

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  
BOE nº 104, de 1 de mayo



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ASUNTOS SOCIALES



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  
BOE nº 104, de 1 de mayo



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

## PRESENTACIÓN

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 5 del Real Decreto 39/1997 de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, tiene entre sus cometidos el relativo a la elaboración de Guías destinadas a la evaluación y prevención de los riesgos laborales.

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, encomienda de manera específica, en su disposición final primera, al Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, la elaboración y el mantenimiento actualizado de una Guía Técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

La presente Guía proporciona criterios y recomendaciones que pueden facilitar a los empresarios y a los responsables de prevención la interpretación y aplicación del citado 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.

Leodegario Fernández Sánchez  
DIRECTOR DEL INSHT



# ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	7
II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL 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 .....	8
Preámbulo del Real Decreto 374/2001 .....	8
Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación. ....	9
Artículo 2. Definiciones. ....	11
Artículo 3. Evaluación de los riesgos. ....	13
Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos. ....	27
Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección. ....	29
Artículo 6. Vigilancia de la salud. ....	41
Artículo 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias. ....	47
Artículo 8. Prohibiciones. ....	51
Artículo 9. Información y formación de los trabajadores. ....	53
Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores. ....	56
Disposición derogatoria única. Derogación normativa. ....	56
Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica. ....	57
Disposición final segunda. Facultad de desarrollo. ....	57
Disposición final tercera. Entrada en vigor. ....	57
Anexo I. Lista de Valores Límite ambientales de aplicación obligatoria. ....	58
Anexo II. Valores Límite Biológicos de aplicación obligatoria y medidas de vigilancia de la salud. ....	58
Anexo III. Prohibiciones. ....	58
III. APÉNDICES .....	59
Apéndice 1. Definiciones y consideraciones sobre la valoración tomadas del Documento sobre Límites de Exposición Profesional para agentes químicos en España. ....	59
Apéndice 2. Información sobre la peligrosidad de los productos químicos. ....	64
Apéndice 3. Métodos de evaluación de riesgos de accidente. ....	67
Apéndice 4. Método de evaluación de la exposición a agentes químicos por inhalación. ....	69
Apéndice 5. Métodos de medición para agentes químicos. ....	99

---

	<b>Pág.</b>
Apéndice 6. Calidad en las mediciones de agentes químicos.....	106
Apéndice 7. Técnicas de ventilación para el control de agentes químicos.....	111
Apéndice 8. Criterios generales para la elección y utilización de equipos de protección individual frente a agentes químicos.....	115
IV. FUENTES DE INFORMACIÓN .....	121
Legislación relacionada.....	121
Legislación de la Unión Europea no transpuesta a 18 de julio de 2002.....	123
Publicaciones del INSHT .....	123
Otras fuentes de información.....	131
Bibliografía recomendada.....	132

## I. INTRODUCCIÓN

La presente Guía tiene por objeto facilitar la aplicación del Real Decreto 374/2001, de 6 de abril (BOE nº 104 de 1 de mayo de 2001) sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. Este Real Decreto traspone al ordenamiento jurídico español la Directiva del Consejo 98/24/CE de 7 de abril y la Directiva 2000/39/CE de la Comisión de 8 de junio.

El Real Decreto 374/2001 regula la exposición de los trabajadores al conjunto de los riesgos que pueden tener su origen en los agentes químicos presentes en el lugar de trabajo, incluyendo tanto aquellos factores de riesgo cuyos efectos se manifiestan a largo plazo como los que lo hacen a corto plazo. Dadas las diferencias intrínsecas entre ambas categorías, un tratamiento global en una disposición única tiene forzosamente que conducir a un resultado complejo, como así ocurre.

Al tratar el riesgo de enfermedad derivada de la exposición, habitualmente prolongada, al agente o agentes químicos de que se trate, el Real Decreto adopta los criterios usualmente empleados por la higiene industrial, introduciendo los valores límite ambientales como herramienta fundamental de evaluación. Para ello remite explícitamente a los valores publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y recomendados por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (con la única excepción, por ahora, del plomo, que dispone de valores límite "europeos" tanto ambientales como biológicos, recogidos respectivamente en los Anexos I y II del Real Decreto, del benceno, recogido en el Real Decreto 665/1997 modificado, relativo a agentes cancerígenos durante el trabajo, y del amianto y el cloruro de vinilo monómero, cuyas normativas específicas se mantienen en vigor).

En coherencia con lo anterior, la medición de las concentraciones ambientales se establece como la fórmula general en la que basar la evaluación cuando la exposición se produzca por inhalación, exceptuándose de este requerimiento aquellas situaciones en las que por otros medios de evaluación pueda probarse que se ha logrado "una adecuada prevención y protección".

En aplicación del principio de proporcionalidad, el Real Decreto establece unas actuaciones preventivas simples para aquellos casos en los que el riesgo sea leve y otras mucho más exigentes en las demás situaciones. Entre estas actuaciones se encontrará, lógicamente, una vigilancia de la salud apropiada a las peculiaridades de los agentes químicos, respetando los principios generales establecidos en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Finalmente, este ámbito del Real Decreto se complementa con las prohibiciones de uso de ciertas sustancias antes contenidas en el Real Decreto 88/1990 que ahora se deroga.

El segundo gran ámbito de riesgos de los agentes químicos que trata el Real Decreto es el que corresponde a los riesgos derivados de la capacidad de aquellos para producir accidentes, en particular incendios, explosiones u otras reacciones químicas peligrosas. Para prevenir dichos riesgos se establecen las disposiciones apropiadas (limitación de concentraciones ambientales peligrosas, respeto a las disposiciones relativas a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas, etc.).

Como lógica continuación a este apartado, el Real Decreto regula de manera específica para los agentes químicos lo dispuesto con carácter genérico sobre actuaciones en emergencias por los artículos 20 y 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Se introducen, finalmente, disposiciones específicas en relación con la información, formación, consulta y participación de los trabajadores, desarrollando lo dispuesto al respecto en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Con el fin de facilitar la utilización de la presente Guía se incluye el articulado del Real Decreto 374/2001, seguido de los comentarios sobre aquellos aspectos más relevantes que no se consideran suficientemente autoexplicativos.

Para conseguir su objetivo, esta Guía proporciona herramientas para la identificación de las situaciones de riesgo por exposición o presencia de agentes químicos peligrosos con la finalidad de facilitar las acciones preventivas a tomar y propone procedimientos específicos de evaluación del riesgo. Asimismo propone procedimientos de medición para aquellos supuestos en que ésta se precise para evaluar el riesgo.

### NOTA:

En los recuadros en color se incluye el texto del Real Decreto 374/2001.

## II. DESARROLLO Y COMENTARIOS AL 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

Con el fin de facilitar la utilización de la presente Guía se incluye el articulado del Real Decreto 374/2001, seguido de los comentarios sobre aquellos aspectos más relevantes que no se consideran suficientemente autoexplicativos.

### **Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.**

La Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz. Según el artículo 6 de la misma serán las normas reglamentarias las que irán fijando y concretando los aspectos más técnicos de las medidas preventivas.

Así, son las normas de desarrollo reglamentario las que deben fijar la medidas mínimas que deben adoptarse para la adecuada protección de los trabajadores. Entre ellas se encuentran las destinadas a garantizar la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Asimismo, la seguridad y la salud de los trabajadores han sido objeto de diversos Convenios de la Organización Internacional del Trabajo ratificados por España y que, por tanto, forman parte de nuestro ordenamiento jurídico. Destaca, por su carácter general, el Convenio número 155, de 22 de junio de 1981, sobre seguridad y salud de los trabajadores y medio ambiente de trabajo, ratificado por España el 26 de julio de 1985. En el mismo sentido, en el ámbito de la Unión Europea se han fijado, mediante las correspondientes Directivas, criterios de carácter general sobre las acciones en materia de seguridad y salud en el trabajo, así como criterios específicos referidos a medidas de protección contra accidentes y situaciones de riesgo. Concretamente, la Directiva 98/24/CE del Consejo, de 7 de abril de 1998, relativa a la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, establece las disposiciones específicas mínimas en este ámbito. Más tarde fue aprobada la Directiva 2000/39/CE de la Comisión, de 8 de junio de 2000, por la que se establece una primera lista de valores límite de exposición profesional indicativos en aplicación de la Directiva 98/24/CE del Consejo. Mediante el presente Real Decreto se procede a la transposición al Derecho español del contenido de las dos Directivas mencionadas.

La Directiva 2000/39/CE de la Comisión señala en su exposición de motivos que para cada agente químico para el que se establece a nivel comunitario un valor límite de exposición profesional indicativo, los Estados miembros deben establecer un valor límite de exposición profesional nacional, determinándose su naturaleza de conformidad con la legislación y la práctica nacional. De acuerdo con ello, el Real Decreto remite, en ausencia de valores límite ambientales de los establecidos en el anexo I, a los valores límite ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, como valores de referencia para la evaluación y el control de los riesgos originados por la exposición de los trabajadores a dichos agentes, en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España" cuya aplicación es recomendada por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.



En su virtud, de conformidad con el artículo 6 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, a propuesta de los Ministros de Trabajo y Asuntos Sociales y de Sanidad y Consumo, consultadas las organizaciones empresariales y sindicales más representativas, oída la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 6 de abril de 2001,

Dispongo:

## CAPITULO I DISPOSICIONES GENERALES

### Artículo 1. Objeto y ámbito de aplicación.

1. El presente Real Decreto tiene por objeto, en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, establecer las disposiciones mínimas para la protección de los trabajadores 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.

Este Real Decreto tiene por objeto la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores contra los riesgos derivados - en condiciones de trabajo normales - o que puedan derivarse - con ocasión de accidentes, incidentes o emergencias - de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo o de cualquier actividad con agentes químicos (véase la definición dada en el artículo 2). No considera, por tanto, la prevención de los riesgos patrimoniales, los riesgos para la salud pública o los riesgos para el medio ambiente que puedan también derivarse del trabajo con agentes químicos.

Los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos en el ambiente de trabajo son objeto del presente Real Decreto tanto si dicha presencia está originada por la actividad laboral como si es propia de los locales o espacios en los que estén situados los lugares de trabajo. Debe tenerse en cuenta a este respecto que el Real Decreto 486/1997 sobre lugares de trabajo, en su artículo 7 dedicado a las condiciones ambientales, apartado 2, establece que: "La exposición a los agen-

tes físicos, químicos y biológicos del ambiente de trabajo se regirá por lo dispuesto en su normativa específica", por tanto los riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores debidos a la presencia de agentes químicos en los lugares de trabajo son objeto del presente Real Decreto aunque su presencia no sea debida a la actividad laboral pero sí sea una consecuencia del diseño, instalación o mantenimiento de los locales o espacios en los que estén situados los lugares de trabajo (por ejemplo: contaminantes externos habituales introducidos en el ambiente de trabajo por el sistema de ventilación, contaminantes producidos por operaciones de limpieza - mezcla de lejía y sulfumán - o desinfección, contaminantes que penetren en los lugares de trabajo a través de conductos de vertido o desagüe, contaminantes producidos por los propios materiales de construcción o equipamiento de los locales de trabajo, contaminación producida por personal ajeno a la empresa presente en los locales de trabajo y contaminación producida por actividades no laborales).

2. Las disposiciones del presente Real Decreto serán aplicables a los agentes químicos peligrosos que estén o puedan estar presentes en el lugar de trabajo, sin perjuicio de:

Se incluyen tanto los agentes presentes en el lugar de trabajo en circunstancias normales como los que puedan aparecer en situaciones

laborales anómalas, tales como descontrol de procesos químicos, errores de manipulación, accidentes y similares.

a) Las disposiciones de la normativa sobre protección radiológica de los trabajadores relacionadas con los agentes químicos.

b) 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.

c) Las disposiciones más rigurosas o específicas en materia de transporte de mercancías peligrosas establecidas en:

1º) El Real Decreto 2115/1998, de 16 de octubre, sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera.

2º) El Reglamento nacional para el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril.

3º) Los Códigos IMDG, IBC y IGC definidos en el artículo 2 del Real Decreto 1253/1997, de 24 de julio, sobre condiciones mínimas exigidas a los buques que transporten mercancías peligrosas o contaminantes con origen o destino en puertos marítimos nacionales.

4º) El Acuerdo europeo relativo al transporte internacional de mercancías peligrosas por vías de navegación interior.

5º) El Reglamento nacional y las Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea.

En el presente Real Decreto se establecen **disposiciones mínimas** sin perjuicio, por tanto, de las disposiciones específicas contenidas en la normas vigentes sobre protección de los trabajadores frente a determinados riesgos, o las dictadas en otros ámbitos como el del transporte de mercancías peligrosas para los distintos medios de transporte que se citan en este apartado. Entre las primeras deben ser incluidas, asimismo, la normativa vigente sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de exposiciones al amianto (Orden de 31.10.1984 y modificaciones) y al cloruro de vinilo monómero (Orden de 9.4.1986), agentes ambos cancerígenos pero que son objeto de disposiciones

específicas, además de las generales contenidas en el citado Real Decreto 665/1997, modificado por el Real Decreto 1124/2000, de 16 de junio. Igualmente la normativa que aprueba medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas (RD 1254/1999) y la normativa que regula las condiciones de almacenamiento de productos químicos, concretamente el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.

3. 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 contemplado en el apartado anterior, sin perjuicio de las disposiciones más rigurosas o específicas previstas en el presente Real Decreto.

El ámbito de aplicación del presente Real Decreto es el mismo que el de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), y que establece el artículo 3 de la propia Ley.

El hecho de que el presente Real Decreto esté enmarcado por la Ley 31/1995 significa que, en cualquier caso en el que sea de aplicación, el empresario deberá asegurar también el cumplimiento de los preceptos de carácter general contenidos en dicha Ley 31/1995, así como los contenidos en el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los

Servicios de Prevención (RSP), y en el resto de sus normas reglamentarias de desarrollo.

En particular, deben tenerse en cuenta las disposiciones generales de la Ley 31/1995 en temas tales como: principios de la acción preventiva, evaluación de los riesgos, equipos de trabajo y medios de protección, información, consulta y participación de los trabajadores, formación de los trabajadores, medidas de emergencia y vigilancia de la salud, temas que en el ámbito de aplicación del presente Real Decreto están limitados a los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo.

**Artículo 2. Definiciones.**

A efectos del presente Real Decreto, se entenderá por:

1. 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.
2. Exposición a un agente químico: presencia de un agente químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador, normalmente, por inhalación o por vía dérmica.

Se debe entender que existe exposición a un agente químico cuando dicho agente esté presente en el lugar de trabajo y se produzca un contacto del mismo con el trabajador, normalmente por inhala-

ción o por vía dérmica, pero también posible por vía digestiva o parenteral. No existe exposición, por tanto, si el agente químico presente en el lugar de trabajo no está en contacto con el trabajador.

3. Peligro: la capacidad intrínseca de un agente químico para causar daño.

El artículo 4 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales incluye la siguiente definición de daño: "Se considerarán como daños derivados del trabajo las enfermedades, patologías o lesiones sufridas con motivo u ocasión del trabajo".

La presencia de un agente químico en el lugar de trabajo puede ocasionar daños en tres situaciones básicas:

- a) Existe exposición al agente (por ejemplo: vapor de un producto tóxico presente normalmente en el ambiente).
- b) Es posible, accidentalmente, la exposición al agente (por ejemplo: salpicadura de un producto corrosivo, escape al ambiente de un gas tóxico).
- c) Sin que exista exposición al agente (por ejemplo: incendio o explosión de un producto inflamable o explosivo).

4. Riesgo: la posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado de la exposición a agentes químicos. Para calificar un riesgo desde el punto de vista de su gravedad, se valorarán conjuntamente la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad del mismo.

Esta definición, referida al concepto de exposición tal como se define en el punto 2, no incluye los riesgos debidos a agentes químicos en los que los daños a la salud se ocasionan sin necesidad de contacto con el agente (incendios y explosiones por ejemplo, cuya prevención es un contenido importante de este Real Decreto). La indicación de la segunda frase sobre la calificación del riesgo aclara que al calificar un riesgo debe tomarse en consideración la severidad del daño, además de la probabilidad de su materialización; por ejemplo, no puede tener la misma consideración una probabilidad del 1% de sufrir una irritación ocular que una probabilidad del 1% de sufrir una cirrosis hepática.

En cuanto a la calificación del riesgo atendiendo a su "gravedad" puede plantearse cierto confusio-

nismo ya que el mismo calificativo también se puede aplicar para designar la severidad de los daños. En general cuando se califica un riesgo, si bien se deben tomar en consideración la probabilidad de materialización de un daño y la severidad del mismo, también es cierto que en la ponderación global tiene más peso este último factor y por ello es habitual utilizar una terminología coincidente. En otras palabras, la calificación de un riesgo viene dada básicamente por la gravedad de los daños asociados o ligados a su materialización, matizada por la probabilidad de que realmente lleguen a producirse.

En conclusión, y tal como se deduce de la definición de riesgo en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales en el caso de que los daños derivados del trabajo sean debidos a la utilización de

agentes químicos, debe interpretarse que en la definición de riesgo dada en este Real Decreto el concepto de exposición se refiere a la presencia del agente químico en el lugar de trabajo, según lo detallado en los comentarios al apartado 3 de este artículo, y en relación con la calificación de los riesgos se considera que la gravedad de un riesgo

debido a la presencia de un agente químico en el lugar de trabajo (independientemente de que exista o no una exposición del trabajador) vendrá dada por la gravedad de los daños a la salud del trabajador, teniendo en cuenta como factor corrector la probabilidad de que se materialicen los mismos.

5. Agente químico peligroso: agente químico que puede representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores 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:

Un agente químico se considera peligroso cuando puede ser causa de un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores porque dispone de capacidad para causar daño debido a sus propiedades fisicoquímicas, químicas o toxicológicas, o sea, a su peligrosidad intrínseca, pero también a

la forma en que se utiliza o se halla presente en el lugar de trabajo, como sería el caso de vapor de agua a 150°C o un material inerte en forma de polvo respirable. Las consideraciones que se efectúan en las letras a) y b) siguientes no son, por tanto, exhaustivas.

a) Los agentes químicos que cumplan los criterios para su clasificación como sustancias o preparados peligrosos establecidos, respectivamente, en la normativa sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas y en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos, con independencia de que el agente esté clasificado o no en dichas normativas, con excepción de los agentes que únicamente cumplan los requisitos para su clasificación como peligrosos para el medio ambiente.

Las normativas que se citan son el Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, y el Real Decreto 1078/1993, de 2 de julio, respectivamente, y sus sucesivas adaptaciones al progreso técnico y modificaciones. Ambos decretos incluyen en sus Anexos los respectivos criterios de clasificación. Estas normativas se aplican, en principio, para la comercialización de productos químicos que no estén sometidos a otra normativa específica de comercialización, e incluyen una relación de las sustancias cuya clasificación ya está armonizada en el ámbito de la UE.

En el contexto de este artículo, la aplicación de los criterios de clasificación que se citan debe efectuarse sin limitaciones, o sea, con independencia de que el agente químico al que se apliquen esté clasificado o no en estas normativas, de que esté o no sometido a sus disposiciones o a otras específicas, o de que esté o no comercializado.

Lógicamente, como el objetivo es preservar la salud humana, no se consideran peligrosos a efectos de este Real Decreto los agentes que únicamente cumplan los requisitos para su clasificación como peligrosos para el medio ambiente.

b) Los agentes químicos que dispongan de un Valor Límite Ambiental de los indicados en el apartado 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.

O sea:

- Los agentes que dispongan de un Valor Límite Ambiental (VLA) en el Anexo I de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable (Por ejemplo: sobre amianto o sobre cancerígenos y mutagénicos).

- Los agentes que dispongan de Valor Límite Ambiental publicado por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España".

6. Actividad con agentes químicos: todo trabajo en el que se utilicen agentes químicos, o esté previsto utilizarlos, en cualquier proceso, incluidos la producción, la manipulación, el almacenamiento, el transporte o la evacuación y el tratamiento, o en que se produzcan como resultado de dicho trabajo.

Por trabajo en el que esté previsto utilizar agentes químicos debe entenderse aquel trabajo en el que en alguna de sus fases de desarrollo, normales o previsibles, se utilicen agentes químicos.

También se refiere a trabajos en los que el agen-

te químico se produce intencionadamente o se forma como subproducto o producto intermedio.

Incluye cualquiera de las actividades citadas que se efectúen con residuos que contengan agentes químicos.

7. Productos intermedios: las sustancias formadas durante las reacciones químicas y que se transforman y desaparecen antes del final de la reacción o del proceso.

8. Subproductos: las sustancias que se forman durante las reacciones químicas y que permanecen al final de la reacción o del proceso.

9. Valores Límite Ambientales: valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en la zona de respiración de un trabajador. Se distinguen dos tipos de Valores Límite Ambientales:

a) Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria: valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.

b) Valor Límite Ambiental para Exposiciones de Corta Duración: valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior.

10. 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 del trabajador al agente en cuestión.

En relación con los conceptos incluidos en estos dos últimos apartados, su aplicación se deberá realizar con los criterios (definiciones y consideracio-

nes sobre la valoración) establecidos en el Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España. Ver **Apéndice 1**.

11. Vigilancia de la salud: el examen de cada trabajador para determinar su estado de salud, en relación con la exposición a agentes químicos específicos en el trabajo.

En el presente Real Decreto la vigilancia de la salud se refiere estrictamente a la vigilancia médica del trabajador sin perjuicio de las connotaciones colectivas y eminentemente multidisciplina-

res del término que en ningún caso deberían olvidarse y que se encuentran principalmente reflejadas en el artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

## CAPITULO II OBLIGACIONES DEL EMPRESARIO

### Artículo 3. Evaluación de los riesgos.

1. El empresario 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 los trabajadores, originados por dichos agentes, de conformidad con el artículo 16 de la Ley de Prevención de

Riesgos Laborales y la Sección 1ª del Capítulo II del Reglamento de los Servicios de Prevención, considerando y analizando conjuntamente:

Este artículo define el marco y el alcance de la evaluación de los riesgos originados por agentes químicos tal como se contempla en la LPRL y en el RSP; a saber: la evaluación de riesgos es un proceso posterior a la eliminación de los riesgos evitables, y la evaluación de riesgos tiene como objetivo obtener la información necesaria para tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y el tipo de medidas que deben adoptarse (Artículo 3.1 del RSP). La citada eliminación de los riesgos evitables corresponde efectuarla, preferentemente, en las fases de concepción y diseño de la actividad laboral, tratando de evitar, en lo posible, que puedan darse situaciones de riesgo para la salud y seguridad de los trabajadores.

La primera etapa del proceso de evaluación consiste en determinar la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, ya que esta circunstancia puede suponer un riesgo que es necesario evaluar.

La presencia de un agente químico peligroso ocurrirá siempre que se produzca alguna de las circunstancias siguientes 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 o se forma o interviene por cualquier motivo en el proceso laboral básico y las actividades relacionadas con él (mantenimiento, manutención, almacenaje, reparación), o
- 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), o
- se almacena de forma temporal o permanente en los lugares de trabajo, o
- penetra desde el exterior por alguna vía (ventilación, vehículos).

La evaluación de riesgos debe referirse a todos los agentes químicos peligrosos existentes en el lugar de trabajo, y el proceso de evaluación debe tener en consideración todos los aspectos que se citan más adelante en los sucesivos apartados de este artículo de forma conjunta y no considerando cada aspecto separadamente.

Por ejemplo, el tolueno es un agente químico peligroso debido a su capacidad de ocasionar daños a las personas, y esta capacidad es inherente a su naturaleza y no puede ser eliminada. A pesar de ello los riesgos debidos a la presencia de tolueno en un lugar de trabajo no son iguales si se trata de un depósito de almacenamiento de 100.000 litros, de un bidón de 200 litros o de una botella de 1 litro. En el supuesto de la botella de 1 litro, el riesgo tampoco es el mismo si se usa como disolvente para limpiar manchas de un tejido o como reactivo en un laboratorio químico, y aun en este último caso tampoco el riesgo es idéntico si la manipulación se hace en una vitrina de laboratorio o sobre una mesa. La evaluación del riesgo exige, por la propia naturaleza del proceso, tener en consideración todas las circunstancias en las que se produce la actividad laboral tanto de forma habitual como no habitual.

Debe entenderse que los riesgos a evaluar en el marco de este Real Decreto son los derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos (con o sin exposición a los mismos), que pueden ser uno o varios de los siguientes:

- Riesgo de incendio y/o explosión.
- Riesgo de reacciones químicas peligrosas que puedan afectar a la salud y seguridad de los trabajadores.
- Riesgo por inhalación.
- Riesgo por absorción a través de la piel.
- Riesgo por contacto con la piel o los ojos.
- Riesgo por ingestión.
- Riesgo por penetración por vía parenteral.

Un factor de riesgo a considerar, con independencia de la peligrosidad intrínseca del agente, es el de los fallos de las instalaciones que puedan tener consecuencias para la salud y seguridad de los trabajadores, por lo que conviene tener en cuenta los riesgos químicos derivados de tales fallos.

El apartado 3 del artículo 4 del Reglamento de los Servicios de Prevención exige que la evaluación de riesgos sea realizada por personal competente, entendiendo como tal el que tenga el nivel de cualificación adecuado y disponga de conocimientos y experiencia suficientes. Téngase en cuenta lo indicado en el capítulo VI del Regla-

mento de los Servicios de Prevención que reserva como funciones de 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 con frecuencia en la evaluación de los riesgos debidos a la presencia o a la exposición a agentes químicos peligrosos.

Conviene recordar que es imperativa la consulta a los representantes de los trabajadores, o a los propios trabajadores en ausencia de aquellos, sobre el procedimiento de evaluación (Artículo 33 de la LPRL).

a) Sus propiedades peligrosas y cualquier otra información necesaria para la evaluación de los riesgos, que deba facilitar el proveedor, o que pueda recabarse de éste 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 los usuarios, contempladas en la normativa sobre comercialización de agentes químicos peligrosos.

La información necesaria para la evaluación de los riesgos originados por agentes químicos, en cuanto a la peligrosidad intrínseca del agente químico, se puede obtener de fuentes que son de fácil acceso, principalmente del proveedor, ya que la normativa sobre comercialización de productos químicos peligrosos (RD 363/95 y 1078/93 y sus sucesivas adaptaciones al progreso técnico y modificaciones) obliga al productor o proveedor de un producto químico peligroso (y en determinados casos aunque el producto no tenga esta calificación, de acuerdo con lo establecido en la Directiva 2001/58/CE), a suministrar la información citada en este apartado. No obstante, en aquellos casos en que la citada normativa no sea de aplicación o no contemple ninguna obligación de facilitar información, el fabricante, suministrador o importador del producto en cuestión también deberá suministrar al empresario, en virtud de lo dispuesto en el artículo 41 de la LPRL y a su solicitud, la información que sea necesaria para evaluar los riesgos. La información pertinente debe incluir en su caso:

- La etiqueta del producto.
- La ficha de datos de seguridad (FDS).
- Las recomendaciones que la Comisión Europea haya hecho públicas sobre los resultados de la evaluación del riesgo y sobre la estrategia de limitación del riesgo para sustancias.
- A falta de las anteriores, la clasificación del producto de acuerdo con los criterios establecidos en la normativa relativa a notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos.
- Los Valores Límite Ambientales y Biológicos que se citan en el párrafo b) de este apartado, si

están definidos para el agente en cuestión o sus componentes.

Los requerimientos de información mencionados deben hacerse extensivos a aquellos productos que se generen durante el proceso productivo. Por ejemplo: humos de soldadura, humos de vulcanizado, nieblas de fluidos de mecanizado, humos de inyección de plástico y otros.

Se puede obtener información relativa a las propiedades físicas, químicas o toxicológicas de los agentes químicos en manuales de Seguridad Industrial, de Higiene Industrial, de Toxicología, en bases de datos de riesgos de los productos químicos, etc. El **Apéndice 2** contiene una relación de fuentes de información. No obstante, debe evitarse acudir a fuentes de información que puedan ocasionar confusión debido a la aplicación de criterios diferentes a los adoptados por la UE en relación con los agentes químicos peligrosos, o que utilicen datos obtenidos sin el rigor metodológico exigido por las disposiciones de la UE al respecto.

Merece especial atención la información acerca de la capacidad de los agentes químicos para penetrar en el organismo por vía dérmica. Esta información se incluye en las listas de Valores Límite Ambientales en forma de la nota específica "Vía dérmica" o "Piel". 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 por vía dérmica. En consecuencia, para todos los agentes con esta notación se deberá determinar la posibilidad de esta vía de penetración analizando las diversas causas de exposición dérmica, tales como:

- Contacto directo con el agente o con superficies contaminadas
- Contacto con ropas o guantes contaminados
- Condensación de vapores sobre la piel o la ropa
- Deposición de partículas de aerosoles

- Absorción de gases y vapores
  - Inyección a alta presión
- y en los casos positivos se estimará la exposición considerando los factores específicos para los riesgos por absorción a través de la piel que se indican en la tabla 1.

b) Los Valores Límite Ambientales y Biológicos.

Tal como se indica en el apartado 4 de este mismo artículo, en primer lugar se deberán considerar los Valores Límite Ambientales establecidos en el Anexo I de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable. En su ausencia, los Valores Límite Ambientales publicados por el INSHT en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España". Cuando no existan, se pueden utilizar Valores Límite Ambientales internacionalmente reconocidos.

Con idéntico criterio se considerarán los Valores Límite Biológicos, es decir, los establecidos en

el Anexo II de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable. En su ausencia, los Valores Límite Biológicos publicados por el INSHT en el "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España". Cuando no existan, se pueden utilizar Valores Límite Biológicos que procedan de la misma fuente que el Valor Límite Ambiental utilizado para la misma sustancia. Estos Valores Límite Biológicos serán usados cuando proceda el establecimiento de un sistema de vigilancia de la salud.

c) Las cantidades utilizadas o almacenadas de los agentes químicos.

d) El tipo, nivel y duración de la exposición de los trabajadores 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.

Deben analizarse todas las condiciones de trabajo que puedan influir sobre cada uno de los riesgos relacionados con los agentes presentes, tanto las relativas a las condiciones de utilización del agente implícitas en el propio proceso productivo (cantidad, grado de confinamiento, temperatura, presión u

otros) como las relativas a las posibles circunstancias en las que intervienen los trabajadores (tales como tipo de actividad o continuidad de los procesos).

En la tabla 1 se indican las condiciones o factores más significativos para cada uno de los posibles riesgos.

**TABLA 1**  
**RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO**

Riesgo	Factores de riesgo
Riesgos de incendio y/o explosión	Estado físico y grado de división del producto. Inflamabilidad del producto (temperatura de inflamación, temperatura de autoignición). Potencia calorífica. Concentración ambiental (límites de inflamabilidad). Inexistencia o insuficiencia de sistemas de ventilación general o localizada.



	<p>No aislamiento de fuentes de generación de gases, vapores, polvos.</p> <p>Focos de ignición térmicos (fumar, operaciones con llama).</p> <p>Focos de ignición mecánicos (herramientas, calzado).</p> <p>Focos de ignición eléctricos (cargas electrostáticas, sobrecargas, cortocircuitos).</p> <p>Focos de ignición químicos (reacciones exotérmicas, productos inestables).</p> <p>Atmósfera rica en comburente (% de O<sub>2</sub> &gt;21%).</p> <p>Procedimientos de trabajo inseguros en áreas o actividades de riesgo.</p> <p>Incremento del riesgo por efectos aditivos en mezclas.</p>
<p>Riesgos de reacciones químicas peligrosas</p>	<p>Reactividad e inestabilidad química de sustancias.</p> <p>Características de la reacción (balances máxicos y energéticos, exotermicidad, desprendimiento de gases tóxicos).</p> <p>Sistema de agitación inadecuado.</p> <p>Sistema de aporte de calor no suficientemente controlado.</p> <p>Sistema de refrigeración infradimensionado.</p> <p>Sistema de control de las variables clave de la reacción poco fiable (regulación de presión, temperatura y caudal).</p> <p>Dispositivos de seguridad de los equipos inadecuados (reactor, mezclador, agitador).</p> <p>Adición manual de sustancias.</p> <p>Presencia no controlada de subproductos.</p> <p>Procedimientos de trabajo en operaciones peligrosas (toma de muestras, carga de aditivos) inexistentes, insuficientes o no actualizados.</p>
<p>Riesgos por inhalación del agente</p>	<p>Concentración ambiental.</p> <p>Tipo de exposición (aguda, crónica).</p> <p>Tiempo diario de exposición.</p> <p>Número y situación de los focos de emisión.</p> <p>Separación del trabajador de los focos de emisión.</p> <p>Tasa de generación de gases, vapores o aerosoles.</p> <p>Aislamiento del agente.</p> <p>Sistemas de ventilación general y local insuficientes.</p> <p>Procedimiento de trabajo inadecuado.</p> <p>Trabajadores especialmente sensibles.</p> <p>Exposición simultánea a varios agentes.</p>
<p>Riesgos por absorción a través de la piel</p>	<p>Localización y extensión del contacto.</p> <p>Duración y frecuencia del contacto.</p> <p>Cantidad o concentración del agente.</p> <p>Temperatura y humedad ambiental.</p> <p>Gestión incorrecta de EPI.</p>

	<p>Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.</p>
Riesgos por vía parenteral	<p>Deterioro de la piel. Uso de objetos o herramientas cortantes o punzantes. Frecuencia de contacto. Gestión incorrecta de EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes.</p>
Riesgos por ingestión	<p>Hábitos higiénicos personales. Posibilidad de comer, beber o fumar en los puestos de trabajo. Trabajadores especialmente sensibles. Exposición simultánea a varios agentes. Procedimiento de trabajo inadecuado.</p>
Riesgos por contacto de la piel o los ojos con el agente químico	<p>Gestión incorrecta de EPI. Procedimiento de trabajo inadecuado. Inexistencia de medios de control de fugas y derrames. Envases inadecuados. Sistema de trasvase incorrecto.</p>
Riesgos químicos derivados de fallos en las instalaciones que puedan tener consecuencias para la seguridad y salud de los trabajadores	<p>Corrosión interna de materiales e instalaciones. Corrosión externa (humedad, ambiente salino). Inexistencia de medios de control de fugas y derrames (cubetos de retención, protección frente a impactos mecánicos). Inexistencia de mantenimiento preventivo. Instrumentación de regulación y control poco fiable. Inexistencia de dispositivos de seguridad (sobrepresiones, alarmas). Puestas en marcha y paradas no procedimentadas. Inexistencia de medios de confinamiento del riesgo y sectorización.</p>

Para cada uno de los riesgos el procedimiento de evaluación es específico. En los **Apéndices 3 y 4** se exponen algunos de ellos, pero todos tienen en común el objetivo general de servir como fuente de información para decidir sobre las medidas preventivas a adoptar, por lo que el requisito exigible a cualquier procedimiento de evaluación es que ponga de manifiesto las causas o factores materiales que ocasionan el riesgo, que serán las que deberían corregirse.

Entre los factores de riesgo ligados al proceso productivo merece una atención especial la cantidad del agente químico presente en el lugar de trabajo. En el contexto de evaluación de riesgos laborales, la "cantidad de agente químico presente" no es un concepto absoluto, sino que está en relación con el riesgo considerado.

La cantidad relevante para evaluar el riesgo por inhalación será la presente en el aire (concentración ambiental) o la masa que pueda liberarse

en el aire en caso de fallo de medidas específicas de prevención, fuga o accidente, mientras que para evaluar el riesgo de incendio las cantidades relevantes serán la concentración ambiental del agente y la masa de agente almacenada en el lugar de trabajo. Con referencia al riesgo de reacciones peligrosas la cantidad relevante será la masa de agente químico que interviene en la reacción o la masa de reactivos que pueden dar lugar a la formación de un agente peligroso en caso de reacción no deseada, y si se refiere al riesgo por absorción a través de la piel la cantidad de agente químico a considerar será la masa que puede mantenerse en contacto con la piel. Es evidente que en cada una de las circunstancias citadas el concepto "cantidad de agente químico" no es un concepto absoluto sino que depende del mecanismo de acción del agente sobre el trabajador.

Por ejemplo, un almacenamiento de 10.000 m<sup>3</sup> de un gas licuado inflamable es una cantidad importante al evaluar el riesgo de incendio o explosión, pero si el almacenamiento se encuentra al aire libre y alejado de los puestos de trabajo, la cantidad respecto al riesgo por inhalación del gas será pequeña.

Asimismo, un saco de 50 kg de óxido de plomo en polvo es una cantidad importante porque en caso de rotura accidental del saco puede contaminar un gran volumen de aire (en teoría puede contaminar 300 millones de m<sup>3</sup> de aire a una concentración de 0,15 mg/m<sup>3</sup>). La evaluación de la incidencia de la cantidad cambia si se trata de 5 lingotes de plomo de 10 kg; en este caso el riesgo podría venir por la contaminación de las manos al manipularlos y según el número de manipulaciones la cantidad podría ser importante.

f) El efecto de las medidas preventivas adoptadas o que deban adoptarse.

Para que la evaluación de riesgos sea eficaz debe analizarse el riesgo "tal como es". Por ello, el efecto de las medidas preventivas adoptadas es una condición que debe tenerse en cuenta al realizar la evaluación.

Por la misma razón, la segunda parte de la frase "el efecto de las medidas preventivas que deban adoptarse" debe interpretarse en referencia a las medidas previstas para situaciones no habituales

(emergencias, operaciones especiales, accidentes) que también deben ser tenidas en cuenta en la evaluación de los riesgos en estas situaciones no habituales. No debe interpretarse en el sentido de considerar el efecto sobre el riesgo de las medidas preventivas en fase de proyecto todavía no implantadas, ya que entonces se estaría evaluando el riesgo "tal como será".

g) Las conclusiones de los resultados de la vigilancia de la salud de los trabajadores 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.

Los resultados de la vigilancia de la salud y de los informes de accidentes o incidentes habidos en la empresa es una fuente de información real y muy valiosa que debe tenerse en cuenta en la evaluación de los riesgos.

Otra circunstancia muy frecuente se presenta en el caso de exposiciones a agentes químicos irritantes, en el que la prevalencia de síntomas entre

la población expuesta es un dato tan importante como la concentración ambiental para decidir sobre la necesidad y el tipo de medidas preventivas a adoptar.

Conviene recordar que la detección de daños a la salud de los trabajadores obliga a revisar la evaluación de riesgos. Ver más adelante en el apartado 7 de este artículo.

2. La evaluación del riesgo deberá incluir la de todas aquellas actividades, tales como las de mantenimiento o reparación, cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores, por la posibilidad de que se produzcan exposiciones de importancia, o por otras razones, aunque se hayan tomado todas las medidas técnicas pertinentes.

La consideración y análisis de las condiciones de trabajo deberá también hacerse extensiva a aquellas actividades de carácter extraordinario o que no forman parte del conjunto de las actividades laborales habituales pero cuya realización pueda suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores de la empresa, incluidas las efectuadas por personal ajeno a la empresa reguladas por el artículo 24 de la LPRL sobre la coordinación de actividades preventivas.

Como ejemplo de actividades de este tipo pue-

den citarse las operaciones de mantenimiento, arranque y parada de procesos, reparación, renovación, limpieza, desinfección o tratamiento con biocidas, así como las situaciones de emergencia, las actuaciones en caso de fugas o derrames, la carga y descarga de productos y la recogida de residuos.

Debe tenerse en cuenta que en este tipo de operaciones, precisamente a causa de su carácter no habitual, es frecuente que se den situaciones de riesgo elevado que requerirán la adopción de medidas preventivas específicas.

3. Cuando los resultados de la evaluación revelen un riesgo para la salud y la seguridad de los trabajadores, serán de aplicación las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7.

Aunque resulte obvio, es preciso destacar que cuando se trabaje con un agente químico peligroso son SIEMPRE aplicables y exigibles las disposiciones de los artículos 4 y 9 de este Real Decreto.

Como resultado del proceso de evaluación de riesgos se obtendrá una doble información para cada puesto de trabajo:

a) La existencia y magnitud de los riesgos debidos a la presencia de agentes químicos peligrosos, y

b) informaciones útiles para la decisión relativa a las medidas de prevención y/o protección necesarias para eliminar o reducir los riesgos.

La presencia (con exposición o no) de un agente químico peligroso siempre implica un riesgo para la seguridad y la salud del trabajador, aunque cabe la posibilidad de que sea de poca magnitud (riesgo leve) porque el proceso esté concebido de acuerdo con los principios de seguridad intrínseca, o porque estén implantadas medidas preventivas eficaces, o por cualquier otra causa. La política de prevención establecida en la LPRL y en este Real Decreto (ver comentario al apartado 2 del artículo 5 más adelante) se basa en reducir los riesgos al mínimo, por ello siempre es necesario que el proceso de evaluación de riesgos suministre el tipo de información citado en b) aunque el riesgo sea leve.

La implantación de las medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud, tanto en condiciones habituales como no habituales, deberá hacerse de acuerdo con lo dispuesto en los artículos 5, 6 y 7.

Se entiende por medida específica de prevención aquella que va más allá de la aplicación de

las disposiciones del artículo 4, y constituye el procedimiento, mecanismo o acción que no es necesario para el desarrollo del proceso productivo y que se implanta con la finalidad exclusiva o prioritaria de eliminar o reducir un riesgo determinado para la seguridad y la salud de los trabajadores.

Por ejemplo, disponer de un reactor con cierre hermético para realizar una mezcla de productos químicos a presión atmosférica es una medida específica de prevención, ya que no es imprescindible para el proceso, pero no será una medida específica de prevención si la mezcla tiene que hacerse a presión elevada, ya que en este caso la hermeticidad del reactor es una condición imprescindible para el proceso.

Por el mismo motivo, una tubería cerrada para transportar un producto químico peligroso no puede considerarse una medida de prevención ya que es una instalación inherente al transporte, pero una conducción con doble tubería y detección de fugas o sobrepresión en el espacio anular sí es una medida específica de prevención.

Una captación de polvo mediante extracción localizada en una máquina o en un proceso suele ser una medida específica de prevención, ya que normalmente no es una instalación imprescindible para el desarrollo tecnológico del proceso.

La ventilación de los locales de trabajo diseñada para cumplir los requisitos del Real Decreto 486/1997 en función del número de sus ocupantes es una medida preventiva de carácter general, mientras que una ventilación general diseñada para mantener la concentración ambiental de uno o varios agentes peligrosos por debajo de unos valores preestablecidos será una medida específica de prevención.

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 sólo exista un riesgo leve para la salud y seguridad de los trabajadores, siendo suficiente para reducir dicho riesgo la aplicación de los principios de prevención establecidos en el artículo 4.

Se establece una excepción a la obligación general de aplicar medidas específicas de prevención, protección y vigilancia de la salud establecidas en los artículos 5, 6 y 7 de este Real Decreto. Por razones obvias, es necesario delimitar el alcance de esta excepción. Como base para ello conviene efectuar previamente las siguientes consideraciones técnicas:

a) La expresión "riesgo leve por la (pequeña) cantidad de agente presente en el lugar de trabajo" es sumamente imprecisa, esencialmente por dos razones:

- El concepto "cantidad de agente presente en el lugar de trabajo" no puede tener, desde un punto de vista técnico, una interpretación unívoca, independiente del tipo de riesgo de que se trate. Así, por ejemplo, en el caso del riesgo de incendio sí podría tener sentido interpretar dicho concepto de forma prácticamente literal (como "cantidad total presente en el lugar de trabajo"), pero en el caso de la exposición a un agente tóxico parece más lógico interpretarlo como "cantidad (concentración) presente en el lugar que ocupa el trabajador".

- Un riesgo puede ser más o menos leve, pero no es posible establecer una frontera que separe el riesgo leve del que no lo es. Por otra parte, en el contexto de la disposición analizada, el término "riesgo leve" se utiliza en el sentido de "riesgo que puede considerarse aceptable tras aplicar los principios de prevención". Sin embargo, el concepto de "riesgo aceptable" es relativo. El riesgo de un conductor de un camión cisterna (dotado de todas las medidas de seguridad exigibles) puede ser aceptable, pero no es irrelevante. El mismo nivel de riesgo sería inaceptable en otra actividad menos peligrosa en la que mediante medidas preventivas simples dicho riesgo pudiera reducirse significativamente.

b) En los comentarios al artículo 4 se tratará más extensamente de los "principios de prevención", pero cabe adelantar que la aplicación de los

principios de prevención a un puesto de trabajo supone contemplar conjuntamente los aspectos relativos a la producción y a la prevención a la hora de diseñar, elegir o implantar los medios y procedimientos de trabajo. Hay una diferencia aparentemente clara entre aplicar los principios de prevención (es decir, trabajar correctamente, por ejemplo, cerrando un recipiente con disolvente cuando no se utiliza) y tomar una medida preventiva específica (por ejemplo, instalar una extracción localizada). A menudo, sin embargo, esta diferencia se difumina cuando en la práctica habitual una cierta medida preventiva específica acaba por considerarse (por razones de seguridad) como parte integrante de un determinado proceso, equipo o procedimiento de trabajo. Parece evidente que, hoy en día, por ejemplo, la incorporación del cinturón de seguridad a un vehículo no debería entenderse (desde la óptica preventiva) como una medida "opcional". En definitiva, a menos que el riesgo sea muy leve, deben tomarse siempre todas las "soluciones preventivas" de uso extendido y habitual en el tipo de operaciones o situaciones de que se trate.

Lo que acaba de exponerse pone de manifiesto las dificultades que existen en muchos casos para tomar una decisión respecto a la necesidad de tomar las medidas preventivas específicas de los artículos 5, 6 y 7, adicionales a la aplicación de los principios de prevención, para la reducción o control de un determinado riesgo.

En el caso del riesgo de incendio, así como en el de los "riesgos catastróficos" que pueden derivarse del uso o almacenamiento de cantidades importantes de agentes químicos, existe una normativa específica y numerosas normas y recomendaciones técnicas que facilitan la adopción de la decisión adecuada.

En el caso de otros riesgos de seguridad de carácter "puntual" (el riesgo de contactar accidentalmente con un agente corrosivo, por ejemplo), la calificación de la magnitud del riesgo que sirve de base para la decisión puede realizarse utilizando cualquiera de los criterios generales de evaluación

existentes (como el "sistema simplificado" que se indica en el **Apéndice 3** de esta Guía) en los que se valoran conjuntamente la probabilidad de que se actualice el riesgo y la gravedad de sus consecuencias.

En el caso del riesgo por exposición a agentes químicos (ámbito de actuación de la Higiene Industrial), sin embargo, la situación es más compleja y es necesario establecer algún criterio práctico de carácter específico.

El criterio que se presenta a continuación tiene como objetivo facilitar la decisión respecto a la necesidad de adoptar medidas preventivas específicas en relación sólo con el riesgo de exposición por inhalación a un agente químico peligroso (las vías de entrada distintas a la inhalatoria no son posibles, se han eliminado o se tratan aparte) y para su establecimiento se han tenido en cuenta tanto las consideraciones técnicas anteriormente expuestas como los siguientes supuestos:

a) Se han aplicado los principios de prevención (si es que aún no se había hecho), ya que éstos son de obligatoria aplicación en cualquier caso, con independencia de la magnitud de la exposición.

b) No se supera el Valor Límite Ambiental del agente en cuestión, puesto que en tal caso es siempre obligatorio tomar medidas para la reducción del riesgo (véase el artículo 3.4) con independencia de cualquier otra circunstancia.

c) La revisión de la evaluación, o en su caso las medidas periódicas de control de la exposición (y por tanto la determinación de la exposición ambiental) se realiza con la periodicidad debida.

El criterio se presenta en función del tipo de agente químico peligroso:

1) **Agentes sensibilizantes, cancerígenos, mutágenos o tóxicos para la reproducción:** Deben tomarse siempre todas las medidas preventivas específicas razonablemente factibles con objeto de reducir el riesgo al mínimo posible, ya que para estos agentes no existen exposiciones "seguras"

(aunque exista un Valor Límite Ambiental orientativo). Debe efectuarse también una vigilancia de la salud de los trabajadores (específica en relación con los posibles efectos del agente en cuestión) siempre que sea procedente, conforme a lo establecido en el artículo 6 de este Real Decreto (véanse los comentarios a dicho artículo).

2) **Agentes cuyo Valor Límite Ambiental ha sido establecido para evitar irritaciones leves, molestias o cualquier otro efecto de carácter leve que, de ocurrir, es directamente percibido por el trabajador:** No es necesario tomar medidas preventivas específicas si no se producen los citados efectos. En caso contrario debe revisarse la evaluación y deben adoptarse las medidas preventivas necesarias para evitar la repetición de los mismos.

3) **Resto de agentes:** Salvo que la exposición representativa (obtenida con las mediciones realizadas en una jornada cualquiera) y teniendo en cuenta los posibles efectos aditivos, sea inferior o igual al 10% del Valor Límite Ambiental aplicable, se deberían adoptar las siguientes medidas:

- Las medidas o soluciones preventivas "reconocidas" de uso extendido y habitual en el tipo de operaciones o situaciones de que se trate (caso de que existan y no se hayan adoptado).

- Cualquier otra medida preventiva que sea razonable, a criterio del "profesional responsable", teniendo en cuenta:

- La magnitud de la exposición y la naturaleza y gravedad de los daños que se pretenden evitar.

- La posibilidad y la eficacia previsible del control ambiental periódico de la exposición y/o de la vigilancia de la salud de los trabajadores.

- Las dificultades técnico-económicas para implantar la medida preventiva y la eficacia previsible de la misma.

Como es obvio, el uso de este criterio para la decisión de las medidas preventivas a aplicar no debe interpretarse en el sentido de limitar o reducir las precauciones a tomar para proteger a los trabajadores especialmente sensibles frente a los efectos de la exposición que se evalúa.

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 de este Real Decreto o en una normativa específica aplicable.

b) En ausencia de los anteriores, los Valores Límite Ambientales publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo 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 los trabajadores.

La superación de los VLA establecidos en el Anexo I del Real Decreto (en el que por el momento sólo figura el plomo inorgánico y sus derivados), de los contenidos en una normativa específica, o de los Valores Límite Ambientales publicados por el INSHT, implica la obligación de aplicar las medidas preventivas de los artículos 5 y 6. Conviene indicar que la superación de unos Valores Límite Ambientales no es la única causa que exige la obligatoriedad de aplicar dichas medidas preventivas, ya que será la evaluación de riesgos la fuente de información para tomar una decisión a este respecto, de acuerdo con lo ya indicado en el apartado 3 del artículo 3.

Se contempla la excepción a la obligatoriedad sobre la aplicación de los artículos 5 y 6 cuando, superándose los Valores Límite Ambientales del INSHT, se demuestre que se utilizan y respetan unos criterios o límites alternativos cuya aplicación basta, en el caso concreto de que se trate, para proteger la seguridad y salud de los trabajadores.

En relación con esta excepción debe tenerse en cuenta lo siguiente:

- No existe excepción alguna a la obligatoriedad de aplicar las medidas preventivas contempladas en los artículos 5 y 6 si se superan los VLA del Anexo I o los establecidos en una normativa específica aplicable (amianto, cancerígenos).

