesto que los aspectos relacionados con la toxicología e higiene laboral suelen ser similares para los plaguicidas pertenecientes al mismo grupo. Tradicionalmente se utilizaba la clasificación de la Organización Mundial de la Salud (OMS):

- Organoclorados: Generalmente se consideran plaguicidas organoclorados a los compuestos orgánicos de tipo cíclico que contienen átomos de cloro en la molécula y son liposolubles, persistentes en el ambiente y se acumulan en el organismo y en la

cadena alimentaria. Comprenden derivados clorados del etano (DDT y análogos), ciclodienos, compuestos relacionados con el hexaclorociclohexano y terpenos.

- **Organofosforados:** Constituidos por ésteres de diversos ácidos oxifosforados con distintos grados de sustitución. Los tipos más importantes son: fosfatos, fosfonatos, tiolo-fosfatos, tiono-fosfatos, tiol-tiono-fosfatos, tionofosfonatos, amido-fosfatos y tiol-tiono-fosfonatos.
- **Carbamatos:** Compuestos derivados del ácido carbámico, en su mayoría N-metil-carbamatos.
- **Piretroides:** Las piretrinas son mezclas de compuestos de origen vegetal. Se han sintetizado productos similares a ellas, por condensación de ácidos crisantémicos con alcoholes primarios, llamados piretroides.
- **Bipiridilos:** Sustancias formadas por la unión de dos anillos piridílicos.
- **Clorofenoxiácidos:** Derivados de los ácidos 4-clorofenoxi-acético, -propiónico o -butírico; generalmente se comercializan como sales, ésteres o aminas.
- **Cloro/Nitrofenoles:** Diversos clorofenoles y nitrofenoles se utilizan como plaguicidas.
- **Organomercuriales:** Átomos de mercurio enlazados a radicales orgánicos de tipo alquil, aril o alcoxi.
- **Tiocarbamatos:** Compuestos derivados de los ácidos tiocarbámico y ditiocarbámico.
- **Triazinas:** Compuestos con el núcleo de triazina, la mayoría derivados de la 2,4-diamino-1,3,5-triazina (guanamina).
- **Organoestánicos:** Átomos de estaño enlazados a varios tipos de radicales orgánicos.
- **Otros:** Existen otras muchas familias químicas, de las que algunos representantes se utilizan como plaguicidas. Algunas de ellas son:
  - Sustancias inorgánicas.
  - Hidrocarburos halogenados.
  - Ureas sustituidas.
  - Ftalimidas.
  - Diazinas.
  - Dinitroanilinas.
  - Benzonitrilos.
  - Amidas y anilidas.
  - Hidroxicumarinas.
  - Heterociclos nitrogenados (bencimidazoles, imidazoles, triazoles, pirimidinas, quinoleínas, morfolinás).

A causa de los rigurosos requisitos para la autorización de los PPFF<sup>2</sup>, el tipo de plaguicidas utilizados en la actualidad ha cambiado radicalmente y se han incorporado nuevas sustancias activas no pertenecientes a los grupos citados anteriormente. En el Anexo III del Reglamento (CE) 1185/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a las estadísticas de plaguicidas, sustituido por el Reglamento (UE) 2021/2010, se incluye una exhaustiva clasificación armonizada de sustancias plaguicidas, identificadas por sus nombres comunes, que tiene en cuenta la acción específica y la clasificación química.

En la base de datos europea de plaguicidas<sup>3</sup> pueden consultarse las sustancias activas existentes utilizando diferentes criterios de búsqueda, en función de su clasificación toxicológica, su acción específica, el estado de aprobación y otros criterios relacionados con la legislación relativa a la autorización de estas.

En la página web del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación<sup>4</sup> se pueden consultar los productos autorizados en España en función de su número de registro y/o nombre, la sustancia activa, la plaga contra la que actúan o su ámbito de utilización, etc.

## **2. TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS: ABSORCIÓN, TRANSPORTE, BIOTRANSFORMACIÓN Y ELIMINACIÓN, DAÑOS A LA SALUD**

Entre las diversas circunstancias laborales y extralaborales en las que puede tener lugar una intoxicación a los plaguicidas, las personas que se manejan productos concentrados, son las que tienen mayor posibilidad de sufrir intoxicaciones agudas. También se ha puesto de manifiesto intoxicaciones de personas trabajadoras durante la realización de tareas sobre un cultivo tratado.

Frecuentemente las intoxicaciones por plaguicidas se manifiestan precozmente por síntomas inespecíficos como son trastornos intestinales, cefaleas, mareos, anorexia, apatía, debilidad, nerviosismo e insomnio, que contribuyen poco al diagnóstico.

De forma genérica, puede indicarse el siguiente orden de toxicidad: insecticidas > defoliantes > desecantes > herbicidas > fungicidas. Dentro de la clase más tóxica, los insecticidas, el orden general de su riesgo por vía dérmica para el hombre es: organofosforados > carbamatos > ciclodienos > análogos al DDT > botánicos > inorgánicos.

Usualmente existen excepciones en cada grupo, siendo múltiples los factores susceptibles de modificar la toxicidad de una sustancia, es decir la capacidad inherente a un ingrediente activo para causar daños a la salud, de manera que el riesgo de intoxicación que surge en la práctica es muy variable. Entre ellos se pueden citar:

- Propiedades fisicoquímicas de la sustancia: Solubilidad, volatilidad, estabilidad, pureza y el tamaño de partícula;
- Condiciones de exposición: Vía de entrada o absorción por el organismo, concentración, tiempo de exposición, condiciones ambientales, absorción simultánea de varias sustancias, momento de la exposición, estado de reposo o ejercicio físico, etc.;

<sup>2</sup> Véase: Reglamento (CE) nº 1107/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, relativo a la comercialización de productos fitosanitarios y por el que se derogan las Directivas 79/117/CEE y 91/414/CEE del Consejo

<sup>3</sup> Véase: [https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database\\_en](https://food.ec.europa.eu/plants/pesticides/eu-pesticides-database_en)

<sup>4</sup> Véase: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp>

- Factores individuales: La respuesta individual a un tóxico varía con la especie, raza, sexo, edad, peso, estado nutricional y de salud, estado inmunológico, etc.

Los plaguicidas son absorbidos por las vías respiratoria, dérmica y oral.

Los factores que determinan la importancia de la absorción por vía respiratoria en una exposición en particular son las características físicas del ingrediente activo (Ej. volatilidad), la formulación y la técnica de aplicación cuando proceda. Los plaguicidas pueden ser inhalados como gases, vapores o aerosoles de pequeño diámetro. Así, las formulaciones secas tales como gránulos, polvos mojables, polvos solubles y cebos, pueden originar riesgos por inhalación de polvos y todos los fumigantes, tanto líquidos como gases, pueden ser absorbidos por esta vía. La exposición respiratoria puede ser importante en los espacios cerrados tales como plantas de fabricación y formulación, invernaderos, etc.

En algunas ocasiones puede producirse una entrada por vía oral. Probablemente la exposición oral más importante ocurre como consecuencia de salpicaduras accidentales de plaguicida líquido dentro de la boca, frotamiento de la zona bucal con las manos sucias o del hecho de comer o fumar con las manos contaminadas de estos productos. Asimismo, las sustancias inhaladas pueden ser absorbidas secundariamente por vía digestiva como consecuencia de los mecanismos de defensa del sistema respiratorio.

La absorción a través de la piel puede ser debida a contactos directos con el plaguicida o como consecuencia de su vehiculización a través del aire. Las diferentes partes de la piel son penetradas a distinta velocidad según el disolvente o material activo de que se trate. La penetración es más fácil si la piel está caliente o dañada, así como con las formulaciones líquidas o concentradas. Generalmente, los plaguicidas son absorbidos sin quemar la piel, sin irritación local, sin dolor y sin ninguna otra indicación de su penetración.

La vía dérmica se considera la más importante durante la mayoría de las situaciones de mezcla/carga y aplicación de plaguicidas en el campo, corte y recolección de los vegetales tratados, y probablemente representa un papel considerable en ciertas actividades en plantas de fabricación y formulación de plaguicidas.

Según diversos estudios de evaluación de la exposición a plaguicidas donde se han determinado la exposición potencial dérmica y respiratoria, la primera presenta valores superiores. Sin embargo, hay que tener en cuenta el hecho de que, a dosis equivalentes, el producto se absorbe más rápida y completamente a través del tracto respiratorio que a través de la piel.

Los efectos derivados de la exposición dérmica a los plaguicidas pueden ser locales, provocando trastornos en la piel, tales como irritaciones, dermatitis, sensibilización o cáncer, o sistémicos, causando alteraciones o daños en órganos o sistemas específicos (hígado, riñón, etc.) una vez absorbidos y distribuidos por el organismo. Los efectos locales originan enfermedades de la piel de origen laboral, que constituyen un alto porcentaje de las enfermedades profesionales.

Algunos de los efectos cutáneos producidos por los plaguicidas son:

- Dermatitis de contacto: paraquat, captafol, mancozeb, 2,4-D.
- Sensibilización cutánea: benomilo, DDT, malation y lindano.
- Reacciones fotoalérgicas: HCH, benomilo y zineb.
- Cloroacné: HCH y PCBs.
- Porfiria tóxica: HCH.



