



# Agentes químicos: Evaluación de la exposición

Este documento ha sido realizado con el apoyo de la Comisión de la Unión Europea 1997

## Autor:

Juan Luis Bustinza Mantrana  
M<sup>º</sup> José Quintana San José  
CENTRO NACIONAL  
DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

## NOTAS:

- RD 374/2001, derogó la Orden de 9-4-86: Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos. Asimismo derogó el Decreto 2414/1961 y establece la publicación de los Límites de Exposición Profesional, que afecta a lo comentado en la presente FDN en lo referido a valores límite.
- RD 349/2003, derogó la Orden de 9-4-86: Reglamento para la prevención de riesgos y Protección de la Salud de los trabajadores por la presencia de cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo

*El objeto de la presente FICHA DE DIVULGACIÓN NORMATIVA es facilitar, a todas las personas interesadas en la evaluación de la exposición por inhalación a agentes químicos en el aire del lugar de trabajo, el conocimiento de la normativa existente, tanto la que se refiere a agentes específicos como la de aplicación general.*

## CONTENIDO

### 1. Resumen normativo

El presente documento está basado en la normativa siguiente:

#### 1. Normativa General

- **Ley 31/1995**, de 8 de noviembre. "De Prevención de Riesgos Laborales". (B.O.E. 10-11-95)

Contiene referencias generales sobre evaluación de riesgos y mantiene la vigencia de las disposiciones especiales en las explotaciones mineras.

En su art. 16 señala que "la acción preventiva se planificará por el empresario a partir de una evaluación inicial de los riesgos", asimismo obliga a efectuar la

evaluación "con motivo de la elección de sustancias o preparados químicos", a actualizarla "cuando cambien las condiciones de trabajo", y, cuando el resultado de la evaluación lo hiciera necesario, a realizar "controles periódicos".

- **Real Decreto 39/1997** de 17 de enero "Reglamento de los Servicios de Prevención". (B.O.E. de 31-1-97)

Contiene, entre otras medidas, prescripciones generales sobre procedimientos de evaluación de riesgos, normativa aplicable cuando sea necesaria la realización de mediciones, análisis o ensayos, y aptitudes necesarias de las personas que intervengan en la realización de evaluaciones de riesgos en función de la complejidad de los mismos.



- **Directiva 80/1107/CEE** modificada por la Directiva 88/642/CEE (D.O.C.E. nº L 327 de 3-12-80 y nº L 356 de 24-12-88, respectivamente)

"Sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo". Señala, para el caso de agentes químicos, el establecimiento de modalidades de muestreo, de medición y evaluación de resultados de acuerdo con el método que se describe en el Anexo II bis de la Directiva 88/642/CEE.

Contiene disposiciones particulares relativas a los procedimientos de evaluación de la exposición y estrategia de la medición.

- **Directiva 91/322/CEE y 96/94/CE** (D.O.C.E. nº L 177 de 5-7-91 y nº L 338 de 28-12-96, respectivamente).

"Relativas al establecimiento de valores límite de carácter indicativo, mediante la aplicación de la Directiva 80/1107/CEE".

Recogen información relativa al establecimiento y las listas de valores límite de carácter indicativo a tener en cuenta por los Estados miembros cuando regulen dichos valores.

- **Real Decreto 665/1997** de 12 de mayo (B.O.E. nº 124 de 24-5-97)

"Sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo".

Contiene disposiciones mínimas aplicables a las exposiciones a agentes cancerígenos sobre identificación y evaluación de riesgos, sustitución de dichos agentes y prevención y reducción de la exposición, entre otras medidas.

- **Decreto 2414/1961** de 30 de noviembre (B.O.E. nº 292 de 7-12-61)

"Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas".

En su anexo nº 2 contiene una lista de concentraciones máximas permitidas en el ambiente interior de las explotaciones industriales para un conjunto de sustancias, señalando que constituyen cifras límite máximas que pueden ser reducidas por legislaciones especiales vigentes o que se dicten en lo sucesivo.

- **Norma técnica 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".

Proporciona las directrices para la evaluación de la exposición a los agentes químicos en las atmósferas de los lugares de trabajo. Describe una estrategia para comparar la exposición laboral por inhalación de los agentes químicos en el lugar de trabajo con los valores límite y una estrategia para la medición. Su aplicación es de carácter voluntario, pudiendo aplicarse a los agentes químicos en los aspectos no regulados por normas jurídicas obligatorias.