- La excepción sólo podrá aplicarse en aquellos casos en los que se superen los VLA del INSHT. Se entiende que en estos casos los criterios o límites alternativos utilizados han sido diseñados para evaluar pautas de exposición no convencionales, debiendo estar científicamente justificados para obtener un nivel de protección del trabajador equivalente al que proporcionan los VLA del INSHT y basados en datos de fiabilidad reconocida. Ejemplos de esta situación pueden ser: la valoración en base semanal contemplada en el propio "Documento sobre Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España", o la evaluación de exposiciones en jornadas de larga duración seguidas de jornadas de descanso.

- La documentación justificativa de la validez de utilizar unos criterios o límites alternativos debe formar parte de la documentación general de la evaluación de riesgos efectuada.

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, y su posterior comparación con el Valor Límite Ambiental que corresponda según lo dispuesto en el apartado 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, duración y oportunidad de las mediciones) 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 Reglamento de los Servicios de Prevención.

Este Real Decreto exige que la evaluación del riesgo por inhalación incluya, con las excepciones que se indican en el tercer párrafo de este apartado 3.5, que se comenta a continuación, la medición de la concentración ambiental del contaminante y la comparación de este valor con el valor límite pertinente.

La medición de la concentración ambiental del agente químico deberá ser representativa de la exposición por inhalación y para ello tendrá que cumplir los requisitos siguientes:

- Las condiciones de trabajo al efectuar la medición deberán ser las habituales.

- El resultado debe corresponder a muestras de tipo personal, obtenidas en la zona de respiración del trabajador. (Véase definición en **Apéndice 1**).

- El resultado debe corresponder al periodo de tiempo de referencia para el que está definido el valor límite con el que se vaya a comparar.

- La forma de expresión del resultado debe ser la misma que la utilizada por el valor límite con el que se vaya a comparar.

- Se utilizará una estrategia de medición (número de muestras, duración de cada muestra, momento de muestreo, etc.) que ofrezca una fiabilidad de las conclusiones similar a la que se obtiene con la metodología descrita en el **Apéndice 4**.

- Si existe normativa específica para el agente

en cuestión, la estrategia de medición y el procedimiento de medida deberán cumplir los requisitos establecidos en ella.

- Los métodos de medición utilizados deberán garantizar la fiabilidad de los resultados. En consecuencia, es conveniente que, en la medida de lo posible, se ajusten a lo expuesto en el **Apéndice 5** sobre métodos de medición para agentes químicos.

- El laboratorio que realice las determinaciones debería tener establecido un sistema de gestión de la calidad cubriendo todas sus actividades. Este sistema es conveniente que se ajuste a los principios generales que se especifican en el **Apéndice 6** sobre calidad en las mediciones de agentes químicos.

Las mediciones a las que se refieren los párrafos 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, de conformidad con lo dispuesto en el apartado 1 de este artículo.

Este apartado admite la posibilidad de concluir que se ha logrado una adecuada prevención y protección sin necesidad de realizar medidas de la concentración ambiental del agente.

Así, por ejemplo, en condiciones de trabajo normales, pueden obviarse las mediciones cuando:

- se conocen todas las posibles fuentes de contaminación química laborales, y

- se sabe que no son posibles fuentes de contaminación extralaborales, y

- los productos volátiles se procesan y mantienen siempre encerrados o de modo que no pueden vaporizarse, y

- los productos no volátiles se tratan de modo que no pueden dispersarse en el aire en forma de aerosol.

O sea, situaciones en las que, razonablemente, en condiciones de trabajo normales la presencia de contaminantes en el ambiente debe ser prácticamente nula.

También pueden evitarse las mediciones cuando se conoce la identidad de los contaminantes presentes en el lugar de trabajo, éstos no son sensibilizantes, carcinógenos, mutagénicos ni tóxicos para la reproducción y la apreciación profesional del técnico especialista indica que, en las condiciones de trabajo existentes, dada la cantidad de los agentes químicos presentes y la eficacia reconocida de las medidas de prevención adoptadas, sus concentraciones en el ambiente estarán lejos de

poder alcanzar los respectivos límites de exposición, tanto considerados individualmente como en conjunto. Un ejemplo de esta situación lo encontramos en algunos procesos de soldadura; la experiencia disponible sobre los mismos puede permitir obviar las mediciones si el consumo de electrodos es bajo o se trata de soldaduras rápidas.

Por otra parte, también pueden obviarse las mediciones para realizar la evaluación del riesgo por inhalación en aquellos supuestos en los que la apreciación profesional del técnico considere que dadas las condiciones de trabajo resulta imprescindible la implantación de medidas específicas de prevención dirigidas a reducir la exposición. Por ejemplo, si hay certeza de una exposición significativa a cancerígenos, o si se han producido efectos imputables a la exposición, o si existen soluciones reconocidas aplicables, y en general cuando se haya tomado la decisión de aplicar en primer lugar medidas específicas de prevención.

En cualquier caso, la decisión de efectuar la evaluación del riesgo por inhalación sin realizar mediciones deberá justificarse en la documentación de la evaluación, explicando las razones por las que ha sido adoptada. Tal justificación deberá contener una demostración clara de que se ha logrado una adecuada prevención y protección por otros medios de evaluación.

La excepción a la necesidad de hacer mediciones que se comenta en este apartado se refiere al uso de los resultados para la evaluación del riesgo por inhalación y no debe interpretarse como



excepción general a la realización de mediciones ambientales ya que tales mediciones serán habitualmente necesarias para verificar la eficacia de una medida preventiva o para el control

ambiental periódico. En el **Apéndice 4** se indican criterios sobre el procedimiento recomendado para la implantación de un control ambiental periódico.

6. En el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos, la evaluación deberá realizarse atendiendo al riesgo que presente la combinación de dichos agentes.

La evaluación en el caso de actividades que entrañen una exposición a varios agentes químicos peligrosos deberá realizarse conforme a lo indicado en el Anexo A del Documento del INSHT sobre "Límites de exposición profesional para Agentes

Químicos en España". En estos casos es importante revisar toda la información de que pueda disponerse sobre efectos combinados al objeto de poder reconocer los casos de potenciación de efectos, que deben ser tratados con especial consideración.

7. La evaluación de los riesgos deberá mantenerse actualizada, revisándose:

a) Cuando se produzcan modificaciones en las condiciones existentes en el momento en el que se hizo la evaluación, que puedan aumentar el riesgo invalidando los resultados de dicha evaluación.

Por ejemplo, cambios en las condiciones de trabajo (introducción de nuevas tecnologías, nuevos productos o en la organización del

trabajo), o en los criterios de valoración de los riesgos, que comporten un aumento del riesgo.

b) En los casos señalados en el apartado 1 del artículo 6 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

Es decir, cuando:

- Lo requiere una normativa específica.
- Se detectan daños a la salud de los trabajadores.
- Las medidas de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes porque:

- Lo indican los resultados de los controles periódicos ambientales.
- Lo indican los resultados de la vigilancia de la salud.
- Lo indican los resultados de las inspecciones periódicas de las instalaciones.
- Lo indican los resultados de las observaciones periódicas de los procedimientos de trabajo.

c) Periódicamente, conforme a lo dispuesto en el apartado 2 del artículo 6 de dicho Reglamento. La periodicidad deberá fijarse en función de la naturaleza y gravedad del riesgo y la posibilidad de que éste se incremente por causas que pasen desapercibidas, y teniendo en cuenta los criterios establecidos en la Guía a que hace referencia la Disposición final primera del presente Real Decreto.

Se actualizará periódicamente, teniendo en cuenta el deterioro con el tiempo de los elementos del proceso productivo. La frecuencia de las actualizaciones se realizará por acuerdo entre la empresa y los representantes de los trabajadores.

No hay que confundir la actualización de

la evaluación a que se refiere este artículo con los controles periódicos. La programación de controles periódicos forma parte de las actividades preventivas, mientras que la actualización de la evaluación consiste en una revisión de la evaluación de los riesgos que permita detectar o reevaluar causas y factores desapercibidos o que

hayan variado con el tiempo, con el objetivo de verificar la idoneidad de las medidas preventivas implantadas, o, si es necesario, implantar nuevas medidas o modificar las existentes.

Como elementos básicos para establecer la periodicidad de estas revisiones pueden considerarse el tipo de efectos sobre la salud y las características de los procesos laborales.

No es posible definir, de forma general, plazos para proceder a las revisiones de la evaluación. La periodicidad para revisar las medidas preventivas o estudiar la implantación de nuevas medidas preventivas puede decidirse

teniendo en cuenta, además de los elementos básicos citados:

- La previsible rapidez de deterioro con el tiempo del proceso productivo o de sus instalaciones que puedan incidir en un incremento del riesgo. Por ejemplo, el deterioro por oxidación de los elementos de seguridad, que vendrá muy condicionado por la agresividad del ambiente en que estén instalados.

- La variabilidad de los resultados obtenidos en los controles periódicos de exposición, ya que pueden ser una consecuencia de la presencia de causas desconocidas o no suficientemente controladas.

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.

En el caso de una nueva actividad con agentes químicos peligrosos (entendiendo por actividad con agentes químicos la definición dada en el artículo 2), la evaluación del riesgo se efectuará, antes del inicio del trabajo, por similitud a otras actividades cuyos riesgos hayan sido directamente evaluados. La exposición también puede esti-

marse, en igualdad de situaciones, conociendo la que producen sustancias de similar volatilidad o igual condición física (polvo, gas, etc.). En cualquier caso deberán considerarse las precauciones para la manipulación de los productos indicadas en las correspondientes fichas de datos de seguridad.

9. La evaluación deberá documentarse de acuerdo con lo establecido en el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en el artículo 7 del Reglamento de los Servicios de Prevención. En relación con los casos a que hace referencia el apartado 5 del presente artículo, la documentación deberá incluir las razones por las que no se considera necesario efectuar mediciones.

La evaluación de riesgos debe quedar documentada, asegurándose de que la misma está en todo momento depositada en la empresa y disponible según lo establecido en la LPRL.

Con este fin los contenidos mínimos de la documentación para cada puesto de trabajo son:

- Identificación del puesto de trabajo.
- Riesgo o riesgos existentes.

La identificación del riesgo incluirá con carácter general la relación de agentes químicos peligrosos que lo originan. Cuando la contribución a un riesgo determinado no dependa de la identidad de los agentes, sino de su cantidad global y peligrosidad común, es admisible una denominación genérica del agente causal, por ejemplo: "humos de soldadura", "productos inflamables", "hidrocarburos alifáticos exentos de hexano".

- Relación nominal de trabajadores que ocupan el puesto.

- Resultado de la evaluación de cada riesgo y medidas preventivas a aplicar, incluyendo los controles periódicos aconsejados, si es el caso.

En los supuestos en que el resultado de la evaluación indique que no son necesarias medidas específicas de prevención, la documentación justificativa es ineludible.

- Referencia de los criterios y procedimientos de evaluación.

Para los criterios y procedimientos normalizados o de acceso público es suficiente con referenciarlos, por ejemplo: Norma UNE 689, o LEP del INSHT.

Si el procedimiento es propio de la empresa o de una fuente de acceso restringido, o se han utilizado unos criterios o límites alternativos a los VLA del INSHT, se debe incluir en la documentación una copia del procedimiento completo, además de la información complementaria necesaria para avalar su idoneidad.

Asimismo en los casos en que se haya evaluado el riesgo de exposición sin medir la concentración ambiental la documentación incluirá la justificación de que se ha logrado una adecuada prevención y protección.

- Referencia de los métodos de medida, análisis o ensayo utilizados, si es el caso.

Para los métodos de medida o análisis normalizados o de acceso público es suficiente con referenciarlos, por ejemplo: Método A del INSHT, o Método B del NIOSH. Si el método es propio de la empresa o de una fuente de acceso restringido, se debe incluir en la documentación una copia del método completo, además de la información

complementaria de su validación. **Ver Apéndice 5** sobre métodos de medición para agentes químicos.

- Equipos utilizados y laboratorios que han participado.

También debe quedar claramente referenciada la identificación de los equipos de medida, en el caso de emplearse instrumentos de lectura directa, y la de los sistemas de toma de muestras, así como el laboratorio que haya analizado las muestras. **Ver Apéndice 6** sobre calidad en las mediciones de agentes químicos.

- Identificación y cualificación de los técnicos de prevención que han efectuado la evaluación y fecha de la misma.

#### **Artículo 4. Principios generales para la prevención de los riesgos por agentes químicos.**

Los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores en trabajos en los que haya actividad con agentes químicos peligrosos se eliminarán o reducirán al mínimo mediante:

Los principios de la acción preventiva desarrollados en este artículo deben entenderse como una extensión de los principios enunciados en el apartado 1 del artículo 15 de la LPRL aplicados a las actividades con agentes químicos peligrosos.

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.

Este objetivo 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.

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.

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.

En el redactado de este artículo, el contenido de los apartados a), b), c) y d) constituyen técnicas o medios para conseguir los objetivos indicados en los apartados e), f) y g).

a) La concepción y organización de los sistemas de trabajo en el lugar de trabajo.

Cualquier actividad debe realizarse en un local bien ventilado, y con mayor razón si la actividad requiere el uso de agentes 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 expuestos sea mínimo y que el tiempo de exposición de cada uno de ellos también 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.

Del mismo modo, una correcta concepción y organización del trabajo permitirá limitar las cantidades de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo a las estrictamente necesarias por exigencias del proceso, a limitar o eliminar la necesidad de la manipulación manual de los mismos, a delimitar y separar lugares en donde se utilicen agentes peligrosos, etc.

b) La selección e instalación de los equipos de trabajo.

Con independencia de la peligrosidad de los agentes químicos que puedan estar implicados en una operación, resulta evidente que las instalaciones y los equipos que los contienen o generan deben ser herméticos en la medida de lo posible.

Los equipos se seleccionarán e instalarán teniendo en cuenta la peligrosidad y características del agente que va a utilizarse y del entorno en que va a instalarse (por ejemplo, en equipos destinados para atmósferas explosivas se utiliza-

rán sistemas de mando y accionadores totalmente neumáticos o hidráulicos y, de ser eléctricos, serán antiexplosivos). En cualquier caso, para la elección de los equipos de trabajo el empresario deberá tener en cuenta las exigencias del artículo 3 del Real Decreto 1215/1997 por el que se establecen las condiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. (Los anexos K y L de la correspondiente Guía Técnica del INSHT aportan mayor información sobre estos aspectos).

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.

Un procedimiento de trabajo bien concebido puede evitar exposiciones innecesarias (por ejemplo, es recomendable que una operación esporádica, que pueda ocasionar una contaminación ambiental importante, se realice cuando el taller no esté ocupado, para evitar la exposición de trabajadores no implicados directamente en su ejecución); asimismo, un procedimiento puede reducir el riesgo cuando la eficacia preventiva dependa de la correcta actuación del trabajador (por ejemplo, la puesta en marcha de un sistema de extracción localizada antes de proceder a la carga de un reactor).

Los procedimientos de trabajo son técnicamente imprescindibles para la realización de operaciones de riesgo crítico, en situaciones de riesgo desconocido y, en general, en operaciones en que

ante la insuficiencia o ineficacia de las medidas de prevención o protección se pueda reducir o eliminar el riesgo mediante unas pautas de actuación prefijadas y con la utilización de unos equipos y condiciones de trabajo establecidas, sin que sean admisibles desviaciones respecto a lo previsto.

En situaciones de riesgo crítico o desconocido, tales procedimientos formarán parte de las autorizaciones o permisos de trabajo extendidas por técnicos o mandos responsables, limitando a trabajadores cualificados la ejecución de determinadas tareas.

Los equipos e instalaciones de cuya idoneidad y correcto estado dependa la seguridad del proceso deben someterse a una planificación estricta de revisiones y mantenimiento, con registro documental de su ejecución.

d) La adopción de medidas higiénicas adecuadas, tanto personales como de orden y limpieza.

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.

- Cuando se manipulen o estén presentes agentes químicos peligrosos, la prohibición de comer, beber o fumar en los lugares de trabajo es una medida preventiva que se justifica por sí misma,

sin necesidad de que exista un riesgo evidente de contaminación.

- Lo mismo puede decirse del mantenimiento de los mínimos de limpieza de la ropa de trabajo y del uso habitual de ésta en lugar de la ropa de calle.

- La disponibilidad y la utilización de las instalaciones para la higiene personal antes de las comidas y al finalizar la jornada sería otro ejemplo de las medidas de prevención de riesgos que

se justifican por sí mismas, sin necesidad de que exista un riesgo evidente que las haga necesarias. Los productos de limpieza, así como los de cuidado de la piel, en ningún caso serán agresivos.

- Deberían tenerse en cuenta las necesidades particulares de las trabajadoras embarazadas o en periodo de lactancia.

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. Cuando, por la peligrosidad del agente, se deba evitar, en caso de derrame o fuga, su acumulación espacial o temporal o su vertido al desagüe, los

suelos deben permitir recolectar y drenar a lugar seguro los agentes peligrosos. La eliminación o limpieza de pequeños derrames se hará, según el caso, con agentes absorbentes o neutralizantes que, una vez usados, se depositarán en recipientes para residuos, para su retirada y, en su caso, posterior tratamiento.

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.

- 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 expuestos o que puedan estarlo.
- g) La reducción al mínimo de la duración e intensidad de las exposiciones.

En el contexto del Real Decreto estos principios se deben interpretar como principios preventivos básicos que deben aplicarse siempre que estén involucrados agentes químicos peligrosos. En algunas circunstancias la aplicación de estos principios, junto con las acciones de formación e información exigidas en el artículo 9, pueden ser suficientes para evitar o reducir al mínimo los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores aun estando presentes agentes químicos peligrosos, en cuyo caso no es necesario implantar medidas específicas de prevención y protección tal como ya quedó establecido en el artículo 3.

Un supuesto, a título de ejemplo de esto último, sería la operación de añadir un producto desengrasante y un tensioactivo (ambos etiquetados como "nocivo" y con efectos irritantes según su FDS) a una cuba de agua para preparar un baño de desengrase. El operario encargado de tal operación puede realizarla en condiciones seguras si dispone de una información previa sobre los agentes químicos citados y de una formación sobre las precauciones y medidas a tomar. Las medidas y precauciones estarán contenidas en el procedimiento de trabajo establecido por la empresa para la ejecución de la operación de preparación del baño.

#### **Artículo 5. Medidas específicas de prevención y protección.**

1. El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar las medidas específicas de prevención y protección contempladas en el mismo, teniendo en cuenta los criterios establecidos en los apartados 3 y 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.

La necesidad de adopción de medidas preventivas específicas vendrá determinada por la eva-

luación de los riesgos, de la que se deducirán así mismo las medidas concretas a implantar.

2. El empresario garantizará la eliminación o reducción al mínimo del riesgo que entrañe un agente químico peligroso para la salud y seguridad de los trabajadores durante el trabajo. Para ello, el empresario 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.

Es de destacar de este apartado la obligación del empresario de asegurar 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.

La primera consecuencia de esta obligación es la preferencia explícita de evitar el uso del

agente (por ejemplo sustituir un hidrocarburo clorado por un detergente como desengrasante) o utilizar un proceso que, con arreglo a sus condiciones de uso, suponga un riesgo menor (por ejemplo sustituir el pintado mediante proyección aerográfica por pintado por inmersión, o cordón de soldadura eléctrica por soldadura por puntos).

Cuando la naturaleza de la actividad no permita la eliminación del riesgo por sustitución, el empresario garantizará la reducción al mínimo de dicho riesgo aplicando medidas de prevención y protección que sean coherentes con la evaluación de los riesgos.

La segunda consecuencia es que, caso de no ser posible la sustitución del agente o la modificación del proceso utilizado, la presencia o la exposición al agente debe ser reducida al mínimo.

En los casos en que el riesgo es debido a la exposición a un agente químico peligroso, la evaluación de riesgos puede concluir la necesidad de programar mediciones periódicas de la concentración ambiental. Las mediciones periódicas pueden ser consideradas como una medida específica de prevención y constituyen un tipo de control ambiental que se repite con una frecuencia que depende del resultado de las anteriores mediciones (ver Apéndice 4) y que sirven para verificar el mantenimiento de la eficacia de las medidas de prevención adoptadas. Siempre que se detecte la superación de un valor límite de exposición profesional durante estos controles el empresario actuará de forma inmediata para poner remedio a la situación mediante la adopción de medidas de prevención y protección, de forma análoga a la indicada en el apartado 4 del artículo 3 de este Real Decreto.

Para los agentes químicos cancerígenos, sensibilizantes, mutagénicos o tóxicos para la reproducción las medidas preventivas deberán reducir la exposición al mínimo y garantizar que no se superarán los límites de exposición en ningún caso, incluso en las circunstancias más excepcionales. Para otros agentes químicos peligrosos el objetivo de las medidas preventivas debe ser, salvo situaciones no previsibles y poco frecuentes, que no se supere el valor límite ambiental en los términos en que esté establecido (exposición diaria, exposición de corta duración o superación de los límites de desviación).

En cualquier caso, las medidas que se adopten para reducir la exposición deberán lograr que ésta se reduzca al mínimo posible y no sólo en el grado necesario para respetar el Límite de Exposición Profesional correspondiente. El término "mínimo posible" debe ser interpretado en el sentido de lo que permitan las mejores técnicas aplicadas con tal finalidad en el sector de actividad de que se trate.

Dichas medidas incluirán, por orden de prioridad:

El orden de prioridad que se fija para el establecimiento de medidas de reducción del riesgo indica que sólo se debe aceptar una medida pre-

ventiva de orden inferior cuando las medidas de orden superior no son aplicables al caso en cuestión o no son suficientes para eliminar el riesgo.

- 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 el trabajador que pueda suponer un peligro para la salud y seguridad de éste.
- 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.

En la mayoría de exposiciones se pueden identificar cuatro elementos cuya interrelación condiciona el riesgo: el agente, el proceso, el local y el procedimiento de trabajo. Ello es así porque el riesgo se debe a que existe un agente químico peligroso que se manipula o procesa en una instalación, ubicada en un local, siguiendo un procedimiento de trabajo determinado previamente. Éstos son los elementos sobre los que se pueden aplicar medidas preventivas para eliminar o reducir el riesgo y el orden en que se presentan es el de preferencia para la aplicación de dichas medidas ya que la eficacia de éstas

suele ser mayor cuanto menor es la necesidad de intervención humana para lograr su implantación.

La tabla 2 presenta una enumeración no exhaustiva de las medidas preventivas posibles, clasificadas de acuerdo con el elemento sobre el que actúa y según el objetivo que se puede conseguir con su implantación. El objetivo (filas de la tabla) determina el nivel de prioridad tal como lo define este artículo. A igualdad de prioridad (misma fila), y atendiendo a la eficacia del control de riesgos, son preferentes las medidas preventivas citadas en las columnas situadas más a la izquierda en la tabla.

**TABLA 2**  
**PRIORIDAD EN LA ELECCIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS**

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
1°	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
2°	Reducción-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)  Ropa de trabajo
----	---------------------------	--	--	--	---

(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.

La extracción localizada y la ventilación por dilución, aunque no son técnicas preventivas de máxima prioridad de implantación, sí son las más frecuentes en la práctica, ya que en muchas ocasiones las medidas de reducción de riesgos de mayor prioridad no son aplicables, o su aplicación implica costes no soportables por la empresa. Por este motivo se realiza en el **Apéndice 7** una breve descripción de cada una de ellas con objeto de facilitar su aplicación correcta.

No se recurrirá a la protección individual sin respetar el orden de prioridad de aplicación de las medidas preventivas establecido en este apartado.

En general, se recurrirá a la protección individual cuando:

- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas aplicadas sean insuficientes.

- Las medidas de prevención y protección colectiva u organizativas son 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.

En el **Apéndice 8** se exponen criterios para la selección y utilización de Equipos de Protección Individual frente a riesgos ocasionados por la presencia de agentes químicos en el lugar de trabajo. Se aconseja adicionalmente consultar la Guía Técnica del INSHT del Real Decreto 773/1997.

3. Sin perjuicio de lo establecido en el apartado anterior, el empresario deberá adoptar, en particular, las medidas técnicas y organizativas necesarias para proteger a los trabajadores 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.

Como se ha dicho, el riesgo químico viene definido por la peligrosidad intrínseca del agente (propiedades fisicoquímicas o toxicológicas) y por sus condiciones de uso. Por ello, si no es posible la sus-

titución del agente, las medidas técnicas y organizativas a tomar, siguiendo un orden de prioridad, se encaminarán a establecer unas condiciones de uso en las que el riesgo se reduzca al mínimo.



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 el almacenamiento de agentes químicos debe diferenciarse entre aquellas áreas o zonas destinadas exclusivamente a almacenamiento y las situaciones en que, por necesidades de proceso, se requiere la presencia de cantidades de productos químicos peligrosos en el lugar de trabajo.

En el primer caso, en la medida que les sea aplicable, el almacenamiento deberá ajustarse a las exigencias del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

Con carácter general, es preciso establecer un plan de almacenamiento que permita, en caso de incidente (fuga, derrame, incendio,...), conocer con rapidez y precisión la naturaleza de los productos almacenados, su cantidad y su localización dentro del almacén.

Para ello se deben considerar e implantar unas medidas básicas para el almacenamiento seguro de agentes químicos peligrosos. Entre ellas cabe citar:

- Emplazamiento seguro de los almacenes. Se debería garantizar que la ubicación física del almacén se encuentre alejada tanto de áreas de proceso u otras dependencias de la empresa (por ejemplo: estación transformadora, central de energía, etc.) como de otras posibles injerencias externas (por ejemplo: riadas, deslizamiento del terreno, etc.) que puedan contribuir a acrecentar o a propagar el riesgo de las sustancias almacenadas.

- Agrupación de productos por comunidad de riesgos, evitando el almacenamiento conjunto de productos incompatibles o muy reactivos. A fin de garantizar un almacenamiento correcto y seguro de distintos agentes químicos se deberá consultar en cada caso la Ficha de Datos de Seguridad del producto y, especialmente, los campos de información 3 y 7 de la misma que corresponden respectivamente a "identificación de peligros" y a "manipulación y almacenamiento". En la tabla 3 se presentan, a título de muestra, las incompatibilidades entre grupos genéricos de productos.

- Fijar y respetar cantidades máximas de productos químicos almacenados así como alturas máximas de almacenamiento.

- Colocación de los productos contenidos en recipientes homologados, de acuerdo con las exigencias de la reglamentación vigente sobre transporte de mercancías peligrosas.

- Mantenimiento de accesos despejados y vías de tránsito y superficies de almacenamiento señalizadas.

- Control de accesos a personas y vehículos ajenos a la instalación

- Mantenimiento de vías de evacuación y salidas de emergencia despejadas y señalizadas.

- Garantías de identificación de productos. Exigencia de etiquetado y reetiquetado en su caso.

- Instrucciones precisas de trabajo.

- Procedimientos de actuación en caso de incidentes (fugas, derrames, emisiones y similares).

- Procedimientos en caso de emergencia.

Las operaciones de manipulación, que acostumbra a dar lugar a un número importante de accidentes muchos de ellos de consecuencias graves, requieren la implantación de procedimientos de trabajo. Tales procedimientos deberían implantarse en todas aquellas operaciones que impliquen exposición y riesgo de contacto con agentes químicos peligrosos (por ejemplo: trasvases entre recipientes, alimentación de equipos, transporte de recipientes, toma de muestras, intervenciones en procesos químicos discontinuos, etc.). En distintas publicaciones del INSHT, relacionadas en el Apartado IV de esta Guía sobre fuentes de información, se tratan monográficamente las medidas a tomar para la realización de algunas de estas operaciones de manipulación.













Respecto a las medidas de prevención en el transporte interno de agentes químicos peligrosos, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se evitará en lo posible el transporte manual o mediante vehículos internos, así como el uso de conducciones y mangueras flexibles que por su movilidad están expuestas a un deterioro importante, procurando el empleo de conducciones fijas.

- Los envases y embalajes utilizados para el transporte interno de agentes químicos peligrosos cumplirán los requisitos exigidos a los mismos para el transporte de mercancías peligrosas. Deberían ser gestionados adecuadamente a fin de garantizar que su selección, almacenamiento, manipulación y eliminación se realiza según un plan establecido.

Los envases que deban contener agentes peligrosos deberán tener la resistencia física y química necesaria, en función de las características de

**TABLA 3  
CUADRO RESUMEN DE INCOMPATIBILIDADES  
DE ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS PELIGROSAS**

	 F Inflammable	 E Explosivo	 T Tóxico	 Radioactivo	 O Comburente	 Xn Nocivo Xi Irritante
 F Inflammable	+	-	-	-	-	+
 E Explosivo	-	+	-	-	-	-
 T Tóxico	-	-	+	-	-	+
 Radioactivo	-	-	-	+	-	-
 O Comburente	-	-	-	-	+	○
 Xn Nocivo Xi Irritante	+	-	+	-	○	+

**+** Se pueden almacenar conjuntamente

**○** Solamente podrán almacenarse juntas, si se adoptan ciertas medidas específicas de prevención

**-** No deben almacenarse juntas

Son ejemplos de agentes incompatibles:

- oxidantes con: inflamables, carburos, nitruros, hidruros, sulfuros, alquilmetales,
- reductores con: nitratos, cloratos, bromatos, óxidos, peróxidos, flúor,
- ácidos fuertes con bases fuertes,
- ácido sulfúrico con: celulosa, ácido perclórico, permanganato potásico, cloratos.

Son ejemplos de agentes inestables:

- productos cuyo almacenamiento prolongado entraña la posibilidad de descomposición: amiduros alcalinos, ciertas sales de diazonio,
- sustancias fácilmente peroxidables: compuestos alílicos, compuestos vinílicos, estireno,
- compuestos que reaccionan violentamente en contacto con el aire: fosfuros, hidruros,
- monómeros que polimerizan rápidamente: acetato de vinilo, estireno, acrilonitrilo.

Son ejemplos de agentes que reaccionan peligrosamente:

- con el agua: metales alcalinos, peróxidos inorgánicos, carburos, fosfuros,
- con ácido clorhídrico: sulfuros, hipocloritos, cianuros,
- con ácido nítrico: algunos metales,
- con ácido sulfúrico: ácido fórmico, ácido oxálico, alcohol etílico.

los mismos y de las condiciones de utilización y transporte. Así, por ejemplo, los recipientes de vidrio deben transportarse protegidos; los envases de plástico, debido a su degradación por el tiempo y la radiación solar, deben ser objeto de una vigilancia frecuente para retirar de uso y servicio los envases degradados.

Se dará preferencia al uso de envases metálicos, siempre que sean compatibles con los agentes químicos contenidos en ellos, ya que ofrecen mayores garantías de seguridad.

- Las tuberías por las que circulen agentes químicos peligrosos deben permitir la identificación de los mismos. Al respecto se recomienda consultar el Real Decreto 485/1997 sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo y su Guía Técnica correspondiente.

- Las tuberías se protegerán frente a riesgos mecánicos (choques, golpes, etc.), especialmente en las zonas de circulación de equipos móviles.

- Las tuberías se instalarán de modo que se eviten acumulaciones de líquidos en su interior, por lo cual las horizontales deben tener una ligera pendiente para facilitar el drenaje, existiendo en los puntos de drenaje las correspondientes válvulas de purga.

- Las tuberías dispondrán de válvulas de seguridad para alivio de presiones si pueden estar sometidas a sobrepresiones que excedan en más del 10% la máxima admisible de trabajo. Si el producto evacuado pudiera ser peligroso, se evacuará a una instalación de tratamiento (antorcha, torre de neutralización, plantas de revalorización o de tratamiento térmico del aire residual, etc.) o, en su caso, a una zona segura.

- Se evitarán las conducciones enterradas de líquidos inflamables, corrosivos y tóxicos. En

casos en que excepcionalmente existan tramos de tubería enterrados o no visibles, se dotarán de la protección adecuada para poder detectar y contener los vertidos (por ejemplo: doble tubería, canal hacia arqueta, etc.). Se evitarán en esos tramos las uniones no soldadas y las juntas de expansión.

- Dado que las bridas y conexiones de las tuberías son puntos de posibles fugas, es necesario adoptar medidas tales como: emplear conexiones soldadas en ambientes interiores en los que las fugas de gases inflamables o tóxicos puedan poner en peligro la salud de las personas; controlar en plazos programados su estado, visualmente y midiendo si es necesario.

- Ante la necesidad de aislar instalaciones y equipos es imprescindible utilizar bridas ciegas complementariamente al bloqueo de válvulas en puntos estratégicos, a fin de garantizar que no fluyen agentes químicos peligrosos.

- Se evitarán tramos de tubería excesivamente largos sin válvulas de seccionamiento, cuando el vaciado accidental de la misma pueda generar peligros sustanciales a los trabajadores.

- Atendiendo a la peligrosidad del agente químico y las circunstancias puede ser oportuno disponer de válvulas de seccionamiento accionadas mediante control remoto.

- Se procurará que las válvulas manuales de regulación se localicen en lugares accesibles y estén protegidas mediante apantallamiento cuando se puedan producir proyecciones o fugas. Con carácter general el apantallamiento se hará extensivo a todos aquellos puntos del sistema de tuberías en los que exista la posibilidad de proyección de líquido y se encuentren próximos a los puntos de operación y vías de circulación en donde las personas puedan verse expuestas.

En particular, el empresario 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 del trabajo lo permita.

En materia de lucha contra incendios el primer objetivo a conseguir consiste en identificar, para su inmediata eliminación o, en su defecto, control, los combustibles y focos de ignición presentes en el ámbito de trabajo. Se trata de medidas de prevención encaminadas a evitar la aparición del incendio.

A fin de impedir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o cantidades peligrosas de sustancias

químicamente inestables o incompatibles entre sí, se debe reducir la presencia de las mismas a la cantidad mínima imprescindible para cubrir las necesidades del proceso u operación a realizar por jornada o turno de trabajo, depositando las no necesarias en un recinto específico y adecuado para su almacenamiento.

Aquellos agentes que, por necesidades operativas, deban estar presentes en el lugar de trabajo

se dispondrán en el mismo, garantizando el control efectivo de los riesgos propios de cada uno de ellos y de los riesgos que puedan generarse o potenciarse por la coexistencia o proximidad de agentes con diferente tipo de peligrosidad. Para ello:

- Los agentes químicos peligrosos presentes en el lugar de trabajo se dispondrán con criterios de "comunidad de riesgos", evitando la proximidad entre sustancias incompatibles o muy reactivas. Es necesario que dichos agentes se localicen en lugares específicos debidamente protegidos frente a cualquier tipo de injerencia.

- Las cantidades de líquidos inflamables existentes en el área de trabajo deberían depositarse en armarios de seguridad que cumplan con los requisitos especificados para los mismos en la MIE-APQ-001 del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos.

- Los líquidos inflamables existentes en el lugar de trabajo deberían estar contenidos en recipientes que garanticen seguridad en su empleo, recomendándose la utilización de recipientes de seguridad herméticos y de cierre automático.

- Se evitará que productos incompatibles puedan coexistir en un mismo espacio si pueden dar lugar a un incremento del riesgo. A tal fin, se deberá mantener una separación física por distancia o por compartimentación entre áreas.

- Las operaciones con gases o líquidos inflamables en las que se produzcan desprendimientos de vapores (trasvase, aplicación aerográfica, mezclas, proceso, laboratorio, etc.) se realizarán con garantías de captación por extracción localizada de los gases o vapores desprendidos y adecuada ventilación general del área de trabajo, de forma que la concentración ambiental de los mismos esté en todo momento por debajo del Límite Inferior de Inflamabilidad (LII) del producto.

- Se controlarán mediante explosímetros las concentraciones peligrosas de gases y vapores inflamables en los distintos ámbitos en que se puedan generar. En su caso, se realizarán mediciones en continuo a lo largo del desarrollo de la operación o pro-

ceso cuando éstos puedan generar atmósfera inflamable.

- Los trasvases y demás operaciones en que puedan producirse derrames se realizarán en lugares específicos que aseguren su recogida y drenaje a lugar seguro y en condiciones de ventilación adecuadas.

- Los residuos generados se depositarán, en función de su peligrosidad, en recipientes de seguridad, herméticos y de cierre automático, hasta su eliminación. En todo caso, la gestión de los residuos cumplirá con los requisitos exigidos por la Ley 10/1998 de residuos.

- Se limpiarán los restos en los equipos que hayan contenido líquidos inflamables o combustibles sólidos finamente divididos, así como su entorno, previamente a realizar en los mismos operaciones de mantenimiento o reparación en caliente.

En aquellos supuestos en que existan productos inflamables en estado líquido o combustibles sólidos en estado pulverulento y no sea posible actuar sobre ellos, podrá preverse la necesidad o la posibilidad de controlar el comburente. Para ello:

- A fin de garantizar que la atmósfera no sea peligrosa resulta imprescindible evitar la presencia incontrolada de aire y/o su entrada masiva en espacios confinados en los que existan productos inflamables.

- Las operaciones de carga y descarga de productos inflamables en recipientes atmosféricos se efectuarán de manera gradual y sin arrastre de aire (alimentación mediante tornillo helicoidal o válvula de doble compuerta), manteniendo un riguroso control de la atmósfera interior. Cuando no sea posible garantizar lo anterior, será imprescindible recurrir a la inertización.

- La inertización resulta imprescindible cuando se deban realizar operaciones de mantenimiento o reparación en caliente de los equipos que hayan contenido agentes químicos inflamables o combustibles sólidos finamente divididos y no se pueda garantizar su eliminación.

b) Cuando la naturaleza del trabajo no permita la adopción de la medida prevista en el apartado anterior, evitar las fuentes de ignición que pudieran producir incendios o explosiones o condiciones adversas que pudieran activar la descomposición de sustancias químicamente inestables o mezclas de sustancias químicamente incompatibles.

Si no es posible impedir o reducir la presencia en el lugar de trabajo de concentraciones peligrosas de sustancias inflamables o cantidades peli-

grosas de sustancias químicamente inestables, se debe asegurar que los distintos tipos de fuente de ignición que puedan encontrarse habitual o espo-

rádicamente 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. Algunas consideraciones a contemplar para evitar o controlar posibles focos de ignición de distinta tipología son:

- Las operaciones de carga, descarga o trasvase se realizarán evitando la generación de cargas electrostáticas (control de velocidad de trasvase, llenado de recipientes mediante tubo sumergido, etc.) y facilitando su eliminación mediante conexión equipotencial y a tierra de todos los equipos y recipientes.

- La instalación y equipos eléctricos estarán

protegidos frente al riesgo de incendio y explosión (Ex) de acuerdo con las exigencias contenidas en la Instrucción Técnica Complementaria MIE-BT-026 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Hay que prestar especial atención al uso de equipos móviles y a los accesorios que se utilizan o acoplan a los mismos.

- Se implantará un control exhaustivo de otros focos de ignición:

- térmicos (fumar, operaciones con llama o chispas, carretillas de manutención y similares.

- mecánicos (uso de herramientas antichispa en operaciones de apertura o cierre de recipientes, así como en ambientes en que puedan existir concentraciones o acumulaciones peligrosas de productos inflamables; uso de calzado sin partes metálicas, etc.);

- químicos (calor generado en reacciones exotérmicas, coexistencia de productos químicamente inestables o reactivos, etc.).

c) Paliar los efectos nocivos para la salud y la seguridad de los trabajadores originados en caso de incendio, explosión u otra reacción exotérmica peligrosa.

Las medidas de prevención descritas en los apartados a) y b) anteriores, siendo imprescindibles son insuficientes, ya que en ningún caso garantizan un control exhaustivo del riesgo y, por tanto, se deben tomar medidas de protección complementarias encaminadas a minimizar las consecuencias derivadas de la materialización de un siniestro.

Entre las medidas de lucha contra incendios a implantar encaminadas a evitar la propagación descontrolada del incendio y minimizar las consecuencias materiales o humanas derivadas del mismo cabe diferenciar entre medidas de protección pasiva (protección estructural de los elementos portantes para garantizar una determinada Estabilidad al Fuego, sectorización y compartimentación de áreas de distinto nivel de riesgo garantizando una determinada Resistencia al Fuego y utilización de materiales constructivos y de revestimiento de comportamiento ante el fuego conocidos) y medidas de lucha contra incendios propiamente dichas (detección humana o instalaciones de detección automática del incendio; medios ágiles y fiables de transmisión de la alarma; equipos de lucha contra incendios, sean portátiles o sean fijos, sean de accionamiento manual o de descarga automática y vías de evacuación suficientes en

número, correctamente dimensionadas y adecuadamente distribuidas).

Este conjunto de medidas de lucha contra incendios se contempla en un conjunto amplio de disposiciones de nuestro marco legal, en algunos casos con un tratamiento general y en otros supuestos con carácter específico. Sin pretender ser exhaustivo se citan seguidamente las disposiciones legales que pueden, en algunos casos, ser exigibles en el ámbito de aplicación del Real Decreto 374/2001:

- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (Orden de 9 de marzo de 1971). Es aplicable, con carácter general, a:

- establecimientos industriales existentes a la entrada en vigor (30/1/2002) del Real Decreto 786/2001 por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales;

- actividades a las que, estando en el ámbito de aplicación de las NBE-CPI, no les sean aplicables las NBE-CPI- 82/91/96 por ser anteriores a la entrada en vigor de dichas normas.

- Real Decreto 486/1997 por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud de los lugares de trabajo.

Los puntos 10 y 11 del Anexo I son aplicables con carácter general a todos los lugares de trabajo a partir del 23/7/1997 con excepción de los expresamente excluidos en el artículo 1.2 del citado Real Decreto.

- Normas Básicas de la Edificación / Condiciones de Protección contra Incendios (NBE / CPI de los años 82, 91 y 96).

Aplicables a los edificios clasificados por ellas (uso hospitalario, administrativo, docente, etc.) proyectados, construidos, reformados o cambiados de uso a partir de sus respectivos períodos de vigencia.

- Real Decreto 1942/1993 por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Desarrollado por Orden de 16 de abril de 1998.

Aplicable a aparatos, equipos y sistemas empleados en la protección contra incendios instalados a partir del 14/3/1994. Aplicable asimismo al mantenimiento de los citados aparatos, equipos y sistemas ya instalados o proyectados con anterioridad a tal fecha.

- Real Decreto 1254/1999 por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

Aplicable desde el 21 de julio de 1999 a los establecimientos en los que estén presentes sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a la especificadas en las partes 1 y 2 del Anexo I. Deroga los Reales Decretos 886/1998 y 952/1990 que constituían el marco normativo regulador de la prevención de accidentes mayores.

- Real Decreto 379/2001 por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7 que regulan respectivamente los almacenamientos de: líquidos inflamables y combustibles, óxido de etileno, cloro, amoníaco anhidro, botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, líquidos corrosivos y líquidos tóxicos.

Aplicable desde el 10 de agosto de 2001 a instalaciones de nueva construcción así como a las ampliaciones o modificaciones de las existentes. Si bien deroga el Real Decreto 668/1980 sobre almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5 y MIE APQ-6, las revisiones e inspecciones periódicas de las instalaciones existentes se realizarán de acuerdo con las exigencias técnicas de la ITC según la cual fueron realizados.

- Real Decreto 786/2001 por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

Aplicable a partir del 30 de enero de 2002 a los nuevos establecimientos industriales que se construyan o implanten y a los ya existentes que cambien o modifiquen su actividad, se trasladen, se amplíen o reformen en la parte afectada por la ampliación o reforma.

Asimismo se aplicará a las industrias existentes antes de su entrada en vigor, cuando su nivel de riesgo intrínseco, situación o características impliquen un riesgo grave para las personas, los bienes o el entorno, y así se determine por la Administración Autónoma competente.

- Este marco normativo de ámbito nacional, en algunos casos, se complementa o desarrolla con disposiciones promulgadas en el ámbito de las Administraciones Autonómicas o Locales.

Con independencia de que serán exigibles los requisitos que sean de aplicación de entre las disposiciones legales enunciadas, se citan seguidamente algunas medidas específicas a considerar en materia de protección contra incendios. Entre las medidas de protección a tomar para minimizar las consecuencias de los incendios se considerarán:

- Controlar la propagación vertical u horizontal de los efectos del incendio. Para ello las áreas de trabajo con riesgo de incendio estarán separadas del resto de dependencias constituyendo sector de incendios de resistencia al fuego (RF) adecuada a la carga térmica existente. La sectorización se realizará por distanciamiento o mediante compartimentación con muros y tabiques cortafuegos.

- Garantizar una detección eficaz sea humana o automática y unas instalaciones que aseguren una rápida y fiable transmisión de la alarma.

- Disponer de instalaciones adecuadas y suficientes de lucha contra incendios, sean fijas o portátiles, de accionamiento manual o descarga automática.

- El número y estado de las vías de evacuación permitirán la evacuación rápida y segura de los ocupantes.

- Garantizar la eliminación de los humos generados por el incendio mediante exutorios u otros medios de extracción.

Entre las medidas de protección a tomar para minimizar las consecuencias de las explosiones deben considerarse:

- Ubicación preferente de equipos con potencial riesgo de explosión en el exterior de edificios y separados de otras dependencias.

- Contención de la presión de la explosión mediante la utilización de recipientes que resistan la presión generada sin rotura o recipientes resistentes al choque de presión sufriendo sólo ligeras deformaciones. Este sistema es práctico en el diseño de pequeños recipientes.

- Separación o aislamiento de zonas o equipos para reducir las consecuencias de una explosión y evitar su propagación. Esta medida es equivalente a la sectorización o compartimentación para incendios. En el caso de polvos combustibles se utilizan con este fin válvulas rotativas y transportadores de tornillo helicoidal.

Otros dispositivos son las válvulas de acción rápida o tajaderas, que actúan con una compuerta accionada por un gas a presión, cuya descarga es activada por un sensor o detector de la explosión ocurrida en las cercanías de la válvula. El sensor detecta la onda de presión antes de que llegue el frente de llama y da tiempo a que actúe la válvula y evite la propagación de la explosión.

Un tercer dispositivo dentro de este grupo serán los filtros apagallamas ya que evitan el paso de la llama debido a la gran superficie metálica de retención que ofrecen, la cual provoca su enfriamiento y extinción antes de que pueda pasar al otro lado y provocar la propagación.

- Respiraderos o venteos de alivio de la explosión. Dispositivos calibrados de forma que abren o rom-

pen a una presión determinada, llamada "presión estática de activación", permitiendo que la explosión sea liberada en una dirección no peligrosa y que la presión alcanzada en el recinto protegido sea inferior a la presión de diseño. Entre las soluciones prácticas se encuentran: discos y diafragmas de ruptura, placas de explosión, puertas de explosión con o sin mecanismo de autocierre, tapas sujetas a una cadena, paneles que saltan o paramentos débiles.

- Supresores de explosiones que se basan en una extinción muy rápida, sin dar tiempo a que tenga lugar la combustión completa. De esta forma la presión alcanzada en el equipo protegido es muy inferior a la presión de diseño del mismo y no sufre daños mecánicos.

Entre las medidas de protección a tomar para minimizar las consecuencias de las reacciones exotérmicas se considerarán:

- Inundación con agua del reactor con el fin de lograr la necesaria refrigeración del proceso químico ante el posible descontrol total de la temperatura en una situación de emergencia. Evidentemente, tal medida sólo es aplicable cuando el agua no puede reaccionar peligrosamente con el producto y no son suficientes otros medios de control de la exotermicidad, tales como el cierre automático de la entrada de reactivos y la refrigeración mediante encamisado convencional.

- Sistemas de alivio de presiones, mediante discos de ruptura o incluso paramentos débiles, cuando de tales reacciones fuera de control se desprendan gases o vapores que puedan generar situaciones excepcionales de aumentos bruscos de presión.

En todo caso, los equipos de trabajo y los sistemas de protección empleados deberán cumplir los requisitos de seguridad y salud establecidos por la normativa que regule su concepción, fabricación y suministro.

Los equipos de trabajo deben adecuar sus prestaciones a los requerimientos de seguridad y salud específicos de los distintos ambientes de trabajo en que van a utilizarse (húmedo, corrosivo, etc.) o de los riesgos intrínsecos de las sustancias o preparados que van a contener, procesar o transformar (tóxicos, inflamables, etc.). Así, una máquina utilizada en un ambiente con riesgo de incendio o para procesar productos inflamables, en aplicación de los requisitos esenciales de seguridad y salud exigidos por el Real Decreto

1435/1992 en el apartado 1.5.6 de su Anexo I, *"estará diseñada y fabricada para evitar cualquier peligro de incendio o de sobrecalentamiento provocado por la máquina en sí o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias producidas o utilizadas por la máquina"*.

Asimismo para el control de riesgo de explosión el citado Real Decreto exige en el apartado 1.5.7 de su Anexo I:

*"La máquina deberá diseñarse y fabricarse a fin de evitar cualquier peligro de explosión provocada por la*

*misma máquina o por los gases, líquidos, polvos, vapores y demás sustancias que produzca o utilice la máquina.*

*Para ello, el fabricante tomará las medidas oportunas para:*

- evitar concentraciones peligrosas de los productos;
- impedir la inflamación de la atmósfera explosiva;
- limitar las consecuencias de la explosión, si ésta llega a producirse, con el fin de que no tenga efectos peligrosos para su entorno.

*Se adoptarán idénticas precauciones cuando el fabricante prevea que la máquina pueda utilizarse en una atmósfera explosiva.*

*El material eléctrico que forme parte de dichas máquinas, en lo que se refiere a los peligros de explosión, deberá ser conforme a las disposiciones específicas vigentes."*

Los citados equipos si se van a adquirir, o se han adquirido a partir de 1995, deben estar identificados con el marcado "CE" de conformidad, ir acompañados del correspondiente Manual de Instrucciones y de la declaración "CE" de conformidad con los requisitos esenciales de seguridad y

salud de acuerdo con lo establecido al respecto en el citado Real Decreto 1435/1992 así como en el Real Decreto 56/1995 que modifica al anterior.

Si los citados equipos no van identificados con el marcado "CE" ni acompañados del Manual de Instrucciones porque se adquirieron con anterioridad y estaban a fecha 27/8/97 a disposición de los trabajadores en la empresa, deben cumplir con los requisitos del Anexo I apartado 1 del Real Decreto 1215/1997. (Véase al respecto la correspondiente Guía Técnica del INSHT).

En cualquiera de las dos situaciones anteriores, el mantenimiento de los citados equipos se realizará teniendo en cuenta las instrucciones del fabricante o, en su defecto, las características de estos equipos, sus condiciones de utilización y cualquier otra circunstancia normal o excepcional que pueda influir en su deterioro o desajuste.

Para aparatos y sistemas de protección de uso exclusivo en atmósferas potencialmente explosivas el Real Decreto 400/1996, que entró en vigor el 1 de marzo de 1996 y será plenamente aplicable a partir del 30 de junio de 2003, fija los requisitos exigibles para los citados equipos.

#### 4. En el caso particular de la prevención de las explosiones, las medidas adoptadas deberán:

a) Tener en cuenta y ser compatibles con la clasificación en categorías de los grupos de aparatos que figura en el Anexo 1 del Real Decreto 400/1996, de 1 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

El Real Decreto 400/1996, que será plenamente aplicable a partir del 30 de junio de 2003, clasifica los aparatos en grupos, según su destino de utilización (grupo I en minas y grupo II en ambientes con atmósferas explosivas en general).

Para cada grupo diferencia unas categorías. En el caso del grupo I distingue dos categorías:

Los aparatos de categoría M1 deben permanecer operativos y asegurar el nivel de protección requerido aun en caso de avería infrecuente, mientras que los aparatos de categoría M2 asegurarán el nivel de protección requerido durante su funcionamiento normal, incluso en las condiciones de explotación más rigurosas, en particular las resultantes de una utilización intensa del aparato y de condiciones ambientales cambiantes.