El mecanismo de toxicidad de los plaguicidas en mamíferos sólo se ha caracterizado bien en algunos grupos de compuestos como son los organofosforados y carbamatos que inhiben la acción de la colinesterasa y los nitrofenoles y fenoles clorados que inhiben la fosforilación oxidativa. También se ha demostrado que existen plaguicidas capaces de inducir a determinados enzimas, como los organoclorados.

A continuación, se indican las principales características toxicocinéticas y toxicodinámicas de los plaguicidas más representativos de los principales grupos:

Los insecticidas organoclorados, ninguno autorizado actualmente, son sustancias lipofílicas que pueden ser absorbidas por todas las vías. El mecanismo de acción responsable de la toxicidad aguda es, en parte, desconocido. Clínicamente estimulan el sistema nervioso central, con aparición de convulsiones epileptiformes. La intoxicación en el hombre no ha sido claramente definida. Son muy persistentes y bioacumulables.

Como se ha comentado, los insecticidas organofosforados inhiben la colinesterasa. Algunos necesitan transformarse en el organismo para ser activos (ej. paratión). Contrariamente a los insecticidas organoclorados, estas sustancias son relativamente inestables. Los efectos agudos pueden comenzar por calambres, cefaleas o visión borrosa, desencadenándose efectos más graves como fibrilación muscular, ansiedad, convulsiones o incluso la parálisis del centro respiratorio. La exposición repetida a algunos esteres organofosforados puede tener efecto acumulativo, apareciendo síntomas análogos a los de intoxicación aguda.

Los insecticidas carbamatos poseen el mismo mecanismo de acción que los organofosforados siendo la inhibición enzimática más rápidamente reversible.

Los piretroides poseen una escasa toxicidad en mamíferos ya que se metabolizan rápidamente en el organismo. Penetran en el organismo por ingestión o por inhalación pudiendo producir alergias respiratorias, asma o incluso fibrilación y convulsiones. En la piel pueden provocar dermatitis de contacto e irritación.

Los herbicidas bipiridilos son muy tóxicos y pueden ser absorbidos por todas las vías, pero las intoxicaciones más graves suelen producirse por ingestión voluntaria. Por debajo de 20 mg/kg de peso corporal produce manifestaciones gastrointestinales ligeras, pero por encima de esta dosis, la mayoría de los pacientes mueren por insuficiencia respiratoria o daños en varios órganos (hígado, riñón, pulmón y miocardio).

Los herbicidas clorofenoxiácidos se absorben por todas las vías. Algunos se excretan no modificados por la orina. A dosis elevadas pueden producir vómitos, mialgias y coma como efectos agudos y trastornos neuro psíquicos y afectación nerviosa periférica como efectos crónicos. Algunos estudios los relacionan con efectos cancerígenos (sarcoma, enfermedad de Hodgkin y linfoma).

Los cloro y nitrofenoles estimulan el metabolismo por desdoblamiento de las fosforilaciones oxidativas. Se absorben rápidamente por todas las vías. Los síntomas de intoxicación pueden ser náuseas, vómitos, vértigo, taquicardia, etc., habiendo sido los causantes de numerosas intoxicaciones mortales. Suelen presentar efectos cutáneos como irritaciones o alergias.

### **3. PLAGUICIDAS CANCERÍGENOS**

La contribución de la exposición a plaguicidas a la tasa de mortalidad por cáncer es desconocida, aunque la población la percibe como un riesgo importante, al igual que a los productos genotóxicos, tóxicos para la reproducción o con propiedades de alteración endocrina .

En España no hay autorizaciones de sustancias activas, protectores o sinergistas clasificados como carcinógeno de categoría 1A o 1B de conformidad con las disposiciones del Reglamento (CE) no 1272/2008.

Asimismo, solamente se encuentran disponibles un número muy limitado de sustancias clasificadas como carcinógenas de categoría 2, clasificándose, en cualquier caso, como candidatas a la sustitución, de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1107/2009.

Además de los estudios toxicológicos realizados durante el proceso de autorización, mencionados anteriormente, los estudios epidemiológicos en seres humanos pueden llegar a establecer una relación entre la exposición a plaguicidas y la aparición de cáncer, si bien frecuentemente son inconsistentes.

Un amplio informe (más de 1.000 páginas) del *Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale* (Inserm) ha actualizado el conocimiento sobre los efectos de los plaguicidas sobre la salud a partir de un análisis crítico de la literatura científica internacional publicada desde 2013. Al considerar estudios sobre poblaciones que manipulan o están en contacto regular con plaguicidas y que son a priori las más expuestas, la evaluación de los expertos confirma la fuerte presunción de un vínculo entre la exposición a plaguicidas y seis patologías: linfoma no Hodgkin (LNH), mieloma múltiple, cáncer de próstata, enfermedad de Parkinson, trastornos cognitivos, enfermedad pulmonar obstructiva crónica y bronquitis crónica.

#### **4. LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL (VLA, VLB)**

Los valores límite de exposición profesional (LEP) relativos a sustancias peligrosas (concentraciones en el aire de la zona de respiración del individuo o en medios biológicos tales como sangre, orina, aire exhalado, etc.) están basados en la información toxicológica de los compuestos químicos y constituyen una información importante para la evaluación y control de los riesgos inherentes a la exposición, principalmente por inhalación.

Sin embargo, en el caso de la evaluación de riesgos de los plaguicidas:

- Sólo se han fijado valor límite ambiental (VLA) para una cantidad muy limitada de PPFF (endosulfán, etileno, mevinfós, etc.);
- La principal vía de entrada en el organismo es la vía dérmica, para la que se presentan mayores dificultades en las mediciones y para la cual tampoco existen valores de referencia. Las listas de valores límite de exposición profesional contienen indicaciones sobre la contribución de la vía dérmica a la dosis total, la notación "vía dérmica".
- Existen pocos valores límite biológicos (VLB) y hay una gran variabilidad individual de los mismos. Por ejemplo, existen VLB para insecticidas organofosforados, y otros inhibidores de la acetilcolinesterasa, paratión y pentaclorofenol.

#### **5. PROTECCIÓN EN LA APLICACIÓN**

Al igual que ocurre con otras sustancias químicas, el riesgo por exposición laboral a PPFF depende de la toxicidad del preparado y de la exposición. Por tanto, para realizar la evaluación de riesgos se debe efectuar una evaluación detallada de la toxicidad del producto y la probabilidad de que se produzca algún efecto toxicológico en el hombre, y una estimación o medida de la exposición y/o cantidad absorbida como consecuencia de su uso.

La evaluación toxicológica<sup>5</sup> que se realiza durante el proceso de autorización de los PPFF, basada en los estudios sobre la sustancia activa y los preparados, debe permitir la determinación del nivel de exposición admisible para el operario (AOEL), que es la cantidad máxima diaria de sustancia activa a la que el operario puede estar expuesto sin sufrir consecuencias nocivas para la salud, y el nivel de exposición aguda admisible para el operario AAOEL para evaluar los efectos agudos, es decir, tras una sola exposición. Estos límites se expresan en miligramos de sustancia química por kilogramo de peso.

Para la evaluación de la exposición durante el proceso de autorización, el Ministerio de Sanidad, a través de su Subdirección General de Sanidad Ambiental y Salud Laboral ha elaborado unos ["Criterios de evaluación de la estimación de la exposición a productos fitosanitarios de los operarios, trabajadores, residentes y transeúntes"](#) con la colaboración del Centro Nacional de Medios de Protección (CNMP) del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

La evaluación de riesgos desde el punto de vista laboral se efectuará de acuerdo con la normativa vigente recogida en el Artículo 3 del Capítulo II del Real Decreto 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, y en el Capítulo II del Real Decreto 39/1997 por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.

Para ello, se deberá tener en cuenta la información básica para la evaluación toxicológica que se encuentra recogida en la etiqueta y advierte a los usuarios tanto del peligro de intoxicaciones como de diversos efectos adversos a largo plazo. En la determinación de los pictogramas y las indicaciones de peligro (frases H) y consejos de prudencia (frases P) se tienen en cuenta las categorías de peligrosidad y la clasificación y etiquetado del resto de los componentes de la formulación (disolventes, estabilizantes, etc.). Las fichas de datos de seguridad contienen información suplementaria más amplia y normalizada con respecto a los efectos sobre la salud, el contenido del producto, las medidas de protección adecuadas y los equipos de protección personal que puedan ser necesarios. Existe un apartado específico sobre información toxicológica.

Por su parte, para la evaluación de la exposición a PPFF durante su uso, el INSST ha elaborado una metodología cualitativa<sup>6</sup> a partir de la información recogida en la etiqueta y las condiciones de trabajo reales que se estén evaluando, con objeto de ayudar a los técnicos de prevención durante la evaluación del riesgo químico en las aplicaciones de PPFF.