En aparatos del grupo II distingue tres categorías, en función de la probabilidad de que se formen atmósferas explosivas en el lugar de uso de los mismos:

Los aparatos de categoría 1 están previstos para utilizarse en un medio ambiente en que se produzcan de forma constante, duradera o frecuente atmósferas explosivas debidas a mezclas de aire con gases, vapores, nieblas o mezclas polvo - aire.

Los aparatos de categoría 2 están destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión.

Los aparatos de categoría 3 están destinados a utilizarse en un ambiente en el que sea poco probable la formación de atmósferas explosivas debidas a gases, vapores, nieblas o polvo en suspensión y que, en caso de formarse, su presencia sea de corta duración.



b) 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.

A fin de tomar medidas en materia de protección de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, es conveniente que el empresario considere los preceptos contenidos en la Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, cuya transposición a la legislación de los Estados miembros deberá realizarse, a más tardar, el 30 de junio de 2003.

Entre las medidas de prevención y protección a tomar destacan:

El empresario deberá tomar medidas de carácter técnico y/u organizativo en función del tipo de actividad, siguiendo un orden de prioridades y conforme a los principios básicos siguientes:

- Impedir la formación de atmósferas explosivas controlando las concentraciones peligrosas de combustible en el ambiente, sea mediante la utili-

zación de instalaciones que permitan realizar las distintas operaciones en circuito cerrado, sea mediante extracción localizada de combustibles generados o desprendidos complementada con una ventilación general correcta, etc.

- Evitar la ignición de atmósferas explosivas, a través de la utilización de equipos e implantación de procedimientos de trabajo que aseguren un control exhaustivo de posibles focos de ignición de cualquier tipología que pudieran estar presentes o generarse en el ámbito de trabajo.

- Atenuar los efectos perjudiciales de una explosión, con medidas contra la propagación de sus efectos, de forma que se garantice la salud y seguridad de los trabajadores. Para ello se tomarán alguna o algunas de las medidas expuestas en el párrafo c) del apartado 3 de este artículo para minimizar las consecuencias de las explosiones.

## Artículo 6. Vigilancia de la salud.

1. Cuando la evaluación de riesgos ponga de manifiesto la existencia de un riesgo para la salud de los trabajadores, el empresario deberá llevar a cabo una vigilancia de la salud de dichos trabajadores, de conformidad con lo dispuesto en el presente artículo y en el artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de proceder a la vigilancia de la salud de los trabajadores, teniendo en cuenta los criterios establecidos en los apartados 3 y 4 del artículo 3 del presente Real Decreto.

En virtud del Acuerdo de Diálogo Social sobre vigilancia de la salud, los objetivos y métodos de la misma deberían ser explicados de forma suficiente y comprensible a los trabajadores.

Las características de la vigilancia de la salud derivadas de la aplicación del artículo 22 de la LPRL y del apartado 3 del artículo 37 del RSP son las siguientes:

**Garantizada** por el empresario restringiendo el alcance de la misma a los riesgos inherentes al trabajo.

**Específica** en función del o de los riesgos identificados en la evaluación de riesgos.

**Voluntaria** para el trabajador salvo que concurra alguna de las siguientes circunstancias:

La existencia de una disposición legal con relación a la protección de riesgos específicos y actividades de especial peligrosidad.

Que los reconocimientos sean indispensables para evaluar los efectos de las condiciones de trabajo sobre la salud de los trabajadores.

Que el estado de salud del trabajador pueda constituir un peligro para él mismo o para terceros.

**Confidencial** dado que el acceso a la información médica derivada de la vigilancia de la salud de cada trabajador se restringirá al propio trabajador, a los servicios médicos responsables de su salud y a la autoridad sanitaria.

**Prolongada en el tiempo**, cuando sea pertinente, más allá de la finalización de la relación labo-

ral, ocupándose el Sistema Nacional de Salud de los reconocimientos post-ocupacionales.

**Contenido ajustado** a las características definidas en la normativa aplicable. Para los riesgos que no hayan sido objeto de reglamentación específica, la LPRL no especifica ni define las medidas o instrumentos de vigilancia de la salud, pero sí establece una preferencia por aquellas que causen las menores molestias al trabajador, encomendando a la Administración Sanitaria el establecimiento de las pautas y protocolos de actuación en esta materia. Este encargo se concreta en el Reglamento de los Servicios de Prevención que encomienda al Ministerio de Sanidad y Consumo y a las Comunidades Autónomas el establecimiento de la periodicidad y contenido de la vigilancia de la salud específica.

El contenido de dichos reconocimientos incluirá como mínimo una historia clínico-laboral, donde además de los datos de anamnesis, exploración física, control biológico y exámenes complementarios, se hará constar una descripción detallada del puesto de trabajo, del tiempo de permanencia en el mismo, de los riesgos detectados y de las medidas de prevención adoptadas.

**Periódica** en las siguientes ocasiones:

Reconocimiento inicial, después de la incorporación al trabajo o después de la asignación de tareas específicas con nuevos riesgos para la salud.

Reconocimiento periódico específico, por trabajar con determinados productos o en determinadas condiciones reguladas por una legislación específica que así lo exija o según riesgos determi-

nados por la evaluación de riesgos. La periodicidad no tiene por qué ajustarse a intervalos regulares; va a depender, naturalmente, de la historia natural de la enfermedad y de las condiciones de exposición.

Reconocimiento después de una ausencia prolongada por motivos de salud.

**Documentada** con los resultados de los controles del estado de salud de los trabajadores, así como las conclusiones de los mismos teniendo la obligación el empresario de mantener un registro de los historiales médicos individuales y de conservar el mismo un plazo mínimo de 10 años después de finalizada la exposición, salvo normativa específica más restrictiva.

**Gratuita**, puesto que el coste económico de cualquier medida relativa a la seguridad y salud en el trabajo, y por tanto el derivado de la vigilancia de la salud, no deberá recaer sobre el trabajador (apartado 5 del artículo 14 de la LPRL). Una consecuencia de lo anterior es la realización de los reconocimientos médicos dentro de la jornada laboral o el descuento del tiempo invertido en la misma.

**Incluirá la protección de los trabajadores especialmente sensibles** como consecuencia de que el empresario debe garantizar la protección de todos aquellos trabajadores que puedan verse afectados de forma singular por algún riesgo identificado en el puesto de trabajo. Aunque objeto de una regulación particular, se ha de incluir dentro del grupo de trabajadores especialmente sensibles a los menores (característica personal) y la maternidad (estado biológico).

2. La vigilancia de la salud se considerará adecuada cuando se cumplan todas las condiciones siguientes:

- a) La exposición del trabajador al agente químico peligroso pueda relacionarse con una determinada enfermedad o efecto adverso para la salud.
- b) Exista la probabilidad de que esa enfermedad o efecto adverso se produzca en las condiciones de trabajo concretas en las que el trabajador desarrolle su actividad.
- c) Existan técnicas de investigación válidas para detectar síntomas de dicha enfermedad o efectos adversos para la salud, cuya utilización entrañe escaso riesgo para el trabajador.

La característica de "adecuada" se establece en este Real Decreto a través de tres condiciones:

- Existen pruebas de una asociación causal entre exposición al agente químico identificado y un daño a la salud, es decir, de su toxicidad

intrínseca o de su capacidad inherente de producir dicho daño.

- Existe la posibilidad de que el agente químico interactúe con el organismo y que el daño para la salud se actualice debido a las circunstancias concretas de exposición.

- Existen métodos y exploraciones complementarias contrastadas que permitan detectar el efecto o daño en cuestión y no suponen un riesgo apreciable para el trabajador.

Por ejemplo, la vigilancia de la salud se considerará una herramienta válida para la prevención del asma en los trabajadores de la sección de espumas de poliuretano de una fábrica de asientos para automóviles en la que se maneja como monómero el toluendiisocianato (TDI):

- Ya que existe evidencia científica de la relación entre la exposición a TDI y la aparición de sensibilizaciones respiratorias (asma)

- La evaluación de riesgos ha puesto de manifiesto que existe exposición por vía respiratoria al TDI.

- Las pruebas funcionales respiratorias son exploraciones complementarias contrastadas que permiten detectar el efecto en el aparato respiratorio.

Las condiciones establecidas en este apartado pueden ser también utilizadas para analizar la adecuación de la vigilancia de la salud prevista o planificada en relación con la exposición a un determinado agente. Así, por ejemplo, no sería adecuada una vigilancia de la salud:

- Que no se centre específicamente en la detección precoz de las enfermedades o efectos para la salud relacionados con los agentes químicos a que esté expuesto el trabajador, o

- Cuya necesidad, pautas o periodicidad no se hayan establecido teniendo en cuenta las características de la exposición (intensidad, duración y frecuencia) y la naturaleza y periodo de latencia del efecto, o que

- Que se base en pruebas de validez cuestionable, incluya pruebas cuya utilidad preventiva no compense el riesgo que suponen para el trabajador o, en definitiva, no se base en métodos de cribaje y diagnóstico pre-clínico acordes con el conocimiento médico - científico del momento.

En resumen, la vigilancia de la salud será recomendable cuando a la existencia de la evidencia científica de una relación exposición - efecto y a la existencia de métodos de exploración efectivos, se le sume la posibilidad de producción del daño en las condiciones concretas de exposición. Se entiende además que la intención de la norma es que estas técnicas de exploración deberían ser instrumentos capaces de detectar de forma precoz y con fiabilidad los efectos de la exposición, conservando su carácter de inocuas y socialmente aceptables por la población a la que van dirigidas.

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 del trabajador debido a que:

a) No pueda garantizarse que la exposición del trabajador a dicho agente está suficientemente controlada.

Partiendo de este supuesto, algunos casos en los que la vigilancia de la salud será un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico peligroso serán los siguientes:

- Cuando no esté garantizada la efectividad de las medidas preventivas.

- Cuando la exposición por vía dérmica (o por

otras vías, además de la inhalatoria) pueda ser importante.

- Cuando la exposición sea muy irregular (y, en consecuencia, de difícil control), dada la naturaleza de las actividades o procesos por la variabilidad de la magnitud de la exposición o de los agentes químicos involucrados (operaciones de mantenimiento, producción a demanda, etc.).

b) El trabajador, 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.

La especial sensibilidad de un trabajador a un agente químico vendrá dada por la particular

incidencia que este agente tenga sobre el mismo, singularmente considerado, y no por la conside-

ración objetiva del riesgo. Por ello se deberían determinar cuáles son las circunstancias personales que pueden convertir a un trabajador (de forma permanente o temporal) en especialmente sensible a un agente químico y todo ello con la finalidad de establecer una protección singularizada. Naturalmente, entre esas circunstan-

cias personales se deberán tener en cuenta aquellas que la Ley de Prevención de Riesgos Laborales nombra explícitamente, como son los menores, las mujeres embarazadas, las mujeres que han dado a luz recientemente o están en periodo de lactancia y los/las trabajadores/as en época fértil.

Siempre que se cumplan las condiciones indicadas en el apartado 2 de este artículo, 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 de este Real Decreto.

En este caso, la vigilancia de la salud de los trabajadores expuestos a plomo y sus derivados iónicos será un requisito obligatorio para los trabajadores cuando se superen los 0,075 mg/m<sup>3</sup> de plomo en

aire, calculados de forma ponderada con respecto al tiempo para un periodo de referencia de 40 horas semanales o cuando el plomo en sangre de determinados trabajadores supere los 40 µg Pb/100 ml.

4. Cuando, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado anterior, la vigilancia de la salud sea un requisito obligatorio para trabajar con un agente químico, deberá informarse al trabajador de este requisito, antes de que le sea asignada la tarea que entrañe riesgos de exposición al agente químico en cuestión.

El contenido de este apartado se tendrá en cuenta cuando se proceda a facilitar la información pre-

via que debe recibir todo trabajador relativa a su puesto de trabajo antes de ser adscrito al mismo.

5. Los procedimientos utilizados para realizar la vigilancia de la salud se ajustarán a los protocolos señalados en el párrafo c) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención. Por su parte, estos protocolos, cuando se refieran a alguno de los agentes indicados en el anexo II del presente Real Decreto, deberán incluir los requisitos establecidos en dicho Anexo.

Inicialmente, han sido informados favorablemente, por el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud, quince protocolos de vigilancia médica elaborados por el grupo de trabajo de salud laboral de la Comisión de Salud Pública del citado Consejo, de los cuales seis pueden aplicarse a la exposición a agentes químicos: cuatro son agente - específicos (plomo, amianto, plaguicidas y cloruro de vinilo) y dos efecto - específicos (asma y alveolitis alérgica extrínseca). Esta información, así como el estado de otros protocolos, puede actualizarse consultando la página web del Ministerio de Sanidad y Consumo:

Generalidades: [http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot\\_especificos.htm](http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot_especificos.htm)

Protocolos aprobados: [http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot\\_aprobados.htm](http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot_aprobados.htm)

Protocolos en elaboración: [http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot\\_elaboracion.htm](http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot_elaboracion.htm)

En el caso de no existir protocolo de vigilancia médica aprobado por el Ministerio de Sanidad y Consumo, y en aplicación del artículo 5 apartado 3 y el artículo 37 apartado 3c del Reglamento de los Servicios de Prevención, se debería recurrir por orden de preferencia a Guías de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas, de entidades de reconocido prestigio en la materia, o a la elaboración del protocolo por el servicio responsable de la vigilancia de la salud, en función de la evaluación de riesgos y de los efectos del agente químico en cuestión. En este último caso, deberán describirse documentalmente los métodos y criterios utilizados.

El control biológico forma parte de la vigilancia de la salud y se incluirá en el protocolo de vigi-

lancia médica siempre que así lo disponga la normativa aplicable (como por ejemplo, en los trabajadores expuestos a plomo y sus derivados iónicos). En los otros casos, la idoneidad del mismo dependerá de la existencia de un indicador biológico y de los factores de variabilidad ligados a la

naturaleza de la muestra, a su recogida y conservación, al método analítico y a las condiciones de exposición, entre otros. En principio, se deben utilizar los valores límites biológicos (VLB) recogidos en los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España del INSHT.

6. La documentación sobre la evaluación de los riesgos por exposición a agentes químicos peligrosos y la vigilancia de la salud de los trabajadores frente a dichos riesgos deberá ajustarse a lo establecido en el artículo 23 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en el artículo 7 y en el párrafo c) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

La documentación del proceso de vigilancia de la salud es de vital importancia para la identificación de los riesgos, la planificación de las intervenciones, el establecimiento de prioridades y la evaluación de la efectividad de las medidas preventivas. Dicha documentación debería comprender no sólo los historiales individuales sino también los informes colectivos derivados de los estudios epidemiológicos citados en los epígrafes d) y f) del apartado 3 del artículo 37.

Según el epígrafe c) del apartado 3 del artículo 37 del Real Decreto 39/1997, los historiales individuales deberán contener como mínimo:

- El historial clínico del trabajador con los datos de la anamnesis.
- La descripción del puesto de trabajo actual incluyendo el tiempo de permanencia, el resultado de la evaluación de los riesgos detectados y las medidas de prevención y protección adoptadas.
- La descripción de los puestos de trabajo anteriores, tanto en la empresa en cuestión como en otras empresas en los términos del punto anterior, siempre y cuando se disponga de ellos.
- Datos de la exploración física y del control biológico, si procede.
- Exploraciones complementarias en función de los riesgos inherentes al trabajo.

La documentación reglamentaria según la LPRL y el RSP consiste en:

- Documentación sobre la práctica de los controles del estado de salud de los trabajadores y conclusiones obtenidas de los mismos en relación con la aptitud del trabajador para el desempeño del puesto de trabajo o con la necesidad de introducir o mejorar las medidas de protección y prevención pertinentes (epígrafe d) del apartado 1 del artículo 23 de la LPRL).

- Relación de los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales que hayan causado al trabajador una incapacidad laboral superior a un día de trabajo (epígrafe e) del apartado 1 del artículo 23 de la LPRL).

- Memoria y programación anual de la actividad sanitaria del servicio de prevención (apartado 5 del artículo 15 del RSP).

- En el caso de no disponer de protocolos de vigilancia médica específica aprobados por el Ministerio de Sanidad y Consumo, se deberán dar las referencias de los criterios y procedimientos utilizados (apartado d) del artículo 7 del RSP).

- Documentación requerida en la normativa específica (por ejemplo, amianto o cancerígenos, entre otros).

Adicionalmente a lo detallado en el apartado anterior, sería una norma de buena práctica que ayudaría a mejorar la gestión de la vigilancia de la salud el disponer de los siguientes registros documentales:

- Consentimiento informado de los trabajadores, en caso de que la vigilancia de la salud sea voluntaria.
- Listado de agentes químicos para los que la vigilancia de la salud es un requisito obligatorio para trabajar con ellos y motivo de tal obligatoriedad.
- Comunicación al trabajador de la obligatoriedad de la vigilancia de la salud.
- Listado de puestos de trabajo con riesgo para mujeres embarazadas, que han dado a luz recientemente o en periodo de lactancia.
- A nivel colectivo, se deberían documentar los estudios de las ausencias por enfermedad y el tratamiento epidemiológico de los resultados del seguimiento de salud de los trabajadores, incluyendo los informes colectivos de control biológico.

Sin perjuicio de lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, los trabajadores tendrán acceso, previa solicitud, a la parte de esta documentación que les afecte personalmente.

En este apartado se reconoce el derecho de acceso del trabajador a aquella documentación generada por la vigilancia de la salud que le afecte personalmente, sin perjuicio del derecho expresado en el apartado 3 del artículo 22 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales de recibir la oportuna comunicación acerca de los resultados de la vigilancia y control de su salud, que se trasladarán por escrito a los trabajadores de forma suficiente y comprensible.

Este derecho de acceso del trabajador a los datos de carácter personal del sistema de vigilan-

cia de la salud está regulado por el artículo 15 de la Ley 15/1999 de protección de datos de carácter personal, estableciéndose la forma de obtención de la información, bien mediante la mera consulta de los datos por medio de su visualización, bien por la indicación de los datos que son objeto de tratamiento mediante escrito, copia, telecopia o fotocopia.

Sería conveniente, aunque en este apartado no se precisa la forma de dicha solicitud, que el ejercicio de este derecho se realizara por escrito, quedando constancia de la misma en el historial individual.

7. En los casos en los que la vigilancia de la salud muestre que:

- a) Un trabajador padece una enfermedad identificable o unos efectos nocivos que, en opinión del médico responsable, son consecuencia de una exposición a un agente químico peligroso, o
- b) Se supera un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II.

El médico responsable u otro personal sanitario competente informará personalmente al trabajador del resultado de dicha vigilancia. Esta información incluirá, cuando proceda, los consejos relativos a la vigilancia de la salud a la que el trabajador deberá someterse al finalizar la exposición, teniendo en cuenta, a este respecto, lo dispuesto en el párrafo e) del apartado 3 del artículo 37 del Reglamento de los Servicios de Prevención.

La detección de alguna enfermedad o efecto nocivo sobre la salud de un trabajador sometido a vigilancia médica, que pueda atribuirse a la exposición a un agente químico, obliga al personal sanitario responsable de dicha vigilancia a informar personalmente al trabajador de dicho resultado anómalo.

En virtud del Acuerdo de Diálogo Social sobre vigilancia de la salud, en el caso de que los resultados de las pruebas realizadas pongan en evidencia algún compromiso para la salud, el trabajador será informado verbalmente, además de por escrito, del alcance de dichas alteraciones así como de la necesidad de una confirmación diag-

nóstica y de las medidas médicas a seguir y preventivas a adoptar en el puesto de trabajo.

En los casos en que la naturaleza de los riesgos inherentes al trabajo lo hagan necesario, en principio cuando el efecto adverso pueda manifestarse una vez cesada la exposición, se deberá informar al trabajador acerca de las medidas a adoptar, como puede ser la necesidad de una vigilancia médica periódica más allá de la finalización de la relación laboral. Sería conveniente informar al afectado de cuál es el significado de dichas alteraciones y cuáles son las actuaciones que se emprenderán para corregir dicha situación.

8. En los casos indicados en los párrafos a) y b) del apartado anterior, el empresario deberá:

- a) Revisar la evaluación de los riesgos a que se refiere el artículo 3.
- b) Revisar las medidas previstas para eliminar o reducir los riesgos con arreglo a lo dispuesto en los artículos 4 y 5.

La detección de alguna enfermedad o efecto nocivo sobre la salud de un trabajador expuesto a agentes químicos peligrosos o la superación de un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II debe suponer una investigación y actua-

lización de la última evaluación de riesgos a la luz de dichos hallazgos y la revisión y control de la efectividad de las medidas de prevención adoptadas que se han mostrado, en principio, insuficientes.

c) 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 a lo dispuesto en el artículo 5, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de una nueva exposición.

Cuando el estado de salud del trabajador o la superación de los índices biológicos de exposición hagan necesaria la adopción de medidas específicas de prevención y protección en su puesto de trabajo, tales medidas se adoptarán teniendo en cuenta las recomendaciones del médico responsa-

ble del sistema de vigilancia de la salud, quien propondrá las alternativas que mejor se adapten a las capacidades del trabajador en cuestión, incluida la posibilidad de asignar al trabajador otro trabajo donde no exista riesgo de una nueva exposición.

d) Disponer que se mantenga la vigilancia de la salud de los trabajadores afectados y que se proceda al examen de la salud de los demás trabajadores que hayan sufrido una exposición similar, teniendo en cuenta las propuestas que haga el médico responsable en esta materia.

Al necesario mantenimiento de la vigilancia de la salud de los trabajadores afectados, en este apartado se añade un nuevo examen de salud que se aplicará al resto de trabajadores sometidos a una exposición similar y que deberá llevarse a cabo cuando se hayan detectado daños para la salud relacionados con la exposición o superado un valor límite biológico de los indicados en el Anexo II.

La decisión de la realización de dichos exámenes de salud se hará teniendo en cuenta la propuesta del médico responsable, quien basará su propuesta en el conocimiento de los factores determinantes de la aparición de estas alteraciones y en la posibilidad de que éstas sean un reflejo de factores de tipo individual o de unas medidas de prevención insuficientes.

#### **Artículo 7. Medidas a adoptar frente a accidentes, incidentes y emergencias.**

1. El presente artículo será aplicable cuando la evaluación de los riesgos ponga de manifiesto la necesidad de tomar las medidas frente a accidentes, incidentes y emergencias contempladas en el mismo, teniendo en cuenta los criterios establecidos en el apartado 3 del artículo 3 de este Real Decreto y en los artículos 20 y 21 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en su artículo 20 exige: *"El empresario, teniendo en cuenta el tamaño y la actividad de la empresa [cada empresa debe ajustar las medidas de emergencia a tomar a sus necesidades concretas], así como la posible presencia de personas ajenas a la misma [las obligaciones empresariales en materia de planificación de emergencias debe hacerse extensiva no sólo a sus trabajadores sino también a terceras personas que pue-*

*dan encontrarse en la empresa], deberá analizar las posibles situaciones de emergencia [identificar, localizar y evaluar tales situaciones] y adoptar las medidas necesarias en materias de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas [organización de los recursos humanos para la optimización de los medios de protección instalados] y compro-*

*bando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento [necesidad de programar simulacros periódicos para comprobar el correcto funcionamiento de las medidas adoptadas, tanto en lo que respecta al buen estado del material, como al desempeño de las funciones de emergencia encomendadas a los trabajadores designados para formar parte de los equipos de intervención]. El citado personal deberá poseer la formación necesaria [teórico - práctica, es decir, formación y entrenamiento en el uso de los medios], ser suficiente en número y disponer del material adecuado [de control de la emergencia y, en su caso, de*

*autosalvamento], en función de las circunstancias antes señaladas.*

*Para la aplicación de las medidas adoptadas, el empresario deberá organizar las relaciones que sean necesarias con servicios externos a la empresa, en particular en materia de primeros auxilios, asistencia médica de urgencia, salvamento y lucha contra incendios, de forma que quede garantizada la rapidez y eficacia de las mismas. [El concierto de este tipo de servicios externos para situaciones de emergencia es ya práctica común en empresas y actividades de alto riesgo o muy reglamentadas como industrias químicas afectas por el Real Decreto 1254/1999, centrales nucleares, etc.]".*

2. Con objeto de proteger la seguridad y salud de los trabajadores frente a los accidentes, incidentes y emergencias que puedan derivarse de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, el empresario deberá planificar las actividades a desarrollar en 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.

El empresario debe haber previsto, ante una situación de las consideradas, "qué se debe hacer", "quiénes deben actuar", "cómo deben actuar" y "con qué medios", evitando que ante la aparición de alguna de tales situaciones se deba recurrir a la improvisación.

En el caso de establecimientos a los que les sea de aplicación el Real Decreto 1254/1999 por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, el contenido de su plan de autoprotección, denominado "plan de emergencia interior", se ajustará a lo especificado en la Directriz Básica para la elaboración y homologación de planes especiales en el sector químico (Resolución del Ministerio del Interior de 30 de enero de 1991), la cual, en cumplimiento de la disposición final primera del Real Decreto 1254/1999, deberá ser modificada a fin de adaptarse a los requisitos del mismo.

Asimismo, en los supuestos en que sean aplicables las ITC MIE-APQ del Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, los respectivos planes de emergencia se adecuarán a los requisitos que en las mismas se exigen.

Otras actividades en las que previsiblemente será aplicable el Real Decreto 374/2001 pueden también disponer de legislación específica que les obligue a disponer de un plan de emergencia y fije su estructura y contenido mínimo. Es el caso, por ejemplo, de los establecimientos

sanitarios a los que una Orden de 24 de octubre de 1979 obliga a elaborar y poner en práctica un plan de emergencia.

El Real Decreto 786/2001 en su Disposición final primera (Desarrollo normativo) hace mención a que en cumplimiento de lo previsto en el artículo 5 de la Ley 2/1985 de Protección Civil, el Ministerio de Ciencia y Tecnología, de acuerdo con el Ministerio del Interior, determinará el catálogo de actividades industriales y de los centros, establecimientos y dependencias en que aquellos se realicen, que deberán disponer de un sistema de autoprotección dotado de sus propios recursos y del correspondiente plan de emergencia para acciones de prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro. Todo ello con independencia de lo dispuesto en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y en el Real Decreto 1254/1999 por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas, así como las disposiciones que modifiquen o complementen las normativas citadas.

Cabe recordar, por último, que el marco normativo de ámbito nacional que fija la obligatoriedad de elaborar e implantar planes de emergencia se complementa o desarrolla en algunos casos con disposiciones promulgadas en el ámbito de las Administraciones Autonómicas o Locales.



Estas medidas comprenderán:

a) 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 los trabajadores y los primeros auxilios.

A partir de la evaluación se deberá inventariar el conjunto de medios necesarios y precisos para el control de las consecuencias estimadas en caso de materialización de la situación de riesgo. Habrá que distinguir entre recursos técnicos o materiales y recursos humanos necesarios para la optimización de uso de la infraestructura de los recursos materiales. (Ver, al respecto, el comentario realizado en esta Guía al párrafo c) del apartado 3 del artículo 5).

Los medios instalados serán acordes con los distintos tipos de riesgo identificados (tales como incendios, explosiones, fugas y derrames) y con la magnitud esperada de las consecuencias en caso de materialización. Por ejemplo: un pequeño vertido precisará de medios para su absorción o neutralización, mientras que un derrame masivo del mismo agente precisará de cubetos de retención y recipientes de reserva para su trasvase; un fuego en fase de conato requerirá la utilización de un extintor de eficacia adecuada, mientras que un incendio desarrollado del mismo agente puede

precisar de monitores y cañones para la propulsión del agente extintor.

Se deberá disponer de vías y salidas de evacuación suficientes en número, correctamente dimensionadas y distribuidas a fin de garantizar una evacuación rápida y segura en caso de que la situación así lo exija.

El mínimo legalmente exigible con relación al equipo, material e instalaciones de primeros auxilios se consigna en el Real Decreto 486/1997 sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo incluidos en el ámbito de la citada normativa. La normativa aplicable no especifica cuánto personal con formación sobre primeros auxilios (socorristas) se necesitan. A modo de guía se podría aconsejar un mínimo de un socorrista por cada 50 trabajadores, aumentando el número en función de la configuración de la empresa, dispersión de los trabajadores en la misma, tipo de trabajo, horario, vacaciones, ausencias por enfermedad y distancia (en tiempo real) de los servicios externos.

b) La formación de los trabajadores que deban realizar o participar en dichas actividades, incluyendo la práctica de ejercicios de seguridad a intervalos regulares.

Como se ha dicho, para optimizar el uso de los medios implantados se deberán organizar los equipos de intervención necesarios (de lucha contra el fuego, de primeros auxilios, de alarma y evacuación, etc.) para actuar ante tales situaciones. Estos equipos dispondrán de la formación y entrenamiento adecuados para garantizar la eficacia de sus actuaciones, que dependerá en gran medida de que los citados equipos de intervención estén familiarizados y entrenados en el uso de los medios puestos a su disposición. El programa de formación ha de ser continuado y ajustado a las necesidades de la empresa, en particular al tipo de trabajo y a los riesgos.

Los equipos de primeros auxilios deberían estar organizados y preparados de forma que

sean capaces de atender con rapidez y eficacia al trabajador o los trabajadores víctimas de un accidente manteniéndolos en las condiciones más favorables hasta que puedan ser atendidos por personal sanitario competente. El programa de formación continuada en primeros auxilios, además de ajustarse a las características propias de la empresa y de sus trabajadores, debería incluir un sistema de actualización periódica.

Se deben programar periódicamente actividades encaminadas a verificar el correcto funcionamiento de los medios previstos y la eficacia de las actuaciones de los equipos designados para utilizarlos, así como la correcta sincronización entre ellos. Se recomienda que como mínimo una vez al año se realicen simulacros de actuaciones frente a emergencias.

c) 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.

Ante la previsión de que las dimensiones del siniestro hagan necesaria la actuación de medios externos a la empresa, se deben organizar las relaciones y establecer los cauces de comunicación que garanticen la rapidez y eficacia de las mismas, como servicios de ambulancia, urgencia, salvamento, centros especializados e incluso protección civil y bomberos.

En el caso de aquellas empresas a las que les sea aplicable el Real Decreto 1254/1999, la Direc-

triz Básica del Riesgo Químico define la Interfase entre el Plan de Emergencia Interior de la empresa y el Plan de Emergencia Exterior (ayudas externas) como: *"el conjunto de procedimientos y medios comunes entre ambos planes, así como los criterios y canales de notificación entre la instalación industrial y la Dirección del Plan de Emergencia Exterior, todo ello reglado y definido expresamente en ambos planes"; así como el protocolo de la notificación de la emergencia.*

d) La puesta a disposición de información sobre las medidas de emergencia relativas a agentes químicos peligrosos, accesible a los servicios internos y externos, incluyendo:

1º) 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.

2º) Toda 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 con arreglo a lo dispuesto en el presente artículo.

Como se ha dicho, ante la aparición de una situación de emergencia se intentará evitar toda improvisación y, para ello, el conjunto de medidas de prevención - protección previstas e implantadas, así como la secuencia de actuaciones a realizar ante la aparición de un siniestro, deben estar normalizadas por escrito y ser conocidas por todas aquellas personas que puedan verse afectadas y por todos aquellos equipos cuya intervención esté prevista, sean de la propia empresa o ajenos a la misma.

En lo referente a primeros auxilios sería conveniente la elaboración y actualización periódica de un manual, específico para la empresa y de tenencia obligada por parte de los socorristas y de los responsables de la asistencia especializada, y que, en versión resumida, podría entregarse a todos los trabajadores con el fin de informarles sobre cuáles son los procedimientos de alerta y actitud correcta si presencian un accidente.

e) 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.

Conviene establecer cauces ágiles de notificación de la situación a los distintos equipos internos de intervención así como, en su caso, a los servicios externos de ayuda a fin de garantizar su rápida respuesta; y a todo el personal ocupante de la dependencia, sea propio o ajeno a la empresa, para, si el Jefe de Emergencia así lo decide, proceder a una rápida y segura evacuación total o parcial de la ins-

talación. Tal notificación requerirá una instalación de alarma (preferiblemente megafonía) y todos los ocupantes estarán informados y familiarizados con los distintos códigos a emplear. A tal efecto, se recuerda que el Real Decreto 485/1997, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, establece que "el sonido de una señal de evacuación deberá ser continuo".

3. En el caso de que, efectivamente, se produzca un accidente, incidente o emergencia de los considerados en este artículo, el empresario tomará inmediatamente las medidas necesarias para paliar sus consecuencias e informar de ello a los trabajadores afectados.

La eficacia de las medidas encaminadas a paliar las consecuencias derivadas de la aparición de una situación de emergencia dependen en gran medida de una pronta detección de la

misma y una inmediata y fiable comunicación del suceso a los equipos de intervención, a fin de que puedan ser controlado en una fase de desarrollo incipiente.

4. Con el fin de restablecer la normalidad:

- a) El empresario aplicará las medidas adecuadas para remediar la situación lo antes posible.
- b) Únicamente se permitirá trabajar en la zona afectada a los trabajadores que sean imprescindibles para la realización de las reparaciones y los trabajos necesarios.
- c) Se proporcionará a los trabajadores autorizados 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.
- d) No se autorizará a permanecer en la zona afectada a personas sin protección.

El Real Decreto 486/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, en su Anexo I, establece: *"Deberán tomarse las medidas adecuadas para la protección de los trabajadores autorizados a acceder a las zonas de los lugares de trabajo donde la seguridad de los trabajadores pueda verse afectada por riesgos de contacto o exposición a elementos agresivos. Asimismo, deberá disponerse, en la medida de lo posible, de un sistema que impida que los trabajadores no autorizados puedan acceder a dichas zonas"*.

Dado que en estas operaciones encaminadas a restablecer la normalidad es muy probable que los trabajadores puedan verse expuestos a situaciones de riesgo grave, o de riesgo desconocido, sólo podrán realizarse dichas operación previa obtención de la correspondiente autorización de trabajo, con el objeto de garantizar que los trabajos se realizan bajo condiciones previstas y controladas. En la autorización se especificará el trabajo a realizar, definiendo las responsabilidades de las personas implicadas.

Su contenido debería como mínimo contemplar:

- fecha, período y turno de validez. La validez no debería exceder de un turno de trabajo
- tarea para la que se extiende, localizando el punto de trabajo
- descripción del trabajo a realizar
- relación de riesgos previsibles
- comprobación de la adecuación de la instalación y equipos (de trabajo y de protección) a los riesgos previsibles
- procedimientos de trabajo a seguir: antes, durante y después de la tarea (recomendable check-list de verificaciones y actuaciones)
- relación nominativa de personas autorizadas
- firma de personas autorizantes y autorizadas.

La zona afectada debería estar señalizada y, en su caso, delimitada mediante el correspondiente balizamiento a fin de impedir la presencia de trabajadores no autorizados.

## Artículo 8. Prohibiciones.

1. Con objeto de evitar la exposición de los trabajadores 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 acti-

vidades con agentes químicos que se indican en el anexo III de este Real Decreto. 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.

Las sustancias del Anexo III, en los mismos términos y concentraciones excepcionadas, se hallaban ya prohibidas en España por el Real Decreto 88/1990 de 26 de enero, sobre protección de los trabajadores mediante la prohibición de determi-

nados agentes específicos o determinadas actividades, derogado por este Real Decreto. El contenido y términos de la prohibición, excepciones y obligaciones del empresario son exactamente los mismos que los reproducidos en el presente Real Decreto.

2. Se exceptúan del cumplimiento de lo dispuesto en el apartado anterior:

a) Las actividades de investigación y experimentación científica, incluidas las de análisis.

En este caso se tolera el uso de tales sustancias para experimentos de laboratorio y clínicos en los que habitualmente se emplean en

pequeñas cantidades y en condiciones de trabajo en las que las exposiciones son reducidas.

b) Las actividades que tengan por objeto la eliminación de los agentes químicos presentes en forma de subproductos o productos residuales.

La presencia de estas sustancias en los residuos o subproductos puede ser inevitable, especialmente si ha habido un uso anterior de la sustancia o bien se ha empleado con los fines comentados en el punto anterior. Su presencia exigirá una ade-

cuada gestión como residuo, aplicando los principios básicos de prevención y medidas específicas de prevención y protección, teniendo en cuenta además la legislación específica sobre residuos que le sea de aplicación.

c) Las actividades en las que los agentes químicos a los que se refiere el apartado 1 se usen como productos intermedios y la producción de esos agentes para dicho uso.

En este caso se extremarán las precauciones, tanto en el procedimiento de obtención como

durante su utilización, atendiéndose estrictamente a lo establecido en el apartado 3 del artículo 8.

3. En los casos exceptuados en el apartado anterior, el empresario deberá:

a) Tomar las precauciones apropiadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores afectados, evitando la exposición de éstos a los agentes químicos a que se refiere el apartado 1.

En los casos exceptuados de la prohibición del uso de estas sustancias, debe considerarse que, tal como se indica en el artículo 1, apartado 2 del presente Real Decreto, a la actividad realizada le serán de aplicación 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, ya que las sustancias prohibidas están clasificadas como cancerígenas; de categoría 2 el 4-nitrodifenilo, y de categoría 1 las otras tres.

b) Adoptar, además, en las actividades señaladas en la última letra del apartado anterior, las medidas necesarias que aseguren la más rápida producción y utilización de dichos agentes, en tanto que productos intermedios, siempre en un sistema cerrado único y extraídos solamente en la cantidad mínima necesaria para el control del proceso o para el mantenimiento del sistema.

Es de destacar que las medidas citadas en este apartado no sustituyen a las citadas en el apartado anterior, sino que las complementan en el supuesto de la producción o utilización de estos agentes como productos intermedios. En estos casos, estos productos intermedios se deberán utilizar en un sistema cerrado y estanco, preferentemente a presión negativa, procurando que el pro-

ceso productivo no requiera la presencia prolongada o el almacenamiento de los mismos. Su toma de muestras para el control del proceso o para el mantenimiento del sistema se realizará en condiciones que garanticen la extracción de la menor cantidad posible del producto, utilizando equipos y procedimientos de toma de muestras que eviten su dispersión al ambiente de trabajo.

c) 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 este apartado y, en particular:

1º) El motivo por el que se solicita la excepción.

2º) Las cantidades utilizadas anualmente.

3º) Las actividades y reacciones o procesos implicados.

4º) El número de trabajadores que puedan estar sujetos a exposición.

5º) Las precauciones adoptadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores y, en particular, las medidas técnicas y organizativas tomadas para evitar la exposición.

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 cuando considere que las precauciones adoptadas por el empresario no garantizan un grado suficiente de protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

## **Artículo 9. Información y formación de los trabajadores.**

1. De conformidad con los artículos 18 y 19 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, el empresario deberá garantizar que los trabajadores y los representantes de los trabajadores reciban una formación e información adecuadas sobre los riesgos derivados de la presencia de agentes químicos peligrosos en el lugar de trabajo, así como sobre las medidas de prevención y protección que hayan de adoptarse en aplicación del presente Real Decreto.

El artículo 18 de la Ley, referente a información, consulta y participación de los trabajadores, establece la obligación del empresario de informar a los trabajadores de los riesgos existentes en toda su extensión, de las medidas y actividades de prevención y protección aplicables a aquéllos y de las medidas de emergencia. Esta información podrá cursarse, en su

caso, a través de los representantes legales, aunque deberá ser directa al trabajador en lo que se refiere a los riesgos de su propio puesto de trabajo y las medidas de prevención y protección aplicables.

El artículo 19 de la Ley, referente a la formación de los trabajadores, dispone que el empresario garantizará que cada trabajador reciba formación

en materia preventiva en el momento de su contratación, cuando se produzcan cambios en las funciones que desempeñe o se introduzcan nuevas tecnologías o cambios en los equipos de trabajo. Esta formación, sufragada siempre por la empresa, será teórica y práctica, suficiente y adecuada y estará centrada específicamente en el puesto de trabajo o función de cada trabajador. Deberá impartirse por

la empresa mediante recursos propios o servicios ajenos; si bien, en ambos casos, el técnico que la realice acreditará la cualificación requerida en el capítulo VI del Real Decreto 39/1997, que como mínimo corresponderá a funciones de nivel intermedio. Se realizará dentro de la jornada de trabajo o, en su defecto, en otras horas pero con el descuento en aquélla del tiempo invertido en la misma.

2. En particular, el empresario deberá facilitar a los trabajadores o a sus representantes, siguiendo el criterio establecido en el apartado 1 del artículo 18 de la mencionada Ley:

a) Los resultados de la evaluación de los riesgos contemplada en el artículo 3 del presente Real Decreto, así como los cambios en dichos resultados que se produzcan como consecuencia de alteraciones importantes de las condiciones de trabajo;

b) 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 otros requisitos legales que les sean de aplicación;

La información sobre estos agentes se obtendrá, principalmente, de los datos contenidos en la ficha de datos de seguridad, además de otros documentos utilizados en la evaluación de riesgos. De toda esta información se facilitará al trabajador la necesaria para permitirle la correcta utilización del agente. Se consideran básicos los siguientes contenidos informativos:

1. Identificación de los productos que utiliza e información sobre su peligrosidad intrínseca. Esta información comprenderá la indicación del tipo de riesgo (categoría/indicación de peligro y pictograma) y la descripción del mismo (frases R).

2. Información sobre las medidas preventivas a adoptar (frases S).

3. Límites de exposición profesional españoles o, en su defecto, de un organismo de reconocido prestigio internacional.

4. Equipos de protección (individual y colectiva) a emplear para el desarrollo de la operación.

5. Actuación en caso de emergencia: vertido, salpicadura, incendio, etc.

6. Primeros auxilios.

Esta información puede obtenerse de los puntos siguientes de la ficha de datos de seguridad:

3. Identificación de peligros

4. Primeros auxilios

5. Medidas de lucha contra incendios

6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental

7. Manipulación y almacenamiento

8. Controles de exposición/protección personal

Para agentes químicos peligrosos para los que no es de aplicación disponer de ficha de datos de seguridad, como, por ejemplo, productos intermedios o residuos, el empresario deberá obtener y proporcionar una información sobre los riesgos equivalente a la mencionada.

c) Formación e información sobre las precauciones y medidas adecuadas que deban adoptarse con objeto de protegerse a sí mismos y a los demás trabajadores en el lugar de trabajo.

Cuando los resultados de la evaluación pongan de manifiesto la necesidad de adoptar medidas específicas de protección o determinadas pautas de comportamiento de los trabajadores para evitar o reducir

los riesgos, se elaborarán e implantarán procedimientos de trabajo en los que se recojan estos extremos. Estos procedimientos deberán ser conocidos y comprendidos por los trabajadores implicados.

d) Acceso a toda ficha técnica facilitada por el proveedor, conforme a lo dispuesto en la normativa sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias y preparados peligrosos.

La ficha de datos de seguridad suministrada por el proveedor en cumplimiento de la normativa citada tiene que estar a disposición de los tra-

bajadores sin ninguna restricción. Los trabajadores deben ser informados de esta disponibilidad y de la ubicación de las fichas para su consulta.

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.

El empresario y, en su caso el técnico responsable del proceso o servicio en el que haya delegado estas funciones, deberá garantizar que la información necesaria para el correcto desarrollo de la tarea ha sido recibida por todos y cada uno de los trabajadores y que éstos la conocen y comprenden perfectamente. En caso contrario deberá impedir que se lleve a cabo el trabajo programado.

El objetivo es que el trabajador conozca, comprenda, recuerde y utilice cuando sea pertinente la información necesaria. Para ello, y a fin de evitar desviaciones o incumplimientos de este objeti-

vo, la información será impartida de forma individualizada y por escrito cuando por su volumen, complejidad, dificultad de comprensión, referirse a tareas esporádicas o infrecuentes y gravedad de los posibles daños lo hagan necesario. La información podrá ser verbal cuando por su concreción, utilización frecuente, fácil comprensión y la poca gravedad estimada de los posibles daños no precise de instrucciones escritas para asegurar dicho objetivo.

Se actualizará con la evolución de los riesgos y con la aparición de otros nuevos, adaptándose en cada caso a las nuevas necesidades.

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, el empresario deberá velar para que la naturaleza y los peligros del contenido de los recipientes y conducciones sean claramente reconocibles.

Todos los recipientes y conducciones utilizados para los agentes químicos peligrosos, tal como están definidos en el artículo 2, deben estar señalizados. La obligatoriedad de esta señalización no queda limitada a los productos sometidos a la normativa sobre comercialización de sustancias y preparados peligrosos.

En el apartado 4 (*Tuberías, recipientes y áreas de almacenamiento de sustancias y preparados peligrosos*) del anexo VII del Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo se indica lo siguiente:

*"1.º Los recipientes y tuberías visibles que contengan o puedan contener productos a los que sea de aplicación la normativa sobre comercialización de sustancias o preparados peligrosos deberán ser etiquetados según lo dispuesto en la misma. Se podrán exceptuar*

*los recipientes utilizados durante corto tiempo y aquellos cuyo contenido cambie a menudo, siempre que se tomen medidas alternativas adecuadas, fundamentalmente de formación e información, que garanticen un nivel de protección equivalente.*

*2.º Las etiquetas se pegarán, fijarán o pintarán en sitios visibles de los recipientes o tuberías. En el caso de éstas, las etiquetas se colocarán a lo largo de la tubería en número suficiente, y siempre que existan puntos de especial riesgo, como válvulas o conexiones, en su proximidad. Las características intrínsecas y condiciones de utilización de las etiquetas deberán ajustarse, cuando proceda, a lo dispuesto para los paneles en los apartados 1.3º. y 2 del Anexo III.*

*La información de la etiqueta podrá complementarse con otros datos, tales como el nombre o fórmula de la sustancia o preparado peligroso o detalles adicionales sobre el riesgo.*

(Los apartados 1.3.º y 2 del Anexo III del Real Decreto 485/1997 indican:

*"Las señales serán de un material que resista lo mejor posible los golpes, las inclemencias del tiempo y las agresiones medioambientales.*

*Las señales se instalarán preferentemente a una altura y en una posición apropiadas en relación al ángulo visual, teniendo en cuenta posibles obstáculos, en la proximidad inmediata del riesgo u objeto que deba señalizarse o, cuando se trate de un riesgo general, en el acceso a la zona de riesgo.*

*El lugar de emplazamiento de la señal deberá estar bien iluminado, ser accesible y fácilmente visible. Si la iluminación general es insuficiente, se empleará una iluminación adicional o se utilizarán colores fosforescentes o materiales fluorescentes.*

*A fin de evitar la disminución de la eficacia de la señalización no se utilizarán demasiadas señales próximas entre sí.*

*Las señales deberán retirarse cuando deje de existir la situación que las justificaba."*)

3.º *El etiquetado podrá ser sustituido por las señales de advertencia contempladas en el Anexo III, con el*

*mismo pictograma o símbolo; en el caso del transporte de recipientes dentro del lugar de trabajo, podrá sustituirse o complementarse por señales en forma de panel de uso reconocido, en el ámbito comunitario, para el transporte de sustancias o preparados peligrosos.*

4.º *Las zonas, locales o recintos utilizados para almacenar cantidades importantes de sustancias o preparados peligrosos deberán identificarse mediante la señal de advertencia apropiada, de entre las indicadas en el Anexo III, o mediante la etiqueta que corresponda, de acuerdo con la normativa mencionada en el apartado 4.1.º., colocadas, según el caso, cerca del lugar de almacenamiento o en la puerta de acceso al mismo. Ello no será necesario cuando las etiquetas de los distintos embalajes y recipientes, habida cuenta de su tamaño, hagan posible por sí mismas dicha identificación.*

*El almacenamiento de diversas sustancias o preparados peligrosos pueden indicarse mediante la señal de advertencia <<peligro en general>>".*

Respecto a las aclaraciones para la aplicación de este apartado se recomienda consultar la correspondiente Guía Técnica del INSHT.

#### **Artículo 10. Consulta y participación de los trabajadores.**

El empresario deberá consultar y facilitar la participación de los trabajadores o sus representantes respecto a las cuestiones a que se refiere este Real Decreto, de conformidad con lo establecido en el apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

El apartado 2 del artículo 18 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales establece lo siguiente:

*"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 (Consulta y participación de los trabajadores).*

*Los trabajadores tendrán derecho a efectuar propuestas al empresario, así como a los órganos de*

*participación y representación previstos en el capítulo V de esta Ley, dirigidas a la mejora de los niveles de protección de la seguridad y la salud en la empresa."*

La aplicación de estas disposiciones no debe suponer ningún perjuicio del derecho del empresario de decidir las medidas que deben ser adoptadas, ni un descargo de su responsabilidad en la prevención de los riesgos laborales.

#### **Disposición derogatoria única. Derogación normativa.**

Quedan derogadas cuantas disposiciones de igual o inferior rango se opongan a lo dispuesto en el presente Real Decreto y, específicamente:

a) El segundo párrafo del artículo 18 y el Anexo 2 del Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, aprobado por el Decreto 2414 / 1961, de 30 de noviembre.



Se reproduce el citado párrafo:

*sobrepasar de las cifras que figuran en el Anexo número 2."*

*"En ningún caso la concentración de gases, vapores, humos, polvo y neblinas en el aire del interior de las explotaciones podrán*

*El citado anexo hace referencia a: Concentraciones máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales.*

b) El Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo, aprobado por Orden de 9 de abril de 1986.

Los valores límite ambientales y biológicos para el plomo y sus compuestos iónicos se incorporan en los Anexos I y II de este Real Decreto.

c) El Real Decreto 88 / 1990, de 26 de enero, sobre protección de los trabajadores mediante la prohibición de determinados agentes específicos o determinadas actividades.

**Disposición final primera. Elaboración y actualización de la Guía técnica.**

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 3 del artículo 5 del Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, elaborará y mantendrá actualizada una Guía técnica de carácter no vinculante, para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo.

Se trata de la presente Guía.

**Disposición final segunda. Facultad de desarrollo.**

Se autoriza al Ministro de Trabajo y Asuntos Sociales, previo informe favorable del de Sanidad y Consumo y previo informe de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo a dictar cuantas disposiciones sean necesarias para la aplicación y desarrollo de este Real Decreto, así como para las adaptaciones de carácter estrictamente técnico de sus anexos, en función del progreso técnico y de la evolución de las normativas o especificaciones internacionales o de los conocimientos en materia de protección frente a los riesgos relacionados con los agentes químicos.

**Disposición final tercera. Entrada en vigor.**

El presente Real Decreto entrará en vigor el día 5 de mayo de 2001.  
Dado en Madrid a 6 de abril de 2001.

JUAN CARLOS R.