Una vez conocido el nivel de riesgo, hay que determinar las medidas de prevención y protección que se deben aplicar, y planificarlas en función de la calificación de riesgo. La implementación debe ser más rápida cuanto mayor es el riesgo y en casos extremos puede ser necesario detener la actividad hasta que se tomen medidas de control y el nivel de riesgo se haya reducido. Las medidas preventivas deben adoptarse con el siguiente orden de prioridad, citando algunos ejemplos:

---

<sup>5</sup> En los Reglamentos (UE) nº 283/2013 y nº 284/2013 se especifica la información que debe aportarse en los expedientes que deben presentarse para la aprobación de las sustancias activas y productos fitosanitarios, respectivamente, indicando que esta información debe ser suficiente para poder evaluar los riesgos previsibles, tanto inmediatos como a largo plazo. En particular, se indica que la información debe permitir evaluar la naturaleza y el grado de los riesgos para las personas y estimar la exposición de operarios, trabajadores, residentes y circunstantes, incluida, cuando proceda, la exposición acumulativa a más de una sustancia activa.

<sup>6</sup> Véase: [Evaluación del riesgo por exposición a productos fitosanitarios](#)

- Eliminación de riesgo: Evitar el uso de PPFF utilizando un método alternativo de control de plagas, sustituir el plaguicida por otro menos tóxico, usar la formulación menos tóxica, etc.
- Reducción o control del riesgo:
  - Medidas de carácter técnico: Sistemas de carga abiertos o cerrados, envases de mayor seguridad, boquillas de baja deriva, pulverizadores apantallados, cabinas cerradas en tractores, equipos de aplicación más seguros y apropiados al tipo de trabajo, etc.
  - Buenas prácticas de trabajo: Prestar atención a la dirección del viento, minimizar el número de operaciones, utilizar envases de tamaño adecuado, agua limpia en el lugar de trabajo, etc.
- Protección de la persona trabajadora: Ropa y guantes de protección, equipo de protección respiratoria, gafas, pantallas faciales, gorras, botas, delantales, etc.

Para la selección de las medidas de prevención y protección, deben tenerse en cuenta las medidas contempladas en la etiqueta, derivadas de la evaluación del riesgo realizada durante el proceso de autorización, y las derivadas de la trasposición de la Directiva 2009/128/CE.

Y es que a finales de 2009 la Comisión Europea aprobó un paquete de medidas legislativas que incluyó el Reglamento (CE) nº 1107/2009, relativo a la comercialización de PPFF, y la Directiva 2009/128/CE, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. Ambas normativas modificaron profundamente las vigentes anteriormente en materia de comercialización y utilización de PPFF, incorporando los principios de la estrategia para el uso sostenible de plaguicidas y atendiendo a lo establecido en el VI Programa Comunitario de Acción Medioambiental. El paquete legislativo se complementa con el Reglamento (CE) nº 1185/2009, relativo a las estadísticas de plaguicidas, que establece un marco común para la elaboración sistemática de estadísticas comunitarias relativas a la comercialización y utilización de PPFF. Las estadísticas, junto con otros datos pertinentes, servirán, en particular, para cumplir los objetivos de la Directiva sobre uso sostenible de los plaguicidas.

La Directiva 2009/128/CE ha sido transpuesta mediante el Real Decreto 1702/2011, de inspecciones periódicas de los equipos de aplicación de PPFF, junto con el Real Decreto 1311/2012, por el que se establece el marco de actuación para conseguir un uso sostenible de los PPFF. Esta normativa es de aplicación en todas las actividades fitosanitarias, tanto en el ámbito agrario como en ámbitos profesionales distintos al mismo.

## **6. ECOTOXICIDAD**

Además de la protección de la salud humana, el Reglamento 1107/2009 (CE) también persigue garantizar un nivel elevado de protección de la salud animal, así como del medio ambiente.

Por ello, entre los requisitos sobre datos aplicables a las sustancias activas y PPFF (Reglamento 283/2013 y Reglamento 284/2013) se deberá atender a las posibles repercusiones de la sustancia activa en la biodiversidad y el ecosistema (efectos en las aves y otros vertebrados terrestres, efectos en los organismos acuáticos, efectos en los artrópodos, efectos en la mesofauna y la macrofauna del suelo no objetivo, efectos en la transformación del nitrógeno del suelo, efectos en plantas superiores terrestres no objetivo, efectos en otros organismos terrestres (flora y fauna) y los efectos en los métodos biológicos de tratamiento de aguas

residuales), incluidos los posibles efectos indirectos provocados por alteraciones de la red alimentaria.

Muchas de las medidas establecidas con objeto de proteger la salud animal y el medio ambiente contribuyen a garantizar un nivel elevado de protección de la salud humana, bien sean personas trabajadoras o personas ajenas a los tratamientos.



## **TEMA 61**

### **REAL DECRETO 396/2006, DE 31 DE MARZO, POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LOS TRABAJOS CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AMIANTO**

El término "amianto" describe un conjunto de silicatos minerales hidratados, de estructura fibrosa y composición química variable, que se ha utilizado ampliamente como materia prima en la fabricación de muchos materiales y productos durante la segunda mitad del siglo XX al tratarse de un mineral relativamente abundante, fácil de obtener y con unas excelentes propiedades fisicoquímicas.

El amianto es un agente químico clasificado como cancerígeno de categoría 1A. La rotura o trituración del mineral, así como la degradación de los materiales o productos que contienen amianto, facilita la liberación de sus fibras al entorno que, si son inhaladas, pueden provocar efectos perjudiciales para la salud. Así, los riesgos derivados de la exposición al amianto se deben principalmente a la inhalación de sus fibras, ya que pueden permanecer en el aire durante largos periodos de tiempo y penetrar en las vías respiratorias al ser respiradas. Una vez dentro de los pulmones, los mecanismos de defensa del organismo tratan de eliminarlas, pero aquellas fibras más finas y largas son más difíciles de eliminar y pueden provocar efectos negativos para la salud, de consecuencias benignas (alteración pleural benigna, placas pleurales o fibrosis intersticial difusa) o malignas (asbestosis, cáncer de pulmón o mesotelioma).

Por ello, los trabajos con amianto están regulados por una normativa específica, el **Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**<sup>1</sup>.

#### **1. REAL DECRETO 396/2006, DE 31 DE MARZO, POR EL QUE SE ESTABLECEN LAS DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD APLICABLES A LOS TRABAJOS CON RIESGO DE EXPOSICIÓN AL AMIANTO**

##### **Artículo 1. Objeto**

1. Este real decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer disposiciones mínimas de seguridad y salud para la protección de los trabajadores contra los riesgos derivados de la exposición al amianto durante el trabajo, así como la prevención de tales riesgos.
2. Las disposiciones del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, se aplicarán plenamente al conjunto del ámbito

---

<sup>1</sup> Debido a la publicación de la Directiva (UE) 2023/2668 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de noviembre de 2023, por la que se modifica la Directiva 2009/148/CE sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo y su necesaria transposición al ordenamiento jurídico español antes del 21 de diciembre de 2025, el Real Decreto 396/2006 se encuentra pendiente de modificación.



contemplado en el apartado anterior, sin perjuicio de las disposiciones más específicas contenidas en el real decreto.

3. Las disposiciones del Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, y del Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, se aplicarán plenamente al ámbito contemplado en el apartado 1 de este artículo, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en este real decreto.

## **Artículo 2. Definiciones**

A efectos de aplicación de este real decreto, el término amianto designa a los silicatos fibrosos siguientes, de acuerdo con la identificación admitida internacionalmente del registro de sustancias químicas del *Chemical Abstract Service* (CAS):

- a) Actinolita amianto, n.º 77536-66-4 del CAS,
- b) Grunerita amianto (amosita), n.º 12172-73-5 del CAS,
- c) Antofilita amianto, n.º 77536-67-5 del CAS,
- d) Crisotilo, n.º 12001-29-5 del CAS,
- e) Crocidolita, n.º 12001-28-4 del CAS, y
- f) Tremolita amianto, n.º 77536-68-6 del CAS.

## **Artículo 3. Ámbito de aplicación.**

1. Este real decreto es aplicable a las operaciones y actividades en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan, y especialmente en:

- a) Trabajos de demolición de construcciones donde exista amianto o materiales que lo contengan.
- b) Trabajos de desmantelamiento de elementos, maquinaria o utillaje donde exista amianto o materiales que lo contengan.
- c) Trabajos y operaciones destinadas a la retirada de amianto, o de materiales que lo contengan, de equipos, unidades (tales como barcos, vehículos, trenes), instalaciones, estructuras o edificios.
- d) Trabajos de mantenimiento y reparación de los materiales con amianto existentes en equipos, unidades (tales como barcos, vehículos, trenes), instalaciones, estructuras o edificios.
- e) Trabajos de mantenimiento y reparación que impliquen riesgo de desprendimiento de fibras de amianto por la existencia y proximidad de materiales de amianto.
- f) Transporte, tratamiento y destrucción de residuos que contengan amianto.
- g) Vertederos autorizados para residuos de amianto.
- h) Todas aquellas otras actividades u operaciones en las que se manipulen materiales que contengan amianto, siempre que exista riesgo de liberación de fibras de amianto al ambiente de trabajo."

2. No obstante lo anterior, siempre que se trate de **exposiciones esporádicas de los trabajadores, que la intensidad de dichas exposiciones sea baja y que los resultados de la evaluación prevista en el artículo 5 indiquen claramente que no se sobrepasará el valor límite**

**de exposición** al amianto en el área de la zona de trabajo, los artículos 11, 16, 17 y 18 no serán de aplicación cuando se trabaje:

- a) en actividades cortas y discontinuas de mantenimiento durante las cuales sólo se trabaje con materiales no friables,
- b) en la retirada sin deterioro de materiales no friables,
- c) en la encapsulación y en el sellado de materiales en buen estado que contengan amianto, siempre que estas operaciones no impliquen riesgo de liberación de fibras, y
- d) en la vigilancia y control del aire y en la toma de muestras para detectar la presencia de amianto en un material determinado.

#### **Artículo 4. Límite de exposición y prohibiciones.**

1. Los empresarios deberán asegurarse de que ningún trabajador está expuesto a una concentración de amianto en el aire superior al valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) de 0,1 fibras por centímetro cúbico medidas como una media ponderada en el tiempo para un período de ocho horas.

2. Sin perjuicio de la aplicación de otras disposiciones normativas relativas a la comercialización y a la utilización del amianto, se prohíben las actividades que exponen a los trabajadores a las fibras de amianto en la extracción del amianto, la fabricación y la transformación de productos de amianto o la fabricación y transformación de productos que contienen amianto añadido deliberadamente.

Se exceptúan de esta prohibición el tratamiento y desecho de los productos resultantes de la demolición y de la retirada del amianto.

#### **Artículo 5. Evaluación y control del ambiente de trabajo.**

1. Para todo tipo de actividad determinado que pueda presentar un riesgo de exposición al amianto o a materiales que lo contengan, la evaluación de riesgos a que hace referencia el artículo 16 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, debe incluir la medición de la concentración de fibras de amianto en el aire del lugar de trabajo y su comparación con el valor límite establecido en el artículo 4.1, de manera que se determine la naturaleza y el grado de exposición de los trabajadores.

Si el resultado de la evaluación pone de manifiesto la necesidad de modificar el procedimiento empleado para la realización de ese tipo de actividad, ya cambiando la forma de desarrollar el trabajo o ya adoptando medidas preventivas adicionales, deberá realizarse una nueva evaluación una vez que se haya implantado el nuevo procedimiento.

Cuando el resultado de la evaluación de riesgos a que se refiere este apartado lo hiciera necesario, y con vistas a garantizar que no se sobrepasa el valor límite establecido en el artículo 4, el empresario realizará controles periódicos de las condiciones de trabajo.

2. Las evaluaciones se repetirán periódicamente. En cualquier caso, siempre que se produzca un cambio de procedimiento, de las características de la actividad o, en general, una modificación sustancial de las condiciones de trabajo que pueda hacer variar la exposición de los trabajadores, será preceptiva la inmediata evaluación de los puestos de trabajo afectados.

3. La periodicidad de las evaluaciones de riesgos y controles de las condiciones de trabajo se determinará teniendo en cuenta, al menos, la información recibida de los trabajadores, y atendiendo especialmente a los factores que puedan originar un incremento de las exposiciones respecto a las inicialmente evaluadas.

4. Las evaluaciones de riesgos deberán efectuarse por personal cualificado para el desempeño de funciones de nivel superior y especialización en Higiene Industrial, conforme a lo establecido en el capítulo VI del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero.

El procedimiento para la toma de muestras y el análisis (recuento de fibras) se ajustará a los requisitos establecidos en el anexo I.

A efectos de este real decreto, se entenderá por fibras de amianto o asbestos: aquellas partículas de esta materia en cualquiera de sus variedades, cuya longitud sea superior a 5 micrómetros, su diámetro inferior a 3 micrómetros y la relación longitud-diámetro superior a 3.

5. El análisis (recuento de fibras) de amianto sólo podrá realizarse por laboratorios especializados cuya idoneidad a tal fin sea reconocida formalmente por la autoridad laboral que corresponda al territorio de la comunidad autónoma donde se encuentre ubicado el laboratorio, con arreglo al procedimiento establecido en el anexo II.

#### **Artículo 6. Medidas técnicas generales de prevención**

En todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, la exposición de los trabajadores a fibras procedentes del amianto o de materiales que lo contengan en el lugar de trabajo debe quedar reducida al mínimo y, en cualquier caso, por debajo del valor límite fijado en el artículo 4.1, especialmente mediante la aplicación de las siguientes medidas:

- a) Los procedimientos de trabajo deberán concebirse de tal forma que no produzcan fibras de amianto o, si ello resultara imposible, que no haya dispersión de fibras de amianto en el aire.
- b) Las fibras de amianto producidas se eliminarán, en las proximidades del foco emisor, preferentemente mediante su captación por sistemas de extracción, en condiciones que no supongan un riesgo para la salud pública y el medio ambiente.
- c) Todos los locales y equipos utilizados deberán estar en condiciones de poderse limpiar y mantener eficazmente y con regularidad.
- d) El amianto o los materiales de los que se desprendan fibras de amianto o que contengan amianto deberán ser almacenados y transportados en embalajes cerrados apropiados y con etiquetas reglamentarias que indiquen que contienen amianto.
- e) Los residuos, excepto en las actividades de minería que se regirán por lo dispuesto en su normativa específica, deberán agruparse y transportarse fuera del lugar de trabajo lo antes posible en embalajes cerrados apropiados y con etiquetas que indiquen que contienen amianto. Posteriormente, esos desechos deberán ser tratados con arreglo a la normativa aplicable sobre residuos peligrosos.

#### **Artículo 7. Medidas organizativas**

El empresario, en todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, deberá adoptar las medidas necesarias para que:

- a) El número de trabajadores expuestos o que puedan estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan sea el mínimo indispensable.

b) Los trabajadores con riesgo de exposición a amianto no realicen horas extraordinarias ni trabajen por sistema de incentivos en el supuesto de que su actividad laboral exija sobreesfuerzos físicos, posturas forzadas o se realice en ambientes calurosos determinantes de una variación de volumen de aire inspirado.

c) Cuando se sobrepase el valor límite fijado en el artículo 4, se identifiquen las causas y se tomen lo antes posible las medidas adecuadas para remediar la situación.

No podrá proseguirse el trabajo en la zona afectada si no se toman medidas adecuadas para la protección de los trabajadores implicados.

Posteriormente, se comprobará la eficacia de dichas medidas mediante una nueva evaluación del riesgo.

d) Los lugares donde dichas actividades se realicen:

1.º estén claramente delimitados y señalizados por paneles y señales, de conformidad con la normativa en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo,

2.º no puedan ser accesibles a otras personas que no sean aquellas que, por razón de su trabajo o de su función, deban operar o actuar en ellos,

3.º sean objeto de la prohibición de beber, comer y fumar.

#### **Artículo 8. Equipos de protección individual de las vías respiratorias**

1. Cuando la aplicación de las medidas de prevención y de protección colectiva, de carácter técnico u organizativo, resulte insuficiente para garantizar que no se sobrepase el valor límite establecido en el artículo 4.1, deberán utilizarse equipos de protección individual para la protección de las vías respiratorias, de conformidad con lo dispuesto en el Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

No obstante lo anterior, aun cuando no se sobrepase el indicado valor límite, el empresario pondrá dichos equipos a disposición de aquel trabajador que así lo solicite expresamente.

2. La utilización de los equipos de protección individual de las vías respiratorias no podrá ser permanente y su tiempo de utilización, para cada trabajador, deberá limitarse al mínimo estrictamente necesario sin que en ningún caso puedan superarse las 4 horas diarias. Durante los trabajos realizados con un equipo de protección individual de las vías respiratorias se deberán prever las pausas pertinentes en función de la carga física y condiciones climatológicas.

#### **Artículo 9. Medidas de higiene personal y de protección individual**

1. El empresario, en todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, deberá adoptar las medidas necesarias para que:

a) los trabajadores dispongan de instalaciones sanitarias apropiadas y adecuadas;

b) los trabajadores dispongan de ropa de protección apropiada o de otro tipo de ropa especial adecuada, facilitada por el empresario; dicha ropa será de uso obligatorio durante el tiempo de permanencia en las zonas en que exista exposición al amianto y necesariamente sustituida por la ropa de calle antes de abandonar el centro de trabajo;

c) los trabajadores dispongan de instalaciones o lugares para guardar de manera separada la ropa de trabajo o de protección y la ropa de calle;

d) se disponga de un lugar determinado para el almacenamiento adecuado de los equipos de protección y se verifique que se limpien y se compruebe su buen funcionamiento, si fuera

posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización, reparando o sustituyendo los equipos defectuosos antes de un nuevo uso;

e) los trabajadores con riesgo de exposición a amianto dispongan para su aseo personal, dentro de la jornada laboral, de, al menos, diez minutos antes de la comida y otros diez minutos antes de abandonar el trabajo.

2. El empresario se responsabilizará del lavado y descontaminación de la ropa de trabajo, quedando prohibido que los trabajadores se lleven dicha ropa a su domicilio para tal fin. Cuando contratase tales operaciones con empresas especializadas, estará obligado a asegurarse de que la ropa se envía en recipientes cerrados y etiquetados con las advertencias precisas

3. De acuerdo con el artículo 14.5 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el coste de las medidas relativas a la seguridad y la salud en el trabajo establecidas por este real decreto no podrá recaer en modo alguno sobre los trabajadores.