El Vicepresidente Primero del Gobierno  
y Ministro de la Presidencia  
JUAN JOSÉ LUCAS GIMÉNEZ

**ANEXO I**  
**LISTA DE VALORES LÍMITE AMBIENTALES DE APLICACIÓN OBLIGATORIA**

Nombre del agente	EINECS (1)	CAS (2)	Valor Límite Ambiental para la exposición diaria		Valor Límite Ambiental para exposiciones de corta duración	
			mg/m <sup>3</sup> (3)	ppm (4)	mg/m <sup>3</sup> (3)	ppm (4)
Plomo inorgánico y sus derivados	-	-	0,15	-	-	-

(1) EINECS : European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comerciales Existentes)  
 (2) CAS : Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)  
 (3) mg/m<sup>3</sup> : Miligramos por metro cúbico de aire a 20 ° C y 101,3 kPa  
 (4) ppm : Partes por millón en volumen en el aire ( ml/m<sup>3</sup>)

**ANEXO II**  
**VALORES LÍMITE BIOLÓGICOS DE APLICACIÓN OBLIGATORIA**  
**Y MEDIDAS DE VIGILANCIA DE LA SALUD.**  
**PLOMO Y SUS DERIVADOS IÓNICOS**

a) El control biológico incluirá la medición del nivel de plomo en sangre utilizando la espectrometría de absorción o un método de resultados equivalentes. El valor límite biológico será: 70 mg Pb /100 ml de sangre.

b) Deberá procederse a la vigilancia médica cuando: se esté expuesto a una concentración de plomo en aire que rebase los 0,075 mg/m<sup>3</sup>, calculados de forma ponderada con respecto al tiempo para un periodo de referencia de cuarenta horas semanales, o el control biológico detecte en determinados trabajadores un nivel de plomo en la sangre superior a 40 mg Pb / 100 ml.

**ANEXO III**  
**PROHIBICIONES**

**a) Agentes químicos**

EINECS (1)	CAS (2)	Nombre del agente	Límite de concentración para la exención
202-080-4	91-59-8	2 - naftilamina y sus sales	0,1 % en peso
202-177-1	92-67-1	4 - aminodifenilo y sus sales	0,1 % en peso
202-199-1	92-87-5	Bencidina y sus sales	0,1 % en peso
202-204-7	92-93-3	4 - nitrodifenilo	0,1 % en peso

(1) EINECS : European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances (Inventario Europeo de Sustancias Químicas Comerciales Existentes)  
 (2) CAS : Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)

**b) Actividades con agentes químicos: Ninguna.**

### III. APÉNDICES

#### APÉNDICE 1

## DEFINICIONES Y CONSIDERACIONES SOBRE LA VALORACIÓN TOMADAS DEL DOCUMENTO SOBRE LÍMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AGENTES QUÍMICOS EN ESPAÑA

### DEFINICIONES

#### Puesto de trabajo

Con este término se hace referencia tanto al conjunto de actividades que están encomendadas a un trabajador concreto como al espacio físico en que éste desarrolla su trabajo.

#### Zona de respiración

El espacio alrededor de la cara del trabajador del que éste toma el aire que respira. Con fines técnicos, una definición más precisa es la siguiente: semiesfera de 0,3 m de radio que se extiende por delante de la cara del trabajador, cuyo centro se localiza en el punto medio del segmento imaginario que une ambos oídos y cuya base está constituida por el plano que contiene dicho segmento, la parte más alta de la cabeza y la laringe.\*

#### Período de referencia

Período especificado de tiempo, establecido para el valor límite de un determinado agente químico. El período de referencia para el límite de larga duración es habitualmente de 8 horas, y para el límite de corta duración, de 15 minutos\*\*

#### Exposición

Cuando este término se emplea sin calificativos hace siempre referencia a la vía respiratoria, es decir, a la exposición por inhalación.

Se define como la presencia de un agente químico en el aire de la zona de respiración del trabajador.

Se cuantifica en términos de la concentración del agente obtenida de las mediciones de exposición, referida al mismo período de referencia que el utilizado para el valor límite aplicable. En con-

secuencia, pueden definirse dos tipos de exposición:

#### *Exposición diaria (ED)*

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 8 horas diarias.

Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica 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 8 horas.

Así pues, la ED puede calcularse matemáticamente por la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8}$$

siendo:

$c_i$  la concentración  $i$ -ésima

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

*Nota: A efectos del cálculo de la ED de cualquier jornada laboral, la suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en el numerador de la fórmula anterior será igual a la duración real de la jornada en cuestión, expresada en horas.*

#### **Exposición de corta duración (EC)**

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite.

\* UNE-EN 1540. Atmósferas en el lugar de trabajo. Terminología.

\*\* UNE-EN 689. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

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.

No obstante, si el método de medición empleado, por ejemplo basado en un instrumento de lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada período de 15 minutos, la EC correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\sum c_i t_i}{15}$$

siendo:

$c_i$  la concentración i-ésima dentro de cada período de 15 min.

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

NOTA:

La suma de los tiempos de exposición que se han de considerar en la fórmula anterior será igual a 15 minutos.

### Indicador Biológico (IB)

A efectos de lo contemplado en este documento se entiende por indicador biológico un parámetro apropiado en un medio biológico del trabajador, que se mide en un momento determinado, y está asociado, directa o indirectamente, con la exposición global, es decir, por todas las vías de entrada, a un agente químico.

Como medios biológicos se utilizan el aire exhalado, la orina, la sangre y otros. Según cuál sea el parámetro, el medio en que se mida y el momento de la toma de muestra, la medida puede indicar la intensidad de una exposición reciente, la exposición promedio diaria o la cantidad total del agente acumulada en el organismo, es decir, la carga corporal total.

En este documento se consideran dos tipos de indicadores biológicos:

- **IB de dosis.** Es un parámetro que mide la concentración del agente químico o de alguno de sus metabolitos en un medio biológico del trabajador expuesto.

- **IB de efecto.** Es un parámetro que puede identificar alteraciones bioquímicas reversibles, indu-

cidas de modo característico por el agente químico al que está expuesto el trabajador.

### 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 los trabajadores pueden estar expuestos 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 puesto que, debido a la amplitud de las diferencias de respuesta existentes entre los individuos, basadas tanto en factores genéticos como en hábitos de vida, un pequeño porcentaje de trabajadores podría experimentar molestias a concentraciones inferiores a los VLA, e incluso resultar afectados más seriamente, sea por agravamiento de una condición previa o desarrollando una patología laboral.

Los VLA se establecen teniendo en cuenta la información disponible, procedente de la analogía físico-química de los agentes químicos de los estudios de experimentación animal y humana, 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 incluidos en la lista de valores. Cuando uno de estos agentes se puede absorber por vía cutánea, sea por la manipulación directa del mismo, sea a través del contacto de los vapores con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación pueda resultar significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalado en la lista con la notación "**vía dérmica**" (v.d.). 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 cutánea.

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m<sup>3</sup> (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m<sup>3</sup> para una temperatura de 20 °C y una presión de 101,3 kPa, valor que depende de las citadas variables. La conversión de ppm a mg/m<sup>3</sup> se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$VLA \text{ en mg/m}^3 = \frac{(VLA \text{ en ppm}) \times (\text{peso molecular del agente químico en gramos})}{24,04}$$

siendo 24,04 el volumen molar en litros en tales condiciones estándar.

En la transformación de ppm a mg/m<sup>3</sup> los valores resultantes se han aproximado a dos cifras significativas si el valor calculado es inferior a 100 y a tres cifras significativas si está por encima de 100.

El valor límite para la materia particulada no fibrosa se expresa en mg/m<sup>3</sup> o submúltiplos y el de fibras, en fibras/m<sup>3</sup> o fibras/cm<sup>3</sup>, en ambos casos para las condiciones reales de temperatura y presión atmosférica del puesto de trabajo. Esto significa que las concentraciones medidas en estas unidades, en cualesquiera de las condiciones de presión y temperatura, no requieren ninguna corrección para ser comparadas con los valores límite aplicables.

### Tipos de Valores Límite Ambientales

Se consideran las siguientes categorías de **VLA**:

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

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED), tal y como ésta ha sido definida anteriormente en este documento. De esta manera los **VLA-ED** representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos 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), tal y como ésta se ha definido anteriormente en este documento.

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

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.

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

### Límites de Desviación (LD)

Pueden utilizarse para controlar las exposiciones por encima del **VLA-ED**, dentro de una misma jornada de trabajo, de aquellos agentes químicos que lo tienen asignado. No son nunca límites independientes, sino complementarios de los **VLA** que se hayan establecido para el agente en cuestión, y tienen un fundamento estadístico.

Para los agentes químicos que tienen asignado **VLA-ED** pero no **VLA-EC**, se establece el producto de 3 x **VLA-ED** como valor que no deberá superarse durante más de 30 minutos en total a lo largo de la jornada de trabajo, no debiéndose sobrepasar en ningún momento el valor 5 x **VLA-ED**.

### 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 8 horas diarias durante 5 días a la semana. La extensión de los **VLB** a períodos distintos al de referencia ha de hacerse considerando los datos farmacocinéticos y farmacodinámicos del agente en particular.

En general, los **VLB** representan los niveles más probables de los Indicadores Biológicos en trabajadores sanos sometidos 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, y
- b) los que relacionan el nivel de un parámetro biológico con efectos sobre la salud.

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

El control biológico debe considerarse complementario del control ambiental y, por tanto, ha de llevarse a cabo cuando ofrezca ventajas sobre el uso independiente de este último.

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.

### Consideraciones generales

Los indicadores biológicos medidos en orina son habitualmente analizados en muestras puntuales tomadas en momentos determinados, ya que en el entorno laboral no es fácil ni seguro obtener muestras de orina correspondientes a períodos largos de tiempo (por ejemplo, 24 horas), las cuales proporcionarían una información más exacta sobre la eliminación del xenobiótico. Sin embargo, la medida cuantitativa de la exposición a partir de muestras puntuales puede verse afectada por la variabilidad en la producción de orina, debido a factores como la ingestión de líquidos, la temperatura excesiva, la carga de trabajo, el consumo de medicamentos, etc. que pueden producir efectos de concentración o dilución de la orina, y afectar así al resultado de los indicadores.

Por esta razón es necesario corregir estos resultados, refiriéndolos a la concentración de alguna sustancia con mecanismo de excreción renal similar al del compuesto de interés y cuya eliminación se mantenga razonablemente constante a lo largo del tiempo.

Es práctica común referir los resultados de los indicadores a la concentración de creatinina (sustancia que se elimina por filtración glomerular, como la mayoría de los contaminantes y sus metabolitos) medida en la misma muestra, expresándose los resultados en peso del indicador por unidad de peso de creatinina. Cuando éstos sean excretados por otro mecanismo, como la difusión tubular renal, no se realizará esta corrección, expresándose los resultados directamente en términos de concentración.

Se rechazarán las muestras de orina muy diluidas (densidad < 1,010 g/ml, creatinina < 0,5 g/l) y las muy concentradas (densidad > 1,030 g/ml, creatinina > 3,0 g/l), debiendo repetirse en estos casos la toma de muestra.

En cuanto a los indicadores biológicos medidos en sangre, mientras no se indique lo contrario, se entenderá que la muestra debe ser tomada en sangre venosa.

### Interpretación de los resultados de los indicadores biológicos (IB)

Cuando la medida, en un trabajador, de un determinado indicador biológico supere el VLB

correspondiente no debe deducirse, sin mayor análisis, que ese trabajador 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 trabajador afectado.

Al margen de esta consideración individual de los resultados, el agrupamiento de los datos correspondientes a los trabajadores 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.

### MEZCLAS DE AGENTES QUÍMICOS

Los VLA se establecen para agentes químicos específicos y no para las mezclas de éstos. 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 bien independientes.

De acuerdo con lo anterior, la comparación con los valores límite ha de hacerse calculando

$$\Sigma = \frac{E_i}{VLA_i}$$

donde  $E_i$  representa las exposiciones a los distintos agentes presentes y  $VLA_i$  los valores límite respectivos. Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el VLA para la mezcla en cuestión.

El cálculo anterior es aplicable, tanto a la comparación de ED con VLA-ED, como a la de EC con VLA-EC.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS AMBIENTALES

En general, el **VLA-ED** de cualquier agente químico no debe ser superado por la **ED** a dicho agente en ninguna jornada laboral.

No obstante, en casos justificados cabe una valoración de base semanal en lugar de diaria. Para que resulte aceptable el empleo de esta base semanal de valoración, es preciso que se cumplan las dos condiciones siguientes:

a) Que se trate de un agente químico de largo período de inducción, es decir, capaz de producir efectos adversos para la salud sólo tras exposiciones repetidas a lo largo de meses o años.

b) Que existan variaciones sistemáticas, esto es, derivadas de distintas situaciones de exposición, entre las **ED** de diferentes jornadas.

En tales casos, el parámetro de exposición que se compara con el **VLA-ED** es la Exposición Semanal (**ES**), que se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$ES = \frac{\sum ED_i}{5}$$

siendo **ED<sub>i</sub>** las exposiciones diarias correspondientes a los sucesivos días de la semana de trabajo.

Naturalmente, en todos los casos habrá de valorarse la situación, además, de acuerdo con las restantes categorías de los Límites de Exposición Profesional que resulten aplicables.

## LÍMITES DE EXPOSICIÓN PARA AGENTES QUÍMICOS CANCERÍGENOS Y 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. 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 el riesgo.

En estos casos, mantener la exposición por debajo de un valor máximo determinado no permitirá evitar completamente el riesgo, aunque sí podrá limitarlo. Por esta razón, los límites de exposición adoptados para algunas de estas sustancias no son una referencia para garantizar la protección de la salud según la definición dada para los **VLA**, sino unas referencias máximas para la adopción de las medidas de protección necesarias y el control del ambiente de los puestos de trabajo.

## APÉNDICE 2

## INFORMACIÓN SOBRE LA PELIGROSIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

## TEXTOS

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Documentation of the Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices.  
ACGIH, Cincinnati, USA, 1991.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices.  
ACGIH, Cincinnati, USA, 2001 ACGIH, Cincinnati, 2001.

Bretherick, L.

Handbook of Reactive Chemical Hazards  
Butterworths, London, UK, 1981.

Budavari, S. (Editor).

The Merck Index  
Merck &CO., Inc., New Jersey, USA, 1989.

Calow, P.

Handbook of Ecotoxicology.  
Blackwell Science, Sheffield, UK, 1998.

Dutch Institute for the Working Environment  
Chemical Safety Sheets.

Samsom Chemical Publishers, Dordrecht,  
Netherlands, 1991.

Environmental Protection Agency  
Extremely Hazardous Substances

Noyes Data Corporation, New Jersey, USA, 1988.

Fan, A.M., Chang, L.W.

Toxicology and Risk Assessment  
Marcel Decker, Inc, N.Y., USA, 1996.

Grandjean, P.

Skin Penetration: Hazardous Chemicals and Work  
Taylor and Francis, London, UK, 1990.

Gretener, M.

Método Gretener, 1ª ed. 1973.

Hawley, G.

Diccionario de química y de productos químicos  
Ediciones Omega, Barcelona, España, 1988.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Fichas Internacionales de Seguridad Química  
INSHT, Madrid, España, 1999.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT).

Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España. 2001-2002.  
INSHT, Madrid, España, 2001.

Klaassen, C.D. (Editor).

Casarett and Doull's Toxicology The Basic Science of Poisons.

McGraw-Hill, N.Y., USA, 1996.

LaDou, J.

Occupational & Environmental Medicine  
Prentice-Hall International, Inc., San Francisco,  
USA, 1997.

Lenga, Robert E.

The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data (1985), 1<sup>st</sup> ed.

Sigma-Aldrich Corporation, USA, 1985.

Lewis, R. J.

Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials  
Van Nostrand Reinhold Company Inc, N.Y.,USA, 1992.

Morton Grant, W., Shuman J.

Toxicology of the Eye  
Charles C. Thomas Publisher, Illinois, USA, 1993.

National Fire Protection Association (N.F.P.A.)

Fire Hazards Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids, Vol. 10.

National Fire Codes, code 325 M-1989.

National Fire Protection Association, Quincy,  
Massachusetts, 1989.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.

U.S. Department of Health and Human Services,  
DHHS, Cincinnati, USA, 1997.

Oficina Internacional del Trabajo.

Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo  
Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales IV<sup>a</sup>



Edición, Madrid, España, 2000.  
Proctor, N.H., Hughes, J.P., Fischman, M.L.  
Chemicals Hazards of the Workplace  
J.B. Lippincott Company, London, UK, 1988.

Sittig, M.  
Hazardous and toxic effects of industrial chemicals  
Noyes Data Corporation, Park Ridge, New Jersey,  
USA, 1979.

Sittig, M.  
Handbook of toxic and hazardous chemicals and  
carcinogens, 2<sup>nd</sup> Edition.  
Noyes Publications, Park Ridge, New Jersey, USA,  
1985

The Dow Chemical Company.  
Índice de incendio y explosión (Índice Dow). Guía  
para la clasificación de riesgos.  
Traducción al español por el INSHT de la 5<sup>a</sup> y 7<sup>a</sup>  
ediciones del Fire and Explosion Index Hazard  
Classification Guide.  
The Dow Chemical Company, Midland, Michigan,  
USA, 1994 (revisión de 1997).

United Nations.  
Transport of Dangerous Goods.  
United Nations, N.Y.,USA, 1993.

Verschuere, K.  
Handbook of Environmental Data on Organic  
Chemicals.  
Van Nostrand Reinhold Company Inc, N.Y., USA, 1983.

Weast, R.C.  
Handbook of Chemistry and Physics, 61th Edition.  
CRC, Boca Raton, Florida, USA, 1980.

Weiss, G.  
Hazardous Chemicals Data Book.  
Noyes Data Corporation, New Jersey, USA, 1980.

World Health Organization (WHO).  
International Agency for Research on Cancer (IARC).  
IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic  
Risks to Human.  
IARC, Lyon, France, 1999.

## BASES DE DATOS

CHRIS (Chemical Hazard Response Information  
System).

HSDB (Hazardous Substances Data Bank).

IRIS (Integrated Risk Information System).

OHM/TADS (Oil and Hazardous Materials/Technical  
Assistance Data System).

REPROTOX.

RTECS (Registry of Toxic Effects of Chemical  
Substances).

SHEPARD'S Catalog of Teratogenic Agents.

TERIS (The Teratogen Information System).

Todas ellas pueden encontrarse en el CD-Rom  
"TOMES à Plus System" de MICROMEDEX, INC.,  
6200 S. Syracuse Way, Suite 300, Englewood,  
Colorado. USA.

ERGA. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene  
en el Trabajo (INSHT).

## PÁGINAS WEB

### Páginas generales

<http://www.mtas.es/insht>

Además de la información contenida en esta  
página, se puede acceder a las páginas de práctica-  
mente la totalidad de organismos internacionales y  
nacionales utilizando la opción "enlaces de interés".

<http://www.ilpi.com/msds/index.shtml>

Relación de páginas Web que permiten un acceso  
a las fichas de seguridad química y en la que se  
precisa el número de fichas accesibles por cada  
producto.

<http://chemfinder.camsoft.com/>

CHEMFINDER: Herramienta para la búsqueda en  
la red de datos disponibles en química.

<http://ccinfoweb.ccohs.ca/chemindex/search.html>

Herramienta para la búsqueda entre bases de  
datos de los datos contenidos en los CD-ROM del  
CCINFO, editada por el Centro Canadiense de  
Higiene y Seguridad en el Trabajo (CCHST).

### Páginas específicas

<http://193.51.164.11/>

Clasificación de la IARC de los productos cancerí-  
genos.

<http://www.sigma-aldrich.com/saws.nsf/Pages/Sigma?EditDocument>

Sigma-Aldrich on Line MSDS: 90.000 fichas de seguridad química en inglés.

<http://toxnet.nlm.nih.gov/servlets/simple-search>

Esta página permite el acceso (a través de "Toxicology Data Search") a, entre otras, las siguientes bases de datos: **HSDB** (Hazardous Substances Data Bank), **CCRIS** (Chemical Carcinogenesis Research Information System), **IRIS** (Integrated Risk Information), **GENE-TOX** (Genetic Toxicology/Mutagenicity Data Bank).

<http://www.cdc.gov/niosh/npg/pgdstart.html>  
NIOSH Pocket Guide on line: agrupa datos relativos

a 677 productos químicos peligrosos y grupos de sustancias para los que existe una normativa en USA.

<http://atsdr1.atsdr.cdc.gov>

A través de esta página se pueden obtener perfiles de información acerca de productos químicos.

<http://ulisse.etoit.eudra.org/Ecdin/Ecdin.html>

Base de datos sobre toxicidad y ecotoxicidad de los productos químicos. En ella se encuentra también la información acerca de la legislación internacional sobre etiquetaje y valores límite.

<http://ecb.ei.jrc.it>

Información del European Chemical Bureau sobre peligrosidad de los productos químicos que se comercializan en la UE.

## APÉNDICE 3

### MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE RIESGOS DE ACCIDENTE

#### MÉTODOS SIMPLIFICADOS

##### Evaluación de riesgos laborales - INSHT

Se trata de una metodología general aplicable a situaciones de riesgo no sujetas a procedimientos de evaluación impuestos por una legislación específica (por ejemplo, amianto) o a evaluación de riesgos que precisan de métodos específicos de análisis de riesgos (por ejemplo, CORAG). Parte de la identificación de peligros asociados a las tareas a realizar en los distintos puestos de trabajo y la posterior estimación del riesgo para cada uno de los peligros detectados.

##### Evaluación de las condiciones de trabajo en PYME - INSHT

Metodología general basada en la recogida de datos mediante cuestionarios de chequeo que facilita la identificación de peligros y permite una evaluación relativa de cada uno de los cuestionarios. Existen tres cuestionarios específicos para la evaluación del riesgo químico referentes a: sustancias químicas, contaminantes químicos y ventilación.

##### Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente - INSHT

Metodología general, desarrollada en la NTP-330, que parte de una identificación de peligros mediante cuestionarios de chequeo y permite obtener el nivel de deficiencia de cada situación. Este dato, junto con la estimación del nivel de exposición, permite obtener el nivel de probabilidad de accidente como producto de ambos términos. El nivel de riesgo se obtiene como producto del nivel de probabilidad por la magnitud de las consecuencias que también se estiman de acuerdo con una clasificación de categorías, asignando niveles de intervención para los distintos niveles de riesgo.

#### MÉTODOS COMPLEJOS

De entre los existentes se citan los dos más utilizados:

##### Método del árbol de fallos y errores

Método deductivo de identificación y evaluación de riesgos que permite el conocimiento y

estudio de los acontecimientos que conducen a situaciones de riesgo a partir de fallos de los componentes. Puede ser usado cualitativa y cuantitativamente. Tiene que ser utilizado por personas con experiencia en su aplicación y con conocimientos exhaustivos de la instalación/equipo que se analiza, requiriendo esfuerzos y tiempo para alcanzar análisis detallados. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en la NTP-333.

##### Método del árbol de sucesos

Método inductivo de identificación y evaluación de riesgos que permite estimar los accidentes provocados por el fallo de un determinado equipo u operación. Puede ser usado cualitativa y cuantitativamente. Al igual que el anterior, tiene que ser aplicado por personas con experiencia y con conocimientos de la instalación/equipo que se analiza, requiriendo esfuerzos y tiempo para alcanzar análisis profundos. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

Una descripción detallada de este método puede encontrarse en la NTP-328.

##### Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE)

La norma UNE 20812:1995 reproduce la versión oficial en español del Documento de Armonización HD 485 S1:1987, que a su vez adopta íntegramente la Norma Internacional CEI 812:1985.

#### MÉTODOS ESPECÍFICOS

De entre los existentes cabe citar:

##### Método DOW. Índice de riesgo de incendio y explosión

Método objetivo para evaluar riesgos de incendio y explosión en plantas con equipos de proceso. Se basa en un estudio de las unidades de proceso más peligrosas de la planta considerada. Permite una estimación de consecuencias en términos económicos y en tiempos de parada. Tiene que ser aplicado por personal que conozca profundamente

el método y la planta. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

El INSHT ha traducido al español la 5ª (agotada) y 7ª ediciones de este método.

### **Método HAZOP. Análisis funcional de operabilidad**

El Hazop es un estudio de riesgos y operabilidad desarrollado por ICI, que investiga cómo se puede desviar el funcionamiento de la planta respecto al diseño original mediante la aplicación de unas palabras clave a los parámetros fundamentales del proceso como presión, temperatura, caudal, etc. Se define como "la aplicación de un examen crítico, formal y sistemático a un proceso o proyecto de ingeniería de una nueva instalación para evaluar el riesgo potencial de la operación o el funcionamiento incorrecto de los componentes individuales de los equipos y sus efectos sobre la instalación como conjunto".

Al igual que los anteriores, tiene que ser aplicado por personas con experiencia y con conocimientos de la instalación/equipo que se analiza, requiriendo esfuerzos y tiempo para alcanzar análisis profundos. Frecuentemente deberá ser aplicado por un equipo multidisciplinar.

En la NTP-238 se describe la forma de utilización y un ejemplo de aplicación de este método.

### **Índice de riesgo de procesos químicos (IRPQ)**

Este método, desarrollado por el INSHT, está basado en el sistema de recogida de datos mediante cuestionarios de chequeo. Evalúa los riesgos por procesos independientes. Afronta la problemática del riesgo en su globalidad, analizando tanto los aspectos técnicos de la instalación, como los ambientales, humanos y organizativos.

Facilita y propicia el trabajo en equipos multidisciplinarios.

El método permite cuantificar el riesgo, para priorizar las acciones preventivas a realizar.

Se presenta en soporte informático de referencia AIP.017 ÍNDICES DE RIESGO DE PROCESOS QUÍMICOS. Metodología de auto-evaluación.

### **EVALUACIÓN DEL RIESGO EN EL USO DE MÁQUINAS / EQUIPOS**

Cuando la utilización de máquinas o equipos de trabajo pueda generar peligros relativos a la emisión de sustancias nocivas o peligrosas, para su evaluación puede ser interesante consultar los siguientes documentos:

#### **UNE-EN 292-1:1993**

Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos. Principios generales para el diseño.

Parte 1: Terminología básica, metodología.

AENOR

#### **UNE-EN 1050:1997**

Seguridad de las máquinas. Principios para la evaluación del riesgo.

AENOR

#### **UNE-EN 626-1:1995**

Seguridad de las máquinas. Reducción del riesgo para la salud debido a sustancias peligrosas emitidas por las máquinas.

Parte 1: Principios y especificaciones para los fabricantes de maquinaria.

AENOR

#### **UNE-EN 1127-1:1998**

Seguridad de las máquinas. Prevención y protección contra explosiones.

Parte 1: Conceptos básicos y metodología.

AENOR

## APÉNDICE 4

### MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS POR INHALACIÓN

#### ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN .....	70
Obtención de información acerca de la exposición .....	72
Datos de los agentes químicos .....	73
Número de trabajadores a muestrear por puesto de trabajo. Grupos homogéneos de exposición (GHE).....	74
Comparación con el VLA-ED .....	75
Número mínimo de muestras por jornada .....	76
Tipos de muestreo en una jornada de trabajo .....	76
Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED) .....	85
Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras .....	85
Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras .....	86
Comparación con el VLA-EC.....	89
Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Corta Duración (VLA-EC) .....	90
Conclusiones.....	92
Mediciones periódicas de control .....	93
Media ponderada móvil.....	93
Tabla de números aleatorios .....	95
Distribución normal estándar.....	96
Bibliografía .....	98

## INTRODUCCIÓN

En este Apéndice se desarrolla una metodología que recoge los criterios de evaluación que propone la Norma UNE-EN 689 "Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición" cuando se dispone de datos de concentración ambiental obtenidos por medición.

Cuando la evaluación de la exposición a agentes químicos, por inhalación, requiere la realización de mediciones de la concentración ambiental (las excepciones previstas al respecto, por el Real Decreto, ya se trataron en el comentario al apartado segundo del Artículo 3.5), es preciso responder a cuestiones como, por ejemplo, el tiempo de duración de las mediciones, el número de éstas, la ubicación, el número de trabajadores a muestrear, el número de jornadas, el tratamiento de los datos y las conclusiones de valoración posibles. La citada Norma UNE-EN 689 trata la mayoría de estas cuestiones, pero, cuando no es así, lo propuesto en este Apéndice se basa en otras fuentes bibliográficas entre las que destaca el manual de estrategia de muestreo del NIOSH (*Leidel, Busch y Lynch. Occupational exposure sampling strategy manual. National Institute of Safety and Health 1977*).

Los procedimientos que se exponen no tienen en consideración los posibles riesgos debidos a agentes químicos peligrosos absorbidos por otras vías de entrada distintas a la inhalación (dérmica, digestiva o parenteral). Tampoco tiene en consideración los riesgos por contacto con el agente que pueden producir daños en la piel.

La evaluación del riesgo por inhalación se lleva a cabo por comparación de la concentración en aire ponderada en el tiempo con el valor límite ambiental del agente en cuestión. La propia definición de los valores límite indica el periodo de ponderación. La mayoría de las veces el valor límite se aplica al valor de la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas y no debe superarse en ninguna jornada de trabajo. En ocasiones, si la exposición no es uniforme entre distintas jornadas de trabajo y la toxicocinética del agente químico lo permite, es posible utilizar periodos de ponderación superiores a una jornada.

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 ocasiones es útil realizar mediciones en las condiciones más desfavorables, ya que si en estas condiciones se respetan los valores límite, es posible obtener conclusiones globales con ahorro de medios.

Está admitido que los valores de la concentración de un agente químico en el aire se distribuyen siguiendo una ley de probabilidad logarítmico-normal, en este caso la media geométrica y la desviación estándar geométrica definen completamente la distribución. Cuando la media es suficientemente baja respecto al valor límite y, sobre todo, la dispersión de los datos es pequeña, la probabilidad de que se supere el valor límite en una jornada cualquiera es asimismo pequeña.

Alcanzar la conclusión de que la probabilidad de que en una jornada se supere el valor límite es pequeña requiere muestrear durante bastantes jornadas, aunque si el trabajo es repetitivo y la experiencia y el criterio profesional del técnico conduce a pensar que los factores que intervienen en la generación de las concentraciones ambientales no sufren gran variación día a día, se puede obtener una conclusión con datos de pocas jornadas. Ésta es la base de las recomendaciones en cuanto al muestreo y valoración que se hacen en este Apéndice. (*UNE-EN 689*).

El proceso de identificar, medir y evaluar el riesgo derivado de la exposición a agentes químicos adquiere a menudo cierta complejidad técnica, que hace necesario recurrir a un profesional adecuadamente formado y experimentado, que, además del nivel de cualificación definido en el artículo 37 del Real Decreto 39/1997, posea una formación académica con base química y que haya realizado un aprendizaje práctico en Higiene Industrial.

La especialización profesional, que permite tomar decisiones no mecánicas, discernir sobre el significado de los resultados, reconocer situaciones de riesgo que deben corregirse sin necesidad de mediciones, disponer de la capacidad para optimizar medios y recursos o poder identificar agentes químicos cuya presencia no es evi-

dente ni se deduce de una primera información, es un requisito necesario para evaluar este tipo de exposiciones.

El diagrama de flujo siguiente ayuda a situar los elementos que se desarrollan a lo largo de este Apéndice.

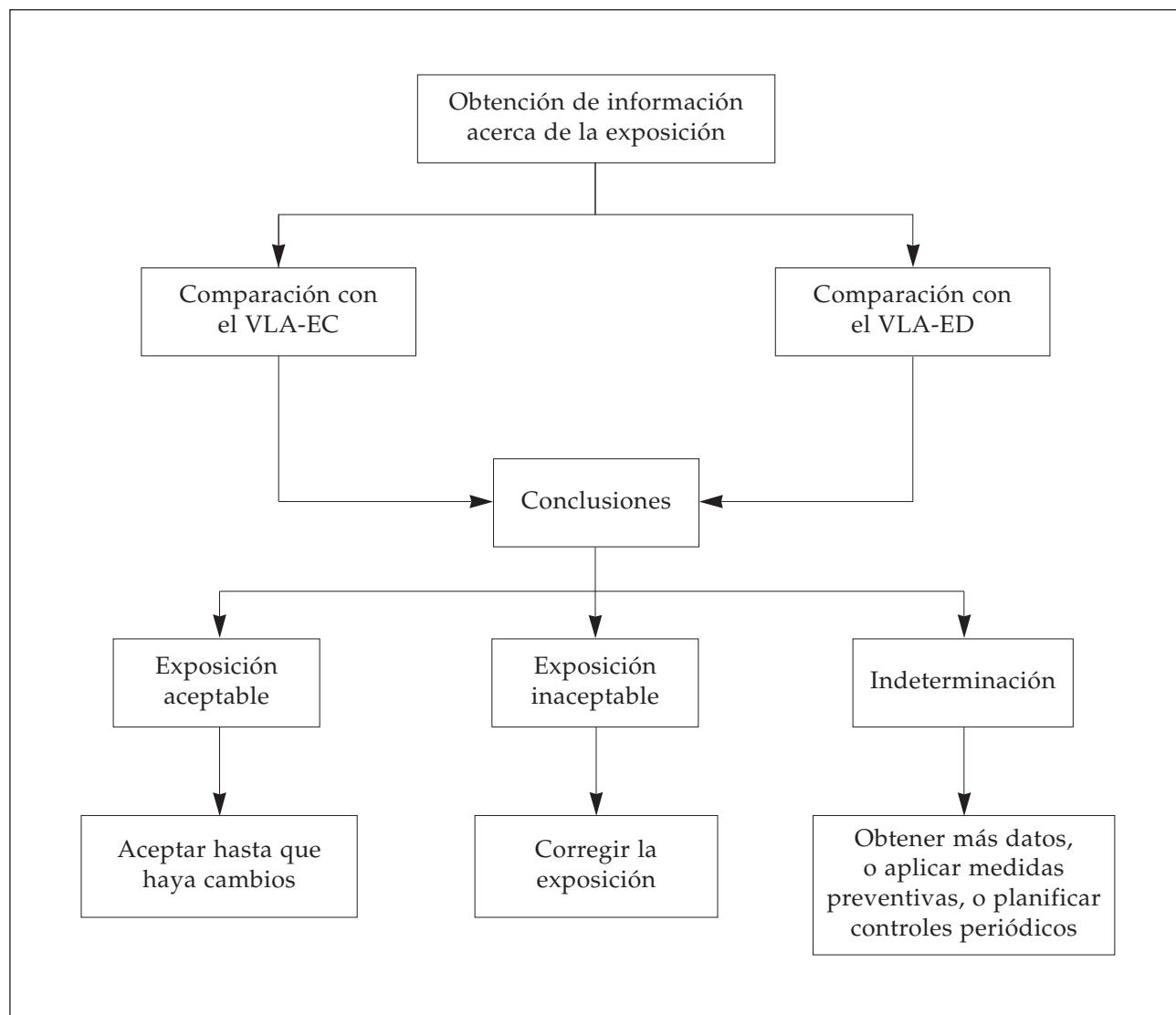


Figura 1 - Diagrama de flujo general.

Normalmente el proceso de evaluación de la exposición por inhalación se iniciará con la recopilación de los datos necesarios para definir las condiciones en las que se realizará la medición de la concentración ambiental, y con la ejecución de estas mediciones.

La comparación de los resultados obtenidos con los Valores Límite Ambiental, tanto los definidos para exposiciones diarias (VLA-ED) como los aplicables a periodos cortos de exposición (VLA-EC), deberá permitir obtener unas conclusiones sobre la exposición, lo que conducirá a decisiones sobre la actividad preventiva a desarrollar en el futuro inmediato.

Es necesario tener prevista de antemano la posibilidad de no poder alcanzar una conclusión definitiva sobre la necesidad de intervenir para corregir una exposición. El origen de la indeterminación en las conclusiones reside en el hecho de que la concentración en aire de un agente químico es una magnitud muy variable a lo largo del tiempo, ahora bien, al realizar una evaluación de la exposición por inhalación únicamente se obtienen datos sobre el ambiente laboral durante un periodo de tiempo limitado y, en consecuencia, es posible que con esa información limitada en el tiempo no se pueda

obtener una conclusión definitiva respecto al futuro.

Por ejemplo, para poder asegurar que una exposición respeta un valor límite de tipo VLA-ED se debe garantizar que en todas y cada una de las jornadas durante toda la vida laboral la concentración ponderada referida a un periodo de 8 horas es inferior al valor VLA-ED, pero no siempre es posible llegar a esta conclusión, ni tampoco a la contraria, basándose en los datos obtenidos en unos pocos días de medición.

Teniendo esto en cuenta, las conclusiones pueden agruparse en tres categorías, a saber:

**Exposición aceptable:** Significa que la exposición observada es de una magnitud tan pequeña que resulta prácticamente imposible que se superen los valores límite tanto en el periodo de tiempo en que se ha realizado la evaluación como en el futuro. En estas condiciones se considera la situación como aceptable, lógicamente mientras que no haya cambios de la situación que puedan modificar la exposición.

**Exposición inaceptable:** A esta conclusión puede llegarse bien porque las mediciones realizadas muestran que se superan los valores límites aplicables o bien porque, aunque no se hayan obtenido resultados superiores a los valores límite, la exposición medida es de tal magnitud que resulta probable que se superen los valores límite en algunas ocasiones no medidas directamente. En estas condiciones se considera la situación como no aceptable, y lógicamente, se deberá proceder a su corrección.

**Indeterminación:** Significa que la exposición observada es tal que no permite alcanzar ninguna de las dos conclusiones anteriores. Es decir, los resultados obtenidos en las mediciones no superan los valores límite pero no permiten concluir con una fiabilidad aceptable si se superarán en el futuro, ni tampoco permiten asegurar que no se superarán.

Es importante resaltar que la "indeterminación" no se refiere al resultado del procedimiento de evaluación de la exposición tal como se ha observado o medido, ya que en las mediciones realizadas no se superan los valores límite, pero frente a los riesgos originados por inhalación este hecho no es suficiente para evaluar correctamente una exposición. Como ya se ha indicado, es preciso concluir también respecto a la superación, o no superación, de los límites en las jornadas posteriores aunque no haya cambios en el proceso o con-

diciones de trabajo, y es a esta conclusión a la que afecta la indeterminación.

En este último caso se puede optar por:

a) Aumentar el número de mediciones, hasta tener datos suficientes que permitan obtener alguna de las dos conclusiones bien definidas. Esta opción sólo será útil si es previsible que en un plazo de tiempo razonable se pueda alcanzar una conclusión que permita una buena planificación de medidas preventivas, no tiene sentido demorar innecesariamente la puesta en marcha de medidas preventivas con el argumento de que la exposición presente y futura no ha podido evaluarse de forma concluyente; o bien

b) Implantar directamente medidas de prevención y protección, teniendo en cuenta los datos disponibles respecto al proceso y la exposición, es decir, decidir "por el lado de la seguridad" aunque los datos disponibles no sean concluyentes; o bien

c) Planificar una vigilancia periódica de la concentración ambiental, con la finalidad de comprobar de forma segura que la exposición se mantiene por debajo de los límites de forma continuada a lo largo del tiempo. Esta será la opción más conveniente en la mayoría de circunstancias, en otras palabras: ante la imposibilidad de poder concluir respecto a las exposiciones en el futuro, se opta por vigilar esas exposiciones futuras.

En los apartados sucesivos se exponen procedimientos aplicables a cada una de las etapas citadas en el diagrama de flujo anterior. Cada apartado se inicia con el esquema de una etapa en el que se muestran los elementos que la constituyen y se referencian con números aquéllos cuyo desarrollo está incluido en este Apéndice. Únicamente se han desarrollado los elementos que requieren una elaboración técnica compleja, dejando sin tratar aspectos cuyo significado o importancia en el proceso de evaluación se considera de conocimiento generalizado por cualquier técnico de prevención y que, por lo tanto, no precisan de una explicación detallada.

## OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN ACERCA DE LA EXPOSICIÓN

Los aspectos significativos de esta etapa son los datos relativos a los agentes químicos en lo que respecta al procedimiento de medición de la concentración ambiental y los valores límite aplicables, la duración de las exposiciones y el número de trabajadores expuestos.



En los apartados 1 y 2 se hacen consideraciones a tener en cuenta sobre los procedimientos de medición y sobre la determinación

del número de trabajadores en los que se practicarán las mediciones de la concentración ambiental.

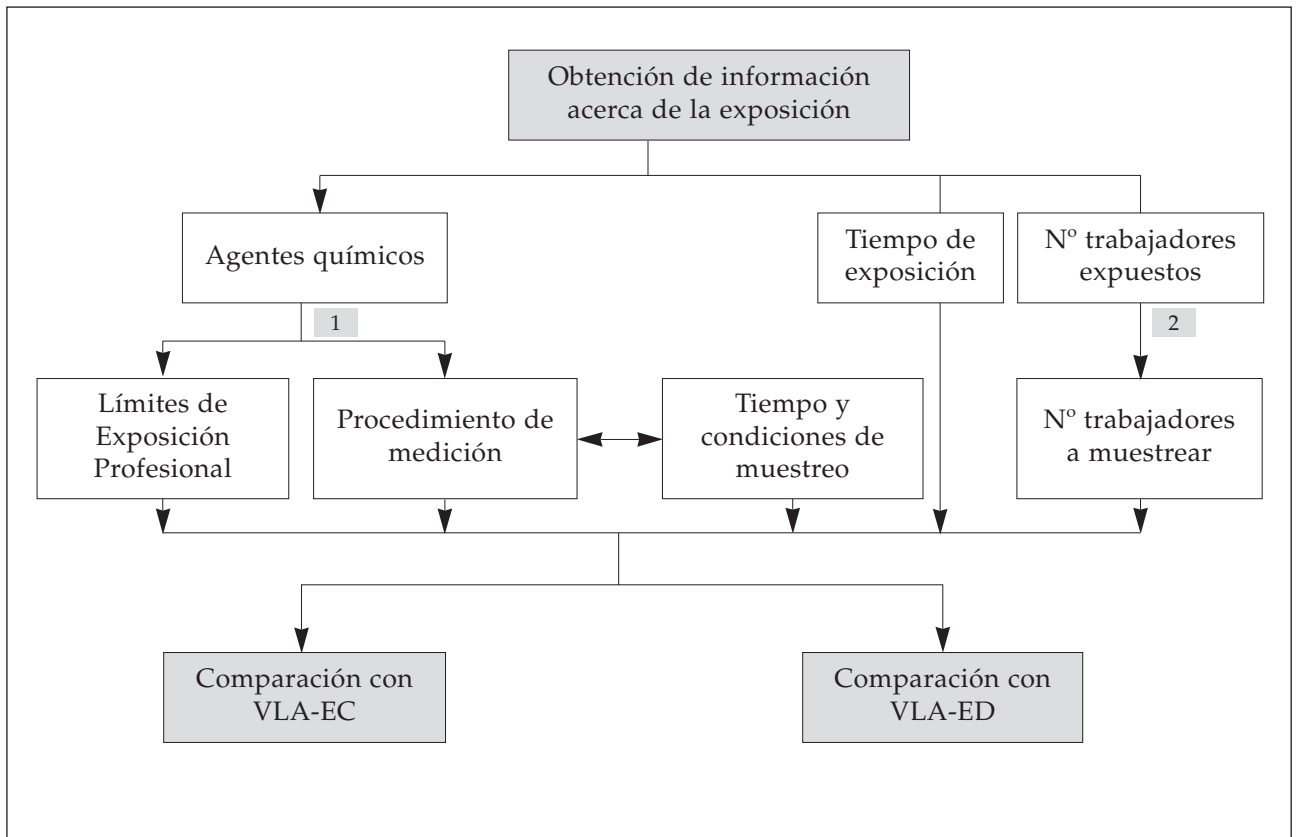


Figura - 2.

### Datos de los agentes químicos 1

La identificación del agente o los agentes objeto de la evaluación, el conocimiento de lo que indica el criterio de valoración al respecto (normalmente se utilizarán los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España) y los procedimientos de medición de la concentración ambiental así como los efectos sobre la salud y su posible aditividad si hay más de un agente, condicionan el tiempo de muestreo y el parámetro a determinar (normalmente, concentración ponderada de una jornada referida a 8 horas o concentración ponderada de los periodos de 15 minutos de exposición máxima).

El método analítico (ver Apéndice 5 de esta Guía) proporcionará los datos relevantes sobre la posibilidad de muestrear diferentes agentes en una misma muestra y sobre el tiempo de muestreo o el volumen de aire a muestrear.

Si la concentración esperada es pequeña, debe calcularse el tiempo mínimo de duración de la

muestra a partir del límite de cuantificación del método analítico con la expresión:

$$T_{\text{muestra}} = \frac{\text{Límite de cuantificación}}{\text{VLA-ED} \times q}$$

Siendo VLA el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria y  $q$  el caudal del muestreador. Expresando el Límite de cuantificación analítico en  $\mu\text{g}/\text{muestra}$ , el VLA en  $\mu\text{g}/\text{litro}$  y el caudal del muestreador  $q$  en litros/minuto, el tiempo mínimo de duración de la muestra se expresa entonces en minutos.

En general este cálculo es innecesario, porque el límite de cuantificación es suficientemente pequeño frente al valor VLA-ED, y casi siempre es posible hacer una comparación válida con el VLA-ED incluso cuando no se detecta la presencia del agente en la muestra.

Cuando el agente químico dispone de VLA-EC, el tiempo de duración de muestreo es necesariamente de 15 minutos, por lo que el requisito en este caso es que el límite de cuantificación cumpla la condición:

Límite de cuantificación  $\leq \text{VLA-EC} \times q \times 15$

En higiene industrial las mediciones de las concentraciones ambientales deben ser de tipo personal. Esto quiere decir que el instrumento que mide o recoge muestras debe ser portado por el individuo que trabaja. Se pueden establecer lógicas excepciones y aceptar mediciones estáticas (instrumentos instalados en un determinado lugar) cuando lo que se pretende es la confirmación de algunas hipótesis mediante datos aproximados o midiendo en condiciones extremas. También puede ser necesaria la medición estática cuando el sistema o el soporte de las muestras lo haga necesario (elutriadores de gran tamaño y caudal, impingers, etc.).

En el muestreo personal, además de que el instrumental sea portátil y autónomo, se debe cumplir el requisito de que el soporte de retención, sonda de medición, sensor, etc, esté situado en la zona de respiración del individuo (ver Apéndice 1). En la práctica se traduce en colocarlo en la solapa, lo más cerca posible del cuello.

**Número de trabajadores a muestrear por puesto de trabajo. Grupos homogéneos de exposición (GHE) 2**

La existencia de varias personas que realizan tareas similares en condiciones ambientales parecidas, plantea la posibilidad de realizar mediciones de la exposición a una parte de ellos y ahorrar medios, considerando que la exposición es común a todos. Los resultados son considerados entonces como correspondientes a una única exposición y se tratan como tales. El grupo de trabajadores se denomina entonces Grupo Homogéneo de Exposición (GHE). La experiencia muestra que es frecuente que la varia-

ción entre las exposiciones de varios individuos que aparentemente forman un GHE es grande y, por tanto, deberían evaluarse de forma individual. La hipótesis de que un grupo de trabajadores constituye un GHE debe confirmarse experimentalmente. La norma UNE-EN 689 recomienda descartar del GHE aquellos individuos cuya concentración hallada no está comprendida entre la mitad y el doble de la media aritmética del grupo (se entiende que se refiere a datos individuales dentro del grupo). Considerando una distribución logarítmico-normal de los resultados, esta regla supone aceptar una dispersión máxima de los valores expresada como GSD (desviación estándar geométrica)  $\leq 2$  aproximadamente. *Dicha norma recomienda elegir un mínimo de 1 trabajador por cada 10 que constituyan un GHE.*

Leidel y col (1977) razonan la elección del número de trabajadores a muestrear, entre un GHE, bajo la hipótesis de que, en el grupo muestreado al azar, se encuentre al menos uno de los trabajadores de exposición más alta. Para ello utiliza los principios de la distribución hipergeométrica

$$p = \frac{\binom{N_0}{x} \binom{N - N_0}{n - x}}{\binom{N}{n}} ; \text{donde } \binom{N}{n} = \frac{N!}{n!(N - n)!}$$

y n es el número de trabajadores que se muestrean,  $N_0$  el número de trabajadores de mayor exposición dentro del GHE, N es el total del GHE y p es la probabilidad de que, entre los n muestreados, se incluyan x de los  $N_0$  de mayor exposición.

En la tabla 1 se indican los trabajadores a muestrear (n) en un grupo de N trabajadores, para que al menos incluya a uno de los  $N_0$  de máxima exposición.

**TABLA 1**  
**Nº DE TRABAJADORES A MUESTREAR PERTENECIENTES A UN GHE**

N	8	9	10	11-12	13-14	15-17	18-20	21-24	25-29	30-37	38-49	50	> 50	$N_0=0,1N$
n	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	22	$P=0,1$
N	12	13-14	15-16	17-18	19-21	22-24	25-27	28-31	32-35	36-41	42-50	>50		$N_0=0,1N$
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	29		$P=0,05$
N	6	7-9	10-14	15-26	27-50	>50								$N_0=0,2N$
n	5	6	7	8	9	11								$P=0,1$
N	7-8	9-11	12-14	15-18	19-26	27-43	44-50	>50						$N_0=0,2N$
n	6	7	8	9	10	11	12	14						$P=0,05$

Extraído de Leidel, Busch y Lynch. Occupational Exposure Sampling Strategy. NIOSH, 1977.

Por ejemplo si de un GHE de 50 trabajadores ( $N=50$ ) se eligen al azar 18 ( $n=18$ ) sobre los que realizar la medición de la concentración ambiental, la probabilidad de muestrear al menos uno de los 5 ( $N_0=0,1 \times N=5$ ) de máxima exposición es del 90% ( $1-p=0,90$ ) o lo que es lo mismo, se deben muestrear 18 ( $n=18$ ) trabajadores de un GHE de 50 ( $N=50$ ) si se pretende tener una probabilidad reducida del 10% ( $p=0,1$ ) de que entre los 18 no se encuentre ninguno del 10% correspondiente a la máxima exposición ( $N_0=0,1 \times N=5$ ).

### COMPARACIÓN CON VLA-ED

La evaluación del riesgo por inhalación por comparación con el VLA-ED requiere obtener el

valor de la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED). Ahora bien, debido a condicionantes tecnológicos de los sistemas de medición, los tiempos de duración de cada medición individual son muy inferiores al tiempo de exposición diario del trabajador, en consecuencia la primera cuestión a responder es el número de mediciones que deben realizarse en una jornada, el valor de ED se calculará a partir de los resultados de esas muestras. En el apartado 3 se hacen consideraciones a tener en cuenta al respecto.

Muy relacionado con lo anterior están las decisiones respecto al momento en que ejecutar las mediciones y su distribución a lo largo de la jornada. Normalmente a esta planificación se la denomina "estrategia de medición", se desarrolla en el apartado 4.