#### **Artículo 10. Disposiciones específicas para determinadas actividades**

1. Para determinadas actividades, como obras de demolición, de retirada de amianto, de reparación y de mantenimiento, en las que puede preverse la posibilidad de que se sobrepase el valor límite fijado en el artículo 4, a pesar de utilizarse medidas técnicas preventivas tendentes a limitar el contenido de amianto en el aire, el empresario establecerá las medidas destinadas a garantizar la protección de los trabajadores durante dichas actividades, y en particular las siguientes:

a) los trabajadores recibirán un equipo de protección individual de las vías respiratorias apropiado y los demás equipos de protección individual que sean necesarios, velando el empresario por el uso efectivo de los mismos;

b) se instalarán paneles de advertencia para indicar que es posible que se sobrepase el valor límite fijado en el artículo 4;

c) deberá evitarse la dispersión de polvo procedente del amianto o de materiales que lo contengan fuera de los locales o lugares de acción.

d) la correcta aplicación de los procedimientos de trabajo y de las medidas preventivas previstas deberá supervisarse por una persona que cuente con los conocimientos, la cualificación y la experiencia necesarios en estas actividades y con la formación preventiva correspondiente como mínimo a las funciones del nivel básico.

2. Antes del comienzo de obras de demolición o mantenimiento, los empresarios deberán adoptar –si es necesario, recabando información de los propietarios de los locales– todas las medidas adecuadas para identificar los materiales que puedan contener amianto. Si existe la menor duda sobre la presencia de amianto en un material o una construcción, deberán observarse las disposiciones de este real decreto que resulten de aplicación.

A estos efectos, la identificación deberá quedar reflejada en el estudio de seguridad y salud, o en el estudio básico de seguridad y salud, a que se refiere el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, o en su caso en la evaluación de riesgos en aquellas obras en las que reglamentariamente no sea exigible la elaboración de dichos estudios.

#### **Artículo 11. Planes de trabajo**

1. Antes del comienzo de cada trabajo con riesgo de exposición al amianto incluido en el ámbito de aplicación de este real decreto, el empresario deberá elaborar un plan de trabajo.

Dicho plan deberá prever, en particular, lo siguiente:

- a) que el amianto o los materiales que lo contengan sean eliminados antes de aplicar las técnicas de demolición, salvo en el caso de que dicha eliminación cause un riesgo aún mayor a los trabajadores que si el amianto o los materiales que contengan amianto se dejaran in situ;
- b) que, una vez que se hayan terminado las obras de demolición o de retirada del amianto, será necesario asegurarse de que no existen riesgos debidos a la exposición al amianto en el lugar de trabajo.

2. El plan de trabajo deberá prever las medidas que, de acuerdo con lo previsto en este real decreto, sean necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que vayan a llevar a cabo estas operaciones.

El plan deberá especificar:

- a) Descripción del trabajo a realizar con especificación del tipo de actividad que corresponda: demolición, retirada, mantenimiento o reparación, trabajos con residuos, etc.
- b) Tipo de material a intervenir indicando si es friable (amianto proyectado, calorifugados, paneles aislantes, etc.) o no friable (fibrocemento, amianto-vinilo, etc.), y en su caso la forma de presentación del mismo en la obra, indicando las cantidades que se manipularán de amianto o de materiales que lo contengan.
- c) Ubicación del lugar en el que se habrán de efectuar los trabajos.
- d) La fecha de inicio y la duración prevista del trabajo.
- e) Relación nominal de los trabajadores implicados directamente en el trabajo o en contacto con el material conteniendo amianto, así como categorías profesionales, oficios, formación y experiencia de dichos trabajadores en los trabajos especificados.
- f) Procedimientos que se aplicarán y las particularidades que se requieran para la adecuación de dichos procedimientos al trabajo concreto a realizar.
- g) Las medidas preventivas contempladas para limitar la generación y dispersión de fibras de amianto en el ambiente y las medidas adoptadas para limitar la exposición de los trabajadores al amianto.
- h) Los equipos utilizados para la protección de los trabajadores, especificando las características y el número de las unidades de descontaminación y el tipo y modo de uso de los equipos de protección individual.
- i) Medidas adoptadas para evitar la exposición de otras personas que se encuentren en el lugar donde se efectúe el trabajo y en su proximidad.
- j) Las medidas destinadas a informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos y las precauciones que deban tomar.
- k) Las medidas para la eliminación de los residuos de acuerdo con la legislación vigente indicando empresa gestora y vertedero.
- l) Recursos preventivos de la empresa indicando, en caso de que éstos sean ajenos, las actividades concertadas.
- m) Procedimiento establecido para la evaluación y control del ambiente de trabajo de acuerdo con lo previsto en este real decreto.

3. No obstante lo previsto en los apartados anteriores, los planes de trabajo sucesivos podrán remitirse a lo señalado en los planes anteriormente presentados ante la misma autoridad laboral, respecto de aquellos datos que se mantengan inalterados.

4. Cuando se trate de operaciones de corta duración con presentación irregular o no programables con antelación, especialmente en los casos de mantenimiento y reparación, el empresario podrá sustituir la presentación de un plan por cada trabajo por un plan único, de carácter general, referido al conjunto de estas actividades, en el que se contengan las



especificaciones a tener en cuenta en el desarrollo de las mismas. No obstante, dicho plan deberá ser actualizado si cambian significativamente las condiciones de ejecución.

5. Los empresarios que contraten o subcontraten con otros la realización de los trabajos comprendidos en el ámbito de este real decreto deberán comprobar que dichos contratistas o subcontratistas cuentan con el correspondiente plan de trabajo. A tales efectos, la empresa contratista o subcontratista deberá remitir a la empresa principal del plan de trabajo, una vez aprobado por la autoridad laboral.

6. Para la elaboración del plan de trabajo deberán ser consultados los representantes de los trabajadores.

#### **Artículo 12. Tramitación de planes de trabajo.**

1. El plan de trabajo se presentará para su aprobación ante la autoridad laboral correspondiente al lugar de trabajo en el que vayan a realizarse tales actividades. Cuando este lugar de trabajo pertenezca a una comunidad autónoma diferente a aquella en que se haya realizado la inscripción en el Registro de empresas con riesgo por amianto, el empresario deberá presentar, junto con el plan de trabajo, una copia de la ficha de inscripción en dicho Registro.

El plan de trabajo a que se refiere el apartado 4 del artículo anterior se someterá a la aprobación de la autoridad laboral correspondiente al territorio de la comunidad autónoma donde radiquen las instalaciones principales de la empresa que lo ejecute.

2. El plazo para resolver y notificar la resolución será de cuarenta y cinco días, a contar desde la fecha en que la solicitud haya tenido entrada en el registro de la autoridad laboral competente; si, transcurrido dicho plazo, no se hubiera notificado pronunciamiento expreso, el plan de trabajo se entenderá aprobado.

En la tramitación del expediente deberá recabarse el informe de la Inspección de Trabajo y Seguridad Social y de los órganos técnicos en materia preventiva de las correspondientes comunidades autónomas.

3. Cuando la autoridad laboral que apruebe un plan de trabajo sea diferente de la del territorio donde la empresa se encuentra registrada, remitirá copia de la resolución aprobatoria del plan a la autoridad laboral del lugar donde figure registrada.

4. En lo no previsto en este real decreto será de aplicación lo establecido en la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

#### **Artículo 13. Formación de los trabajadores.**

1. De conformidad con el artículo 19 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario deberá garantizar una formación apropiada para todos los trabajadores que estén, o puedan estar, expuestos a polvo que contenga amianto. Esta formación no tendrá coste alguno para los trabajadores y deberá impartirse antes de que inicien sus actividades u operaciones con amianto y cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñen o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo, repitiéndose, en todo caso, a intervalos regulares.

2. El contenido de la formación deberá ser fácilmente comprensible para los trabajadores. Deberá permitirles adquirir los conocimientos y competencias necesarios en materia de prevención y de seguridad, en particular en relación con:

- a) las propiedades del amianto y sus efectos sobre la salud, incluido el efecto sinérgico del tabaquismo;
- b) los tipos de productos o materiales que puedan contener amianto;
- c) las operaciones que puedan implicar una exposición al amianto y la importancia de los medios de prevención para minimizar la exposición;
- d) las prácticas profesionales seguras, los controles y los equipos de protección;
- e) la función, elección, selección, uso apropiado y limitaciones de los equipos respiratorios;
- f) en su caso, según el tipo de equipo utilizado, las formas y métodos de comprobación del funcionamiento de los equipos respiratorios;
- g) los procedimientos de emergencia;
- h) los procedimientos de descontaminación;
- i) la eliminación de residuos;
- j) las exigencias en materia de vigilancia de la salud.