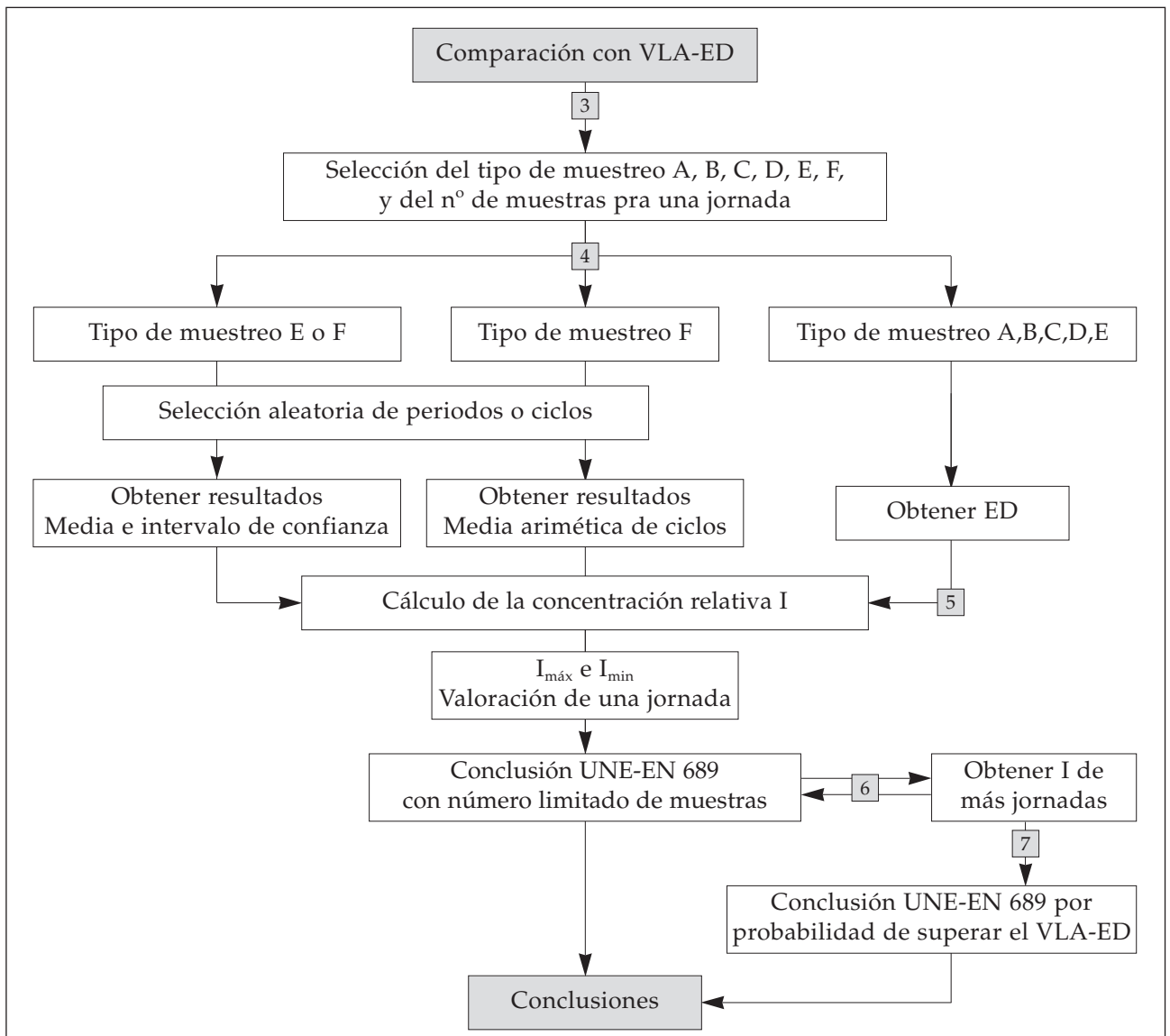


Figura - 3.

En los apartados 5, 6 y 7 se desarrollan los criterios aplicables a la comparación de los valores de concentración ambiental obtenidos con los valores límite VLA-ED y los procedimientos de toma de decisiones apoyados en esa comparación.

### Número mínimo de muestras por jornada 3

Vendrá fijado por el tiempo de duración individual de las mediciones y la planificación de las mediciones según los modelos que se recogen en el apar-

tado siguiente. Como criterio orientativo, se puede utilizar el que propone la norma UNE-EN 689, válido cuando el periodo de exposición es uniforme (no se esperan fluctuaciones importantes de concentración). Se basa en obtener un número de mediciones que representen, como mínimo, el 25% del tiempo de exposición. Aplicando criterios estadísticos, se puede reducir el número de mediciones de forma que los resultados ofrezcan fiabilidad suficiente. El número mínimo de ellas es función del tipo de medición. La tabla 2 recoge la recomendación UNE-EN.

**TABLA 2**  
**Nº MÍNIMO DE MEDICIONES POR JORNADA (UNE-EN 689, ANEXO A)\***

Tiempo de duración de la muestra	Ejemplos de tipo de medición	Nº de muestras necesario para abarcar el 25% de la exposición (supuestas 8 horas)	Nº mínimo de muestras recomendado por UNE-EN 689
10 segundos	Equipos de lectura directa. Medición puntual.	720	30
1 minuto	Tubos detectores de corta duración (tubos colorimétricos)	120	20
5 minutos	Tubos detectores de corta duración	24	12
15 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores. etc.	8	4
30 minutos	Tubos adsorbentes (carbón activo, gel de sílice). Borboteadores. etc.	4	3
1 hora	Filtros para muestreo de aerosoles	2	2
2 horas	Filtros para muestreo de aerosoles	1	1

\* La exposición debe ser uniforme.

### Tipos de muestreo en una jornada de trabajo 4

La concentración media ponderada correspondiente a una jornada de trabajo se puede obtener midiendo durante la duración total de la jornada laboral o estimándola a partir de mediciones de duración inferior.

Es un hecho comprobado que la concentración ambiental en un puesto de trabajo varía de forma aleatoria a lo largo de la jornada laboral y de una jornada a otra. Esto es motivado por variaciones no detectables en las condiciones de trabajo, formas de realización de las tareas, tiempos dedicados a cada tarea, corrientes de aire, movimientos de los trabajadores, etc.

Los resultados deben ser representativos de la exposición, esto significa que las concentraciones halladas deben corresponderse con las que existen en el puesto de trabajo. Para ello se definen diferentes formas de realizar la medición. En la figura 4 se esquematizan varios modelos de planificación de las mediciones para obtener el valor de la concen-

tración media de una jornada. Siempre que sea posible la duración de las muestras se adaptará a las distintas fases o tareas de trabajo, así se obtiene por una parte mayor información sobre los focos de contaminación y, por otra, los resultados de las muestras correspondientes a cada tarea corresponderán a periodos en principio de menor variabilidad.

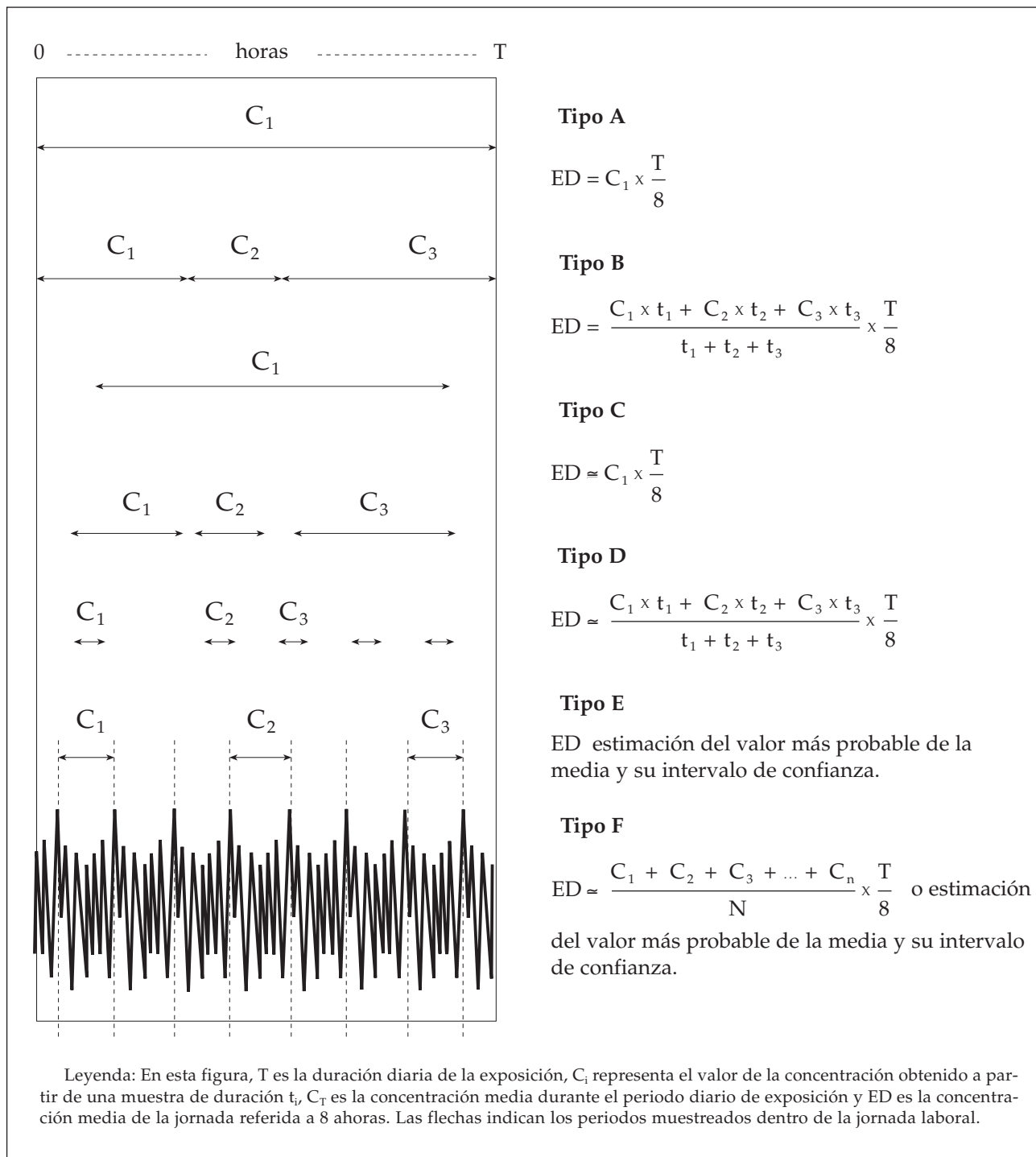


Figura 4 - Tipos de muestreo en una jornada de trabajo.

Los modelos tipo A y B suponen la toma de muestras durante la totalidad de la jornada laboral. Ambos son preferibles a cualquier otro, dado que aportan mayor información sobre la exposición. El tipo A supone la toma de una muestra de duración igual al periodo de exposición. El tipo B implica cubrir el periodo de exposición con dos o más muestras consecutivas. Este segundo tipo de muestreo es el más recomendable pues permite detectar mejor, en su caso, la contaminación accidental de una muestra y las variaciones de la concentración durante la exposición.

#### *Ejemplo de tipo de muestreo B*

Se toman cuatro muestras consecutivas de polvo de talco (sin amianto) de duración 2; 1,5; 2 y 1 horas, respectivamente. Los resultados deducidos de los análisis de los filtros son 1,8 mg/m<sup>3</sup>; 0,5 mg/m<sup>3</sup>; 1,0 mg/m<sup>3</sup> y 2,5 mg/m<sup>3</sup>. ¿Cuál es la concentración media correspondiente al periodo total de muestreo?

Suponiendo que los periodos muestreados abarcan la totalidad de la exposición a polvo de talco, ¿cuál es la concentración media ponderada referida a 8 horas?

La concentración media ponderada en el tiempo para el periodo de muestreo será:

$$C_T = \frac{[2 \times 1,8 + 1,5 \times 0,5 + 2 \times 1 + 1 \times 2,5]}{2 + 1,5 + 2 + 1} = 1,36 \text{ mg/m}^3$$

La concentración media ponderada referida a 8 horas (ED) será:

$$ED = \frac{[2 \times 1,8 + 1,5 \times 0,5 + 2 \times 1 + 1 \times 2,5]}{2 + 1,5 + 2 + 1} \times \frac{2 + 1,5 + 2 + 1}{8} = 1,12 \text{ mg/m}^3$$

Los modelos de medición tipo C y D suponen muestrear parte de la exposición total de la jornada (entre el 70% y el 80% de la jornada) suponiendo que la concentración media de ese periodo es extrapolable a la de la totalidad de la exposición. Como en el caso anterior el muestreo tipo C se refiere a una sola muestra y el D, a varias consecutivas.

La diferencia sustancial de estos tipos con los anteriores es que en los modelos A y B la duración de los periodos muestreados coincide con la duración diaria de la exposición, mientras que en los modelos C y D los periodos muestreados son más cortos que la duración diaria de la exposición. Para que estos tipos de muestreo (C y D) sean representativos de la exposición diaria es necesario que durante el periodo de tiempo no muestreado las condiciones sean similares a las del periodo muestreado.

#### *Ejemplo de muestreo tipo D*

Se toman cuatro muestras consecutivas de polvo de talco (sin amianto) de duración 2; 1,5; 2 y 1 horas, respectivamente. Los resultados que arroja el análisis de los filtros son 1,8 mg/m<sup>3</sup>, 1,5 mg/m<sup>3</sup>, 1,3 mg/m<sup>3</sup> y 1,2 mg/m<sup>3</sup>. Suponiendo que la duración diaria de la exposición a polvo de talco sea de 7,5 horas, y que durante la hora no muestreada las condiciones de trabajo sean similares a las existentes durante el muestreo, ¿Cuál es la concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas?

En este caso la concentración media deducida de los resultados se toma como el valor medio durante el periodo de exposición:

$$C_T = \frac{[2 \times 1,8 + 1,5 \times 1,5 + 2 \times 1,3 + 1 \times 1,2]}{2 + 1,5 + 2 + 1} = 1,48 \text{ mg/m}^3$$

y la concentración media ponderada referida a 8 horas (ED) será:

$$ED = 1,48 \times \frac{7,5}{8} = 1,39 \text{ mg/m}^3$$

Nótese que para el cálculo de ED siempre hay que considerar el tiempo diario de exposición que en los casos de muestreos de tipo C o D es mayor que la duración de los periodos muestreados.

Una variante de los muestreos de tipo B o D que puede resultar útil en algunas ocasiones consiste en determinar las operaciones o tareas que desarrolla el trabajador a lo largo de la jornada laboral y muestrear cada operación durante un tiempo inferior a su duración (podría ser el caso de tener que aplicar un método de toma de muestras cuya duración máxima recomendada fuera inferior a la duración de la operación que se desea muestrear). El procedimiento de cálculo de la concentración media de la exposición sería similar al expuesto

para estos tipos de muestreo, pero con la precaución de utilizar en los cálculos la duración de la operación y no la duración del muestreo.

### Ejemplo

En un taller de reparación de calzado se ha determinado que un trabajador ocupa su jornada con las tareas y duraciones individuales que se indican en la tabla I. Para evaluar la exposición a n-hexano se han realizado muestreos de la concentración ambiental en zona respiratoria con tubos de carbón activo con las duraciones y resultados que también se indican a continuación.

Determinar la concentración ponderada y la exposición diaria a n-hexano.

Tarea	Duración diaria de la exposición	Duración de la muestra	Concentración medida
Reparaciones con disolvente	3,5 horas	60 minutos	650 ppm
Reparaciones sin disolvente	3,0 horas	60 minutos	500 ppm
Trabajos auxiliares en el taller de reparación	1,5 horas	20 minutos	200 ppm
Otras tareas fuera del taller de reparación	1,0 horas	10 minutos	50 ppm

La concentración promedio ponderada durante la jornada será:

$$C_T = \frac{3,5 \times 650 + 3,0 \times 500 + 1,5 \times 200 + 1,0 \times 50}{3,5 + 3,0 + 1,5 + 1,0} = 458 \text{ ppm}$$

Como se puede apreciar, a cada resultado de concentración se le ha asociado el tiempo de duración de la exposición, no el tiempo de duración de la medición.

La ED correspondiente a esa jornada será:

$$ED = 458 \frac{9}{8} = 515 \text{ ppm}$$

ya que la duración diaria de la exposición es de 9 horas.

En cualquier caso el resultado de los muestreos tipo A, B, C o D es la concentración media ponderada durante el periodo diario de exposición, por ello es habitual identificar estos modelos de muestreo como "muestreos de jornada completa". El valor de ED deducido a partir de la concentración media ponderada durante el periodo de exposición y la duración de ese periodo se puede comparar con el valor límite VLA-ED.

Si sólo se dispone de un valor de ED, éste representa una sola jornada de trabajo. Considerar que el resultado obtenido en una jornada es válido para el resto de días es muy arriesgado, ya que la concentración ambiental, por repetitivo que sea el trabajo un día tras otro, varía mucho entre jornadas, por lo que en general es preceptivo medir en varias jornadas. Si se desea comparar el valor de ED de una jornada con el VLA-ED, se deben tener en cuenta los errores aleatorios que conllevan la metodología analítica y los instrumentos de muestreo.

Se puede emplear como indicador de la dispersión de los resultados debidos a los errores aleatorios la desviación típica relativa (también denominada "coeficiente de variación") del método de análisis ( $CV_A$ ) más la correspondiente al muestreador ( $CV_M$ ), en tanto por uno, que es la desviación típica relativa total ( $CV_T$ ), y proceder como se propone en el documento de Leidel y col. (1977), anteriormente mencionado. Para el cálculo del  $CV_T$  se procede según la expresión:

$$CV_T = \sqrt{CV_M^2 + CV_A^2}$$

Cuando no se disponga de datos específicos del sistema de medición utilizado, se pueden tomar los valores de CV indicados en la tabla 3:

**TABLA 3**  
**VALORES APROXIMADOS DEL COEFICIENTE DE VARIACIÓN PARA**  
**PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN. LEIDEL Y COL. (1977)**

Sistema de medición o procedimiento analítico	CV
Tubos detectores de corta duración	0,14
Muestreadores personales (sólo toma de muestras)	0,05
Tubos adsorbentes de carbón activo (toma de muestras y análisis)	0,10
Polvo respirable excepto polvo de carbón (toma de muestras y gravimetría)	0,09
Polvo total (toma de muestras y análisis)	0,05

El procedimiento puede ser el que se muestra a continuación, para un nivel de confianza del 90% .

Se calcula primero el índice de exposición definido como:

$$I = ED / VLA-ED,$$

Para calcular el intervalo de confianza del valor de I se pueden utilizar los siguientes procedimientos:

Caso 1. Sólo se dispone de una muestra representativa de todo el periodo de exposición (muestreo tipo A o C), los valores del extremo del intervalo se obtienen según las expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \times CV_T \quad e \quad I_{\min} = I - 1,645 \times CV_T$$

Caso 2. Se dispone de varias muestras consecutivas en exposición uniforme (muestreo tipo B ó D), los valores del extremo del intervalo se obtienen según las expresiones:

$$I_{\max} = I + 1,645 \times CV_T \times \frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} \quad e \quad I_{\min} = I - 1,645 \times CV_T \times \frac{\sqrt{t_1^2 + t_2^2 + \dots + t_n^2}}{t_1 + t_2 + \dots + t_n} ;$$

$$\text{si } t_1 = t_2 = \dots = t_n$$

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \times CV_T}{\sqrt{n}} \quad e \quad I_{\min} = I - \frac{1,645 \times CV_T}{\sqrt{n}}$$

Caso 3. Se dispone de varias muestras consecutivas en exposición no uniforme:

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \times CV_T \times \sqrt{t_1^2 \times C_1^2 + \dots + t_n^2 \times C_n^2}}{VLA-ED \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}} \quad e \quad I_{\min} = I - \frac{1,645 \times CV_T \times \sqrt{t_1^2 \times C_1^2 + \dots + t_n^2 \times C_n^2}}{VLA-ED \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}}$$

$$\text{si } t_1 = t_2 = \dots = t_n$$

$$I_{\max} = I + \frac{1,645 \times CV_T \times \sqrt{C_1^2 \times C_1^2 + \dots + C_n^2 \times C_n^2}}{VLA-ED \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}} \quad e \quad I_{\min} = I - \frac{1,645 \times CV_T \times \sqrt{C_1^2 \times C_1^2 + \dots + C_n^2 \times C_n^2}}{VLA-ED \times (t_1 + \dots + t_n) \times \sqrt{1 + CV_T^2}}$$



En cualquier caso, el verdadero valor de  $I$  está incluido en el intervalo comprendido entre  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  con una probabilidad del 90%, la indeterminación es consecuencia de los errores aleatorios inevitables en cualquier procedimiento experimental como es la medida de una concentración ambiental y no tiene ninguna relación con la variabilidad de la concentración ambiental a la que nos hemos referido anteriormente.

Cuando  $I_{\min}$  e  $I_{\max}$  se sitúan por debajo y por encima de uno, respectivamente, significa que el error asociado al procedimiento de medida no permite obtener ninguna conclusión válida sobre si la ED del día muestreado es superior o inferior al valor VLA-ED. Se puede optar en este caso por repetir el muestreo en días sucesivos, o decidir en función del valor medio de  $I$ .

Cuando se dispone de datos de más de una jornada, el tratamiento estadístico engloba ya los errores del muestreo y análisis de las muestras. La distribución estadística de los errores del procedimiento de medida queda integrada en la distribución global de los datos.

El modelo de medición tipo E se basa en tomar muestras de igual duración, repartidas de forma aleatoria durante la jornada laboral. El tratamiento estadístico de los resultados (distribución logarítmico-normal) permite estimar el valor más probable de la media del periodo de exposición y se obtiene a partir del valor de la media geométrica de los resultados, corrigiéndola con un factor que es función del número de muestras y de la desviación estándar geométrica de los resultados, tal como se explica en la Nota Técnica de Prevención NTP-347. Debe tenerse en cuenta, no obstante, que se obtienen mejores resultados cuanto mayor es el número de valores a tratar. Así mismo se puede obtener el intervalo en el que se puede hallar el verdadero valor de la media aritmética con un nivel de confianza conocido (95%).

Un test propuesto por Leidel y col. (1977) permite obtener el intervalo que contiene el verdadero valor de la media aritmética para un nivel de confianza del 90%, (ver NTP-140).

Si la duración diaria de la exposición es de 8 horas, el valor estimado de la media aritmética coincide con ED, en caso contrario, se deberá corregir el valor de la concentración media con el factor T/8 tal como se ha mostrado en los modelos de muestreo anteriores.

### Ejemplo de muestreo tipo E

Se han tomado 7 muestras de cloruro de metileno mediante tubo de carbón activo de igual

duración, en cortos periodos de tiempo (5 minutos), con los siguientes resultados:

20 ppm, 37 ppm, 49 ppm, 26 ppm, 40 ppm, 50 ppm y 36 ppm, respectivamente.

Estimar el valor de la concentración media.

Suponiendo una distribución logarítmico-normal de los valores de las 7 muestras, la estimación de la media de la distribución real puede hacerse mediante el antilogaritmo de la media de los logaritmos de las concentraciones, es decir, el valor de la media geométrica de las concentraciones (MG), corrigiendo posteriormente el resultado multiplicando MG por el valor de la función  $\Phi$ . (Ver figura 5)

$$MG = e^{\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}} = 35,3 \text{ ppm}$$

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}} = 0,332$$

$$GSD = e^{S_L} = 1,39$$

$$\Phi \approx 1,05 \text{ (de la figura 5)}$$

Valor más probable de la media =  $\Phi \times MG = 37 \text{ ppm}$

Siendo  $n$  el número de muestras y  $L_i$  los logaritmos neperianos de las concentraciones.

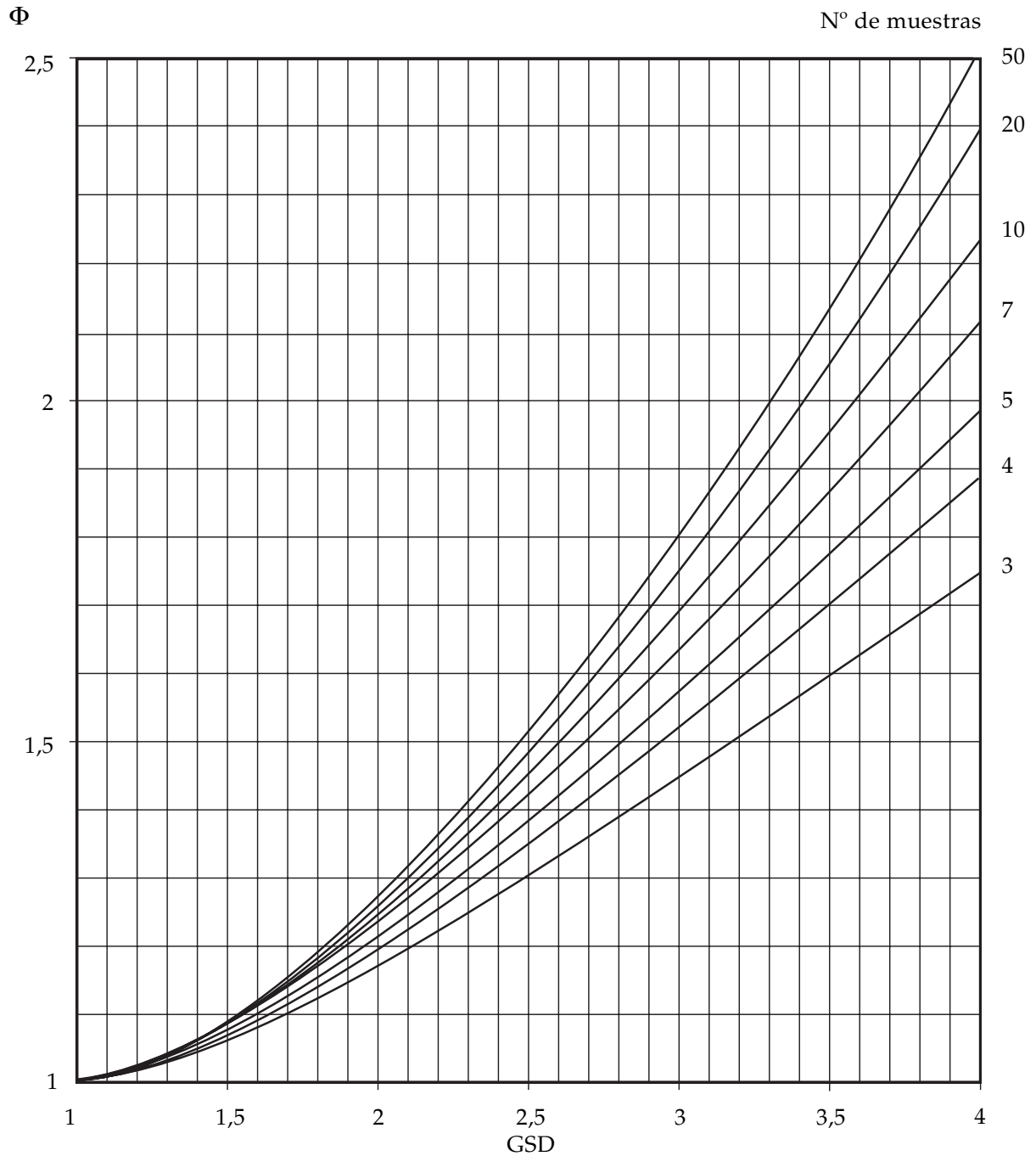
Los límites superior e inferior del intervalo de confianza se hallan a partir de las expresiones:

$$C_{\text{sup}} = MG \times F_{\text{sup}} \text{ y } C_{\text{inf}} = MG \times F_{\text{inf}}$$

Los valores de  $F_{\text{sup}} = 1,6$  y  $F_{\text{inf}} = 0,8$  se obtienen de las figuras 6 y 7, en función del número de muestras y del valor GSD.

$$C_{\text{sup}} = 56,5 \text{ ppm y } C_{\text{inf}} = 28,2 \text{ ppm}$$

La interpretación de los valores de  $C_{\text{sup}}$  y  $C_{\text{inf}}$  es similar a la indicada al comentar el intervalo de confianza de los muestreos de jornada completa, a saber: es el intervalo de concentraciones que contiene el verdadero valor de la concentración media de la exposición con un nivel de confianza del 95%, si bien en este caso el origen de la indeterminación también incluye las variaciones aleatorias de la concentración ambiental a lo largo de la jornada, ya que se trata de muestreos de corta duración. En la práctica este tipo de muestreo sólo es útil en situaciones



El valor más probable de la media se obtiene al multiplicar la media geométrica por el correspondiente valor de  $\Phi$   
 [En la NTP-347 existe un error en esta figura, en este texto se ha adjuntado la figura ya corregida.]

Figura 5 - Valor de la función  $\Phi$ , según la GSD y el número de muestras.

en que los resultados individuales estén muy por debajo o muy por encima del valor VLA-ED, en otras situaciones, debido a que los resultados individuales suelen ser muy variables, se obtiene un

intervalo de confianza muy amplio a partir del cual no es posible llegar a ninguna conclusión. En estos casos se deben planificar otros tipos de muestreo o repetir el muestreo en días sucesivos.

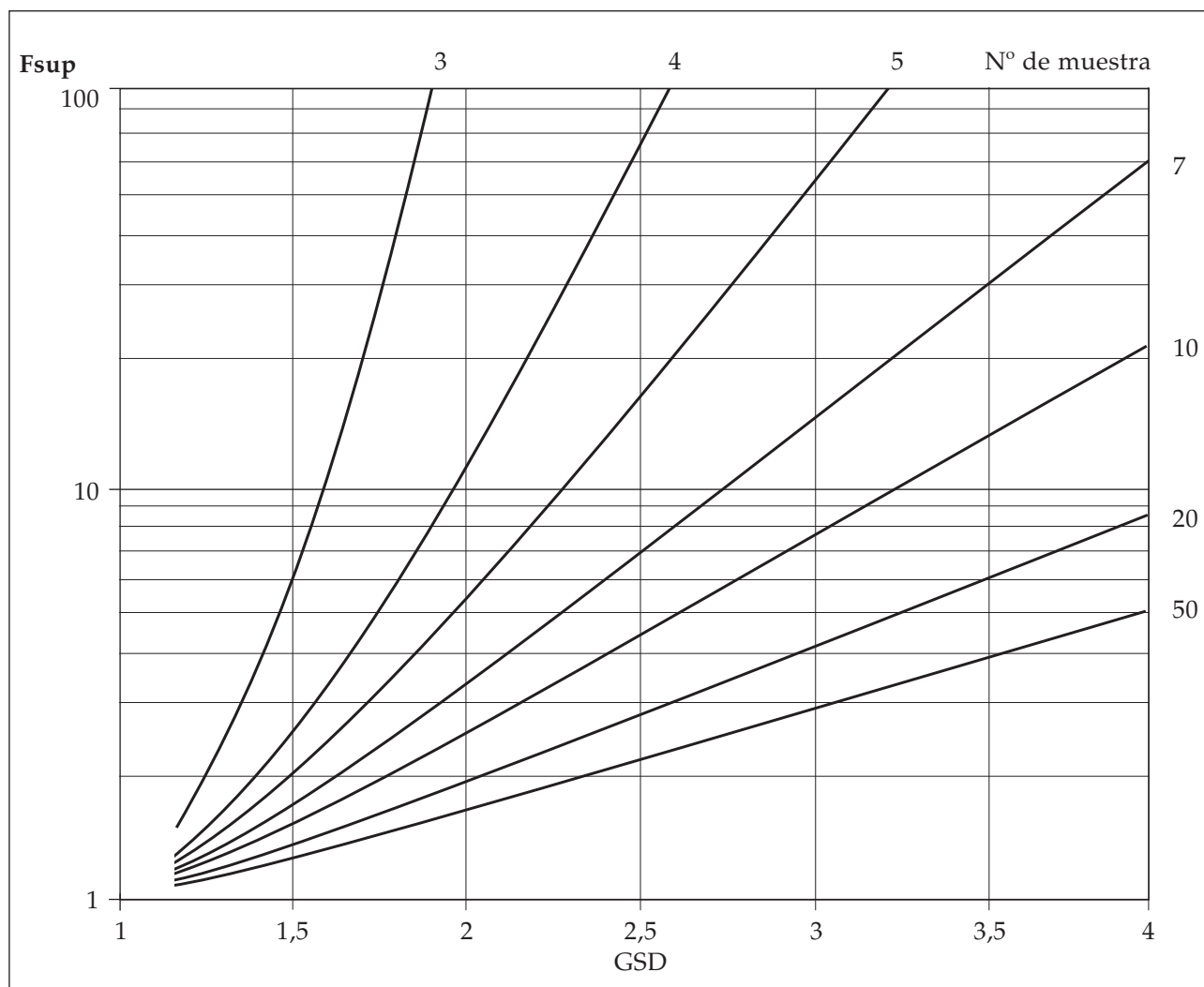


Figura 6 - El límite superior del intervalo en el que se encuentra la media se obtiene al multiplicar la media geométrica por el factor  $F_{sup}$  extraído de esta figura y cuyo valor se indica en el eje de ordenadas.

El modelo de medición tipo F se basa en el muestreo de ciclos de trabajo. El ciclo de trabajo es el conjunto de tareas consecutivas que se repite una y otra vez constituyendo el trabajo del individuo durante la jornada. Aunque no todos los trabajos se pueden descomponer en ciclos, cuando ello es posible la identificación del ciclo de trabajo puede simplificar el muestreo teniendo en cuenta que teóricamente, la concentración media de un ciclo de trabajo (o mejor, la media de varios ciclos) debería aproximarse a la concentración media de la exposición. El periodo de muestreo debe abarcar ciclos completos. Es necesario que los ciclos

comiencen y terminen durante la exposición de la jornada. La concentración media de los ciclos de duración mayor de una jornada (varios turnos o días) no debería ser comparada con el VLA-ED.

Si el tiempo mínimo de duración de las muestras es mayor que el de duración del ciclo, se muestrea durante un número entero de ciclos hasta abarcar un tiempo superior al mínimo de duración de la muestra.

#### *Ejemplo de muestreo tipo F*

Las tareas propias de un puesto de trabajo en el que hay generación de estireno monómero se repi-

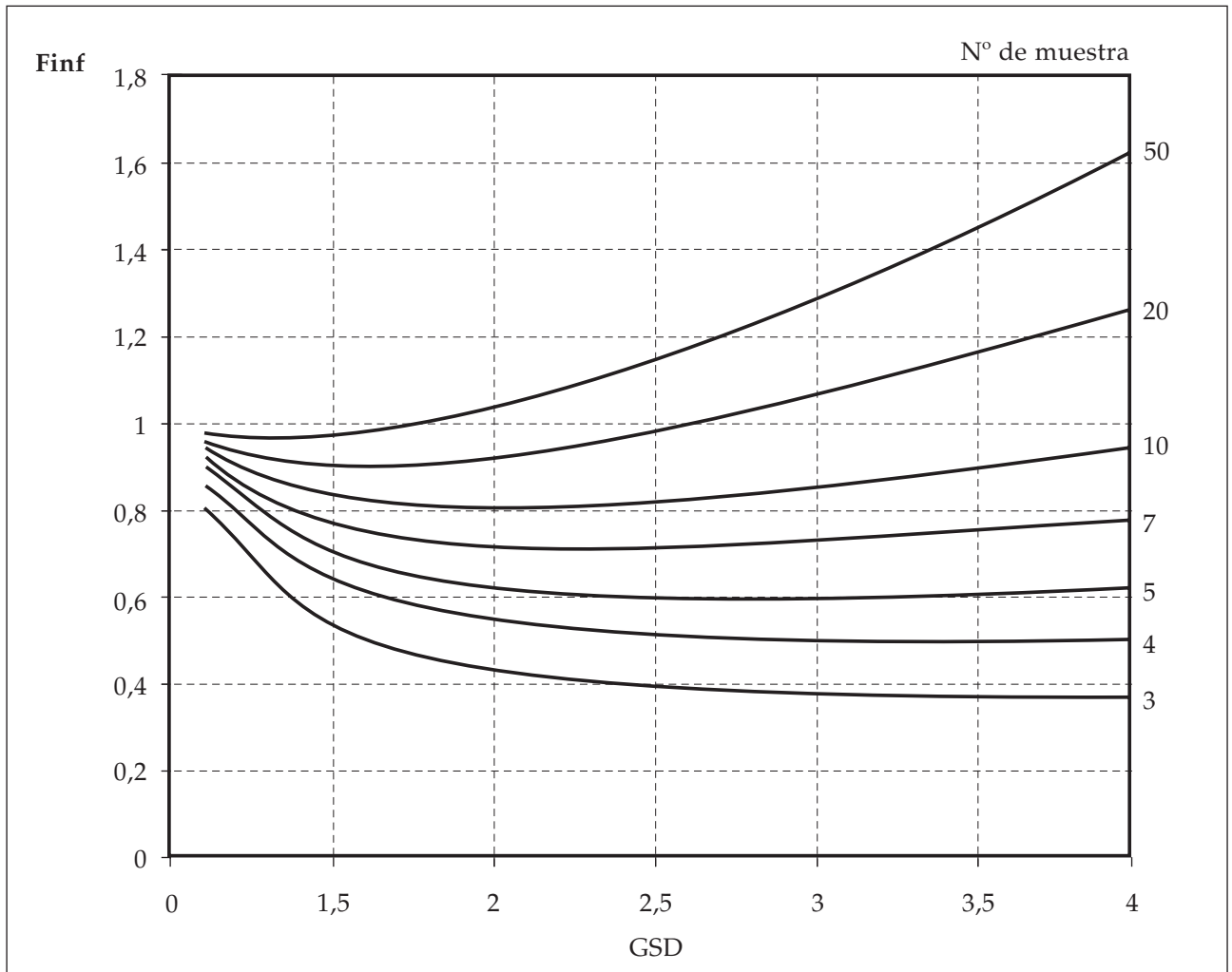


Figura 7 - El límite inferior del intervalo en el que se encuentra la media se obtiene al multiplicar la media geométrica por el factor  $F_{inf}$  extraído de esta figura y cuyo valor se indica en el eje de ordenadas.

ten cíclicamente de forma que cada ciclo consta de 3 operaciones, que duran 10, 12 y 8 minutos, respectivamente, por lo que el ciclo dura 30 minutos. Se han muestreado tres ciclos completos aleatoriamente elegidos, utilizando tubos de carbón activo de 150 mg para cada operación diferente de cada ciclo muestreado. Los resultados son los siguientes:

CICLO	Operación-1 T = 10 min	Operación-2 T = 12 min	Operación-3 T = 8 min
A	10 ppm	20 ppm	15 ppm
B	12 ppm	17 ppm	16 ppm
C	15 ppm	22 ppm	20 ppm

¿Cuál es la concentración media correspondiente a la exposición de la jornada?

La concentración ponderada durante toda la jornada se supone igual a la concentración del ciclo ( $C_c$ ), como disponemos de tres ciclos hallaremos la media de los tres valores siguientes:

$$C_{c-A} = (10 \times 10 + 12 \times 20 + 8 \times 15) / 30 = 15,3 \text{ ppm}$$

$$C_{c-B} = (10 \times 12 + 12 \times 17 + 8 \times 16) / 30 = 15,1 \text{ ppm}$$

$$C_{c-C} = (10 \times 15 + 12 \times 22 + 8 \times 20) / 30 = 19,1 \text{ ppm}$$

$$C_T = (15,3 + 15,1 + 19,1) / 3 = 16,4 \text{ ppm}$$

Este valor se debe multiplicar por el factor  $T/8$  para determinar el valor de ED.

También es posible estimar la concentración media y el intervalo de confianza de la misma como se hizo anteriormente a partir de los tres valores correspondientes a cada uno de los ciclos medidos, es decir, considerando el valor de la concentración media de cada ciclo como

un resultado individual de un muestreo de tipo E.

Es importante llamar la atención sobre el hecho de que en este caso se hace coincidir el periodo de muestreo con la duración de cada operación del ciclo de trabajo, de forma que cada ciclo en el que se han realizado muestreos la duración de los muestreos coincide con la duración del ciclo de trabajo.

### Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Exposición Diaria (VLA-ED) 5

La obtención de la media de la concentración ambiental de una jornada sólo nos da información sobre si se supera o no el VLA-ED ese día. La predicción de lo que va a pasar en los días venideros requiere muestrear varias jornadas. El valor de la concentración ambiental varía en una misma jornada y de una jornada de trabajo a otra, por lo que la concentración media se puede considerar como una variable aleatoria. Los valores de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED) se distribuyen siguiendo una ley logarítmico-normal. Esto significa que son los logaritmos de las concentraciones los que se distribuyen según una ley normal.

En una ley logarítmico-normal los parámetros básicos son la media geométrica y la desviación estándar geométrica. La media geométrica es el antilogaritmo de la media aritmética de los logaritmos, mientras que la desviación estándar es el antilogaritmo de la desviación estándar de la distribución de los logaritmos. El valor de la media geométrica (MG) indica la tendencia central de la distribución y la desviación estándar geométrica (GSD) evidencia la dispersión de la distribución.

La norma UNE-EN 689 "Guía para la evaluación de la exposición a agentes químicos por comparación con el valor límite" propone a nivel informativo (Anexos C y G) dos sistemas de toma de decisiones según el número de jornadas para los que se dispone de valores de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas: En primer lugar, el sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras; y en segundo lugar, el sistema de decisión a partir de un gran número de muestras, que se describen a continuación.

### Sistema de decisión a partir de un pequeño número de muestras ( $n \leq 6$ ). (UNE-EN 689 Anexo C) 6

El sistema de decisión permite que, con un número reducido de muestras, se pueda decidir

sobre si la exposición es aceptable o inaceptable, aunque queda abierta la posibilidad de no alcanzar ninguna de estas dos conclusiones por los motivos ya indicados en la presentación de este apéndice. La sistemática es la siguiente:

1. Obtener una concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED).

2. Dividir ED por el valor límite VLA-ED, obteniendo el índice de exposición de la jornada  $I_1 = ED/VLA-ED$ .

3. Decidir según el resultado de la siguiente forma:

3.1. Si  $I_1 \leq 0,1$ , la exposición es aceptable. Puede considerarse que es improbable que se supere el valor límite en cualquier jornada.

3.2. Si  $I_1 > 1$ , la exposición es inaceptable y debe procederse a corregir la exposición.

3.3. Si  $0,1 < I_1 \leq 1$ , debe procederse a obtener por lo menos dos valores más de ED para disponer de un mínimo de tres índices de exposición ( $I$ ) y seguir el procedimiento en (4).

4. Si  $I_1$  e  $I_2$  e  $I_3$  e ...  $I_n \leq 0,25$ , la exposición es aceptable.

5. Si  $I_1$  o  $I_2$  o  $I_3$  o ...  $I_n > 1$ , la exposición es inaceptable. Corregir la exposición.

6. Si  $I_1$  e  $I_2$  e  $I_3$  e ...  $I_n \leq 1$ , pero no se cumple (4), hallar la media geométrica de los índices

$$MG = \sqrt[n]{I_1 \times I_2 \times \dots \times I_n}$$

7. Si  $MG \leq 0,5$ , exposición aceptable.

8. Si  $MG > 0,5$ , no es posible alcanzar una conclusión definitiva. Puede optarse por obtener un nuevo índice y seguir el procedimiento desde (4), o detener el proceso de evaluación concluyendo la necesidad de establecer un control periódico de la exposición, o bien implantar medidas específicas de prevención y repetir la evaluación después de su puesta en funcionamiento.

Esta metódica, que se basa en las probabilidades de superar el valor límite asumiendo un determinado error, a favor de una filosofía preventiva, no asegura cuál es el valor de la concentración media ponderada ambiental más probable, sino que se limita a establecer, con un grado de fiabilidad elevado, si se superará o no el valor VLA-ED.

Se supone que cada índice de exposición debe proceder de una jornada diferente de muestreo y

que el proceso es repetitivo, esto es, que las condiciones de trabajo no varían sustancialmente de una jornada a otra.

Para que esta metódica no induzca a falsas conclusiones, es necesario que se cumplan las condiciones siguientes:

1. Que cada índice procede de una jornada diferente de muestreo, a poder ser no consecutivas y elegidas al azar.

2. Que el proceso es repetitivo, esto es, que las condiciones de trabajo no varían sustancialmente de una jornada a otra, ni a largo plazo.

3. Que las fases diferenciadas de la exposición se muestrean por separado (operaciones distintas del trabajo).

4. Que los periodos de corta duración se han valorado aparte, si procede, y no se superan los VLA-EC.

### Ejemplo

Se muestrea un agente químico cuyo VLA-ED = 200 ppm, en un puesto de trabajo cuya tarea diaria consta de varias operaciones de diferente duración. Se dispone de los siguientes datos correspondientes a una jornada de trabajo:

Tarea	Duración (min)	Concentración (ppm)
A	100	70
B	200	100
C	50	230
Resto jornada	130	0

Se desea valorar el riesgo higiénico derivado de la exposición.

El valor ED se obtiene como se indicó anteriormente:

$$ED = \frac{100 \times 70 + 200 \times 100 + 50 \times 230 + 130 \times 0}{480} = 80,2 \text{ ppm}$$

$$\text{Índice de exposición } I_1 = \frac{ED}{VLA-ED} = \frac{80,2}{200} = 0,4$$

Dado que  $0,1 < I_1 \leq 1$  se deberán muestrear otras dos jornadas y obtener  $I_2$  e  $I_3$ .

Supongamos que los resultados son los siguientes:

Tarea	Concentración en el 2º día de muestreo (ppm)	Concentración en el 3º día de muestreo (ppm)
A	80	65
B	120	110
C	200	210
Resto jornada	0	0

$$ED_2 = \frac{100 \times 80 + 200 \times 120 + 50 \times 200 + 130 \times 0}{480} = 87,5 \text{ ppm}$$

$$ED_3 = \frac{100 \times 65 + 200 \times 110 + 50 \times 210 + 130 \times 0}{480} = 81,3 \text{ ppm}$$

calculando los correspondientes índices

$$I_2 = \frac{ED_2}{VLA-ED} = \frac{87,5}{200} = 0,44$$

$$I_3 = \frac{ED_3}{VLA-ED} = \frac{81,3}{200} = 0,41$$

A partir de los tres índices disponibles se observa que no se cumple,  $I_1$  e  $I_2$  e  $I_3 \leq 0,25$ ; pero sí es cierto que  $I_1$  e  $I_2$  e  $I_3 \leq 1$ , por lo que se calcula la media geométrica de los tres índices:

$$MG = \sqrt[3]{I_1 \times I_2 \times I_3} = \sqrt[3]{0,4 \times 0,44 \times 0,41} = 0,42$$

se puede considerar que la exposición es aceptable.

### Sistema de decisión a partir de un gran número de muestras (n>6) 7

Cuando se dispone de mayor número de muestras, se recomienda más de 6, es posible aplicar una mecánica basada en la suposición de que los resultados (ED) se distribuyen de forma logarítmico-normal, y se pueden ajustar a una recta en un gráfico cuyo eje de abscisas tenga una escala de % de probabilidad acumulada de la ley normal y el de ordenadas indique valores de ED en una escala logarítmica.

El punto de corte de la recta ajustada con la horizontal correspondiente al valor límite indica en el eje de abscisas la probabilidad (P) en porcentaje de que no se supere el valor límite en una jornada de trabajo, el complementario a 100 es, por el contrario, la probabilidad de superar el valor límite (100-P).

Se propone, como criterio de decisión (UNE-EN 689), la clasificación en tres niveles:

a) Si  $(100-P) \leq 0,1\%$ . Zona verde. **Exposición aceptable.** Considerar controlada la exposición.

b) Si  $0,1\% < (100-P) \leq 5\%$ . Zona amarilla. **Indeterminación.** Planificar muestreos periódicos.

c) Si  $(100-P) > 5\%$ . Zona roja. **Exposición inaceptable.** Proceder a corregir las condiciones.

La mecánica del sistema del ajuste gráfico y su explotación se practica como ya se indicó, de la siguiente forma:

1. Se ordenan los datos de las ED de menor a mayor y se les asigna el ordinal correspondiente (n) empezando por el 1.

2. Se asigna un valor en el eje de abscisas (% probabilidad) a cada valor de ED de forma que,

% probabilidad =  $\frac{n - 0,5}{N} \times 100$ , donde N es el número de valores.

3. Se le asigna a cada punto un valor de ordenadas igual a su valor de ED.

4. Se ajusta la mejor recta a los puntos sobre el gráfico de probabilidad.

5. Se dibuja la horizontal correspondiente al VLA-ED.

6. Se lee el valor en abscisas del punto de corte de la horizontal del valor límite y la recta ajustada. Este valor es la probabilidad de no superar el valor límite en cualquier jornada de trabajo.

7. El valor de la media geométrica de las ED es el correspondiente al valor del punto de la recta que tiene  $P = 50\%$ .

8. El valor de la GSD se obtiene dividiendo el valor de la ED correspondiente a  $P = 84\%$  por el valor correspondiente a  $P = 50\%$ , la GSD es, pues, la pendiente de la recta de manera que, cuanto más dispersos son los valores de las concentraciones halladas, mayor es la pendiente.

Cuando los puntos se ajustan difícilmente a una recta, es posible que existan dos o más exposiciones diferentes, de forma que los factores que justifican la variación de las concentraciones generen distribuciones diferentes que deben ser tratadas por separado.

Para representar gráficamente los resultados tal como se ha indicado, cuando existe más de un agente, cuyos efectos puedan considerarse aditivos, se ajustan los índices de exposición globales en vez de las concentraciones, buscando la intersección de la recta de ajuste con la horizontal de valor 1. ( $I = 1$  implica que  $ED = VLA-ED$ ). Si la disposición gráfica de la escala logarítmica lo aconseja, también se pueden multiplicar los índices por 100 y cruzar la recta con la horizontal  $I = 100$ .

### Ejemplo

Se realizan muestreos ambientales de vapores orgánicos en una exposición a disolventes con los siguientes resultados de concentración ponderada durante toda la jornada referida a un periodo de 8 horas (ED):

Jornada	Tolueno (mg/m <sup>3</sup> )	MEK (metil etilcetona) (mg/m <sup>3</sup> )
1	29	18
2	60	25
3	70	40
4	80	60
5	95	80
6	50	30
7	30	10
8	35	12
9	72	33
10	55	20

Se desea valorar el riesgo derivado de la exposición simultánea a Tolueno y Metiletilcetona.

Por tratarse de agentes químicos con posibles efectos aditivos los índices globales se obtienen sumando los respectivos índices parciales del Tolueno ( $VLA-ED = 191 \text{ mg/m}^3$ ) y MEK ( $VLA-ED = 600 \text{ mg/m}^3$ ) en cada jornada.

Con ellos se ajusta la recta en un gráfico lognormal como se indica.

ED Tolueno (mg/m <sup>3</sup> )	ED MEK (mg/m <sup>3</sup> )	I <sub>tolueno</sub>	I <sub>MEK</sub>	I <sub>global</sub>
29	18	0,15	0,03	0,18
60	25	0,32	0,04	0,36
70	40	0,37	0,07	0,44
80	60	0,42	0,10	0,52
95	80	0,55	0,14	0,69
50	30	0,26	0,05	0,31
30	10	0,16	0,02	0,18
35	12	0,18	0,02	0,20
72	33	0,38	0,06	0,44
55	20	0,29	0,03	0,32

Ordenando de menor a mayor los índices globales se le asigna un % de probabilidad con la expresión  $\% P = 100 \times (n-0,5)/N$ , donde  $N = 10$ , en este caso, y n es el ordinal correspondiente a cada índice global.

% prob.	I <sub>global</sub>
5	0,18
15	0,18
25	0,20
35	0,31
45	0,32
55	0,36
65	0,44
75	0,44
85	0,52
95	0,69

Para ajustar los puntos gráficamente, se ha utilizado la escala de 10 a 100, multiplicando todos los índices por 100 (Figura 8).

La media geométrica es 0,33 y la GSD es 1,59.

El punto en que la horizontal, en este caso correspondiente al valor 100, corta a la recta de ajuste, corresponde al 98,4 % de probabilidad, por lo que la probabilidad de superar el valor límite en un día de exposición es (100-P)=1,6%. En este caso, el criterio reflejado en la norma UNE-EN 689 recomienda planificar un muestreo periódico.