#### **Artículo 14. Información de los trabajadores.**

1. De conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.1 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, el empresario, en todas las actividades a que se refiere el artículo 3.1, deberá adoptar las medidas necesarias para que los trabajadores y sus representantes reciban información detallada y suficiente sobre:

- a) los riesgos potenciales para la salud debidos a una exposición al polvo procedente del amianto o de materiales que lo contengan;
- b) las disposiciones contenidas en el presente real decreto y, en particular, las relativas a las prohibiciones y a la evaluación y control del ambiente de trabajo;
- c) las medidas de higiene que deben ser adoptadas por los trabajadores, así como los medios que el empresario debe facilitar a tal fin;
- d) los peligros especialmente graves del hábito de fumar, dada su acción potenciadora y sinérgica con la inhalación de fibras de amianto;
- e) la utilización y obligatoriedad, en su caso, de la utilización de los equipos de protección individual y de la ropa de protección y el correcto empleo y conservación de los mismos;
- f) cualquier otra información sobre precauciones especiales dirigidas a reducir al mínimo la exposición al amianto.

2. Además de las medidas a que se refiere el apartado 1, el empresario informará a los trabajadores y a sus representantes sobre:

- a) los resultados obtenidos en las evaluaciones y controles del ambiente de trabajo efectuados y el significado y alcance de los mismos;
- b) los resultados no nominativos de la vigilancia sanitaria específica frente a este riesgo.

Además, cada trabajador será informado individualmente de los resultados de las evaluaciones ambientales de su puesto de trabajo y de los datos de su vigilancia sanitaria específica, facilitándole cuantas explicaciones sean necesarias para su fácil comprensión.

3. Si se superase el valor límite fijado en el artículo 4, los trabajadores afectados, así como sus representantes en la empresa o centro de trabajo, serán informados lo más rápidamente posible de ello y de las causas que lo han motivado, y serán consultados sobre las medidas que se van a adoptar o, en caso de urgencia, sobre las medidas adoptadas.

4. Se aconsejará e informará a los trabajadores en lo relativo a cualquier control médico que sea pertinente efectuar con posterioridad al cese de la exposición. En particular, sobre la aplicación a dichos trabajadores de lo establecido en el artículo 37.3.e) del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, en materia de vigilancia de la salud más allá de la finalización de la relación laboral.

5. El trabajador tendrá derecho a solicitar y obtener los datos que sobre su persona obren en los registros y archivos que los empresarios tengan establecidos en virtud de lo previsto en el presente real decreto. En todo caso, el empresario, con ocasión de la extinción del contrato de trabajo, al comunicar a los trabajadores la denuncia o, en su caso, el preaviso de la extinción del mismo, deberá entregar al trabajador certificado donde se incluyan los datos que sobre su persona consten en el apartado 3, referido a los datos de las evaluaciones, del anexo IV, y en el anexo V de este real decreto.

6. Los delegados de prevención o, en su defecto, los representantes legales de los trabajadores recibirán una copia de los planes de trabajo a que se refiere el artículo 11 de este real decreto.

#### **Artículo 15. Consulta y participación de los trabajadores.**

La consulta y participación de los trabajadores o sus representantes sobre las cuestiones a que se refiere este real decreto se realizarán de conformidad con lo dispuesto en el artículo 18.2 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre.

#### **Artículo 16. Vigilancia de la salud de los trabajadores.**

1. El empresario garantizará una vigilancia adecuada y específica de la salud de los trabajadores en relación con los riesgos por exposición a amianto, realizada por personal sanitario competente, según determinen las autoridades sanitarias en las pautas y protocolos elaborados, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 37.3 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero. Dicha vigilancia será obligatoria en los siguientes supuestos:

a) Antes del inicio de los trabajos incluidos en el ámbito de aplicación del presente real decreto con objeto de determinar, desde el punto de vista médico-laboral, su aptitud específica para trabajos con riesgo por amianto.

b) Periódicamente, todo trabajador que esté o haya estado expuesto a amianto en la empresa, se someterá a reconocimientos médicos con la periodicidad determinada por las pautas y protocolos a que se refiere el apartado 1.

2. Todo trabajador con historia médico-laboral de exposición al amianto será separado del trabajo con riesgo y remitido a estudio al centro de atención especializada correspondiente, a efectos de posible confirmación diagnóstica, y siempre que en la vigilancia sanitaria específica se ponga de manifiesto alguno de los signos o síntomas determinados en las pautas y protocolos a que se refiere el apartado 1.

3. Habida cuenta del largo período de latencia de las manifestaciones patológicas por amianto, todo trabajador con antecedentes de exposición al amianto que cese en la relación de trabajo en la empresa en que se produjo la situación de exposición, ya sea por jubilación, cambio de empresa o cualquier otra causa, seguirá sometido a control médico preventivo, mediante reconocimientos periódicos realizados, a través del Sistema Nacional de Salud, en servicios de neumología que dispongan de medios adecuados de exploración funcional respiratoria u otros Servicios relacionados con la patología por amianto.

**Artículo 17. Obligación de inscripción en el Registro de empresas con riesgo por amianto.**

1. Todas las empresas que vayan a realizar actividades u operaciones incluidas en el ámbito de aplicación de este real decreto deberán inscribirse en el Registro de empresas con riesgo por amianto existente en los órganos correspondientes de la autoridad laboral del territorio donde radiquen sus instalaciones principales, mediante la cumplimentación de la ficha recogida en el anexo III.

Los órganos a los que se refiere el párrafo anterior enviarán copia de todo asiento practicado en sus respectivos registros al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, donde existirá un Censo de empresas con riesgo por amianto.

Los registros de las Administraciones competentes en la materia estarán intercomunicados para poder disponer de toda la información que contienen.

2. Las empresas inscritas en el Registro de empresas con riesgo por amianto deberán comunicar a la autoridad laboral a la que se refiere el párrafo primero del apartado anterior toda variación de los datos anteriormente declarados, en el plazo de quince días desde aquél en que tales cambios se produzcan.

**Artículo 18. Registros de datos y archivo de documentación.**

1. Sin perjuicio de lo establecido en el artículo 23 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, las empresas comprendidas en el ámbito de aplicación del presente real decreto están obligadas a establecer y mantener actualizados los archivos de documentación relativos a:

- a) Ficha de inscripción presentada en el Registro de empresas con riesgo por amianto (RERA).
- b) Planes de trabajo aprobados.
- c) Fichas para el registro de datos de la evaluación de la exposición en los trabajos con amianto, de conformidad con lo dispuesto en el anexo IV.
- d) Fichas para el registro de datos sobre la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en el anexo V.

2. Las fichas para el registro de los datos de evaluación de la exposición en los trabajos con amianto deberán remitirse, una vez ejecutados los trabajos afectados por el plan, a la autoridad laboral que lo haya aprobado. Dicha autoridad laboral, a su vez, remitirá copia de esta información a la autoridad laboral del lugar donde la empresa esté registrada.

En el caso de los planes de trabajo únicos a que se refiere el artículo 11.4, las fichas para el registro de los datos de evaluación de la exposición deberán remitirse, antes del final de cada año, a la autoridad laboral del lugar donde la empresa esté registrada.

3. Las fichas para el registro de datos sobre la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores deberán ser remitidas por el médico responsable de la vigilancia sanitaria, antes del final de cada año, a la autoridad sanitaria del lugar donde la empresa esté registrada.

4. Los datos relativos a la evaluación y control ambiental, los datos de exposición de los trabajadores y los datos referidos a la vigilancia sanitaria específica de los trabajadores se conservarán durante un mínimo de cuarenta años después de finalizada la exposición, remitiéndose a la autoridad laboral en caso de que la empresa cese en su actividad antes de dicho plazo.

Los historiales médicos serán remitidos por la autoridad laboral a la sanitaria, quien los conservará, garantizándose en todo caso la confidencialidad de la información en ellos contenida. En ningún caso la autoridad laboral conservará copia de los citados historiales.

#### **Artículo 19. Tratamiento de datos.**

El tratamiento automatizado de los datos registrados o almacenados en virtud de lo previsto en este real decreto sólo podrá realizarse en los términos contemplados en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.

#### **Disposición adicional primera. Transmisión de información al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.**

Para el adecuado cumplimiento de las funciones que el artículo 8 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, atribuye al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, las autoridades laborales remitirán al citado Instituto copia de las resoluciones de autorización de los planes de trabajo, así como toda la información relativa al anexo III y al anexo IV de las empresas registradas en su territorio.

#### **ANEXO I. Requisitos para la toma de muestras y el análisis (recuento de fibras)**

1. La medición incluirá la toma de muestras representativas de la exposición personal de los trabajadores a las fibras de amianto y el posterior análisis de las mismas.

Las muestras ambientales estáticas, no personales, sólo serán procedentes para detectar la presencia de fibras de amianto en el aire en las situaciones tales como:

- en el ambiente de lugares de trabajo en los que existan o se sospeche que puedan existir materiales de amianto;
- en el exterior de los encerramientos en los que se efectúen trabajos con amianto, o en el interior de las unidades de descontaminación;
- después de realizar trabajos con amianto, para asegurar que el lugar de trabajo y su entorno no han quedado contaminados y no existen riesgos debidos a la exposición al amianto.

2. La estrategia de la medición incluyendo el número de muestras, la duración y la oportunidad de la medición, deberá ser tal que sea posible determinar una exposición representativa para un período de referencia de ocho horas (un turno) mediante mediciones o cálculos ponderados en el tiempo. A tal efecto se tendrá en cuenta lo dispuesto en el artículo 16 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los Agentes Químicos durante el trabajo y en la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos (Real Decreto 374/2001, de 6 de abril).