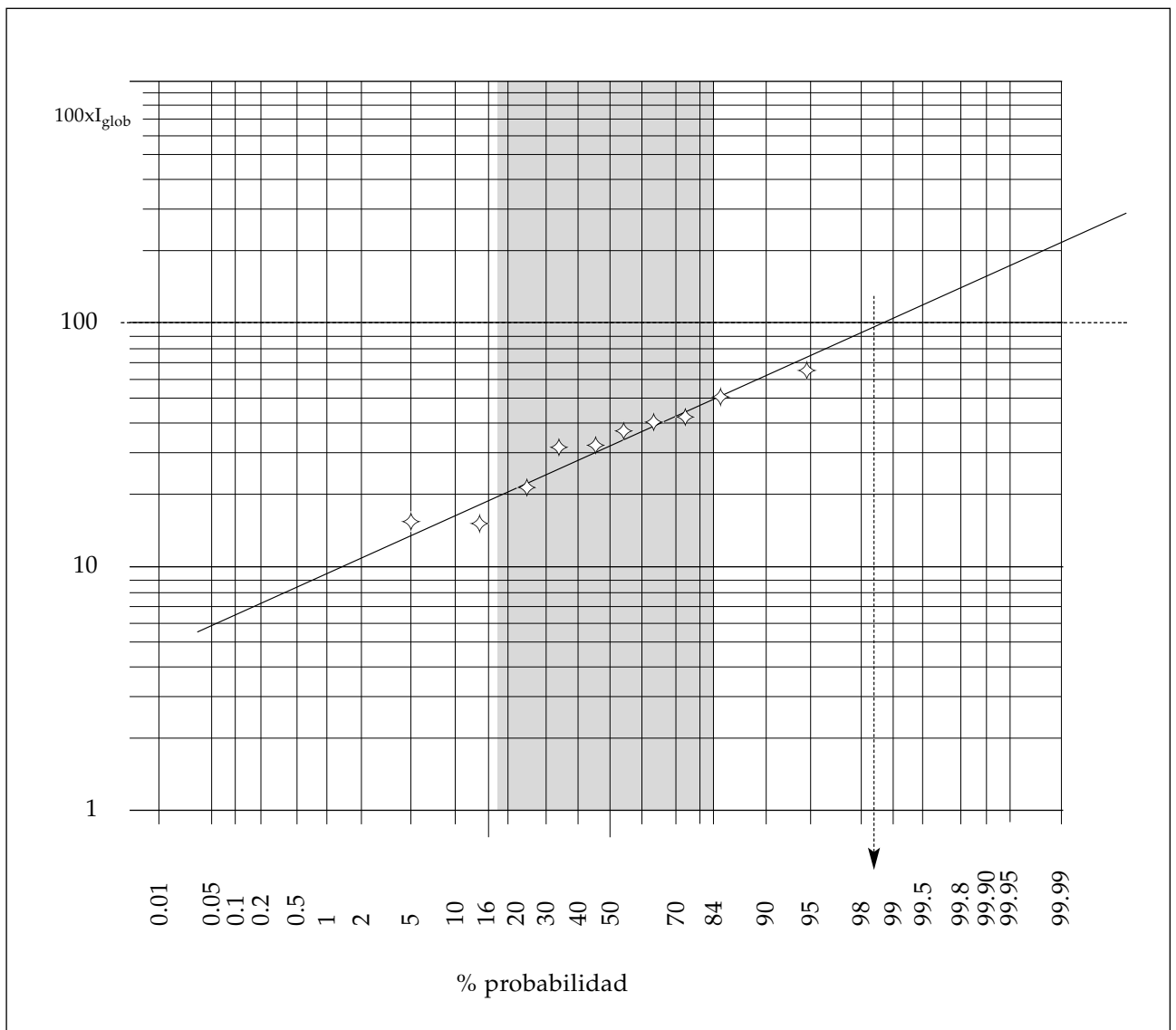


Figura 8 - Probabilidad de que no se supere el VLA-ED en cualquier jornada de trabajo no muestreada.

También es posible utilizar un método analítico en vez de gráfico, si bien en este caso la bondad

del ajuste de los datos a una recta no se pone de manifiesto. El procedimiento consiste en:



1.- Calcular a partir de los valores de ED o de los índices de exposición disponibles los valores de los logaritmos (neperianos o decimales) de MG y GSD con las expresiones:

$$\text{Ln MG} = \frac{\sum_{i=1}^n \text{Ln } I_i}{n}$$

$$\text{Ln GSD} = \sqrt{\frac{\sum [\text{Ln MG} - \text{Ln } I_i]^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{\sum [\text{Ln } I_i]^2 - n \cdot (\text{Ln MG})^2}{n-1}}$$

siendo  $\text{Ln } I_i$  los logaritmos neperianos de los valores de ED, o de los Índices de exposición, y n el número de datos.

2.- Con estos valores se calcula el estadístico z

$$z = \frac{\text{Ln VLA-ED} - \text{Ln MG}}{\text{Ln GSD}}$$

si se trabaja con los índices el valor de  $\text{Ln VLA-ED}$  en esta ecuación será nulo, ya que corresponderá al índice unidad.

3.- En la tabla 5 se lee el valor de p correspondiente a z, que es la probabilidad en tanto por uno de no superar el VLA-ED en cualquier día de muestreo.

**Ejemplo**

En un puesto de trabajo con exposición a humos de soldadura (VLA-ED=5 mg/m<sup>3</sup>) se han medido los valores de ED que se indican en la tabla siguiente

ED de humos de soldadura (mg/m <sup>3</sup> )	I <sub>humos</sub>	Ln I	(Ln I) <sup>2</sup>
1,25	0,25	-1,386	1,922
0,90	0,18	-1,715	2,941
0,25	0,05	-2,996	8,974
1,10	0,22	-1,514	2,293
1,65	0,33	-1,109	1,229
2,10	0,42	-0,868	0,753
2,40	0,48	-0,734	0,539
0,60	0,12	-2,120	4,496
0,40	0,08	-2,526	6,379
0,10	0,02	-3,912	15,304
		-18,879	44,828

$$\text{Ln MG} = -18,879/10 = -1,888$$

$$\text{Ln GSD} = \sqrt{\frac{44,828 - 10 \cdot 1,888^2}{9}} = 1,010$$

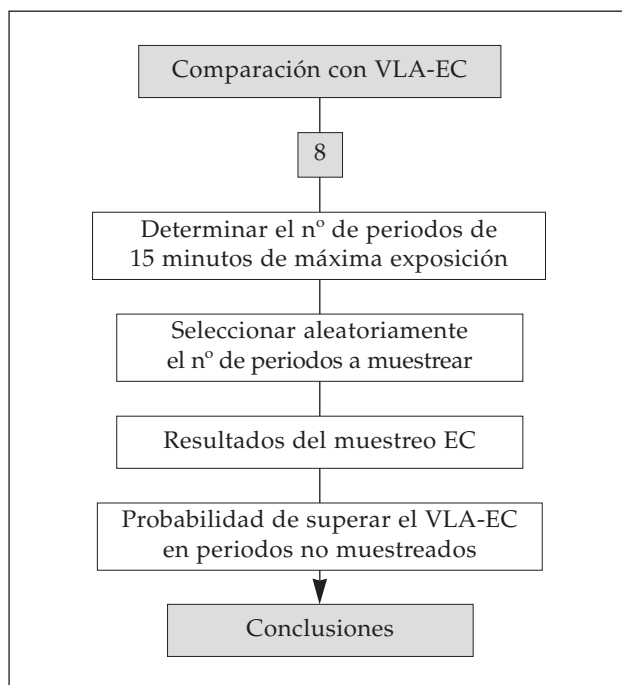
$$z = \frac{0 - (-1,888)}{1,010} = 1,87$$

En la tabla 5 puede leerse para z= 1,87 el valor p= 0,9693, es decir existe, una probabilidad del 96,9 % de que no se supere el VLA-ED en cualquier día y por tanto una probabilidad del 3,1 % de superarlo algún día. En este caso, el criterio reflejado en la norma UNE-EN 689 recomienda planificar un muestreo periódico.

**COMPARACIÓN CON EL 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 una jornada laboral de 8 horas existen 32 periodos de 15 minutos consecutivos contando desde el inicio al final de la jornada, si además se tienen en cuenta los periodos solapados, el número es muy elevado.

En el apartado 8 se desarrollan los criterios aplicables a la comparación de los valores de concentración ambiental obtenidos con los valores límite (VLA-EC) y los procedimientos de toma de decisiones apoyados en esa comparación.



### Valoración por comparación con el Valor Límite Ambiental de Corta Duración (VLA-EC) 8

Cuando el agente químico presente en el puesto de trabajo tiene asignado un valor VLA-EC, el muestreo o la medición debe durar 15 minutos. Habitualmente se toman muestras de 15 minutos. El valor VLA-EC no se debe sobrepasar en ningún periodo de 15 minutos, dentro de una jornada laboral. El planteamiento de las mediciones es pues comprobar si se cumple este requisito muestreando el periodo de exposición de 15 minutos que se supone de máxima exposición.

En una jornada laboral de 8 horas existen 32 periodos de 15 minutos consecutivos contando desde el inicio al final de la jornada, si además se tienen en cuenta los periodos solapados, el número es muy elevado. Por este motivo, la probabilidad de que, eligiendo un cierto número de periodos, se muestree el de mayor concentración o alguno de los de mayor concentración, es muy baja. Esto justifica que en la práctica se seleccionen "a priori" los periodos de la jornada en los que las condiciones del proceso hagan presuponer una mayor generación de agente químico. Para ello es preciso analizar las tareas del puesto y el proceso de trabajo. 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 "peor" periodo de 15 minutos 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 (habitualmente admitida) de que los valores de concentración ambiental se distribuyen de acuerdo con la ley logarítmico-normal, es decir que los logaritmos de esos valores se distribuyen según la ley 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. A continuación se trata de establecer un criterio de decisión (exposición aceptable, inaceptable o indeterminada) a partir de un cierto valor de probabilidad.

Leidel y col. (1977) proponen el siguiente criterio de valoración, a partir del valor de la probabilidad global ( $p'$ ) de no superar el VLA-EC :

1. Si  $p' > 0,9$  (o 90%), se considera que no se supera el VLA-EC (exposición aceptable).

2. Si  $p' < 0,1$  (o 10%), se considera que se supera el VLA-EC (exposición inaceptable) y se debe corregir la exposición.

3. Si  $0,9 \geq p' \geq 0,1$ , no es posible concluir acerca de la superación del valor VLA-EC (indeterminación) y se deben muestrear más periodos o corregir la exposición.

La estimación del valor de  $p'$  puede llevarse a cabo de forma analítica o gráfica. Los datos de partida son concentraciones ambientales obtenidas en algunos periodos de 15 minutos de duración entre los que se consideren de máxima generación y presencia de agente químico en el ambiente. Si se aprecia que son numerosos los periodos en los que puede darse alta exposición, se seleccionan algunos al azar (tabla 4, de números aleatorios). El planteamiento del muestreo y la valoración de los resultados puede seguir la siguiente sistemática:

1. Identificar el n° de periodos (k) de 15 minutos en los que se dan las condiciones para que la concentración ambiental sea más alta que en el resto de la jornada.

2. Muestrear algunos de ellos (i) de forma aleatoria (tabla 4), obteniendo i resultados correspondientes a sendas concentraciones (EC) provenientes de muestreos de 15 minutos de duración. Si algún resultado es mayor que el VLA-EC, se concluye que se supera el VLA-EC; si no es así, continuar según el punto 3.

3. Obtener i índices de exposición (I) dividiendo cada valor EC por el VLA-EC correspondiente al agente químico en cuestión.

4. Calcular el logaritmo (decimal o natural) de cada índice I ( $L_i$ ).

5. Hallar la media aritmética de los logaritmos de los índices (L).

6. Hallar la desviación estándar de la distribución normal de los logaritmos de los índices:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (L - L_i)^2}{i - 1}}$$

7. Calcular el estadístico  $Z = L/\sigma$

8. Buscar en la tabla 5 de probabilidad acumulada de la ley normal estándar el valor de la probabilidad (p), correspondiente a Z. El valor de p es la probabilidad de que se supere el valor límite en uno de los periodos no muestreados.

9. Calcular la probabilidad global ( $p'$ ) de no superar el valor límite en todos los periodos no muestreados, haciendo  $p' = (1-p)^{k-i}$ .

Gráficamente se procede de la siguiente forma, una vez obtenidos los índices, es decir, después del punto 3:

4'. Disponer de papel de gráficos en el que la escala de un eje es logarítmica y la del otro de porcentaje de probabilidad acumulada de una ley normal.

5'. Situar en el gráfico tantos puntos como resultados de mediciones de 15 minutos se dispone, de forma que en el eje logarítmico el valor sea el correspondiente al índice de exposición (I) y en el eje de probabilidad el resultado de la expresión  $100 \times (n-0,5)/i$ , donde n es el ordinal que le corres-

ponde al valor del índice ordenados de menor a mayor e i es el número de resultados.

6'. Ajustar una recta a los puntos trazados.

7'. El valor de probabilidad asociado a  $I = 1$  sobre esta recta es la probabilidad p en % de que no se supere el VLA-EC en el siguiente muestreo.

8'. Calcular la probabilidad global ( $p'$ ) de no superar el valor límite en todos los periodos no muestreados, haciendo  $p' = (p/100)^{k-i}$ .

**Ejemplo:**

La esterilización de endoscopios en un hospital implica la exposición a glutaraldehído. La operación de principio (preparación del baño) a fin (extracción de endoscopios), dura aproximadamente 2,5 horas. De la observación del proceso se detectan 5 periodos de posible máxima exposi-

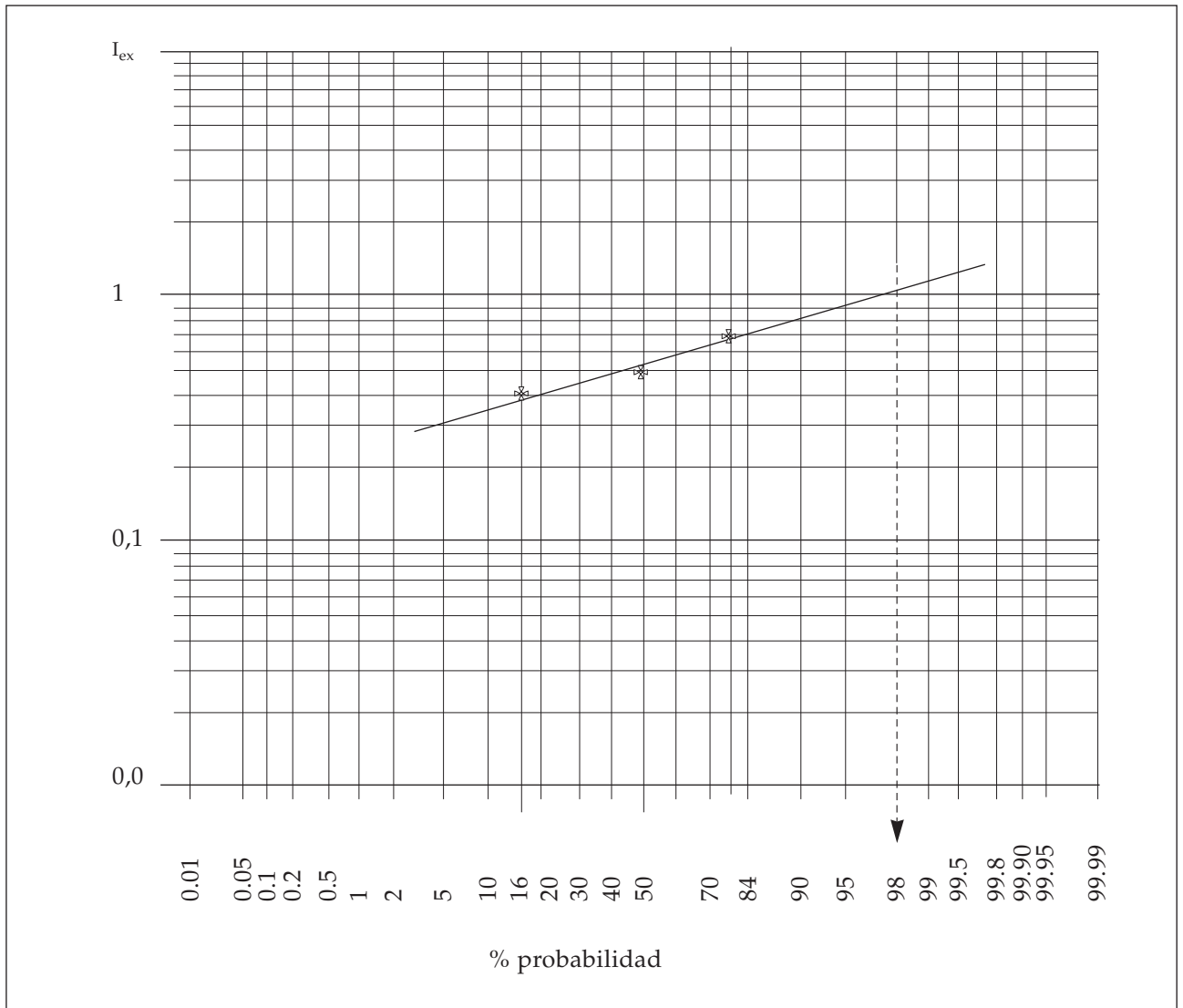


Figura 9 - Probabilidad de que no se supere el VLA-EC en un periodo de 15 minutos no muestreado.

ción. Se muestrean 3 de ellos durante 15 minutos cada uno, con los resultados siguientes en mg/m<sup>3</sup>: 0,1; 0,15; 0,08. Se desean obtener conclusiones sobre el riesgo que supone la exposición.

VLA-EC=0,2 mg/m<sup>3</sup>

Siguiendo los pasos señalados se obtienen los siguientes valores:

I <sub>i</sub>	log I <sub>i</sub>	L=∑log I <sub>i</sub> /n	σ	Z = L / σ
I <sub>1</sub> = 0,50	-0,3010	-0,2746	0,1384	-1,98
I <sub>2</sub> = 0,75	-0,1249			
I <sub>3</sub> = 0,40	-0,3979			

De la tabla 5 se obtiene:

p = 0,0239, es decir, el 2,39% de probabilidad de que en un periodo de 15 minutos no muestreado se supere el valor límite. La probabilidad global de que **no se supere** el valor límite en los dos periodos no muestreados es

$$p' = (1-p)^{k-i} = 0,9761^2 = \mathbf{0,9528}$$

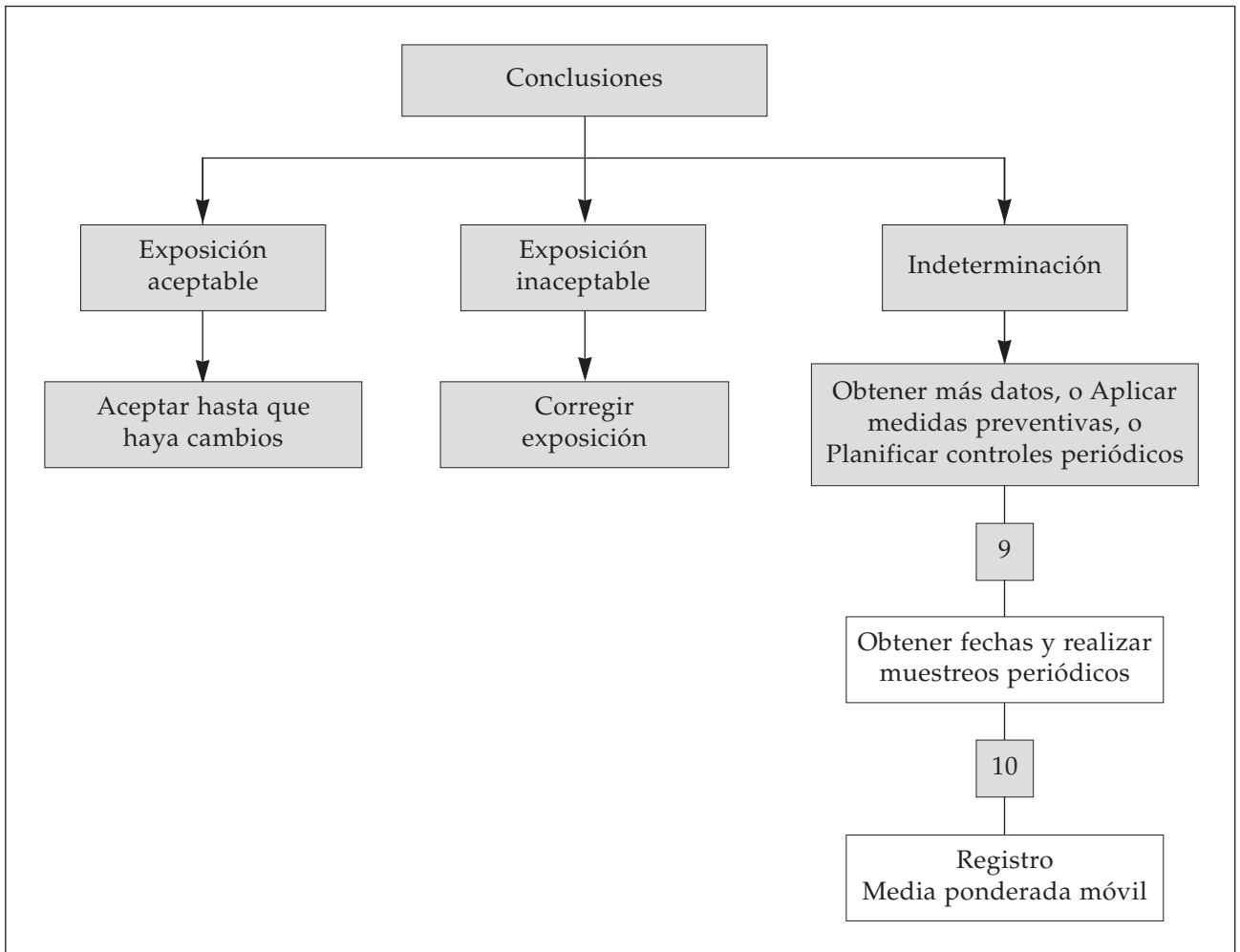
Como p' > 0,90, se concluye que no se supera el valor VLA-EC.

Gráficamente, según se puede ver en la figura 9 el resultado es el mismo, con dos decimales.

### CONCLUSIONES

Cuando los procedimientos de evaluación no permiten llegar a una conclusión definitiva sobre la exposición por inhalación, se dice que el resultado del proceso de evaluación es indeterminado.

En estas circunstancias se recomienda, entre otras posibles acciones, la realización de mediciones periódicas de control. En el apartado 9 y 10 se detallan los criterios a seguir para la planificación de este tipo de mediciones y un modelo de registro de los resultados.



**MEDICIONES PERIÓDICAS DE CONTROL** 9

La incertidumbre acerca de la magnitud del riesgo a lo largo del tiempo aconseja la realización de muestreos periódicos, esto es, obtención de datos sobre las concentraciones ambientales cada cierto tiempo con el objetivo de controlar que no se supere el valor límite.

El objeto de las mediciones periódicas es disponer de datos objetivos sobre la tendencia de los valores de concentración ambiental cuando la sistemática de comparación con el valor límite no asegura que éste no será superado en exposiciones venideras, y además el coste del control periódico está justificado frente al coste de las medidas correctoras o éstas son insuficientes. Se trata en cierto modo de una medida preventiva más y no de un sistema de evaluación.

De la observación de la recta de ajuste de los ejemplos anteriores, se desprenden varias consideraciones, como por ejemplo:

1. Si la MG está muy próxima al valor límite, difícilmente se podrá considerar la exposición aceptable. Sólo aquellas distribuciones obtenidas a partir de un gran número de muestras y cuya GSD sea muy baja (pendiente de la recta muy pequeña), podrán llevar a esa conclusión.

2. Sea cual sea la MG, si la GSD es elevada, lo más probable es que la posibilidad de superar el valor límite resulte excesiva para considerar la exposición como aceptable.

Situaciones como las anteriores pueden aconsejar la realización de muestreos periódicos. Los muestreos periódicos se caracterizan por la frecuencia con que se llevan a cabo, que se establece en función del valor de la concentración de un primer día de muestreo. La norma UNE-EN 689 recomienda dos sistemas posibles (Anexos D y F de la norma) para establecer la frecuencia de muestreo, de los que a continuación se expone el más sencillo: El periodo inicial de frecuencia de muestreo se establece en 16 semanas, a partir de este momento la frecuencia se puede variar con arreglo a los siguientes criterios:

1. Si el resultado de una medición es tal que  $ED \leq 0.25 \times VLA-ED$  la siguiente medición se realizará al cabo de 64 semanas.

2. Si el resultado de la medición es tal que  $0.25 \times VLA-ED < ED \leq 0.5 \times VLA-ED$ , la siguiente medición se realizará al cabo de 32 semanas.

3. Si el resultado de la medición es tal que

$0.5 \times VLA-ED < ED \leq VLA-ED$ , la siguiente medición se realizará al cabo de 16 semanas.

4. Si varias mediciones sucesivas dan valores de ED muy inferiores al valor límite (por ejemplo al 10 % del VLA-ED), se puede reconsiderar la evaluación, ya que aparentemente debería haber sido considerada como aceptable desde un principio. Conviene recordar que evaluar una exposición no es simplemente comparar un resultado con el valor límite. (Ver comentarios al artículo 3).

5. Si la ED de cualquier medición resulta superior al valor límite se considerará la exposición no aceptable, determinar la causa o causas, aplicar las medidas preventivas necesarias para corregir la exposición y volver a evaluar la exposición ya que se da uno de los requisitos que obligan a ello (cambio en las condiciones de trabajo).

**MEDIA PONDERADA MÓVIL** 10

Cuando se realizan muestreos periódicos se puede utilizar la media ponderada móvil, que es un promedio de la variable (ED) obtenida a partir de mediciones anteriores, en general esta media es un indicador de la tendencia. La UNE-EN 689 (Anexo G) propone el cálculo de la siguiente forma:

Sean  $C_i$  los valores de las concentraciones ambientales (mejor si son valores de ED) y  $M_i$  los diferentes valores que adopta la media ponderada móvil y que comienza en  $M_2$  correspondiente a la segunda concentración medida

$$M_2 = C_1 + 0,2(C_2 - C_1)$$

Cualquier otro valor de la media ponderada móvil se obtiene:

$$M_i = M_{i-1} + 0,2(C_i - M_{i-1})$$

La representación gráfica de la media ponderada móvil permite visualizar la tendencia.

**Ejemplo**

Se desea representar gráficamente la línea de tendencia mediante la media ponderada móvil de los datos de valores de ED siguientes (en ppm) correspondientes a Tolueno en un puesto de trabajo:

Jornada	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ED	23	34	35	24	38	40	37	45	28

El valor de  $M_2 = 23 + 0,2(34 - 23) = 25,2$  y  $M_3 = 25,2 + 0,2(35 - 25,2) = 27,2$

Aplicando las expresiones a todos los valores resulta la serie:

23; 25,2; 27,2; 26,5; 28,8; 31,1; 32,2; 34,8; 33,4

La representación gráfica de la tendencia se muestra en la figura 7, que muestra una tendencia claramente alcista de la concentración.

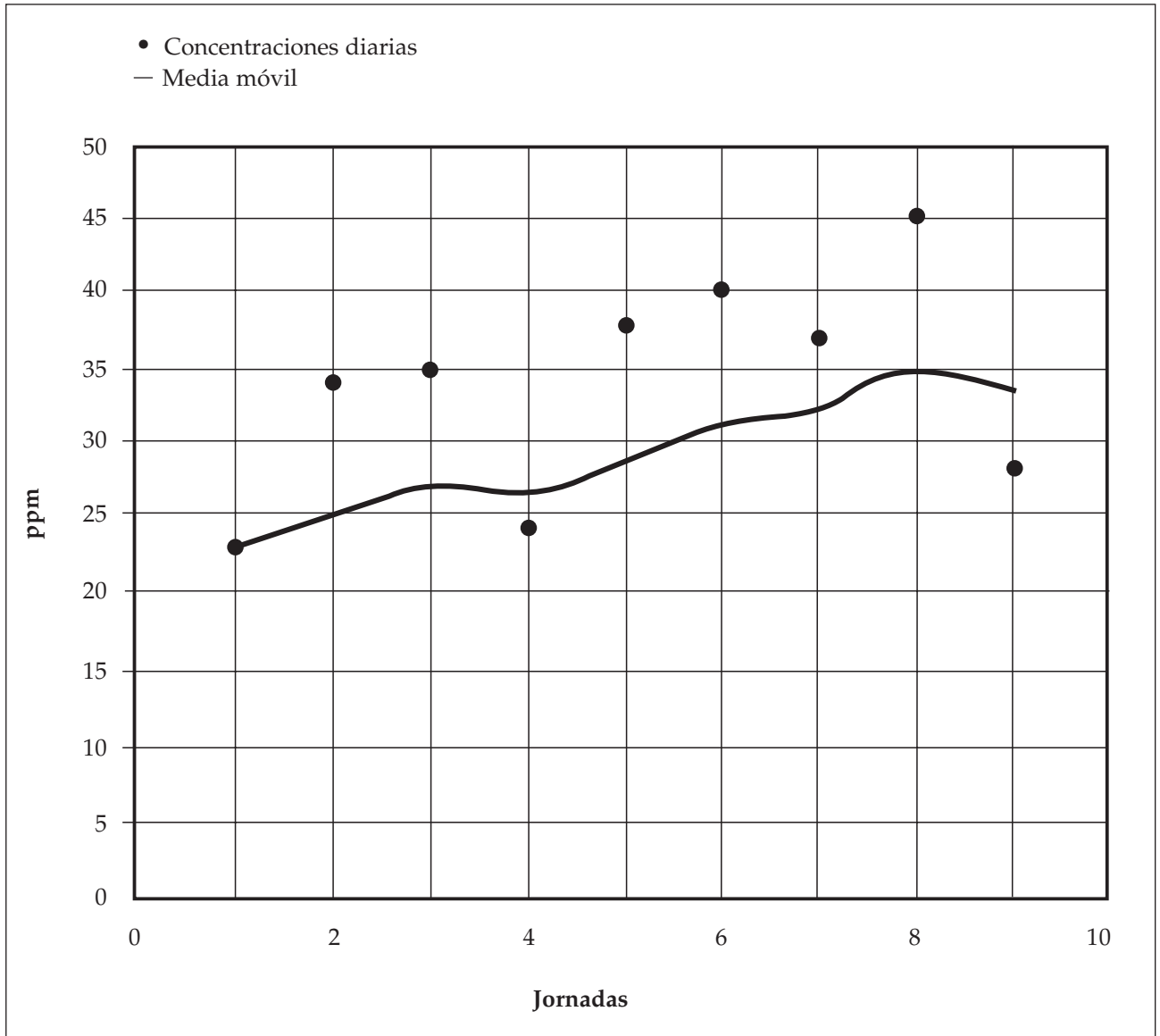


Figura 10 - Media ponderada móvil.

**TABLA 4**  
**NÚMEROS ALEATORIOS**

En el ejemplo se desean muestrear 5 periodos de un total de 12, de la jornada (o 5 días de un total de 12) que previamente hemos numerado. Comenzando al azar por el 73, se seleccionan los menores de 13 siguiendo verticalmente la columna y continuando por la siguiente, (2, 3, 7, 9 y 12)

22	35	00	34	63	67	5	19	7	3	83	92	81	66	75	71	6	76	77	44	23	81	75	17	91
13	29	17	67	15	81	15	7	51	15	63	76	98	97	70	92	71	71	81	2	48	16	85	99	74
94	34	39	70	37	35	20	32	67	70	1	66	13	39	66	92	98	42	20	72	92	18	43	22	46
43	73	59	97	87	71	91	0	55	18	87	41	90	76	2	29	25	15	43	68	46	83	92	73	42
74	1	50	6	73	60	95	33	77	3	33	84	83	80	6	47	55	71	19	80	19	56	33	66	83
1	27	6	74	32	9	5	40	92	29	16	6	92	98	14	62	55	33	5	84	19	2	9	30	13
37	16	48	66	12	94	61	60	78	25	99	20	12	95	78	61	10	92	67	36	79	31	62	61	46
53	44	23	45	25	96	65	43	27	36	57	44	85	94	32	70	69	63	82	57	91	26	33	80	63
2	15	38	47	24	65	14	35	67	39	87	12	76	12	74	89	7	9	23	84	45	30	79	77	11
18	81	53	47	3	37	36	29	43	8	44	17	28	14	41	25	46	88	60	16	83	72	37	90	97
58	22	24	16	79	79	31	77	31	72	17	37	16	22	32	57	4	20	36	28	70	34	74	45	52
3	69	54	72	25	68	62	86	87	80	57	62	69	73	76	96	65	63	50	22	90	1	80	82	55
65	68	68	77	96	90	5	48	3	46	88	29	1	16	3	41	77	71	57	95	31	92	8	56	11
45	27	2	60	38	38	79	88	37	7	43	24	68	87	26	12	53	55	88	62	8	12	74	3	90
3	46	38	44	99	85	67	64	64	34	83	40	13	18	0	63	24	70	75	4	13	15	67	24	69
84	32	73	12	80	28	48	62	43	33	41	57	45	13	47	79	84	89	96	18	65	94	12	58	7
23	45	16	27	92	1	87	48	76	57	34	89	82	90	30	84	26	42	96	92	12	4	6	7	14
37	61	16	54	7	84	73	8	76	41	24	11	37	84	82	9	98	22	91	4	55	73	12	21	77
69	52	99	18	40	8	14	13	82	3	76	50	55	77	22	46	4	40	11	0	84	85	38	15	58
60	82	90	00	37	83	69	38	74	60	21	9	85	22	47	60	66	0	70	85	34	96	84	54	92
85	91	82	60	80	19	6	78	69	53	98	35	88	83	25	96	74	64	90	39	16	86	85	58	69
78	16	51	4	83	13	17	49	7	25	15	23	31	11	25	8	63	54	86	78	82	59	72	7	6
59	43	36	97	39	96	60	3	56	14	94	90	40	72	75	50	45	67	93	62	45	64	11	80	65
49	52	11	83	82	72	44	24	30	90	82	87	99	66	70	50	42	31	66	69	56	66	00	1	26
23	89	20	42	27	54	22	94	46	41	93	14	14	32	50	82	56	9	26	14	74	18	22	29	69
10	78	80	87	28	15	52	2	46	66	89	00	20	40	83	56	4	67	15	1	29	57	91	50	00
21	95	44	42	84	43	24	75	10	85	16	30	37	32	28	2	65	75	90	28	69	35	48	66	42
38	43	79	84	83	14	36	44	19	59	77	64	51	44	84	47	85	79	35	93	85	76	81	29	60
97	26	43	55	29	56	5	60	33	63	89	55	95	22	44	31	7	47	68	55	90	99	76	89	68
68	27	57	8	87	35	5	22	9	50	77	38	1	37	78	4	49	67	34	42	9	66	97	10	59
0	58	99	17	2	84	33	87	92	32	82	27	71	36	31	1	90	24	79	86	13	87	86	44	99
29	24	89	25	68	70	51	21	35	17	68	80	33	38	65	65	50	50	45	59	41	22	58	70	79
92	6	23	38	67	32	70	2	22	55	42	24	12	14	98	94	72	52	52	96	92	85	91	56	64
69	58	19	59	77	61	26	3	40	41	2	53	90	86	40	70	57	38	17	96	94	13	65	87	52
74	7	89	3	62	18	16	54	68	6	68	70	87	30	91	25	28	42	4	79	20	37	79	16	69
69	58	5	4	36	13	53	51	66	67	37	5	97	24	24	99	90	35	40	67	83	58	24	16	89
80	7	85	80	80	20	86	68	27	3	39	3	21	34	1	81	45	8	5	53	36	87	44	7	61
62	88	77	34	51	78	80	82	93	21	45	47	84	17	50	14	98	46	36	12	20	64	38	54	44
65	19	40	20	46	65	67	70	50	9	46	82	53	18	26	51	44	62	50	37	65	81	48	39	92
10	78	19	13	92	67	35	74	22	5	63	28	28	94	33	52	24	42	86	48	27	94	29	48	20
93	27	94	56	44	77	80	25	17	31	9	27	68	48	6	68	97	63	41	42	40	89	55	4	56
53	11	79	68	46	19	10	57	71	64	28	49	67	32	30	81	32	75	95	4	36	72	5	85	54
8	35	66	23	86	59	28	2	90	3	17	34	10	16	33	81	1	34	92	91	95	73	74	81	11
23	11	55	23	54	44	73	50	97	61	35	91	73	49	14	29	48	94	78	93	81	14	46	0	56
31	6	90	22	95	70	68	83	96	78	17	78	32	62	57	58	17	81	99	60	2	81	13	43	41
28	72	10	35	51	64	60	94	88	15	12	78	15	8	28	78	33	92	36	59	28	90	76	66	41
75	38	77	44	63	90	43	29	26	56	15	77	96	59	47	31	52	45	59	36	76	58	0	17	49
5	85	7	13	87	64	55	98	91	76	8	34	88	58	34	35	82	8	5	60	42	65	91	2	32
73	53	75	58	83	14	59	12	25	49	36	62	6	92	97	63	97	91	84	82	48	53	68	5	40
39	48	58	57	75	23	10	49	28	72	58	84	15	68	00	66	19	87	10	50	38	63	78	0	54

**TABLA 5**  
**DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTÁNDAR**

$$Z = \frac{L}{\sigma}; \text{ p= probabilidad acumulada}$$

Z	p	Z	P	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
3,49	0,9998	2,99	0,9986	2,49	0,9936	1,99	0,9767	1,49	0,9319	0,99	0,8389	0,49	0,6879
3,48	0,9997	2,98	0,9986	2,48	0,9934	1,98	0,9761	1,48	0,9306	0,98	0,8365	0,48	0,6844
3,47	0,9997	2,97	0,9985	2,47	0,9932	1,97	0,9756	1,47	0,9292	0,97	0,8340	0,47	0,6808
3,46	0,9997	2,96	0,9985	2,46	0,9931	1,96	0,9750	1,46	0,9279	0,96	0,8315	0,46	0,6772
3,45	0,9997	2,95	0,9984	2,45	0,9929	1,95	0,9744	1,45	0,9265	0,95	0,8289	0,45	0,6736
3,44	0,9997	2,94	0,9984	2,44	0,9927	1,94	0,9738	1,44	0,9251	0,94	0,8264	0,44	0,6700
3,43	0,9997	2,93	0,9983	2,43	0,9925	1,93	0,9732	1,43	0,9236	0,93	0,8238	0,43	0,6664
3,42	0,9997	2,92	0,9982	2,42	0,9922	1,92	0,9726	1,42	0,9222	0,92	0,8212	0,42	0,6628
3,41	0,9997	2,91	0,9982	2,41	0,9920	1,91	0,9719	1,41	0,9207	0,91	0,8186	0,41	0,6591
3,4	0,9997	2,9	0,9981	2,4	0,9918	1,9	0,9713	1,4	0,9192	0,9	0,8159	0,4	0,6554
3,39	0,9997	2,89	0,9981	2,39	0,9916	1,89	0,9706	1,39	0,9177	0,89	0,8133	0,39	0,6517
3,38	0,9996	2,88	0,9980	2,38	0,9913	1,88	0,9699	1,38	0,9162	0,88	0,8106	0,38	0,6480
3,37	0,9996	2,87	0,9979	2,37	0,9911	1,87	0,9693	1,37	0,9147	0,87	0,8078	0,37	0,6443
3,36	0,9996	2,86	0,9979	2,36	0,9909	1,86	0,9686	1,36	0,9131	0,86	0,8051	0,36	0,6406
3,35	0,9996	2,85	0,9978	2,35	0,9906	1,85	0,9678	1,35	0,9115	0,85	0,8023	0,35	0,6368
3,34	0,9996	2,84	0,9977	2,34	0,9904	1,84	0,9671	1,34	0,9099	0,84	0,7995	0,34	0,6331
3,33	0,9996	2,83	0,9977	2,33	0,9901	1,83	0,9664	1,33	0,9082	0,83	0,7967	0,33	0,6293
3,32	0,9995	2,82	0,9976	2,32	0,9898	1,82	0,9656	1,32	0,9066	0,82	0,7939	0,32	0,6255
3,31	0,9995	2,81	0,9975	2,31	0,9896	1,81	0,9649	1,31	0,9049	0,81	0,7910	0,31	0,6217
3,3	0,9995	2,8	0,9974	2,3	0,9893	1,8	0,9641	1,3	0,9032	0,8	0,7881	0,3	0,6179
3,29	0,9995	2,79	0,9974	2,29	0,9890	1,79	0,9633	1,29	0,9015	0,79	0,7852	0,29	0,6141
3,28	0,9995	2,78	0,9973	2,28	0,9887	1,78	0,9625	1,28	0,8997	0,78	0,7823	0,28	0,6103
3,27	0,9995	2,77	0,9972	2,27	0,9884	1,77	0,9616	1,27	0,8980	0,77	0,7794	0,27	0,6064
3,26	0,9994	2,76	0,9971	2,26	0,9881	1,76	0,9608	1,26	0,8962	0,76	0,7764	0,26	0,6026
3,25	0,9994	2,75	0,9970	2,25	0,9878	1,75	0,9599	1,25	0,8944	0,75	0,7734	0,25	0,5987
3,24	0,9994	2,74	0,9969	2,24	0,9875	1,74	0,9591	1,24	0,8925	0,74	0,7704	0,24	0,5948
3,23	0,9994	2,73	0,9968	2,23	0,9871	1,73	0,9582	1,23	0,8907	0,73	0,7673	0,23	0,5910
3,22	0,9994	2,72	0,9967	2,22	0,9868	1,72	0,9573	1,22	0,8888	0,72	0,7642	0,22	0,5871
3,21	0,9993	2,71	0,9966	2,21	0,9864	1,71	0,9564	1,21	0,8869	0,71	0,7611	0,21	0,5832
3,2	0,9993	2,7	0,9965	2,2	0,9861	1,7	0,9554	1,2	0,8849	0,7	0,7580	0,2	0,5793
3,19	0,9993	2,69	0,9964	2,19	0,9857	1,69	0,9545	1,19	0,8830	0,69	0,7549	0,19	0,5753
3,18	0,9993	2,68	0,9963	2,18	0,9854	1,68	0,9535	1,18	0,8810	0,68	0,7517	0,18	0,5714
3,17	0,9992	2,67	0,9962	2,17	0,9850	1,67	0,9525	1,17	0,8790	0,67	0,7486	0,17	0,5675
3,16	0,9992	2,66	0,9961	2,16	0,9846	1,66	0,9515	1,16	0,8770	0,66	0,7454	0,16	0,5636
3,15	0,9992	2,65	0,9960	2,15	0,9842	1,65	0,9505	1,15	0,8749	0,65	0,7422	0,15	0,5596
3,14	0,9992	2,64	0,9959	2,14	0,9838	1,64	0,9495	1,14	0,8729	0,64	0,7389	0,14	0,5557
3,13	0,9991	2,63	0,9957	2,13	0,9834	1,63	0,9484	1,13	0,8708	0,63	0,7357	0,13	0,5517
3,12	0,9991	2,62	0,9956	2,12	0,9830	1,62	0,9474	1,12	0,8686	0,62	0,7324	0,12	0,5478
3,11	0,9991	2,61	0,9955	2,11	0,9826	1,61	0,9463	1,11	0,8665	0,61	0,7291	0,11	0,5438
3,1	0,9990	2,6	0,9953	2,1	0,9821	1,6	0,9452	1,1	0,8643	0,6	0,7257	0,1	0,5398
3,09	0,9990	2,59	0,9952	2,09	0,9817	1,59	0,9441	1,09	0,8621	0,59	0,7224	0,09	0,5359
3,08	0,9990	2,58	0,9951	2,08	0,9812	1,58	0,9429	1,08	0,8599	0,58	0,7190	0,08	0,5319
3,07	0,9989	2,57	0,9949	2,07	0,9808	1,57	0,9418	1,07	0,8577	0,57	0,7157	0,07	0,5279
3,06	0,9989	2,56	0,9948	2,06	0,9803	1,56	0,9406	1,06	0,8554	0,56	0,7123	0,06	0,5239
3,05	0,9989	2,55	0,9946	2,05	0,9798	1,55	0,9394	1,05	0,8531	0,55	0,7088	0,05	0,5199
3,04	0,9988	2,54	0,9945	2,04	0,9793	1,54	0,9382	1,04	0,8508	0,54	0,7054	0,04	0,5160
3,03	0,9988	2,53	0,9943	2,03	0,9788	1,53	0,9370	1,03	0,8485	0,53	0,7019	0,03	0,5120
3,02	0,9987	2,52	0,9941	2,02	0,9783	1,52	0,9357	1,02	0,8461	0,52	0,6985	0,02	0,5080
3,01	0,9987	2,51	0,9940	2,01	0,9778	1,51	0,9345	1,01	0,8438	0,51	0,6950	0,01	0,5040
3	0,9987	2,5	0,9938	2	0,9772	1,5	0,9332	1	0,8413	0,5	0,6915	0	0,5000



Continuación

Z	p	Z	P	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
-3,49	0,0002	-2,99	0,0014	-2,49	0,0064	-1,99	0,0233	-1,49	0,0681	-0,99	0,1611	-0,49	0,3121
-3,48	0,0003	-2,98	0,0014	-2,48	0,0066	-1,98	0,0239	-1,48	0,0694	-0,98	0,1635	-0,48	0,3156
-3,47	0,0003	-2,97	0,0015	-2,47	0,0068	-1,97	0,0244	-1,47	0,0708	-0,97	0,1660	-0,47	0,3192
-3,46	0,0003	-2,96	0,0015	-2,46	0,0069	-1,96	0,0250	-1,46	0,0721	-0,96	0,1685	-0,46	0,3228
-3,45	0,0003	-2,95	0,0016	-2,45	0,0071	-1,95	0,0256	-1,45	0,0735	-0,95	0,1711	-0,45	0,3264
-3,44	0,0003	-2,94	0,0016	-2,44	0,0073	-1,94	0,0262	-1,44	0,0749	-0,94	0,1736	-0,44	0,3300
-3,43	0,0003	-2,93	0,0017	-2,43	0,0075	-1,93	0,0268	-1,43	0,0764	-0,93	0,1762	-0,43	0,3336
-3,42	0,0003	-2,92	0,0018	-2,42	0,0078	-1,92	0,0274	-1,42	0,0778	-0,92	0,1788	-0,42	0,3372
-3,41	0,0003	-2,91	0,0018	-2,41	0,0080	-1,91	0,0281	-1,41	0,0793	-0,91	0,1814	-0,41	0,3409
-3,4	0,0003	-2,9	0,0019	-2,4	0,0082	-1,9	0,0287	-1,4	0,0808	-0,9	0,1841	-0,4	0,3446
-3,39	0,0003	-2,89	0,0019	-2,39	0,0084	-1,89	0,0294	-1,39	0,0823	-0,89	0,1867	-0,39	0,3483
-3,38	0,0004	-2,88	0,0020	-2,38	0,0087	-1,88	0,0301	-1,38	0,0838	-0,88	0,1894	-0,38	0,3520
-3,37	0,0004	-2,87	0,0021	-2,37	0,0089	-1,87	0,0307	-1,37	0,0853	-0,87	0,1922	-0,37	0,3557
-3,36	0,0004	-2,86	0,0021	-2,36	0,0091	-1,86	0,0314	-1,36	0,0869	-0,86	0,1949	-0,36	0,3594
-3,35	0,0004	-2,85	0,0022	-2,35	0,0094	-1,85	0,0322	-1,35	0,0885	-0,85	0,1977	-0,35	0,3632
-3,34	0,0004	-2,84	0,0023	-2,34	0,0096	-1,84	0,0329	-1,34	0,0901	-0,84	0,2005	-0,34	0,3669
-3,33	0,0004	-2,83	0,0023	-2,33	0,0099	-1,83	0,0336	-1,33	0,0918	-0,83	0,2033	-0,33	0,3707
-3,32	0,0005	-2,82	0,0024	-2,32	0,0102	-1,82	0,0344	-1,32	0,0934	-0,82	0,2061	-0,32	0,3745
-3,31	0,0005	-2,81	0,0025	-2,31	0,0104	-1,81	0,0351	-1,31	0,0951	-0,81	0,2090	-0,31	0,3783
-3,3	0,0005	-2,8	0,0026	-2,3	0,0107	-1,8	0,0359	-1,3	0,0968	-0,8	0,2119	-0,3	0,3821
-3,29	0,0005	-2,79	0,0026	-2,29	0,0110	-1,79	0,0367	-1,29	0,0985	-0,79	0,2148	-0,29	0,3859
-3,28	0,0005	-2,78	0,0027	-2,28	0,0113	-1,78	0,0375	-1,28	0,1003	-0,78	0,2177	-0,28	0,3897
-3,27	0,0005	-2,77	0,0028	-2,27	0,0116	-1,77	0,0384	-1,27	0,1020	-0,77	0,2206	-0,27	0,3936
-3,26	0,0006	-2,76	0,0029	-2,26	0,0119	-1,76	0,0392	-1,26	0,1038	-0,76	0,2236	-0,26	0,3974
-3,25	0,0006	-2,75	0,0030	-2,25	0,0122	-1,75	0,0401	-1,25	0,1056	-0,75	0,2266	-0,25	0,4013
-3,24	0,0006	-2,74	0,0031	-2,24	0,0125	-1,74	0,0409	-1,24	0,1075	-0,74	0,2296	-0,24	0,4052
-3,23	0,0006	-2,73	0,0032	-2,23	0,0129	-1,73	0,0418	-1,23	0,1093	-0,73	0,2327	-0,23	0,4090
-3,22	0,0006	-2,72	0,0033	-2,22	0,0132	-1,72	0,0427	-1,22	0,1112	-0,72	0,2358	-0,22	0,4129
-3,21	0,0007	-2,71	0,0034	-2,21	0,0136	-1,71	0,0436	-1,21	0,1131	-0,71	0,2389	-0,21	0,4168
-3,2	0,0007	-2,7	0,0035	-2,2	0,0139	-1,7	0,0446	-1,2	0,1151	-0,7	0,2420	-0,2	0,4207
-3,19	0,0007	-2,69	0,0036	-2,19	0,0143	-1,69	0,0455	-1,19	0,1170	-0,69	0,2451	-0,19	0,4247
-3,18	0,0007	-2,68	0,0037	-2,18	0,0146	-1,68	0,0465	-1,18	0,1190	-0,68	0,2483	-0,18	0,4286
-3,17	0,0008	-2,67	0,0038	-2,17	0,0150	-1,67	0,0475	-1,17	0,1210	-0,67	0,2514	-0,17	0,4325
-3,16	0,0008	-2,66	0,0039	-2,16	0,0154	-1,66	0,0485	-1,16	0,1230	-0,66	0,2546	-0,16	0,4364
-3,15	0,0008	-2,65	0,0040	-2,15	0,0158	-1,65	0,0495	-1,15	0,1251	-0,65	0,2578	-0,15	0,4404
-3,14	0,0008	-2,64	0,0041	-2,14	0,0162	-1,64	0,0505	-1,14	0,1271	-0,64	0,2611	-0,14	0,4443
-3,13	0,0009	-2,63	0,0043	-2,13	0,0166	-1,63	0,0516	-1,13	0,1292	-0,63	0,2643	-0,13	0,4483
-3,12	0,0009	-2,62	0,0044	-2,12	0,0170	-1,62	0,0526	-1,12	0,1314	-0,62	0,2676	-0,12	0,4522
-3,11	0,0009	-2,61	0,0045	-2,11	0,0174	-1,61	0,0537	-1,11	0,1335	-0,61	0,2709	-0,11	0,4562
-3,1	0,0010	-2,6	0,0047	-2,1	0,0179	-1,6	0,0548	-1,1	0,1357	-0,6	0,2743	-0,1	0,4602
-3,09	0,0010	-2,59	0,0048	-2,09	0,0183	-1,59	0,0559	-1,09	0,1379	-0,59	0,2776	-0,09	0,4641
-3,08	0,0010	-2,58	0,0049	-2,08	0,0188	-1,58	0,0571	-1,08	0,1401	-0,58	0,2810	-0,08	0,4681
-3,07	0,0011	-2,57	0,0051	-2,07	0,0192	-1,57	0,0582	-1,07	0,1423	-0,57	0,2843	-0,07	0,4721
-3,06	0,0011	-2,56	0,0052	-2,06	0,0197	-1,56	0,0594	-1,06	0,1446	-0,56	0,2877	-0,06	0,4761
-3,05	0,0011	-2,55	0,0054	-2,05	0,0202	-1,55	0,0606	-1,05	0,1469	-0,55	0,2912	-0,05	0,4801
-3,04	0,0012	-2,54	0,0055	-2,04	0,0207	-1,54	0,0618	-1,04	0,1492	-0,54	0,2946	-0,04	0,4840
-3,03	0,0012	-2,53	0,0057	-2,03	0,0212	-1,53	0,0630	-1,03	0,1515	-0,53	0,2981	-0,03	0,4880
-3,02	0,0013	-2,52	0,0059	-2,02	0,0217	-1,52	0,0643	-1,02	0,1539	-0,52	0,3015	-0,02	0,4920
-3,01	0,0013	-2,51	0,0060	-2,01	0,0222	-1,51	0,0655	-1,01	0,1562	-0,51	0,3050	-0,01	0,4960
-3	0,0013	-2,5	0,0062	-2	0,0228	-1,5	0,0668	-1	0,1587	-0,5	0,3085	0	0,5000

$$\bar{L} = \sqrt{\frac{\sum_i L_i}{n}} ; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_i (\bar{L} - L_i)^2}{n-1}} ; \quad L_i = \log l_i ; \quad l_i = \frac{EC(i)}{VLA-EC}$$

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. Leidel, Busch y Lynch. Occupational Exposure Sampling Strategy Manual. NIOSH. 1977.
2. UNE-EN 689. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR, 1996.
3. UNE-EN 482. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos. AENOR, 1995.
4. Notas Técnicas de Prevención. (NTP 140, 347, 406, 407 y 449). INSHT.

## APÉNDICE 5

### MÉTODOS DE MEDICIÓN PARA AGENTES QUÍMICOS

#### INTRODUCCIÓN

En el apartado 5 del artículo 3 del Real Decreto 374/2001 se 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".

También se menciona que los procedimientos de medición a utilizar se establecerán siguiendo la normativa específica que sea de aplicación, incluyendo aquella relativa a los requisitos exigibles a los instrumentos de medida. En todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido.

En este apéndice se aporta información sobre las características y requisitos básicos que deben reunir los procedimientos de medición para la determinación de agentes químicos, 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.

En el ámbito de la química analítica se ha venido denominando "método analítico" al método o procedimiento de medición. Las colecciones de métodos destinados a la medición de concentraciones ambientales en lugares de trabajo llevan la denominación de "Manual de métodos analíticos" o "Métodos de Toma de Muestras y Análisis" cuando describen procedimientos que incluyen ambas operaciones como, por ejemplo, los del INSHT (Catálogo General de Publicaciones del INSHT o en Internet:

<http://www.mtas.es/insht/information/mtm.htm>).

#### MÉTODOS DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

##### Definición

Un Método de Toma de Muestras y Análisis (MTA) es un conjunto ordenado de operaciones o procedimientos de trabajo, que permite obtener respuesta a un requerimiento de medición específico, tal como determinar la concentración de un agente químico en el aire o en una matriz concreta.

En los métodos MTA se pueden diferenciar tres etapas:

- La toma de muestra, donde se indica el procedimiento que se debe seguir para obtener las muestras.
- El transporte y almacenamiento, donde se indican las precauciones y recomendaciones para evitar alteraciones de las muestras una vez obtenidas.
- El análisis, que describe el tratamiento a aplicar a las muestras en el laboratorio.

##### Características básicas

Los métodos para la evaluación de la exposición a agentes químicos quedan básicamente definidos por:

- la sustancia (o sustancias) concreta(s) que determina(n),
- el sistema de toma de muestra (activo/pasivo, soporte de captación, etc.),
- la técnica analítica a utilizar.

Las principales características técnicas de un método de medición son las que se indican a continuación:

##### *Exactitud*

Grado de concordancia entre el resultado de una medición y el valor verdadero del mesurando [VIM, 3.5:2000].

##### *Incertidumbre de la medida*

Estimación que caracteriza el intervalo de valores en el que se sitúa, generalmente con una alta probabilidad dada, el valor verdadero de la magnitud medida [UNE-EN 30012-1, 3.7:1994].

##### *Incertidumbre global*

Cantidad utilizada para caracterizar, como un todo, la incertidumbre del resultado dado por un equipo o un procedimiento de medición. Está expresada, en porcentaje, por una combinación del sesgo y de la precisión, generalmente de acuerdo con la fórmula [UNE-EN 482, 3.7:1995]:

$$\frac{|\bar{x} - x_{\text{ref}}| + 2 S}{x_{\text{ref}}} \times 100$$

donde:

$\bar{X}$  es el valor medio de los resultados de un número  $n$  de mediciones repetidas;

$X_{\text{ref}}$  es el valor de referencia verdadero o aceptado de la concentración;

$S$  es la desviación típica de las mediciones.

NOTA:

En términos estrictamente matemáticos, no hay ninguna vía posible para combinar la precisión (que es una varianza) y el sesgo (que es un valor absoluto). Sin embargo, por precedentes en higiene ocupacional y por convenios consagrados por los años, se han combinado de acuerdo con la fórmula anterior.

### *Intervalo de medida específico*

Conjunto de valores de la concentración para los que la incertidumbre global de un procedimiento de medición se sitúa, en principio, entre los límites especificados [UNE-EN 482, 3.11:1995].

### *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 [American Chemical Society: 1983]. Existen distintos procedimientos para su determinación; caso de requerirse, debe indicarse cuál ha sido el utilizado.

### *Límite de cuantificación*

Es la menor cantidad de analito que puede ser determinada con una precisión y exactitud aceptables, bajo las condiciones experimentales establecidas.

### *Linealidad*

Proporcionalidad entre la concentración del analito y la respuesta del instrumento. Es la capacidad de un método analítico de obtener resultados linealmente proporcionales a la concentración de analito en la muestra, dentro de un margen de concentración determinado.

### *Precisión*

Grado de concordancia entre los resultados obtenidos al aplicar el método varias veces bajo condiciones determinadas [UNE-EN 482, 3.8:1995].

### *Repetibilidad*

Grado de concordancia entre los resultados de sucesivas mediciones del mismo mesurando, mediciones efectuadas con aplicación de la totalidad de las mismas condiciones de medida [VIM, 3.6:2000].

### *Reproducibilidad*

Grado de concordancia entre los resultados de las mediciones de un mismo mesurando, mediciones efectuadas bajo diferentes condiciones de medida [VIM, 3.7:2000].

### *Selectividad*

Grado de independencia del método frente a las interferencias [UNE-EN 482, 3.9:1995]. También se define como el grado por el cual un método puede determinar un analito particular dentro de una mezcla compleja, sin ser interferido por otros componentes de la mezcla [WELAC/EURACHEM:93].

### *Sensibilidad*

Es la capacidad de un método analítico para registrar ligeras variaciones de la concentración.

### *Sesgo*

Desviación significativa y sistemática de los resultados de un proceso de medición respecto del valor verdadero de la concentración de un agente químico en el aire [UNE-EN 482, 3.2:1995].

### *Trazabilidad*

Propiedad del resultado de una medición o de un patrón tal que pueda relacionarse con referencias determinadas, generalmente a patrones nacionales o internacionales, por medio de una cadena ininterrumpida de comparaciones teniendo todas las incertidumbres determinadas [VIM, 6.10:2000].

### *Validación*

Proceso de evaluar las características de funcionamiento de un procedimiento de medición y de comprobar que cumplen ciertos criterios prefijados [UNE-EN 482, 3.13:1995].

## Estructura del método

Para la redacción formal del método se siguen las indicaciones de la norma ISO 78/2:1982 "normas de análisis químico" que aconseja la disposición de la información en los siguientes apartados:

- Introducción (opcional)
- Objeto y campo de aplicación
- Definiciones
- Fundamento del método
- Reactivos y productos
- Aparatos y material
- Toma de muestra
- Procedimiento de análisis
- Cálculos
- Precisión y exactitud
- Bibliografía

## Validación del método

Los métodos a utilizar deberán ser métodos validados que garanticen la obtención de resultados con el grado de fiabilidad requerido.

La validación de un procedimiento de medición establece, mediante estudios sistemáticos de laboratorio, que las características de dicho procedimiento cumplen las especificaciones relativas al uso previsto de los resultados analíticos. El proceso de validación permite el conocimiento de las características de funcionamiento del método y proporciona un alto grado de confianza en el mismo y en los resultados obtenidos al aplicarlo.

A fin de establecer los métodos para la determinación de la concentración de los contaminantes químicos, es necesario prefiar unos criterios de comportamiento que incluyan, entre otros valores, los valores máximos del sesgo y de la precisión que se deben conseguir bajo condiciones de laboratorio similares a las reales. Estos criterios, que también deberán incluir las posibles influencias ambientales, suelen plasmarse en documentos denominados Protocolos de Validación, como los publicados por el INSHT (Catálogo General de Publicaciones del INSHT o en Internet: <http://www.mtas.es/insht/information/mtm.htm>).

## Ejecución del método

La ejecución de las tres partes de que se suele componer el método de medición (toma de mues-

tra, transporte y conservación y análisis instrumental) suele ser llevada a cabo por distintas personas, lo que implica que debe disponerse de sistemas que garanticen la integridad y custodia de la muestra a lo largo del método. En consecuencia, debe prestarse especial atención al transporte y conservación de las muestras por tratarse de un cambio en la custodia de las mismas y por ello se indican más adelante algunas recomendaciones.

Por lo que hace referencia al procedimiento de toma de muestra, aunque se encuentra siempre incluido en el método correspondiente, existe información detallada sobre el tema en la Colección de Métodos de Toma de Muestra de Contaminantes Químicos en Aire del INSHT y en la dirección de Internet [http://www.mtas.es/insht/information/mtm\\_cq.htm](http://www.mtas.es/insht/information/mtm_cq.htm). También se hallan publicadas normas específicas sobre muestreadores pasivos por difusión, tubos adsorbentes, tubos detectores de corta duración y bombas para el muestreo personal que se pueden consultar en el Catálogo de Publicaciones de AENOR (<http://www.aenor.es>).

## Transporte y conservación de las muestras

El almacenamiento y transporte de las muestras recogidas deberá realizarse de tal manera que se mantenga la integridad física y química de las mismas.

Como ya se ha dicho, el método debe especificar las condiciones de transporte y conservación: temperatura, protección de la luz, humedad recomendada y, sobretodo, tiempo máximo de almacenamiento.

Las principales recomendaciones son:

- Precintar o cerrar las muestras inmediatamente después de su captación.
- Empaquetar las muestras en contenedores adecuados para su transporte.
- Incluir en cada lote de muestras una "muestra blanco" (muestra por la que no se ha hecho pasar aire).
- No colocar en la misma caja o contenedor muestras ambientales y muestras de materias primas.
- Evitar alteraciones de las muestras por calentamiento excesivo o por exposición intensa a la luz solar.
- No almacenar las muestras, enviarlas inmediatamente al laboratorio.
- Una vez en el laboratorio, conservarlas en nevera, salvo otras indicaciones del método analítico, hasta el momento de su análisis.

- No abrir las muestras hasta el momento en que vayan a ser analizadas.

### Modificaciones del método

Las condiciones de la toma de muestra (por ejemplo, volumen de aire o tiempo de muestreo) son datos que vienen establecidos o recomendados por el propio método y que han sido estimados para que se cubra un margen razonable de concentraciones alrededor del valor límite de exposición establecido y bajo el supuesto de que no influyan o interfieran otros contaminantes.

En la práctica, puede ser necesario adecuar el método a las condiciones reales del ambiente en cuestión (concentración ambiental prevista, ciclo de trabajo, humedad ambiental, posibles interferencias, etc.), modificando algún parámetro del muestreo como el volumen o el caudal. En estos casos deberá tenerse muy en cuenta, además de las características propias del ambiente que se va a muestrear, las características específicas del método (intervalo de medida, límite de detección, limitaciones del sistema de muestreo, etc.) que limitan seriamente estas modificaciones. En cualquier caso, deberán registrarse siempre las modificaciones realizadas durante la toma de muestra y ponerlas en conocimiento del laboratorio que vaya a efectuar los análisis.

En el caso de que las modificaciones o adecuaciones afecten al análisis instrumental, deberán estar justificadas y deberán registrarse (documentación) y ponerse en conocimiento del solicitante del análisis.

### MÉTODOS DE LECTURA DIRECTA

La determinación de concentraciones ambientales mediante instrumentos de medición directa presenta algunas ventajas con respecto al sistema con etapas separadas de toma de muestra y análisis, principalmente en lo que respecta a la posibilidad de obtener datos puntuales y su variación a lo largo del tiempo, rapidez, economía, etc.; sin embargo, estos métodos pueden ser menos precisos, estando sujetos frecuentemente a interferencias no siempre previsibles.

Estas circunstancias deberán tenerse en consideración a la hora de su utilización, siendo muy importante:

- Conocer las características del ambiente a estudiar.
- Tener en cuenta las especificaciones del instrumento y las instrucciones de uso.

- Realizar el correcto mantenimiento y la limpieza de los equipos.

- Realizar calibraciones periódicas, siempre que sea posible, por medio de atmósferas o mezclas de composición controlada. Si la calibración se lleva a cabo de manera externa, debe acudir a un servicio o laboratorio acreditado, con posibilidad de emitir un certificado.

### CLASIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

Los procedimientos de medición de la concentración de los agentes químicos en aire se clasifican, según la Norma UNE-EN 482:1995 "Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos", en función del objeto de la medición a realizar.

#### *Mediciones para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo*

Son mediciones para obtener información cuantitativa aproximada sobre el nivel de exposición para decidir si existe o no un problema de exposición y, si existe, averiguar su posible gravedad. Pueden utilizarse también para determinar si la exposición está claramente por debajo o por encima del valor límite.

#### *Mediciones para la evaluación aproximada de la variación de concentración en el tiempo y/o en el espacio*

Se utilizan para:

- Proporcionar información de los probables perfiles de concentración de los agentes químicos.
- Identificar emplazamientos o períodos de elevada exposición.
- Establecer la duración y frecuencia del muestreo de las mediciones para comparar con los valores límite.
- Localizar las fuentes de emisión.
- Estimar la eficacia de la ventilación u otras medidas técnicas.

#### *Mediciones próximas a una fuente de emisión*

Pueden proporcionar información sobre la localización y la intensidad de la fuente. En combinación con otras informaciones, pueden permitir la eliminación de la contribución significativa a la exposición, de una fuente sospechosa.

**Mediciones para comparar con los valores límite**

Proporcionan información exacta y fiable sobre la concentración media ponderada en el tiempo de un agente químico específico en el aire que puede ser inhalado, o bien permiten su predicción.

**Mediciones periódicas**

Se utilizan para determinar si las concentraciones de exposición han cambiado desde su comparación con los valores límite, o bien para comprobar si las medidas de control continúan siendo eficaces.

Ya que la composición de la atmósfera del lugar de trabajo y las condiciones ambientales habrán sido investigadas durante la evaluación inicial de la exposición profesional, puede ser adecuado uti-

lizar, para las medidas periódicas, procedimientos con menor selectividad.

**FIABILIDAD DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN**

Los requisitos de fiabilidad de los procedimientos de medición están descritos en la Norma UNE-EN 482:1995. Según dicha norma, la fiabilidad específica que debe exigirse al procedimiento de medición, establecida como la incertidumbre global relativa definida anteriormente, depende del objeto de la medición que se va a realizar, para los intervalos de medida específicos mínimos y los tiempos de ponderación. Estos requisitos deberán cumplirse para el procedimiento completo incluso si éste está compuesto de varias etapas.

Objeto de la medición	Incertidumbre global relativa	Intervalo de medida específico	Tiempo de ponderación
Medición para la evaluación aproximada de la concentración media ponderada en el tiempo <sup>(2)</sup>	≤ 50%	De 0,1 a 5 VL <sup>(1)</sup>	Menor o igual que el periodo de referencia del valor límite
Medición para la evaluación de la concentración: a) en el tiempo <sup>(3)</sup> b) en el espacio <sup>(2) (5)</sup>	≤ 20% ≤ 40%	Intervalo dinámico >10/1 <sup>(4)</sup> Intervalo dinámico >10/1 <sup>(4)</sup>	< 5 minutos < 15 minutos
Medición próxima a una fuente de emisión <sup>(2)</sup>	≤ 50%	0,5 a 10 VL	Dependiente de la fuente
Medición para comparar con los valores límite <sup>(2)</sup>	≤ 50% ≤ 30%	0,1 a 0,5 VL 0,5 a 2 VL	Menor o igual que el periodo de referencia del valor límite
Mediciones periódicas <sup>(2)</sup>	≤ 50% ≤ 30%	0,1 a 0,5 VL 0,5 a 2 VL	Menor o igual que el periodo de referencia del valor límite

(1) Valor límite.

(2) Para cubrir el intervalo de medida específico mínimo requerido es posible utilizar una combinación de dos procedimientos, con intervalos de medida específicos reducidos pero complementarios y en parte superpuestos.

(3) Para este tipo de medición solamente se deberá utilizar la precisión, en el cálculo de la incertidumbre global, siempre que pueda demostrarse que la variación en el sesgo es pequeña.

(4) No se especifica un intervalo de medida mínimo. El intervalo de medida requerido de la concentración puede ser decidido para cada aplicación particular. En todo caso, se especifica una amplitud mínima entre los límites inferior y superior del intervalo de medida de la concentración.

(5) Si sólo fuesen de interés las concentraciones relativas, en las mediciones para la evaluación aproximada de la variación de la concentración en el espacio, el sesgo carece de importancia y el requisito de incertidumbre global puede ser sustituido por un requisito de precisión de ≤20%, siempre que pueda demostrarse que la variación en el sesgo es pequeña.

## MÉTODOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE LA EXPOSICIÓN

Los métodos para llevar a cabo el Control Biológico de la Exposición son métodos de toma de muestra y análisis para la determinación analítica de los contaminantes químicos, de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con la exposición del trabajador al contaminante en cuestión.

Este tipo de determinaciones (básicamente en sangre, orina o aire exhalado) se rigen, evidentemente, bajo los mismos principios que se han expuesto para la determinación de contaminantes en aire. En este caso es especialmente importante el momento de la toma de muestra ya que su significación puede depender totalmente de ésta. Se recomienda la consulta del texto del INSHT "Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos" (J. Obiols, INSHT, Madrid, 1998).

Por otro lado, también se pueden consultar los métodos para el control biológico incluidos en la Colección de Métodos de Toma de Muestras y Análisis del INSHT en los catálogos de publicaciones del INSHT y en la dirección de Internet: <http://www.mtas.es/insht/information/mtm.htm>

## INFORME ANALÍTICO

Los resultados de los análisis llevados a cabo por el laboratorio deben registrarse con precisión, claridad, inequívocamente y sin ambigüedades y presentarse como un informe analítico, incluyendo toda la información solicitada, la del método de medición y los requisitos para la interpretación de los resultados.

### Estructura

La información que debe incluir el informe analítico deberá estar de acuerdo con lo establecido en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 "Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración" (ver Apéndice 6 sobre Gestión de la Calidad) e incluir como mínimo la información siguiente, a menos que el laboratorio tenga razones válidas para no hacerlo:

- un título (por ejemplo, "Informe de Análisis");
- el nombre y la dirección de laboratorio;
- una identificación única del informe analítico;
- el nombre y la dirección del cliente o solicitante;

- la identificación del método de medición usado;
- la descripción, estado e identificación inconfundible de la muestra analizada;
- la fecha de recepción de la muestra cuando ésta sea crítica para la validez y aplicación de los resultados, y la fecha de ejecución del análisis;
- la referencia al plan de muestreo y a los procedimientos utilizados por el laboratorio cuando influyan en la validez o aplicación de los resultados;
- los resultados del análisis, junto con las unidades de medida cuando proceda;
- el/los nombre(s), cargo(s) y firmas(s) de la(s) persona(s) autorizada para el informe analítico;
- cuando proceda, una declaración de que los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada.

### NOTA:

Se recomienda que los laboratorios incluyan una declaración indicando que el informe sólo puede reproducirse su totalidad y con la autorización por escrito del laboratorio.

Además de los requisitos indicados anteriormente, los informes deben incluir, cuando así sea necesario para la interpretación de los resultados del análisis, lo siguiente:

- desviaciones, adiciones o exclusiones respecto al método de medición, e información sobre las condiciones específicas del análisis, tales como condiciones ambientales;
- cuando sea pertinente, una declaración de la conformidad o no conformidad con requisitos y/o especificaciones;
- cuando sea aplicable, una declaración de la incertidumbre estimada de la medición;
- cuando sea apropiado y necesario, opiniones e interpretaciones.

Además de los requisitos anteriormente citados, los informes conteniendo los resultados del muestreo deben incluir, donde sea necesario para la interpretación de los resultados del análisis:

- la fecha del muestreo;
- la identificación inconfundible de la sustancia, material o productos muestreados;
- el lugar del muestreo, incluyendo diagramas, croquis o fotografías;
- una referencia al plan de muestreo y a los procedimientos usados;



- los detalles de las condiciones ambientales durante el muestreo que puedan influir en la interpretación de los resultados del análisis;
- cualquier norma u otra especificación relativa al método o procedimiento de muestreo, así como desviaciones, adiciones o exclusiones respecto a la especificación en cuestión.

Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el laboratorio debe documentar la base sobre la que se realizan las mismas. Las opiniones e interpretaciones deben identificarse claramente como tales en el informe analítico.

### Modificaciones del informe analítico

Las modificaciones de informes analíticos después de su emisión sólo deben realizarse mediante un nuevo documento, o una transferencia de datos, que incluya la declaración: "Suplemento del Informe de Análisis número" o una frase equivalente.

Cuando sea necesario elaborar un nuevo informe analítico, éste deberá tener una identificación única y deberá tener una referencia del original al que sustituye.

### Archivo

El informe analítico deberá archivararse junto con toda la documentación que se haya generado en la evaluación del riesgo correspondiente.

## CRITERIOS GENERALES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO DE MEDICIÓN

Cuando la evaluación de los riesgos laborales incluya 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 caso contrario, deberá tenerse en cuenta una serie de recomendaciones que se exponen a continuación.

### Idoneidad del método seleccionado

El método de medición elegido deberá proporcionar resultados fiables y válidos para el contaminante o grupo de contaminantes en cuestión y permitir comparar los resultados que se obtengan con los valores límite establecidos para tomar una decisión sobre el nivel de exposición.

En la elección del método también deberá considerarse si el laboratorio que va a efectuar el análisis dispone de la técnica instrumental y de los equipos necesarios, si tiene a punto el procedimiento analítico a aplicar y si tiene establecido algún sistema de aseguramiento de la calidad de sus resultados.

### Prioridades en la elección

Cuando la normativa no indique el método que debe emplearse, se escogerá un método, de entre los que se indican a continuación, por el siguiente orden de prioridad:

- 1) Métodos del INSHT. Métodos de Toma de Muestras y Análisis validados y publicados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (consultarlos en el Catálogo General de Publicaciones del INSHT o en Internet: <http://www.mtas.es/insht/information/mtm.htm>).
- 2) Normas UNE. Métodos de ensayo publicados para la determinación de contaminantes en aire en los lugares de trabajo y para el control biológico (consultarlas en el Catálogo de Publicaciones de AENOR o en Internet <http://www.aenor.es>).
- 3) Normas internacionales (ISO) para atmósferas en los lugares de trabajo.
- 4) Métodos normalizados publicados por instituciones o entidades de reconocido prestigio en la materia (NIOSH, OSHA, HSE, etc.).
- 5) En ausencia de los anteriores, métodos desarrollados por el propio laboratorio o adoptados de otras fuentes bibliográficas (artículos científicos, libros, publicaciones técnicas) que contengan información suficiente y concisa de cómo realizar los análisis y hayan sido validados apropiadamente antes del uso.

## APÉNDICE 6

### CALIDAD EN LAS MEDICIONES DE AGENTES QUÍMICOS

#### INTRODUCCIÓN

En este apéndice se dan algunas recomendaciones específicas para la implantación de un sistema de gestión de la calidad para las actividades de medición de agentes químicos en aire que permitan garantizar que el método de medición proporcione confianza sobre su resultado. Contiene recomendaciones aplicables a cada una de las actividades de medición porque, al ser interdependientes, la calidad del resultado final está condicionada a la correcta ejecución de todas ellas.

Este apéndice contiene recomendaciones para los métodos de medición, los equipos, la toma de muestras, el transporte y la conservación de las muestras, el aseguramiento de la calidad, los informes analíticos y la documentación. En los lugares apropiados del texto se hace mención a las mediciones directas.

Para el caso concreto de la actividad que se realiza en el laboratorio, análisis de las muestras, son aplicables todas las recomendaciones excepto las que aparecen en los apartados *Toma de muestras y Transporte y conservación de las muestras*. Las recomendaciones de los apartados *Aseguramiento de la calidad e Informe analítico* están desarrolladas exclusivamente para el laboratorio. El apartado *Documentación*, aunque dirigido principalmente al laboratorio, podría aplicarse igualmente a las demás actividades.

#### DEFINICIONES

**Sistema de la calidad:** Estructura organizativa, procedimientos, procesos y recursos necesarios para implantar la gestión de la calidad [UNE-EN-ISO 8402, 3.6:1995].

**Gestión de la calidad:** Conjunto de actividades de la función general de la dirección que determinan la política de la calidad, los objetivos y las responsabilidades y se implanta por medios tales como la planificación de la calidad, el control de la calidad, el aseguramiento de la calidad y la mejora de la calidad en el marco del sistema de la calidad [UNE-EN-ISO 8402, 3.2:1995].

**Aseguramiento de la calidad:** Conjunto de acciones planificadas y sistemáticas implantadas dentro del sistema de la calidad, y demostrables si es necesario, para proporcionar la confianza ade-

cuada de que una entidad cumplirá requisitos para la calidad [UNE-EN-ISO 8402, 3.5:1995].

#### NOTA:

Entidad puede ser, por ejemplo: una actividad o un proceso, un producto, una organización, un sistema o una persona o la combinación de todos o algunos de ellos [UNE-EN-ISO 8402, 1.1:1995].

**Calibración:** Conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre los valores de una magnitud indicados por un instrumento de medida o un sistema de medida, o los valores representados por una medida materializada o por un material de referencia, y los valores correspondientes de esa magnitud realizados por los patrones [VIM, 6.11:2000].

#### NOTAS:

- (1) El resultado de una calibración permite la estimación de los errores de indicación del instrumento de medida, sistema de medida, o la asignación de valores a las marcas de escala arbitrarias.
- (2) El resultado de una calibración puede registrarse en un medio que en ocasiones se denomina "certificado de calibración" o "informe de calibración".
- (3) En ocasiones, el resultado de una calibración se expresa como una corrección o como un "factor de calibración" o como "curva de calibración".

**Verificación:** Confirmación, por examen y recogida de evidencias, de que los requisitos especificados se han alcanzado [Guía ISO/IEC 25, 3.8:1990] [EAL G-19, 3.15:1996].

#### NOTAS:

- (1) La verificación proporciona un medio para comprobar si las desviaciones individuales obtenidas por un instrumento y los valores conocidos de una magnitud medida son menores que el máximo error definido en una norma, reglamento o especificación particular.
- (2) El resultado de las verificaciones proporciona la base para tomar una decisión, ya sea la de volver a poner el equipo en servicio, realizar ajustes, repararlo, ponerlo fuera de servicio o declararlo obsoleto.

#### REFERENCIAS PARA LA CALIDAD DE LAS MEDICIONES DE AGENTES QUÍMICOS

Para la realización de las mediciones de agentes químicos, el Real Decreto 374/2001 y los reglamentos específicos aplicables a los agentes quími-

cos establecen condiciones y requisitos que determinan la calidad exigible a dichas mediciones. En el apéndice 5 se aporta información sobre las características y requisitos básicos que deben reunir los procedimientos de medición para la determinación de agentes químicos en línea con lo que indica el apartado 5 del artículo 3 del Real Decreto 374/2001. En este sentido, es importante considerar la norma UNE-EN 482:1995 *Atmósferas en el lugar de trabajo - Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos*. Esta norma especifica los requisitos generales aplicables a todos los procedimientos de medida de agentes químicos cualquiera que sea la naturaleza química o estado físico (gas, vapor, materia en suspensión) del agente 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 acciones para asegurar la calidad de las mediciones, implantadas en el marco de un sistema de gestión de la calidad, permiten asegurar y demostrar, con la confianza adecuada, el cumplimiento de los requisitos y por consiguiente de la legislación. En la consecución de la calidad adecuada (para las mediciones de agentes químicos) hay que considerar todas las etapas de la medición necesarias para su realización y todos los factores 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 global para la calidad en las actividades de medición. La norma UNE-EN ISO/IEC 17025 *Requisitos generales relativos a la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración* puede tomarse como referencia general. Esta norma es aplicable a todas las organizaciones o laboratorios que realicen cualquier tipo de ensayo o calibración y para todas o parte de las actividades contempladas en ella, como diseño, muestreo y análisis. Tiene por objeto, entre otros, su utilización por los laboratorios en el desarrollo de sus sistemas de gestión de la calidad. También puede ser utilizada por los clientes de los laboratorios u organizaciones, las autoridades reglamentarias y las entidades de acreditación para confirmar o reconocer la competencia de tales organizaciones.

En cualquier caso, cualquiera que sea la referencia general, los requisitos (o las condiciones) específicos y obligatorios serán los que se encuentran explícita o implícitamente contenidos en la legislación aplicable.

## RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LAS ACTIVIDADES DE MEDICIÓN DE AGENTES QUÍMICOS

Las actividades de medición en el campo de las determinaciones para la evaluación de la exposición a agentes químicos tienen unas características diferenciadas, tanto en sus objetivos como en su aplicación, que necesitan recomendaciones específicas para algunos de los aspectos que deben considerarse en el desarrollo e implantación de un sistema de gestión de la calidad, especialmente para aquellos puntos que no están explícitamente contemplados en la legislación.

### Métodos de medición

La utilización de métodos de medición validados es un requisito de calidad fundamental y el primero a cumplir para garantizar la confianza en el resultado. En el apéndice 5 se indican las características que deben cumplir los métodos de medición así como los principios para su validación.

La legislación no fija los métodos de medición concretos a utilizar, excepto en el caso de la determinación de fibras de amianto, por lo que tienen que ser seleccionados por el usuario entre los que cumplan las características indicadas en el apéndice 5. En este apéndice se recogen también los criterios generales para su elección entre las normas y guías que proporcionan métodos de medición desarrollados y validados para su uso en la evaluación de la exposición laboral a agentes químicos.

En caso de que sea necesario utilizar métodos no validados (o no normalizados) debería procederse a su validación previa a su utilización. Con este fin pueden utilizarse como guías la norma UNE-EN 482 *Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos* y los protocolos de validación del INSHT (Apéndice 5). Asimismo, si las condiciones en las que se pretende utilizar el método seleccionado no coinciden con las de validación, debería procederse a completar la validación.

## Equipos

Los equipos que se utilicen para la toma de muestras y el análisis deben ser conformes con las especificaciones que se indiquen en los métodos de medición y estar adecuadamente calibrados y mantenidos para asegurar que, siempre que se utilicen, su funcionamiento sea correcto.

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.

Es conveniente que los equipos tengan un responsable que controle su utilización y estado de correcto funcionamiento, especialmente si se trata de equipos manipulados por varias personas.

### *Plan de calibración/verificación y mantenimiento de los equipos de toma de muestras y análisis*

Se elaborará un inventario de los equipos disponibles (que incluya código del equipo, denominación, marca y modelo y fecha de alta) y una etiqueta para su identificación. El laboratorio dispondrá de un registro o ficha de los equipos de medida.

Los equipos de toma de muestras y de análisis dispondrán de instrucciones escritas sobre su puesta en marcha, utilización y funcionamiento, y se implantará y aplicará un Plan de calibración/verificación y mantenimiento, como parte fundamental del sistema de calidad. Los equipos que tengan una influencia directa o indirecta en los resultados de los análisis estarán sujetos a calibración o verificación.

El "*Plan de Calibración*" definirá:

- qué equipos se calibran,
- quién realiza las calibraciones,
- su frecuencia y
- procedimiento a aplicar.

Se establecerá qué equipos son de calibración interna y qué equipos son de calibración externa. Los resultados de las calibraciones efectuadas deberán registrarse, especificándose los siguientes datos: denominación y código del equipo calibrado, fecha de la calibración, patrones de calibración, procedimiento de calibración, condiciones ambientales, resultados e incertidumbres y quién efectuó la calibración.

Los laboratorios también dispondrán de un "*Plan de Mantenimiento*" que cubra todos sus equipos, defina las actividades a realizar y su periodicidad. Este Plan incluirá tanto el mantenimiento

interno del propio laboratorio como el externo. Las actividades u operaciones a realizar deberán ir encaminadas a prevenir, o en su caso corregir, fallos, deterioros, averías o un mal funcionamiento.

Todas las operaciones de mantenimiento y calibración o verificación que se realicen en un equipo deberán documentarse y anotarse en un diario/registro.

## Toma de muestras

La toma de muestras es necesaria en todas aquellas determinaciones analíticas que deben efectuarse en el laboratorio. Es la primera etapa del método de medición, perfectamente diferenciada de la determinación analítica, tanto por su distinta problemática específica como por su diferente ejecución en el tiempo, y en la mayoría de ocasiones por operadores distintos; no obstante, ambas, la toma de muestras y la determinación analítica, están totalmente relacionadas y dependientes entre sí.

Las tomas de muestras deben realizarse siguiendo las indicaciones del método de medición seleccionado. Antes de llevarlas a la práctica, es necesario asegurarse de que los equipos que se utilicen están adecuadamente calibrados y mantenidos y que los soportes de retención son los recomendados en el método, han estado almacenados en las condiciones recomendadas por el fabricante y no se ha superado la fecha de caducidad cuando proceda.

Es importante que las muestras se identifiquen de forma inequívoca y que se recojan todos los datos e informaciones sobre el lugar de trabajo que sean pertinentes. Así mismo debería existir un registro de las muestras en el que consignar como mínimo la referencia asignada, lugar donde se ha tomado, equipos utilizados, condiciones en las que se ha realizado, persona que lo ha llevado a cabo y laboratorios a los que se envían las muestras para su análisis.

## Transporte y conservación de las muestras

La parte del método de medición que comprende el transporte y el almacenamiento o conservación de la muestra es de vital importancia, ya que un tratamiento inadecuado de las muestras durante esta etapa afecta a su integridad e invalida todo el proceso de medición. Para asegurarse mediante control continuado, de que las muestras están en las condiciones adecuadas, debe ponerse especial cuidado en que no queden espacios de

tiempo y de lugar en los que las muestras tomadas no tengan un responsable (no estén bajo custodia).

El método de medición establece las condiciones de transporte y conservación que deben respetarse: temperatura, protección de la luz, humedad recomendada y, sobre todo, tiempo máximo de almacenamiento. Es conveniente que el tiempo desde que se toma la muestra hasta su recepción por el laboratorio que vaya a realizar el análisis sea lo más corto posible evitando, en la medida que se pueda, almacenamientos previos a su envío. Hay que tener en cuenta que el tiempo de almacenamiento indicado en el método de medición se contabiliza desde el momento en el que se toma la muestra hasta el momento en el que se realiza el análisis y que ese tiempo es el que está validado para las condiciones indicadas.

La utilización de blancos de muestra permite controlar que el transporte y almacenamiento de las muestras se ha realizado correctamente.

### Aseguramiento de la calidad

El laboratorio tendrá establecidos procedimientos de control de calidad para controlar la validez de los resultados que obtenga. Estos controles serán planificados y revisados y pueden incluir pero no estar limitados (tal como se indica en la norma UNE-EN ISO/IEC 17025) a lo siguiente:

- uso habitual de materiales de la referencia certificados; y/o controles internos de calidad que empleen materiales de referencia secundarios;
- participación en programas de intercomparación de laboratorios o de ensayos de aptitud;
- repetición de ensayos utilizando los mismos o diferentes métodos;
- repetición de ensayos de muestras conservadas.

Dentro del sistema de gestión de la calidad del laboratorio el control de calidad es una herramienta indispensable que debe incluir, además del control interno, la participación en programas de evaluación externa de la calidad, también llamados interlaboratorios o de intercomparación. Esta participación es un requisito habitualmente exigido por las entidades de acreditación y en algunos casos puede venir obligada por la legislación vigente.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), en colaboración con los organismos correspondientes de las Comunidades Autónomas, tiene establecido un Programa

Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC) que está abierto a la participación de cualquier entidad, laboratorio o especialista relacionado con el análisis de contaminantes tanto en ambiente como en medios biológicos.

#### NOTAS:

(1) Los programas específicos que constituyen el PICC (a 31.10.01) son: Metales en filtros (PICC-MET), Vapores orgánicos (PICC-VO), Fibras de amianto (PICC-FA), Plomo en sangre (PICC-PBS) y Metales en orina (PICC-MetU).

(2) La participación en los programas específicos del PICC es en la actualidad gratuita. Para obtener más información o para efectuar inscripciones, consultar en Internet la dirección: [www.mtas.es/insht/acreditacion/picc\\_prog.htm](http://www.mtas.es/insht/acreditacion/picc_prog.htm)

### Informes analíticos

El laboratorio debe emitir un informe que contenga toda la información pertinente de las mediciones realizadas por el laboratorio, firmado por la persona autorizada para ello. Para la elaboración del informe se tendrán en cuenta las indicaciones del apéndice 5 de esta Guía. En cualquier caso deben permitir cumplir el contenido mínimo de la documentación sobre la evaluación indicado en los comentarios de esta Guía al apartado 9 del artículo 3 del RD 374/2001. Si el laboratorio pertenece a la misma organización que ha tomado las muestras, el contenido del informe puede simplificarse en la medida que no comprometa la información necesaria para realizar correctamente los análisis ni la correspondencia que debe existir entre las muestras tomadas y sus resultados analíticos.

En el caso de que el laboratorio no haya realizado todas las actividades analíticas, el informe debería recoger cuáles son y por quién han sido realizadas. Por otra parte, si el laboratorio ha realizado las tomas de muestra u otras mediciones, el informe contendrá la información correspondiente a éstas.

Es importante que los informes estén inequívocamente identificados. Cada página debería estar identificada de forma que permita reconocerse como parte del informe.

### Documentación

El laboratorio debería tener disponible la documentación que evidencie el cumplimiento de los requisitos de la legislación y de las recomendaciones de este apéndice. La documentación será la pertinente a las mediciones que se realicen o vayan a realizarse, que pueden ser todas o parte

de las mediciones de interés para la evaluación de la exposición a agentes químicos.

La documentación mínima será: plano con instalaciones, equipos disponibles, organigrama con funciones del personal, cualificaciones del personal, métodos de trabajo conformes a normas, procedimientos de control de la calidad y resultados de la participación en pruebas interlaboratorios o de aptitud que sean pertinentes a las mediciones que se van a realizar (o certificados de los organizadores de su participación y resultados).

Si el laboratorio está acreditado para ello por el organismo nacional de acreditación, puede conside-

rarse suficiente el certificado de acreditación en el que figure claramente que el alcance de la acreditación corresponde a las mediciones o a la actividad que realice. En este caso, es importante que se adjunte el programa de acreditación para comprobar que es adecuado para cumplir la legislación y los resultados de la participación en pruebas interlaboratorios o de aptitud que sean pertinentes a las mediciones que realiza.

Es conveniente que el análisis de la documentación sea realizado por personas con conocimientos en higiene industrial y preferiblemente con experiencia en evaluación de riesgos por exposición a agentes químicos.

## APÉNDICE 7

### TÉCNICAS DE VENTILACIÓN PARA EL CONTROL DE AGENTES QUÍMICOS

#### INTRODUCCIÓN

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 su implantación 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.

Las técnicas de ventilación tienen un abanico de aplicaciones muy extenso, pero aquí nos limitaremos a una breve descripción de las que tienen utilidad para el control de agentes químicos, obviando otras posibles aplicaciones como son: el control de las condiciones termohigrométricas de procesos industriales, el transporte de materiales o el confort de los ocupantes de espacios cerrados.

Con esta limitación las posibilidades de aplicación de las técnicas de ventilación se concretan en las identificadas como extracción localizada y ventilación por dilución cuyos fundamentos y criterios de diseño se describen brevemente a continuación, con objeto de facilitar su aplicación correcta.

#### EXTRACCIÓN LOCALIZADA

##### Fundamento teórico

Consiste en crear, mediante aspiración, una corriente de aire con la intención de captar los con-

taminantes 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.

##### Descripción

Un sistema de extracción localizada siempre está constituido por una **campana** que es el elemento situado en las proximidades del foco de generación en el que se produce la aspiración del aire, un **conducto o red de conductos** de aspiración que canalizan el aire contaminado aspirado hasta una zona de descarga sin riesgo y el **ventilador** necesario para conseguir la circulación del aire por la campana y los conductos. En ocasiones también es necesario introducir en el circuito un **depurador de gases o un filtro** para eliminar la contaminación del aire vehiculado, la necesidad de este depurador vendrá condicionada por la toxicidad de los agentes químicos captados y por los requisitos de protección de la zona en la que se produce la descarga del aire contaminado.

##### 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 tiene que tener una forma y 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. No es imprescindible que esté situada sobre el foco, es más, 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. Excepto en circunstancias especiales en las que el contaminante es liberado al ambiente con una elevada velocidad, en la mayoría de circunstancias es suficiente una velocidad del aire en el foco de generación entre 0,5 y 1,0 m/s para lograr este efecto. No se debe confundir esta "velocidad en el foco", que es el factor determinante de la eficacia, con la velocidad del aire en la campana o en la boca de aspiración cuya incidencia en la eficacia es poco importante.

- 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 la pérdida de carga que tendrá el conjunto del sistema, incluyendo la correspondiente al depurador en su caso.

Conviene recordar que el Anexo 1 del Real Decreto 1435/1992, en el que se enumeran los requisitos esenciales de seguridad y salud de las máquinas, incluye el siguiente:

### 1.5. Otros peligros

#### 13. Emisiones de polvo, gases, etc.

La máquina estará diseñada, fabricada y/o equipada para que se puedan evitar los peligros debidos a los gases, líquidos, polvos, vapores y demás residuos producidos por la misma.

Si existiera este peligro, la máquina estará equipada para captar y/o aspirar los productos anteriormente mencionados.

Si la máquina no va cerrada en marcha normal, los dispositivos de captación y/o aspiración a que se refiere el párrafo anterior estarán situados lo más cerca posible del lugar de emisión.

Asimismo, el Anexo I del Real Decreto 1215/1997 en su apéndice 1 "Disposiciones míni-

mas generales aplicables a los equipos de trabajo" exige:

5. Cualquier equipo de trabajo que entrañe riesgo por emanación de gases, vapores o líquidos o por emisión de polvo deberá estar provisto de dispositivos adecuados de captación o extracción cerca de la fuente emisora correspondiente.

Es decir, cuando exista riesgo de emisión de contaminantes, un requisito obligatorio de las máquinas o equipos de trabajo es la disponibilidad de dispositivos de captación (campanas, toberas, conductos, etc.) que permitan conectarla con facilidad a sistemas de extracción localizada. Cuando se precisa, el manual de instrucciones de la máquina o equipo especifica las características que debe tener el sistema de captación.

En los supuestos de máquinas o equipos en uso que precisando de extracción localizada

carecieran de ella, el usuario debería recabar del fabricante las instrucciones necesarias para la instalación del sistema de extracción localizada y actuar en consecuencia; en caso contrario deberá ser el propio usuario el que diseñe e instale la extracción localizada correspondiente, recomendándose para ello la consulta de las normas armonizadas (UNE EN) que hacen referencia a los sistemas y procedimientos de captación de contaminantes en el origen.



## Mantenimiento

Un sistema de extracción localizada, como cualquier instalación, 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. No deben existir grietas, roturas, tubos desconectados, bridas sueltas, acumulación de suciedad en conductos o en filtros, etc.
- Comprobación de las presiones en puntos significativos del circuito. Normalmente las presiones en un sistema de extracción localizada son negativas. 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).

## VENTILACIÓN POR DILUCIÓN

### Fundamento teórico

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

Independientemente del sistema físico utilizado para lograr la renovación del aire del local de trabajo, el dato básico necesario para cuantificar el sistema es el caudal de aire necesario para lograr la dilución de los contaminantes generados; en otras palabras: la cantidad necesaria de aire dependerá de la cantidad y toxicidad o inflamabilidad de los contaminantes que se generen en el proceso productivo en cuestión y no del volumen del local. La forma clásica de especificar una ventilación general en términos de "renovaciones por hora" carece de sentido cuando se trata de diseñar una ventilación por dilución para reducir la exposición a agentes químicos o el riesgo de inflamación de gases y vapores.

En vez de especificar un número de renovaciones por hora deben utilizarse especificaciones basadas en variables características del proceso o de la ocupación del local, datos de este tipo se pueden encontrar en los tratados especializados de ventilación industrial (por ejemplo: 10.000 m<sup>3</sup> de aire por litro de tolueno evaporado, 6.000 m<sup>3</sup>

de aire por kg de electrodo consumido, 6.000 m<sup>3</sup> de aire por hora y soldador, o 30 m<sup>3</sup> por hora y ocupante).

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 pue-

den 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.

Conviene recordar aquí que 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, ésta se deberá diseñar de acuerdo con lo expuesto en este Real Decreto 374/2001 con independencia de que además deberá cumplir con los requisitos contemplados en el Anexo III del Real Decreto 486/1997.

## APÉNDICE 8

### CRITERIOS GENERALES PARA LA ELECCIÓN Y UTILIZACIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL FRENTE A AGENTES QUÍMICOS

#### INTRODUCCIÓN

El presente apéndice tiene por objeto ofrecer una referencia técnica de aplicación práctica, que ayude a facilitar el desarrollo de 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 la utilización de este tipo de medida preventiva.

En cualquier caso, es preciso indicar que el desarrollo de las referidas tareas debe ser coordinado por un profesional con experiencia en la aplicación de los principios de la acción preventiva conforme a lo recogido en los artículos 15 y 30 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, contando para ello con la activa participación de los trabajadores. En consecuencia, los criterios recogidos en este apéndice deben tener únicamente la consideración de elemento informa-

tivo que contribuya a facilitar dicho trabajo, y la selección y utilización de cada equipo de protección para cada situación específica debe ser analizada minuciosamente conforme a los mecanismos articulados para tal fin en el desarrollo de la política preventiva de la empresa.

Una referencia exhaustiva de la situación legislativa en el terreno de los equipos de protección individual puede encontrarse, como ya se ha indicado en los comentarios al artículo 5, en la Guía Técnica del INSHT sobre el Real Decreto 773/1997.

#### PAUTAS DE SELECCIÓN

La selección de los equipos, los cuales deben disponer del preceptivo marcado "CE" conforme a lo recogido en el Real Decreto 1407/1992 y modificaciones posteriores, debiera desarrollarse conforme a la secuencia de actuación que a continuación se presenta:

#### SELECCIÓN DE LOS EPI FRENTE A AGENTES QUÍMICOS

Secuencia de actuación	Parámetros de decisión
1 Determinación del tipo de equipo a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vías de entrada del contaminante</li> </ul>
2 Fijación de las características técnicas del equipo a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nivel de riesgo</li> <li>• Información del fabricante</li> </ul>
3 Adquisición del equipo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación al entorno laboral</li> </ul>

A continuación se desarrolla cada uno de los elementos de la secuencia propuesta.

#### 1. Determinación del equipo a utilizar

Dependiendo del tipo de exposición, puede ser precisa la utilización de uno o varios equi-

pos de protección individual. En cualquier caso la tipología de los mismos vendrá determinada por la vía de entrada del contaminante en el cuerpo del trabajador profesionalmente expuesto.

De un modo general se puede establecer la existencia de tres situaciones básicas:

Vía de entrada	Equipo a utilizar
Inhalación	Equipo de protección de las vías respiratorias
Dérmica	Según estado del contaminante y parte del cuerpo expuesta
Contacto ocular	Gafas de protección

Si en el desarrollo de la actividad laboral pueden coexistir varias vías de entrada, será preciso recurrir a la utilización de diversos equipos simul-

táneamente o bien a la utilización de un equipo multirriesgo. A continuación se presenta un ejemplo de combinación característica:

Vías de entrada	Soluciones posibles	
	Combinación equipos	Equipo multirriesgo
Inhalación + contacto ocular	Mascarilla de protección + gafas de protección	Máscara de protección

En cualquier caso, el decantarse por una u otra solución dependerá de la compatibilidad entre los diferentes equipos y del confort de uso de la solución adoptada.

## 2. Fijación de las características técnicas del equipo a utilizar

Una vez decidido el equipo o la combinación de los mismos que hay que utilizar, es preciso fijar cuáles deben ser sus características técnicas para que responda con efectividad a los niveles de riesgo evaluados en el puesto de trabajo.

El elemento básico de referencia para el desarrollo de esta tarea es la información faci-

litada por los fabricantes de los equipos en sus folletos informativos, y en principio se seleccionarán aquellos equipos que ofrezcan unos niveles de rendimiento adecuados al nivel de riesgo.

A continuación se indican los diferentes parámetros técnicos que se deben considerar para los diferentes tipos de equipos.

### a) Equipos de protección de las vías respiratorias

En primer lugar es preciso definir cuál va a ser el tipo de equipo a utilizar. Las diferentes posibilidades se recogen en el siguiente cuadro:

CONDICIONES AMBIENTALES	TIPO DE EQUIPO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno ambiental superior al 17%</li> <li>• Concentración ambiental inferior a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 veces el VLA-ED</li> <li>- 10000 ppm</li> <li>- Índice IPVS (IDLH Level)</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>EQUIPOS FILTRANTES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mascarillas autofiltrantes (FF)</li> <li>- Filtro + adaptador facial (máscara o mascarilla)</li> </ul> <p>Tipos de filtros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>P: Partículas</li> <li>A: Vapores orgánicos</li> <li>B: Vapores inorgánicos</li> <li>K: Amoníaco</li> <li>E: SO<sub>2</sub></li> <li>Otros</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oxígeno ambiental inferior al 17%</li> <li>• Concentración ambiental superior a:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 veces el VLA-ED</li> <li>- 10000 ppm</li> <li>- Índice IPVS (IDLH Level)</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>EQUIPOS AISLANTES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Semiautónomos</li> <li>- Autónomos</li> </ul>

Desde el punto de vista técnico, el parámetro básico de referencia es el "factor de protección nominal" (FPN). Dicho parámetro se define como la inversa de la fuga, e indica en múltiplos del valor límite ambiental cuál es la concentración máxima de contaminante a la que puede enfrentarse el equipo.