3. La toma de muestras y el análisis (recuento de fibras) se realizará preferentemente por el procedimiento descrito en el método MTA/MA-051 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, «Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire. Método del filtro de membrana/microscopia óptica de contraste de fases», según el método recomendado

por la Organización Mundial de la Salud en 1997, o por cualquier otro método que dé resultados equivalentes.

## **ANEXO II. Reconocimiento de la capacidad técnica de los laboratorios especializados en el análisis (recuento) de fibras de amianto**

El reconocimiento formal de la idoneidad de los laboratorios será objetivado y fundado sobre su capacidad técnica, efectuándose de acuerdo con criterios predeterminados y conocidos por los interesados, proporcionándose de esta manera las garantías necesarias tanto para la posición de tales interesados, como para la adopción de resoluciones adecuadamente justificadas.

Con el fin de hacer conocidas las condiciones básicas que serán tenidas en cuenta a la hora de emitir un juicio sobre tal idoneidad, y los trámites administrativos que de manera uniforme se seguirán en el procedimiento necesario para ello, se dispone lo siguiente:

1. El laboratorio que desee obtener la acreditación como laboratorio especializado en el análisis (recuento) de fibras de amianto deberá cumplir los siguientes requisitos:

1.1 Disponer con carácter permanente de las instalaciones, equipos, medios materiales y personal adecuados para los análisis (recuentos) de fibras de amianto, de acuerdo con lo especificado a este respecto en el método del INSHT «Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire» (MTA/MA-051), elaborado de acuerdo al método recomendado por la OMS.

1.2 Tener establecido un sistema de gestión de la calidad para los análisis (recuentos) de fibras de amianto. Este sistema tendrá en cuenta los principios generales sobre calidad en las mediciones de agentes químicos que se especifican en el Apéndice 6 de la Guía Técnica del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con Agentes Químicos (Real Decreto 374/2001, de 6 de abril). A este respecto se deberá cumplir lo que se indica en los párrafos 8.3.3.3 y 8.3.4 del protocolo de acreditación.

1.3 Participar de forma continuada y ser clasificado como satisfactorio en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad para el recuento de Fibras de Amianto (PICC-FA) del INSHT.

2. A solicitud de acreditación se efectuará mediante instancia dirigida a la autoridad laboral competente, e irá acompañada de los datos y documentos que se indican y detallan en los párrafos 1 y 2 del protocolo de acreditación recogido en el apartado 8.

3. Recibida la solicitud, la autoridad laboral recabará informe del INSHT y cuantos otros considere necesarios para resolver fundadamente.

4. A fin de emitir su informe, el INSHT realizará la verificación de los datos presentados en la solicitud y practicará los correspondientes controles de acuerdo con lo indicado en el protocolo de acreditación que se detalla en el apartado 8 del presente anexo. Para ello, el INSHT tendrá libre acceso a las instalaciones, documentos, registros y archivos de muestras y resultados del laboratorio. Además, el INSHT podrá hacer uso de los datos de la participación y clasificación del laboratorio en el PICC-FA.

5. La autoridad laboral, a la vista de los informes recibidos, dictará resolución concediendo o denegando la acreditación solicitada.



La resolución que conceda la acreditación se entenderá otorgada con carácter indefinido, tendrá validez en todo el territorio nacional y surtirá efectos al día siguiente de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

6. El laboratorio deberá mantener las condiciones en que se basó su acreditación. Con este fin, el INSST verificará el mantenimiento de estos requisitos en la forma establecida en el protocolo de acreditación.

Si como resultado de las comprobaciones efectuadas, directamente o a través de las comunicaciones señaladas en el apartado anterior, la autoridad laboral que concedió la acreditación tuviera constancia del incumplimiento de requisitos que determinaron aquella, dictará resolución de extinción de la acreditación otorgada.

7. En lo no previsto en el presente anexo será de aplicación la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.

8. Protocolo para la acreditación de laboratorios especializados en el análisis (recuento) de fibras de amianto.

8.1 Las solicitudes deberán indicar los siguientes datos:

Denominación del laboratorio:

Naturaleza jurídica:

N.º de identificación fiscal:

N.º patronal de la Seguridad Social:

Dirección:

Teléfono/Fax/e-mail:

Nombre del solicitante:

Puesto o cargo que desempeña:

Fecha desde la que el laboratorio realiza recuentos de fibras de amianto:

Fecha de inscripción en el PICC-FA:

Fecha y clasificación del laboratorio en la última evaluación de resultados del PICC-FA:

8.2 Esta solicitud irá acompañada de los siguientes documentos:

a) Plano del laboratorio.

b) Organización interna (indicar en forma de organigrama las relaciones y dependencias del personal).

c) Hojas de datos del personal del laboratorio conteniendo la información siguiente:

Nombre:

Titulación:

Cargo:

Experiencia (años):

Formación para el análisis (recuento) de fibras:

Otros datos que considere de interés:

(se rellenará una hoja de datos por cada una de las personas relacionadas con el recuento incluyendo al responsable del laboratorio).

d) Memoria descriptiva de las instalaciones, equipos y aparatos utilizados para el análisis de fibras, con indicación de sus características esenciales.

e) Relación de documentos que componen el sistema de gestión de calidad para el recuento de fibras de amianto.

f) Procedimientos internos del laboratorio para el control de calidad.

### 8.3 Visita de inspección.

8.3.1 Los laboratorios que hayan solicitado el reconocimiento de su capacidad técnica serán objeto de una visita de inspección realizada por técnicos del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, especialistas en la determinación de fibras de amianto en aire.

8.3.2 La fecha para la visita de inspección se concertará por escrito entre el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y el laboratorio solicitante, a partir de la fecha de recepción por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo del expediente de solicitud completo, incluyendo los datos e información complementaria que se considere necesario recabar antes de proceder a la realización de la visita, y dentro de los tres meses siguientes a esta fecha.

8.3.3 Objeto de la visita. La visita de inspección estará enfocada a la comprobación de todos los datos presentados por el laboratorio solicitante, especialmente en cuanto a la disponibilidad y adecuación de los medios técnicos y humanos y documentos del sistema de calidad para la realización de los recuentos de fibras, y, en especial, de los procedimientos para el aseguramiento de la calidad de los resultados y el mantenimiento de registros y archivos de muestras y resultados.

8.3.3.1 Recursos técnicos de los laboratorios. Los equipos, instalaciones, instrumentación y métodos de trabajo deben ser conformes a los especificados en relación con el análisis de las muestras en el método MTA/MA-051 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, basado en el método de la Organización Mundial de la Salud (1997).

8.3.3.2 Recursos humanos de los laboratorios. Tanto el responsable de los recuentos como su personal auxiliar deben tener una formación adecuada en el recuento de fibras de amianto. Se exigirá el certificado de haber recibido cursos o entrenamiento específico para este fin, al menos al responsable de los recuentos. Dicha preparación y entrenamiento puede haberse realizado en los cursos programados a este fin por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo o en otra entidad u organismo con especialización y experiencia actualizada en la materia.

8.3.3.3 Sistema de calidad. Se requerirá que el laboratorio disponga de procedimientos internos documentados para todas las etapas necesarias para el análisis de las muestras (recepción de muestras, preparación, recuento de fibras, calibración, control de calidad, informe de resultados). Se documentarán y aplicarán condiciones para la aceptación de muestras y resultados.

8.3.4 Archivo de resultados y conservación de las muestras. Deberán conservarse todos los resultados de los análisis hasta un período mínimo de 40 años, así como todas las preparaciones permanentes correspondientes a las muestras analizadas hasta un mínimo de 10 años al objeto de poder realizar las comprobaciones que fueran pertinentes.

8.3.5 Evaluación de los datos de la visita de inspección. El INSHT emitirá un informe a la autoridad laboral de cuyas conclusiones se pueda deducir el dictamen sobre la idoneidad del laboratorio. Cuando los datos obtenidos de las visitas de inspección indiquen deficiencias que no permitan reconocer dicha idoneidad el laboratorio será informado de las mismas.

### 8.4. Control de calidad.

8.4.1 El laboratorio deberá participar de forma continuada y ser calificado como satisfactorio en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad para el recuento de Fibras de Amianto (PICC-FA) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

8.4.2 La participación en el PICC-FA implica el análisis (recuento) de fibras de las series de muestras de control que se circulan entre los laboratorios. Las evaluaciones de los laboratorios participantes se realizan a la finalización de las circulaciones.

8.4.3 Para que un laboratorio sea calificado como satisfactorio se requiere que haya analizado 32 muestras (dos series) y obtenido al menos el 75% de los resultados ( $\geq 24$  resultados) dentro de los límites de control establecidos en el programa. El laboratorio debe mantener siempre este requisito de forma continua en las dos últimas series de muestras circuladas.

8.5 Cuando se cumplan los requisitos especificados para el reconocimiento de la capacidad técnica del laboratorio indicados en el apartado 1 del presente anexo, verificados a través de la visita de inspección y de los resultados de participación en el PICC-FA, el INSHT emitirá un informe de propuesta de acreditación dirigido a la autoridad laboral correspondiente.