**Ejemplo 1**

En una empresa destinada a la destilación fraccionada de los subproductos procedentes de la destilación de la hulla se ha estimado una concentración de tolueno media diaria ponderada en tiempo de 401 mg/m<sup>3</sup>. Se desea conocer el factor de protección nominal necesario del equipo que se seleccione para protegerse frente al riesgo evaluado.

Teniendo en consideración que para el tolueno VLA-ED = 191 mg/m<sup>3</sup>, el factor de protección nominal necesario será:

$$FPN = \frac{401}{191} = 2,09$$

Es decir, el equipo que se seleccione debe tener un factor de protección nominal superior a 2.

**Ejemplo 2**

El fabricante de un equipo filtrante frente a vapores orgánicos indica que el factor de protección nominal de su equipo es de 20. Se desea conocer a qué concentración máxima de tolueno podría enfrentarse dicho equipo.

Teniendo en consideración que para el tolueno VLA-ED = 191 mg/m<sup>3</sup>, la concentración ambiental máxima a la que podrá enfrentarse el equipo será de:

$$C = 20 \times 191 = 3820 \text{ mg/m}^3$$

Para el caso de los equipos filtrantes es habitual expresar el factor de protección nominal implícitamente mediante la utilización de "clases de protección". Se definen las siguientes clases de protección:

- Filtros frente a partículas

Clase de protección	% retención / (fuga)	Factor de Protección Nominal
1	80 / (20)	5
2	94 / (6)	16.7
3	99.95 / (0.05)	2000

- Filtros frente a gases y vapores (A,B,E,K, otros)

Clase de protección	Concentración máxima
1	Hasta 10 veces el VLA y máximo 100 ppm
2	Hasta 100 veces el VLA y máximo 5000 ppm
3	Hasta 100 veces el VLA y máximo 10000 ppm

**Ejemplo 3**

¿Hasta qué concentración máxima de tolueno se puede utilizar un filtro A3?


$$\text{Concentración} = 100 \times \text{VLA} = 100 \times 191 \text{ mg/m}^3 = 19100 \text{ mg/m}^3 \approx 4990 \text{ ppm}$$

**b) Guantes de protección**

El nivel de protección del guante depende del producto químico específico, y el fabricante debe hacer referencia en su folleto informativo a cuál es dicho grado de protección para los diferentes productos químicos para los que ha sido diseñado el guante.

La forma en la cual el fabricante suele presentar la información descrita es mediante la utilización de un pictograma que indica que el guante es adecuado para su utilización frente a riesgo químico, acompañado de una serie de índices que indican las características de rendimiento del guante.

A continuación se incluye un ejemplo explicativo:



Riesgos químicos

- 1 Penetración (0 o 1)
- Permeación (De 1 a 6)
- 6 Ácido clorhídrico al 10%
- 6 Ácido acético al 25%
- 6 Hidróxido de sodio al 50%
- 3 Formaldehído al 37%
- 1 Etanol

El parámetro relativo a la penetración indica la capacidad del producto químico para pasar a través de agujeros, costuras u otras imperfecciones del material. Un valor 0 indica que el guante es penetrable y un valor 1 indica que el guante es estanco.

Por su parte la permeación indica la capacidad del producto químico para atravesar el guante a nivel molecular. Realmente es el parámetro que va a definir el nivel de protección del guante. Se establecen seis niveles en función del tiempo que tarde el contaminante en transpirar el guante conforme a la tabla que a continuación se presenta:

Tiempo de transpiración	Índice de protección
> 10 minutos	1
> 30 minutos	2
> 60 minutos	3
> 120 minutos	4
> 240 minutos	5
> 480 minutos	6

Así, en el guante del ejemplo se puede observar que frente a soluciones de formaldehído al 37% el guante presenta una capacidad de protección de al menos 60 minutos, frente a ácido clorhídrico al 10%, de al menos 480 minutos, etc...

### c) Ropa de protección

La elección de un tipo u otro de prenda depende de la parte del cuerpo expuesta y de la forma de presentación del contaminante. A continuación se incluye una tabla en la que se recogen las distintas posibilidades (el fabricante debe indicar en su folleto informativo a qué clase pertenece la prenda; no obstante, se puede encontrar información adicional sobre los distintos tipos de trajes frente a riesgos químicos en la publicación del INSHT "Ropa de protección" de la serie "Guías orientativas para la elección y utilización de los EPI"):

		Forma física del contaminante				
		Vapor, gas	Chorro de líquido	Pulverizado	Pequeñas salpicaduras	Polvo, partículas
PARTE DEL CUERPO	T O D O	Trajes tipo 1a, 1b, 1c y 2	Trajes tipo 3	Trajes tipo 4	Trajes tipo 6	Trajes tipo 5
	Z O N A S	Prendas de protección parcial				

Complementariamente, para el material constituyente de la prenda, el fabricante debe indicar cuáles han sido los niveles de rendimiento para los ensayos de penetración y permeación, como ya se ha indicado para el caso de los guantes de protección.

### d) Gafas de protección

El elemento que define el protector que hay que utilizar es la forma de presentación del contaminante. En cualquier caso, el marcado de la montura indica cual es el campo de uso del protector. Se tienen las siguientes posibilidades:

Símbolo	Campo de uso
Sin símbolo	Uso básico
3	Líquidos
4	Partículas gruesas de polvo
5	Gases y partículas finas de polvo
8	Arco de cortocircuito eléctrico
9	Metales fundidos y sólidos calientes

En consecuencia, 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) o 5 (para gases, vapores, aerosoles, humos, etc.).

#### Ejemplo

Un marcado de montura del protector del tipo:

XXXX - EN 166 - 3 - F

indica que se trata de un protector válido para ser utilizado frente a contaminantes que se presenten en forma líquida.

### 3. Adquisición del equipo

Como ya se ha indicado, el equipo que se seleccione debe cumplir la legislación de seguridad del producto que le es de aplicación (Real Decreto 1407/1992), cuya plasmación práctica de cara al usuario se concreta en que el equipo debe disponer del marcado "CE".

Complementariamente, dentro de los diferentes equipos que respondan con efectividad al nivel de riesgo conforme a los criterios presentados en el punto anterior, se seleccionará aquel que ofrezca un mejor nivel de adaptación tanto al usuario como al desarrollo habitual de las tareas realizadas en el puesto de trabajo. Por ello, resulta esencial contar con la opinión del trabajador acerca de las diferentes soluciones posibles, siendo la realización de pruebas "in situ" un elemento crucial para respaldar la decisión que definitivamente se adopte.

## PAUTAS DE UTILIZACIÓN

Aun disponiendo de un equipo de gran calidad, que haya sido seleccionado adecuadamente de acuerdo con los criterios presentados hasta este punto, gran parte de su eficacia frente al riesgo depende de una utilización y de un mantenimiento correctos. De un modo general se pueden establecer las siguientes pautas de utilización:

1. Utilizar el equipo para los usos previstos, siguiendo las instrucciones del folleto informativo del fabricante.
2. Colocarse y ajustarse adecuadamente el equipo conforme a las instrucciones del fabricante y a la formación e información recibida a este respecto.
3. Utilizarlo mientras se esté expuesto al riesgo y tener presentes las limitaciones del equipo indicadas en el "folleto informativo del fabricante".

Complementariamente y para los distintos tipos de equipos contemplados en este apéndice, a continuación se presentan una serie de indicaciones orientativas:

### *a) Equipos de protección de las vías respiratorias*

- Los equipos de protección de las vías respiratorias están diseñados de tal manera que sólo se pueden utilizar por espacios de tiempo relativamente cortos. Por regla general, no se debe trabajar con ellos durante más de dos horas seguidas; en el caso de equipos livianos o de realización de trabajos ligeros con interrupciones entre las distintas tareas, el equipo podrá utilizarse durante un periodo más prolongado.

- Antes de utilizar un filtro, es necesario comprobar la fecha de caducidad impresa en el mismo y su perfecto estado de conservación, con arreglo a la información del fabricante.

- Antes de empezar a utilizar los equipos los trabajadores deben ser instruidos por una persona cualificada y responsable del uso de estos aparatos dentro de la empresa. Dicho entrenamiento comprenderá también las normas de comportamiento en caso de emergencia.

- Es importante que la empresa disponga de un sistema de control periódico para verificar que los equipos se encuentran en buen estado y que se ajustan correctamente a los usuarios. Así, se deben controlar especialmente el estado de las válvulas de inhalación y exhalación del adaptador facial, el estado de las botellas de los equipos de respiración autónomos y todos los elementos de estanqueidad y unión entre las distintas partes del aparato.

- Es necesario velar porque los aparatos no se almacenen en lugares expuestos a temperaturas elevadas y ambientes húmedos antes de su utilización, de acuerdo con la información del fabricante; las cajas deben apilarse de forma que no se produzcan deterioros.

### *b) Guantes de protección*

- Deberá establecerse un calendario para la sustitución periódica de los guantes a fin de garantizar que se cambien antes de ser permeados por los productos químicos.

- La utilización de guantes contaminados puede ser extremadamente peligrosa, debido a la acumulación del contaminante en el material componente del guante.

- Hay que prestar atención a una adecuada higiene de las manos y untarse con crema protectora en caso necesario.

- Los guantes deberán limpiarse siempre siguiendo las indicaciones del fabricante.

### *c) Ropa de protección*

- En los trajes de protección para trabajos con maquinaria, los finales de manga y pernera se deben poder ajustar bien al cuerpo, y los botones y bolsillos deben quedar cubiertos.

- Los trajes de protección contra sustancias químicas requieren materiales de protección específicos frente al compuesto del que van a proteger. En todo caso deben seguirse las indicaciones dadas por el fabricante.

- Los trajes de protección sometidos a fuertes solicitaciones (por ejemplo: fuertes agresiones térmicas por radiación o llama, o trajes de protección

contra sustancias químicas) están diseñados de forma que las personas entrenadas puedan utilizarlos durante un máximo de aproximadamente 30 minutos. Los trajes de protección para solicitudes menores se pueden llevar durante toda la jornada de trabajo.

- Por lo que respecta al desgaste y a la conservación de la función protectora es necesario asegurarse de que las prendas de protección no sufran ninguna alteración durante todo el tiempo que estén en uso. Por esta razón se debe examinar la ropa de protección a intervalos regulares para comprobar su perfecto estado de conservación, las reparaciones necesarias y su limpieza correcta. Se planificará una adecuada reposición de las prendas.

- Para mantener durante el máximo tiempo posible la función protectora de las prendas de protección y evitar riesgos para la salud del usuario es necesario esmerarse en su cuidado adecuado. Sólo la observancia estricta de las instrucciones de lavado y conservación proporcionadas por el fabricante garantizan una protección invariable.

- En caso de lavado y limpieza de textiles que no llevan tratamiento permanente contra los efectos nocivos, es necesario que posteriormente se realice este tratamiento protector en un establecimiento especializado.

- En la reparación de prendas de protección sólo se deben utilizar materiales que posean las mismas propiedades.

#### *d) Gafas de protección*

- Los protectores oculares de calidad óptica baja sólo deben utilizarse esporádicamente.

- Las condiciones ambientales de calor y humedad son favorecedoras del empañamiento de los oculares, pero no son únicas. Un esfuerzo continuado o posturas incómodas durante el trabajo también provocan la sudoración del usuario, y por tanto, el empañamiento de las gafas. Este es un problema de muy difícil solución, aunque puede mitigarse con una adecuada elección de la montura, el material de los oculares y las protecciones adicionales (uso de productos antiempañantes, etc.).

- La falta o el deterioro de la visibilidad a través de los oculares es un origen de riesgo en la mayoría de los casos. Por este motivo, lograr que esta condición se cumpla es fundamental. Para conseguirlo, estos elementos se deben limpiar a diario procediendo siempre de acuerdo con las instrucciones que den los fabricantes.

- Para conseguir una buena conservación, los equipos se guardarán, cuando no estén en uso, limpios y secos en sus correspondientes estuches. Si se quitan por breves momentos, se pondrá cuidado en no dejarlos colocados con los oculares hacia abajo, con el fin de evitar arañazos.

- Con el fin de impedir enfermedades de la piel, los protectores deben desinfectarse periódicamente, siguiendo las indicaciones dadas por el fabricante para que el tratamiento no afecte a las características y prestaciones de los distintos elementos.



## IV. FUENTES DE INFORMACIÓN

### LEGISLACIÓN RELACIONADA <sup>1</sup>

**Ley 31/1995** de 8.11. (Jefatura del Estado, BOE 10.11.1995). Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

**Real Decreto 39/1997** de 17.1. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 31.1.1997). Reglamento de los servicios de prevención.

**Orden de 31.10.1984** (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 7.11.1984). Reglamento sobre el trabajo con riesgo de amianto.

Rectificada por:

Orden de 7.11.1984 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 22.11.1984).

Modificada por:

Orden de 26.7.1993 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 5.8.1993).

Completada por:

Orden de 7.1.1987 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 15.1.1987).

Orden de 22.12.1987 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 29.12.1987).

Resolución de 20.2.1989 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 3.3.1989)

**Real Decreto 665/1997** de 12.5. (Ministerio de la Presidencia, BOE 24.5.1997). Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo.

Modificado por:

Real Decreto 1124/2000, de 16.6. (Ministerio de la Presidencia, BOE 17.6.2000)

**Orden de 9.4.1986** (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 6.5.1986). Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud por la presencia de cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo.

**Orden de 12.1.1963** (Ministerio de Trabajo, BOE 13.3.1963). Normas reglamentarias médicas para reconocimientos, diagnósticos y calificación de las enfermedades profesionales.

Completada por:

Orden de 15.12.1965 (Ministerio de Trabajo, BOE 17.1.1966).

**Real Decreto 1995/1978** de 12.5. (Ministerio Trabajo, Sanidad y Seguridad Social, BOE 25.8.1978). Cuadro de enfermedades profesionales.

Modificado por:

Real Decreto 2821/1981 de 27.11. Ministerio Trabajo, Sanidad y Seguridad Social, BOE 1.12.1981).

**Resolución de 30.12.1993** (Secretaría General de la Seguridad S., BOE 10.1.1994). Considera provisionalmente como enfermedad profesional la detectada en industrias del sector de aerografía textil de la Comunidad Autónoma Valenciana.

**Real Decreto Legislativo 1/1994** de 20.6. (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, BOE 29.6.1994). Texto refundido de la Ley General de la Seguridad Social.

**Real Decreto 863/1985** de 2 .4. (Ministerio de Industria y Energía, BOE 12.6.1985, rect. 18.12.1985). Aprueba el reglamento general de normas básicas de seguridad minera.

Modificado por:

Real Decreto 150/1996 de 2.2. (Ministerio de Industria y Energía, BOE 8.3.1996).

Completado por:

Disposiciones que incluyen las Instrucciones Técnicas Complementarias ITC MIE

S.M. Hasta el momento han aparecido 13, entre ellas:

**ITC 04.08.01:** Condiciones ambientales de lucha contra el polvo; publicada en la Orden 13.9.1985 (Ministerio de Industria y Energía, BOE 18.9., rect. 23.11.1985).

<sup>1</sup> Legislación actualizada a fecha 18/7/2002

**ITC 07.1.04:** Condiciones ambientales; publicada en la Orden 16.10.1991 (M. Industria y Comercio., BOE 30.10.1991).

**Real Decreto 1389/1997** de 5.9. (Ministerio de Industria y Energía, BOE 7.10.1997). Aprueba las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y salud de los trabajadores en las actividades mineras.

**Real Decreto 783/2001** de 6.7. (Ministerio de la Presidencia, BOE 26.7.2001). Aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

**Real Decreto 363/1995** de 10.3. (Ministerio de la Presidencia, BOE 5.6.1995). Reglamento sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

Modificado por:

Orden de 13.9.1995 (Ministerio de la Presidencia, BOE 19.9.1995). *Anexo I.*

Orden de 21.2.1997 (Ministerio de la Presidencia, BOE 10.3.1997). *Anexo I.*

Real Decreto 700/1998 de 24.4. (Ministerio de la Presidencia, BOE 8.5.1998).

Orden de 30.6.1998 (Ministerio de la Presidencia, BOE 6.7.1998). *Anexos I, III, V y VI.*

Orden de 11.9.1998 (Ministerio de la Presidencia, BOE 17.9.1998). *Anexos I y VI.*

Orden de 8.1.1999 (Ministerio de la Presidencia, BOE 14.1.1999).

Orden de 16.7.1999 (Ministerio de la Presidencia, BOE 27.7.1999). *Anexos I y V.*

Orden de 5.10.2000 (Ministerio de la Presidencia, BOE 10.10.2000). *Prólogo, Anexos I, III, IV y VI.*

Orden de 5.4.2001 (Ministerio de la Presidencia, BOE 19.4.2001). *Anexo I, IV, V, VI y IX.*

Real Decreto 507/2001 de 11.5. (Ministerio de la Presidencia, BOE 12.5.2001)

**Real Decreto 1078/1993** de 2.7. (Ministerio de Relaciones con las Cortes, BOE 9.9., rect. 19.11.1993). Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

Actualizado por:

Orden de 20.2.1995 (Ministerio de la Presidencia, BOE 23.2, rect. 5.4.1995).

Modificado por:

Real Decreto 363/1995 de 10.3. (Ministerio de la Presidencia, BOE 5.6.1995).

Real Decreto 1425/1998 de 3.7. (Ministerio de la Presidencia, BOE 4.7.1998).

**Real Decreto 485/1997** de 14.4. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 23.4.1997). Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.

**Real Decreto 486/1997** de 14.4. (Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, BOE 23.4.1997). Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

**Real Decreto 773/1997** de 30.5. (Ministerio de la Presidencia, BOE 12.6., rect. 18.7.1997). Disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.

**Real Decreto 1254/1999** de 16.7. (Ministerio de la Presidencia, BOE 20.7 rect. 4.11.1999). Se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas

**Real Decreto 379/2001** de 6.4. (Ministerio de Ciencia y Tecnología, BOE 10.5., rect. 19.10.2001). Aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7.

**Real Decreto 1435/1992** de 27.11. (Ministerio de Relaciones con las Cortes, BOE 11.12.1992). Dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas.

**Real Decreto 1215/1997** de 18.7. (Ministerio de la Presidencia, BOE 7.8.1997). Se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.

**Decreto 2413/1973** de 20.9. (Ministerio de Industria, BOE 9.10.1973). Reglamento electrotécnico de baja tensión.

Modificado por:

Orden de 13.1.1988 por la que se modifica la ITC MI BT 026.

**Real Decreto 1942/1993** de 5.11. (Ministerio de Industria y Energía, BOE, 14.12.1993, rect. 7.5.1994). Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Modificado por:

Orden de 16.4.1998 (Ministerio de Industria y Energía, BOE 28.4.1998).

Desarrollado por:

Orden de 21.12.1999 (Ministerio de Industria, BOE 25.1.2000).

**Real Decreto 400/1996** de 1.3. (Ministerio de Industria y Energía, BOE 8.4.1996). Dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo 94/9/CE, relativa a los aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas potencialmente explosivas.

**Real Decreto 786/2001** de 6.7. (Ministerio de Industria y Energía, BOE 30.7.2001). Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

**Resolución de 30.1.1991** (Ministerio del Interior, BOE 6.2., rect. 8.3.1991). Publicación del Acuerdo del Consejo de Ministros por el que se aprueba la directriz básica para la elaboración y homologación de los planes especiales del sector químico.

**Ley Orgánica 15/1999** de 13.12 (Jefatura del Estado, BOE 14.12.1999) Normas reguladoras de la protección de datos de carácter personal.

## LEGISLACIÓN DE LA UNIÓN EUROPEA NO TRANSPUESTA A 18 DE JULIO DE 2002

DIRECTIVA 1999/38/CE DEL CONSEJO, de 29 de abril de 1999, por la que se modifica por segunda vez 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 y por la que se amplía su ámbito de aplicación a los mutágenos.

DIRECTIVA 1999/92/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas (Decimoquinta Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/ CEE del Consejo).

DIRECTIVA 2001/58/CE DE LA COMISIÓN, de 27 de julio de 2001, que modifica por segunda vez la Directiva 91/155/CE de la Comisión, por la que se definen y se fijan las modalidades del sistema de información específica respecto a los preparados peligrosos en aplicación del artículo 14 de la Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y respecto a las sustancias peligrosas en aplicación del artículo 27 de la Directiva 64/548/CE del Consejo (fichas de datos de seguridad).

## PUBLICACIONES DEL INSHT\*

### Generalidades

**Bartual, J. et al.** Riesgo químico. INSHT, 1999.

**Bernal, F. et al.** Higiene Industrial. INSHT, 2002.

**Bernal, F. et al.** Evaluación de las condiciones de trabajo en pequeñas y medianas empresas. INSHT, 1996.

**Bestratén, M. et al.** Seguridad en el trabajo. (Capítulos 12 - 13). INSHT, 1999.

**Cejalvo, A. y Piqué, T.** Almacenamiento y manipulación de productos químicos. Fichas de divulgación normativa. FDN 8, INSHT, 1996.

\* En la colección de Notas Técnicas de Prevención (NTP), aunque las citas legales a las que puedan hacer referencia algunas NTP se encuentran derogadas, se han incluido debido a que el contenido de las mismas es operativo desde el punto de vista técnico de su aplicación.

**Obiols, J.** Control biológico de los trabajadores expuestos a contaminantes químicos. INSHT, 1998.

### **Clasificación, envasado y etiquetado**

**Bartual, J.** Productos químicos carcinógenos: sustancias y preparados sometidos a la Directiva 90/394/CEE. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 514-1999.

**Berenguer, M<sup>a</sup> J. y Gadea, E.** Clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos. Directivas de la CEE (88/379/CEE y siguientes). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 314-1993.

**Berenguer, M<sup>a</sup> J. y Gadea, E.** Clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Directivas de la CEE (67/548/CEE y siguientes). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 332-1994.

**Berenguer, M<sup>a</sup> J. y Gadea, E.** Información sobre productos químicos: Fichas de datos de seguridad. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 371-1995.

**Berenguer, M<sup>a</sup> J. y Gadea, E.** Comercialización de productos químicos peligrosos: Disposiciones generales. Fichas de Divulgación Normativa, FDN-5, INSHT, 1996.

**Berenguer, M<sup>a</sup> J. y Gadea, E.** Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 459-1997.

**Pérez, A.** Señalización de recipientes y tuberías: aplicaciones prácticas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 566-2000.

**Piqué, T.** Transporte de mercancías peligrosas por carretera: identificación e información de peligros. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 309-1993.

**Solans, X. y Regidor, L.** Sustancias carcinogénicas: criterios para su clasificación. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 465-1997.

**Tamborero, J.M<sup>a</sup>.** Recipientes metálicos para líquidos inflamables. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 378-1995.

**Tamborero, J.M<sup>a</sup>.** Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 381-1995.

**Tamborero, J.M<sup>a</sup>.** Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 382-1995.

### **Riesgos de agentes, procesos y equipos específicos**

**Adán, M<sup>a</sup>.E. y Sánchez, M<sup>a</sup>.D.** Laboratorios fotográficos: riesgos por exposición a contaminantes químicos (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 425-1996.

**Adán, M<sup>a</sup>.E. y Sánchez, M<sup>a</sup>.D.** Laboratorios fotográficos: riesgos por exposición a contaminantes químicos (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 426-1996.

**Alonso, F.** Riesgo de asfixia por suboxigenación en la utilización de gases inertes. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 340-1994.

**Alonso, F.** Riesgos en la utilización de gases licuados a baja temperatura. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 383-1995.

**Alonso, F.** Botellas de gas: riesgos genéricos en su utilización. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 397-1995.

**Arenaz, J.C.** Umbrales olfativos y seguridad de sustancias químicas peligrosas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 320-1993.

**Arriandiaga, M<sup>a</sup>.V.** Adhesivos sintéticos: riesgo higiénico de resinas y otros componentes. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 266-1991.

- Bartual, J. y Berenguer, M<sup>a</sup> J.** Pesticidas: clasificación y riesgos principales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 143-1985.
- Berenguer, M<sup>a</sup> J.** Colas y adhesivos Tipos y riesgos higiénicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 164-1986.
- Bernal, F. Y Renom, J.** Cabinas de laboratorio. Control por ventilación de productos de elevada toxicidad en laboratorios. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 57-1983.
- Calleja, A., Hernández, S. y Freixa, A.** Planes de trabajo para operaciones de retirada o mantenimiento de materiales con amianto. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 515-1999.
- Calleja, A., Hernández, S. y Freixa, A.** Planes de trabajo con amianto: orientaciones prácticas para su realización. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 543 -2000.
- Calleja, A., Hernández, S. y Freixa, A.** Operaciones de demolición, retirada o mantenimiento de materiales con amianto. Ejemplos prácticos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 573-2000.
- Castejón, E y Renom, J.** Soldadura. Prevención de riesgos higiénicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 7-1982.
- Clavero, J.M<sup>a</sup>, Gállego, B. y Gadea, E.** La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 480-1998
- Cuscó, J.M<sup>a</sup>, Guardino, X. y Turmo, E.** Seguridad en el laboratorio. "Cuestionario de seguridad". INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 135-1985.
- Cuscó, J.M<sup>a</sup>.** Cubas de desengrase con tricloroetileno y percloroetileno. Prevención de riesgos higiénicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 190-1986.
- Delgado, P.** Exposición a productos fitosanitarios durante su utilización. Fichas de divulgación normativa. FDN 16, INSHT, 1997.
- Diago, F.** Pesticidas: medidas preventivas en el almacenamiento y utilización. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 268-1991.
- Díaz, L.** Gases comprimidos: identificación de botellas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 198-1988.
- Freixa, A.** Las fibras alternativas al amianto: consideraciones generales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 306-1993.
- Freixa, A.** Calidad del aire: gases presentes a bajas concentraciones en ambientes cerrados. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 315-1993.
- Freixa, A.** Exposición a cloro en piscinas cubiertas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 341-1994.
- Freixa, A.** Exposición a fibras de amianto en ambientes interiores. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 463-1997.
- Gadea, E.** Mercurio. Control ambiental y biológico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 184-1986.
- Gadea, E.** Cancerígenos, mutágenos y teratógenos: manipulación en el laboratorio. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 269-1991.
- Gadea, E. y Guardino, X.** Eliminación de residuos en el laboratorio: procedimientos generales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 276-1991.
- Gadea, E.** Seguridad en el laboratorio: gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 359-1994.
- Gadea, E. y Guardino X.** Seguridad en el laboratorio: características de peligrosidad de los productos químicos de uso más corriente. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 461-1997.
- Gadea, E., Guardino, X. y Rosell, M<sup>a</sup>.G.** Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencia. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 500-1998.
- Gadea, E., Guardino X. y Rosell, M<sup>a</sup>.G.** Prevención del riesgo en el laboratorio. Utilización de equipos de protección individual. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 517-1999.

- Guardino, X. Freones.** Nomenclatura y toxicidad. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 118-1984.
- Guardino, X., Gadea, E. y Rosell, M<sup>a</sup>.G.** Seguridad en el laboratorio: actuación en caso de fugas y vertidos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 399-1995.
- Guardino, X., Gadea, E. y Rosell, M<sup>a</sup>.G.** Prevención del riesgo en el laboratorio. Organización y recomendaciones generales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 432-1996.
- Guardino, X.** Prevención del riesgo en el laboratorio químico: reactividad de los productos químicos (I y II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 478 y 479-1998.
- Heras, C. y Castellón, J.M<sup>a</sup>.** Cerámica decorativa: contaminación por plomo y su control ambiental. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 194-1988.
- Heras, C.** Formaldehído: su control en laboratorios de Anatomía y Anatomía Patológica. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 248-1989.
- Heras, C.** La ventilación general en el laboratorio. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 373-1995.
- Laborda, R.** Fluidos de corte: criterios de control de riesgos higiénicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 317-1993.
- Luna, P.** Tratamientos electrolíticos: riesgos higiénicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 265-1991.
- Piqué, T.** Concentración "inmediatamente peligrosa para la vida o la salud" (IPVS). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 292-1991.
- Renom, J. y Cuscó, J.M<sup>a</sup>.** Instalación de limpieza en seco. Prevención de riesgos higiénicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 56-1983.
- Rosell, M<sup>a</sup>.G. y Guardino, X.** Exposición laboral a óxido de etileno. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 157-1986.
- Rosell, M<sup>a</sup>.G. y Guardino, X.** Óxido de etileno: exposición laboral. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 286-1991.
- Rosell, M<sup>a</sup>.G., Guardino X. y Gadea, E.** Prevención del riesgo en el laboratorio. Instalaciones, material de laboratorio y equipos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 433-1996.
- Rosell, M<sup>a</sup>.G. y Guardino X.** Prevención del riesgo en el laboratorio químico: operaciones básicas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 464-1997.
- Rosell, M<sup>a</sup>.G. y Arias, M<sup>a</sup> P.** Óxido de etileno: prevención de la exposición en hospitales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 470-1997.
- Rosell, M<sup>a</sup>.G. y Guardino X.** Prevención de la exposición a glutaraldehído en hospitales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 506-1999.
- Santolaya, C.** Isocianatos: control ambiental de la exposición. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 535-1999.
- Villanueva, J.L. y Sabaté, P.** Túneles de secado de disolventes inflamables: control del riesgo de explosión. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 55-1983.

### **Incendios y explosiones**

- Alonso, F.** Deflagraciones producidas por gases, vapores y polvos combustibles: sistemas de protección. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 396-1995.
- Cuscó, J.M<sup>a</sup> y Turmo, E.** Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales instantáneas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 475-1998.
- Bestratén, M.** Líquidos inflamables y combustibles. Almacenamiento en recipientes móviles. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 9-1982
- Bestratén, M.** Electricidad estática en el trasvase de líquidos inflamables. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 225-1988.

- Bestratén, M. y Turmo, E.** Explosiones BLEVE (I): Evaluación de la radiación térmica. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 293-1991.
- Bestratén, M. y Turmo, E.** Explosiones BLEVE (II): medidas preventivas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 294-1991.
- Bestratén, M.** Reactividad e inestabilidad química: análisis termodinámico preliminar. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 302-1993.
- Méndez, B.** Electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna. (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 374-1995.
- Méndez, B.** Electricidad estática: carga y descarga de camiones cisterna. (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 375-1995.
- Méndez, B. y Turmo, E.** Sistemas supresores de explosión (I): fundamentos teóricos y medios de extinción. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 402-1996.
- Méndez, B. y Turmo, E.** Sistemas supresores de explosión (II): factores de diseño y aplicaciones prácticas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 403-1996.
- Pérez, A.** Planes de emergencia interior en la industria química. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 334-1994.
- Piqué, T.** Líquidos inflamables y combustibles: almacenamiento en recipientes móviles. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 307-1993.
- Turmo, E.** Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: Método Probit. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 291-1991.
- Turmo, E.** Explosiones de nubes de vapor no confinadas: Evaluación de la sobrepresión. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 321-1993.
- Turmo, E.** Radiación térmica en incendios de líquidos y gases. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 326-1993.
- Turmo, E. y Cuscó, J.M<sup>a</sup>.** Modelos de dispersión de gases y/o vapores en la atmósfera: fuentes puntuales continuas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 329-1993.
- Turmo, E.** Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 379-1995.
- Turmo, E.** Paramentos débiles para el venteo de alivio de explosiones (I y II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 427 y 428-1996.
- Turmo, E.** Gases licuados: evaporación de fugas y derrames. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 430-1996.
- Turmo, E.** Discos de ruptura (I): características. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 456-1997.
- Turmo, E.** Discos de ruptura (II): dimensionado. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 457-1997.
- Villanueva, J.L.** Parámetros de interés a efectos de incendio de las sustancias químicas mas usuales. Valores. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 47-1983.

### **Reacciones peligrosas y fugas**

- Bestratén, M. y Piqué, T.** Reacciones químicas peligrosas con el agua. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 237-1989.
- Bestratén, M.** Los análisis de peligros y operabilidad en instalaciones de proceso. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 238-1989.
- Bestratén, M.** Análisis de riesgos mediante el árbol de sucesos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 328-1993.

**Calvet, S.** Reacciones químicas exotérmicas (I): factores de riesgo y prevención. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 527-1999.

**Calvet, S.** Reacciones químicas exotérmicas (II): control térmico y refrigeración. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 528-1999.

**Calvet, S.** Reacciones químicas exotérmicas (III): análisis de accidentes graves. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 529-1999.

**Cejalvo, A.** Atmósferas potencialmente explosivas: instalaciones eléctricas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 369-1995.

**Cejalvo, A.** Atmósferas potencialmente explosivas: clasificación de emplazamientos de clase I. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 370-1995.

**Méndez, B.** Control de fugas en almacenamientos de gases licuados tóxicos (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 337-1994.

**Méndez, B.** Control de fugas en almacenamientos de gases licuados tóxicos (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 338-1994.

**Méndez, B.** Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 356-1994.

**Méndez, B.** Condiciones de seguridad en la carga y descarga de camiones cisterna: líquidos inflamables (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 357-1994.

**Pérez, A.** Divulgación de planes de emergencia interior a los trabajadores de la industria química. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 339-1994.

**Pérez, A.** Prevención de fugas en instalaciones(I): seguridad en proyecto. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 363-1994.

**Pérez, A.** Prevención de fugas en instalaciones(II): juntas de estanqueidad. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 364-1994.

**Piqué, T. y Cejalvo, A.** Análisis probabilístico de riesgos: metodología del "árbol de fallos y errores". INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 333-1994.

**Turmo, E.** Fugas en recipientes y conducciones: emisión en fase líquida. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 362-1994.

**Turmo, E.** Fugas en recipientes: emisión en fase gaseosa. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 385-1995.

### **Toma de muestras y análisis**

**Bartual, J.** Instrucciones generales para la toma, conservación y envío de muestras. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 19-1982.

**Bartual, J.** Toma de muestras de contaminantes mediante adsorbentes sólidos. Norma general. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 23-1982.

**Bartual, J.** Toma de muestras con captadores pasivos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 151-1985.

**Bustinza, J.L. y Quintana, M<sup>a</sup>J.** Agentes químicos: medición y análisis. Fichas de divulgación normativa. FDN 10, INSHT, 1996.

**Freixa, A.** Toma de muestras de ácido clorhídrico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 61-1983.

**Freixa, A.** Toma de muestras de amoníaco. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 62-1983.

**Freixa, A.** Toma de muestras de ácido nítrico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 111-1984.

**Freixa, A.** Toma de muestras de nieblas de ácido crómico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 112-1984.

**Freixa, A.** Toma de muestras de Baigón. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 114-1984.



- Freixa, A.** Toma de muestras de dióxido y monóxido de nitrógeno. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 171-1986.
- Freixa, A. y Guardino, X.** Calidad del aire: determinación ambiental de formaldehído y medición de su contenido en tableros. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 466-1997.
- Guardino, X.** Toma de muestras de gases y vapores con bolsas. Norma general. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 117-1984.
- INSHT.** Métodos de toma de muestras de contaminantes químicos en aire. INSHT, 2001.
- INSHT.** Métodos de toma de muestras y análisis. INSHT, 2000.
- Luna, P.** Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I, II y III). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 553, 554 y 555-2000.
- Martí, A.** Toma de muestras de contaminantes con filtro. Norma general. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 20-1982.
- Martí, A.** Toma de muestras de contaminantes con soluciones absorbentes. Norma general. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 22-1982.
- Martí, A.** Toma de muestras de hidróxido sódico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 63-1983.
- Martí, A.** Toma de muestras de estibamina. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 64-1983.
- Martí, A.** Toma de muestras de vapor de mercurio. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 113-1984.
- Martí, A.** Toma de muestras de cloro. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 115-1984.
- Martí, A.** Toma de muestras de fibras de amianto. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 158-1986.
- Martí, A. et al.** Análisis de contaminantes químicos en aire. INSHT, 1991.
- Martí, A.** Aseguramiento de la calidad en los laboratorios de higiene industrial: el manual de calidad (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 482-1998.
- Martí, A.** Aseguramiento de la calidad en los laboratorios de higiene industrial: el manual de calidad (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 483-1998.
- Martí, A.** Aseguramiento de la calidad en los laboratorios de higiene industrial: Procedimientos Normalizados de Trabajo. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 508-1999.
- Martí, A.** Evaluación de riesgos por agentes químicos. El método analítico: aspectos básicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 547-2001.
- Martí, A.** Evaluación de riesgos por agentes químicos: Guía para la selección y utilización del método analítico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 548-2001.
- Santolaya, C., Guardino, X. y Rosell, M<sup>a</sup>.G.** Evaluación de la exposición a benceno: control ambiental y biológico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 486-1998.

### **Evaluación del riesgo higiénico**

- Arenaz, J.C.** Absorción de sustancias químicas por la piel. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 336-1994.
- Bartual, J. y Guardino, X.** Criterios de valoración en Higiene Industrial. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 244-1989.
- Bustinza, J.L. y Quintana, M<sup>a</sup>J.** Agentes químicos: Evaluación de la exposición. Fichas de divulgación normativa. FDN 15, INSHT, 1997.
- Castejón, E.** Contaminantes químicos: evaluación de la concentración ambiental. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 347-1994.
- Castellá, J.L.** Estadística y mediciones ambientales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 140-1985.

**Huici, A. y Ferrer, R.** Criterios de establecimiento de valores límite de exposición profesional en la Unión Europea. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 525-1999.

**Huici, A. y Ferrer, R.** Valores límite de exposición profesional en la Unión Europea y en España. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 526-1999.

**Luna, P.** Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral (I). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 406-1996.

**Luna, P.** Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral (II). INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 407-1996.

**Vicén, M. y Bernal, F.** Contaminantes químicos: esquema de decisión para la evaluación de la exposición. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 449-1997.

### **Efectos sobre la salud y su vigilancia**

**Bartual, J.** Criterios toxicológicos generales para los contaminantes químicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 108-1984.

**Bartual, J. et al.** Toxicología Laboral Básica. INSHT, 1989.

**de la Iglesia, A.** Reconocimientos médicos de trabajadores expuestos a plaguicidas. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 199-1988

**González, E. et al.** Toxicocinética aplicada a la higiene industrial, INSHT, 1988.

**Guardino, X. y Santolaya, C.** Tóxicos para la reproducción femenina. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 542-2000.

**Huici, A.** Valores límite biológicos para el control de exposiciones a metales. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 109-1984.

**Huici, A.** Control biológico de contaminantes químicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 146-1985.

**Huici, A.** Valores límite biológicos para el control de exposición a compuestos orgánicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 147-1985.

**Huici, A.** Genotóxicos: control biológico. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 192-1988.

**Huici, A. y Bonilla, M.** Tóxicos para la reproducción masculina. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 441-1997.

**Izquierdo, J., Gaynés, E. y Sanz, P.** Efecto antabús debido a la inhalación de sustancias de origen industrial. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 277-1991

**Moreno, N.** Dermatitis por agentes químicos: prevención. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 166-1986.

**Moreno, N.** Sustancias químicas y efectos sobre la reproducción humana. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 245-1989.

**Moreno, N.** Reproducción: fuentes de información. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 414-1996.

**Obiols, J.** Plaguicidas organofosforados (I y II): aspectos generales y toxicocinética. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 512 y 513-1999.

**Obiols, J.** Intolerancia ambiental idiopática (IAI): sensibilidad química múltiple (SQM) y fenómenos asociados. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 557-2000.

**Pascual, A.** La ZPP como marcador biológico en la detección precoz y diagnóstico del saturnismo. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 160-1986.

**Regidor, L. y Solans, X.** Neurotoxicidad: agentes neurotóxicos. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 487-1998

**Solé, M<sup>a</sup>.D., Moreno, N. y Marqués, F.** Cromo: protocolo de vigilancia médica. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 230-1989.

**Solé, M<sup>a</sup>.D. y Sanz, P.** Intoxicaciones agudas: primeros auxilios. INSHT. Notas Técnicas de Prevención. NTP 246-1989.

## **OTRAS FUENTES DE INFORMACIÓN**

Anexos I y II de la DIRECTIVA 1992/85/CEE DEL CONSEJO, de 19 de octubre de 1992, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y la salud en el trabajo de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz recientemente o en periodo de lactancia (Décima Directiva específica con arreglo al apartado 1 del artículo 16 de la Directiva 89/391/CEE).

Comunicación de la Comisión COM (2000) 466 final, de 5 de octubre de 2000, sobre las directrices para la evaluación de los agentes químicos, físicos y biológicos, así como los procedimientos industriales considerados peligrosos para la salud o la seguridad de la trabajadora embarazada, que haya dado a luz recientemente o en periodo de lactancia.

VIM. Vocabulario Internacional de Metrología. 2<sup>a</sup> Edición. Centro Español de Metrología. Madrid, España, 2000.

EAL-619. Calibración y mantenimiento de equipos de medida y ensayo en laboratorios de ensayo. EAL (ENAC), Madrid, España, 1996.

Guía ISO/IEC 2. Términos generales y sus definiciones en materia de normalización y actividades relacionadas. ISO, 1991.

Guía ISO/IEC 25. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. ISO, 1990.

## **Normas UNE**

UNE-EN 481. Atmósferas en el lugar de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles. AENOR, Madrid, España, 1995.

UNE-EN 482. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medición de agentes químicos. AENOR, Madrid, España, 1995.

UNE-EN 689. Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición. AENOR, Madrid, España, 1996.

UNE-EN ISO/IEC 17025 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. AENOR, Madrid, España, 2000.

UNE 66-804/89 I.T. [Guía 49 (86)]. Directrices para la elaboración del Manual de la Calidad de un laboratorio de ensayo. AENOR, Madrid, España, 1989.

UNE-EN 60079-10:1997. Material eléctrico para atmósferas de gas explosivas. Parte 10: Clasificación de emplazamientos peligrosos. AENOR, Madrid, España, 1997.

UNE-EN-ISO 8402. Gestión de la calidad y aseguramiento de la calidad. Vocabulario. AENOR, Madrid, España, 1995.

UNE-EN 30012-1. Requisitos de aseguramiento de la calidad. Parte 1: sistema de confirmación metrológica de los equipos de medida. AENOR, Madrid, España, 1994.

## **Protocolos de vigilancia sanitaria específica aprobados relativos a agentes químicos**

Ministerio de Sanidad y Consumo. Plaguicidas. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 1999.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Cloruro de Vinilo Monómero. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 1999.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Plomo. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 1999.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Asma laboral. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 2000.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Amianto. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 1999.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Agentes anestésicos inhalatorios. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 2001.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Silicosis y otras neumoconiosis. Ministerio de Sanidad y Consumo. Protocolos de vigilancia sanitaria específica. 2001.

### Páginas Web

<http://www.cepis.org.pe/eswww/toxicolo/basesfac.html>

En esta página se encuentran enlaces a varias bases de datos para la búsqueda de información de sustancias químicas. Entre ellas: **ATSDR** (Agency for Toxic Substance and Disease Registry), **CCOHS** (Canadian Centre for Occupational Health and Safety), **EXTOXNET** (The Extension Toxicology Network), **EPA** (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), **IARC** (International Agency for Research on Cancer), **ICSCs** (Fichas internacionales de seguridad química) **TOXNET** (Toxicology Data Network).

<http://igm.nlm.nih.gov/>

IGM: de temática médica. Permite el acceso a las bases de datos siguientes: MEDLINE y TOXLINE.

<http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp.htm>

En esta página se encuentran todas las NTP citadas en las publicaciones del INSHT.

[http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot\\_aprobados.htm](http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral/prot_aprobados.htm)

Protocolos de vigilancia sanitaria específica informados favorablemente por el Consejo Interterritorial del Sistema Nacional de Salud.

<http://www.msc.es/salud/epidemiologia/laboral>

Acuerdos del Diálogo Social.

### BIBLIOGRAFÍA RECOMENDADA

AMERICAN INDUSTRIAL HYGIENE ASSOCIATION. Quality Assurance Manual for Industrial Hygiene Chemistry, USA, 1988.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Engineering Design for Process Safety. A.I.Ch.E., New York, USA, 1993.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Chemical Reactivity Evaluation and Application to Process Design. A.I.Ch.E., New York, USA, 1995.

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety. A.I.Ch.E., New York, USA, 1994

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Safe Automation of Chemical Process, A.I.Ch.E., New York, USA, 1993.

Arroyo, M<sup>a</sup>. C. "La Red Europea de programas de evaluación externa de la calidad y aptitud de laboratorios para la determinación de Agentes Químicos en los lugares de trabajo". Comunicación al XII Congreso Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Valencia 20-23 noviembre 2001.

- Arroyo, M<sup>a</sup>. C. El control de calidad en los laboratorios de higiene industrial. "Salud y Trabajo" (1990) 78, 10-14.
- Barton, J., Rogers, R. Chemical Reaction Hazards. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1997.
- Broughton, J. Process Utility Systems. Introduction to design operation and maintenance. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1994.
- ENAC. C-CSQ-02 Rev 0, Octubre 1996. Guía para los Laboratorios que realizan validaciones de métodos de análisis químicos. Madrid, España, 1996.
- ENAC. C-CSQ-01 Rev 1, Abril 1994. Guía para la Acreditación de Laboratorios que realizan ensayos químicos.
- G-ENAC-01 Rev 1, Julio 1999. Guía para la realización de auditorías internas y revisiones del sistema de calidad en laboratorios de ensayo y calibración.
- G-ENAC-LEC Rev 1, Noviembre 2000. Criterios generales para la Acreditación de Laboratorios de ensayo y calibración según Norma UNE-EN ISO/IEC 17025.
- G-RELE-01 Rev 0, Mayo 1993. Guía para la realización de auditorías internas y revisiones de calidad en laboratorios de ensayo y calibración. Madrid, España, 1993.
- Garfield, D.M. Principios de Garantía de Calidad para Laboratorios Analíticos. AOAC International, Edición española, Arlington, VA, USA, 1993.
- Gómez F., Tejero, M. y Vilar, J.F. Cómo hacer el Manual de Calidad. 2<sup>a</sup> ed. Fundación Confemetal, Madrid, España, 1996.
- Guilles Revoil. Aseguramiento de la Calidad en los Laboratorios de Análisis y de Ensayos. AENOR, Madrid, España, 1997.
- INSHT. Criterios del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para la realización de auditorías del sistema de prevención de riesgos laborales. Prevención, Trabajo y Salud, n° 13, 2001.
- Jones, D. Nomenclature for Hazard and Risk Assessment in the Process Industries, 2nd ed. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1994.
- Kletz, T. A. What Went Wrong? Case Histories of Process Plant Disasters. Gulf Publishing Company, Houston, U.S.A., 1986.
- Kletz, T. A. Learning from Accidents in Industry, Butterworth and Co. (Publishers) Ltd., London, UK, 1988.
- Kletz, T. A. Lessons from Disaster. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1993.
- Kletz, T. A. HAZOP and HAZAN. Identifying and Assessing Process Industry Hazards, 3rd ed. Institution of Chemical Engineers, Rugby, U.K., 1992.
- Lees, F. P. Loss Prevention in the Process Industries. 2nd ed. Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 1996.
- Quintana, M<sup>a</sup>. J. Modelos de acreditación para los laboratorios de higiene industrial. Comunicación al XII Congreso Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Valencia 20-23 noviembre 2001.
- Quintana, M<sup>a</sup>. J. Programa Interlaboratorios de Control de Calidad (PICC). Accreditation and Quality Assurance (1997), 2, n° 4, 208-209.
- Quintana, M<sup>a</sup>. J. La evaluación de la exposición laboral a agentes químicos en las normas europeas. Comunicación al XIV Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo, Madrid, 22-26 Abril 1996.
- Quintana, M<sup>a</sup>. J. Evaluación de la exposición a agentes químicos. Situación y desarrollo de las normas nacionales e internacionales. Química 2000, n° 80, Abril 1993, pág. 39-42.
- Quintana, M<sup>a</sup>. J. Evaluación de los métodos analíticos en Higiene Industrial: Pruebas interlaboratorios. Actas del XI Congreso Nacional de Medicina, Higiene y Seguridad del Trabajo, Tomo 2, pg. 413-420, 1992.
- Quintana, M<sup>a</sup>. J. Consideraciones y planteamientos generales sobre la calidad en la evaluación de la exposición a agentes químicos. Salud y Trabajo (1990) 78, 4-9.

Repetto, M. Toxicología avanzada. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España, 1995.

Roel, J. M<sup>a</sup>; Solé, M<sup>a</sup> D. Propuestas para un modelo de vigilancia de la salud de los trabajadores. Comunicación al II Foro ISTAS "Vigilar la salud, prevenir el riesgo", Madrid, noviembre 2000.

Taylor, J. K. Quality Assurance of Chemical Measurements. Lewis Publishers Inc., Michigan, USA, 1990.

THE DOW CHEMICAL COMPANY. Índice de incendio y explosión (Índice Dow). Guía para la clasificación de riesgos. Traducción al español por el INSHT de la 5<sup>a</sup> (agotada) y 7<sup>a</sup> ediciones del Fire and Explosion Index Hazard Classification Guide. The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, USA, 1994 (revisión de 1997).

EUROPEAN CHEMICAL INDUSTRY COUNCIL. Guidance on the health protection of pregnant, recently delivered and breast-feeding women at work. Implementation of Directive 92/85/EEC.

### **Direcciones para información**

#### **Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo:**

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. C/ Torrelaguna, 73 - 28027 MADRID

Tfn. 91 363 41 00. Fax 91 363 43 27.

Correo electrónico.- [cnntinsht@mtas.es](mailto:cnntinsht@mtas.es)

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. C/ Dulcet, 2 - 08034 BARCELONA

Tfn. 93 280 01 02. Fax 93 280 36 42.

Correo electrónico.- [cnctinsht@mtas.es](mailto:cnctinsht@mtas.es)

Centro Nacional de Medios de Protección. Autopista de San Pablo, s/n.

41001 SEVILLA. Tfn. 95 451 41 11 Fax 95 467 27 97

Correo electrónico.- [cnmpinsht@mtas.es](mailto:cnmpinsht@mtas.es)

Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. Camino de la Dinamita, s/n

Monte Basatxu-Cruces - 48903 BARACALDO (VIZCAYA)

Tfn. 94 499 02 11 - 94 499 05 43 Fax 94 499 06 78

Correo electrónico.- [cnvminsht@mtas.es](mailto:cnvminsht@mtas.es)

Para cualquier observación o sugerencia en relación con esta Guía  
puede dirigirse al

**Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo**

Centro Nacional de Condiciones de Trabajo

C/ Dulcet, 2 - 08034 BARCELONA

Tfn. 93 280 01 02. Fax 93 280 36 42

Correo electrónico.-[cncitinsht@mtas.es](mailto:cncitinsht@mtas.es)



MINISTERIO  
DE TRABAJO  
Y ASUNTOS SOCIALES



INSTITUTO NACIONAL  
DE SEGURIDAD E HIGIENE  
EN EL TRABAJO

ISBN.: 84-7425-560-0  
DL M-16292-2000  
NIFO.: 211-00-009-0

*Financiado por la Comisión Europea*