8.6 El INSHT verificará el mantenimiento de los requisitos exigidos para la acreditación a través del seguimiento de la participación del laboratorio en PICC-FA y de las visitas de inspección periódicas que se realizarán al mismo tal como se indica en el párrafo 9 del presente apartado.

8.7 Cuando el INSHT observe anomalías o incumplimientos en el mantenimiento de cualquiera de dichos requisitos, informará de inmediato a la autoridad laboral, proponiendo la suspensión temporal de la acreditación del laboratorio hasta que dichas anomalías o deficiencias sean subsanadas. Así mismo, el laboratorio podrá solicitar la baja temporal voluntaria de la acreditación cuando así lo considere conveniente.

8.8 El laboratorio en situación de baja o suspensión temporal podrá solicitar la renovación de la acreditación cuando los motivos que la produjeron fueran subsanados. Para conceder esta renovación la autoridad laboral solicitará informe del INSHT, que a tal fin realizará las comprobaciones y controles oportunos.

8.9 Inspecciones periódicas. Las visitas de inspección se repetirán periódicamente cuando el INSHT lo considere conveniente y como mínimo cada cuatro años, para comprobar que se mantienen los requisitos exigidos a los laboratorios acreditados.

8.10 Notificación de modificaciones. En cualquier caso, la autoridad laboral debe ser informada por el laboratorio de cualquier modificación que pueda afectar a los datos recogidos en su expediente. Estas modificaciones pueden ser consecuencia tanto de la puesta en práctica de las recomendaciones recibidas para la corrección de las deficiencias detectadas, como por iniciativa u otros motivos propios del laboratorio. La autoridad laboral enviará las notificaciones recibidas al INSHT que, a la vista de las mismas, determinará si procede una nueva inspección para las oportunas comprobaciones.

#### **ANEXO III. Registro de empresas con riesgo por amianto (RERA).**

#### **ANEXO IV. Ficha para el registro de datos de la evaluación de la exposición en los trabajos con amianto.**

#### **ANEXO V. Ficha de vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a amianto.**

## **2. GUÍA TÉCNICA DEL INSST PARA LA EVALUACIÓN Y PREVENCIÓN DE LOS RIESGOS RELACIONADOS CON LA EXPOSICIÓN AMIANTO**

La **Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto**, de carácter no vinculante, elaborada y actualizada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, al amparo de la disposición adicional segunda del Real Decreto 396/2006, tiene por objeto facilitar la aplicación de este. En esta guía se establecen, en concreto, orientaciones prácticas para la determinación de la exposición esporádica y de baja intensidad contemplada en el artículo 3.2 de este real decreto, así como criterios armonizados de actuación para la aprobación de los planes de trabajo contemplados en el artículo 11.

Además, la guía aborda en sus apéndices otros aspectos que por su complejidad y dificultad de aplicación, requieren una mayor explicación y desarrollo. Las cuestiones incluidas en estos nuevos apéndices hacen referencia a la gestión segura de los MCA en los lugares de trabajo, la elaboración y tramitación de planes de trabajo, las instalaciones sanitarias y protocolos de descontaminación de las zonas de trabajo y de las personas y la formación y entrenamiento para llevar a cabo trabajos con amianto, todo ello como base para la correcta ejecución de los procedimientos de trabajo y el cumplimiento de las medidas preventivas necesarias en cada caso.

### **Apéndices 1 y 2. Materiales con amianto y su gestión segura en los lugares de trabajo. Localización, identificación y valoración del riesgo potencial de materiales con amianto**

Un "material con amianto" (MCA) es un material al que se le ha añadido deliberadamente amianto en su composición. Debido a las propiedades físicas y químicas del amianto, como su alta resistencia mecánica, incombustibilidad, baja conductividad térmica y gran resistencia al ataque químico, entre otras, este mineral se utilizó hasta su prohibición en numerosas aplicaciones en industria, en construcción, en el sector textil, en automoción o en medios de transporte.

Se entiende por "**friabilidad**" la capacidad que tiene un material de liberar al ambiente las fibras que contiene. Se denomina "material friable" al que puede ser disgregado o reducido a polvo con la acción de la mano. "Material no friable" es el que necesita herramientas mecánicas para ello. Los materiales friables son susceptibles de liberar fibras con mayor facilidad, como consecuencia de choques, vibraciones o movimiento del aire, mientras que los no friables en buen estado normalmente no desprenderán fibras salvo que se manipulen o perturben. La friabilidad es una de las características de los MCA de mayor interés desde la perspectiva de prevención de riesgos, dado que, al aumentar la friabilidad de un material, aumenta el nivel de riesgo potencial asociado al mismo.

Se entiende por "gestión segura de los MCA" el conjunto de acciones que el empresario adopta en su empresa encaminadas a evitar y/o controlar los riesgos de exposición a fibras de amianto de los materiales que las pueden contener.

Para llevar a cabo tal gestión se requiere, en primer lugar, determinar la presencia de dichos materiales en los lugares de trabajo. Para ello, será necesario localizar e identificar los posibles MCA presentes en las instalaciones y/o edificación en cuestión. Esta información permitirá elaborar un registro actualizado de MCA en la empresa donde se recojan los MCA accesibles y no confinados. En caso de conocerse la existencia de MCA no accesibles y confinados, estos últimos también deben formar parte del plan de gestión, aunque realmente no exista exposición a sus fibras debido a las barreras físicas que lo impiden y que, a la vez, protegen al MCA de cualquier contacto o perturbación que afecte a su estado. La identificación de materiales con

amianto debe formar parte de la evaluación de riesgos de la empresa y el plan de gestión debe integrarse en la planificación preventiva de la empresa.

### **Apéndice 3. Mediciones de fibras de amianto en aire e interpretación de resultados**

Este apéndice tiene como objetivo orientar sobre cuándo y cómo debe realizarse la medición de fibras de amianto en aire y, en concreto, cómo debería plantearse la estrategia de muestreo. Además, aporta indicaciones para la toma de muestras y la interpretación de los resultados obtenidos.

### **Apéndice 4. Procedimientos de trabajo y medidas preventivas**

Proporciona orientaciones y recomendaciones para elaborar procedimientos de trabajo seguros basados en las mejores prácticas disponibles para cualquier operación o actividad con amianto, que integren las medidas preventivas y aseguren la protección de la salud de los trabajadores. Teniendo en cuenta que las diferentes actividades con amianto que se recogen en el Real Decreto 396/2006 pueden presentar distintos niveles de riesgo de exposición a fibras de amianto, es necesario adaptar los procedimientos de trabajo y las medidas preventivas a cada operación y escenario concreto.

### **Apéndice 5. Equipos de protección individual**

Se describe el marcado y las normas europeas aplicables a los equipos de protección individual (correspondientes y se dan pautas para la selección y uso de equipos de protección para trabajos con amianto, principalmente los relativos a la protección respiratoria (como principal vía de entrada de fibras de amianto en el organismo) y dérmica.

### **Apéndice 6. Instalaciones sanitarias y protocolos de descontaminación**

Una unidad de descontaminación (UD) consiste en un conjunto de instalaciones de higiene personal compartimentadas cuyo objetivo es la descontaminación personal de los trabajadores, de los equipos de protección individual (EPI) y de las herramientas empleadas en los trabajos con amianto, con la finalidad de evitar la dispersión al exterior de fibras de amianto que hayan podido liberarse en la zona de trabajo.

En este apéndice también se recogen protocolos de limpieza, de descontaminación y de entrada y salida de la UD.

### **Apéndice 7. Formación y entrenamiento en materia de amianto**

Los trabajadores que intervengan en trabajos con riesgo de exposición al amianto deben recibir la formación adecuada que les capacite para el desempeño de sus tareas (puesto de trabajo o función), asegurando el conocimiento de los riesgos y la aplicación correcta de los procedimientos de trabajo, así como de las medidas de prevención a adoptar tanto para su propia protección como para la de otras personas. Esta formación debe incorporar, además de una componente teórica, una parte práctica donde se conozcan y practiquen aspectos tales como, por ejemplo, el uso de todos los equipos, incluidos los de protección colectiva e individual, susceptibles de ser utilizados en el desempeño de sus tareas.

### **Apéndice 8. Planes de trabajo**

El plan de trabajo (PT) es una herramienta preventiva cuyo objeto es facilitar la ejecución de los trabajos conforme a lo planificado por la empresa incluida en el Registro de empresas con riesgo por amianto (RERA), así como su seguimiento y control por parte de la autoridad laboral, organismo encargado de aprobar dicho PT. Deberán estar basados en la evaluación previa de

riesgos de exposición al amianto, sin perjuicio de los riesgos de otra naturaleza que deben estar debidamente identificados, evaluados y controlados por el empresario.

Se puede recurrir a distintos tipos de planes de trabajo para planificar las operaciones y actividades con amianto que se recogen en su ámbito de aplicación: planes específicos, sucesivos y planes únicos de carácter general.

Como el espíritu de la norma es la protección de los trabajadores que intervienen directamente en la ejecución de los trabajos con amianto así como de otros trabajadores que, aun no participando en la intervención, podrían verse afectados por la exposición a fibras de amianto, el plan de trabajo debe ser realista y realizable, pero a la vez meticuloso en su objetivo preventivo.