## 2. Normativa para agentes químicos específicos

- **Orden de 31-10-84** modificada por **Orden de 26-7-93** del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. "Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto". (B.O.E. nº 267 de 7-11-84 y nº 186 de 5-8-93, respectivamente)

Tiene por objeto establecer las medidas mínimas de evaluación, control, corrección, prevención y protección de la salud frente a los riesgos derivados de la presencia de fibras de amianto en el ambiente de trabajo.



Comprende en su ámbito de aplicación las operaciones y actividades en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estarlo a fibras de amianto.

Contiene prescripciones relativas a definiciones sobre exposiciones, valores límite y evaluación de las exposiciones a fibras de amianto.

- **Orden de 7-1-87** Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. (B.O.E. n°- 13 de 15-1-87)

"Normas complementarias del Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto".

Comprende las operaciones y actividades en las que los trabajadores están expuestos o son susceptibles de estarlo al polvo que contenga fibras de amianto, y que haya sido generado a partir de la manipulación de materiales de edificios, estructuras, aparatos e instalaciones de cuya composición forma parte el amianto.

- **Orden de 9-4-86** Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. "Aprueba 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". (B.O.E. n- 98 de 24-4-86)

Excluye de su ámbito de aplicación la exposición a compuestos covalentes de plomo tales como los derivados alquílicos de este metal.

Tampoco se aplica a la navegación marítima y aérea ni a las actividades extractivas de minerales con contenido en plomo.

Contiene prescripciones sobre conceptos y definiciones, límites de exposición y evaluación y control del ambiente de trabajo, entre otros aspectos.

- **Orden de 9-4-86** Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. "Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la Salud de los trabajadores por la presencia de cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo". (B.O.E. n- 108 de 6-5-86)

Tiene por objeto establecer, entre otras, las medidas mínimas de evaluación a aplicar. Su ámbito de actuación comprende los centros de trabajo en los que el cloruro de vinilo monómero es fabricado, recuperado, almacenado, transportado o utilizado de cualquier manera, o es transformado en polímero o copolímero, y los trabajadores están expuestos, en una zona de trabajo, a sus efectos.

Contiene, entre otras, disposiciones sobre zonas de exposición de los trabajadores, límites de exposición y niveles de alarma, así como sobre evaluaciones y control del ambiente de trabajo.

- Normativa en el ámbito de las explotaciones mineras

La **Ley 31/1995**, de Prevención de Riesgos Laborales señala en su disposición derogatoria única (último párrafo): "La presente Ley no afecta a la vigencia de las disposiciones especiales sobre prevención de riesgos profesionales en las explotaciones mineras, contenidas en (...) y el Real Decreto 863/1985, de 2 de abril, por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera, y sus disposiciones complementarias.

El **Real Decreto 1389/1997**, de 5 de septiembre, por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.

La regulación se ha realizado mediante Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), aprobadas por normas jurídicas en base al Reglamento citado anteriormente, tanto por las Comunidades Autónomas como por el Estado.

*NOTA: Se encuentra en fase de elaboración una Directiva de la Unión Europea relativa a la protección de la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, que en caso de entrar en vigor derogaría las Directivas 80/1107/CEE y 88/642/CEE, así como las Directivas sobre el plomo y sus compuestos iónicos y cloruro de vinilo monómero, y modificaría la regulación existente sobre el amianto.*



## 2. Contenido de la normativa sobre evaluación de la exposición a agentes químicos

El Reglamento de los Servicios de Prevención indica que la evaluación de riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas.

Para el caso de los agentes químicos se dispone de dos claves para abordar la evaluación: la determinación de la naturaleza y el grado de la exposición, y el establecimiento de valores límite para la exposición laboral. Puede considerarse que la evaluación del riesgo para la salud por exposición a agentes químicos es una comparación de la exposición con los valores límite.

En nuestro ordenamiento jurídico únicamente están regulados, mediante normas jurídicas específicas de carácter obligatorio, la evaluación de los siguientes agentes químicos: amianto, plomo metálico y sus compuestos iónicos y cloruro de vinilo monómero. También está regulada la evaluación en las explotaciones mineras. En estas normativas específicas se incluyen tanto los valores límite a aplicar como el plan o la frecuencia a seguir para estimar el grado de exposición a esos agentes químicos, las condiciones en las que debe realizarse la comparación exposición-valor límite y las acciones a tomar como consecuencia del resultado de la comparación.

Para todos los agentes químicos que no tienen normativa jurídica específica y para completar aspectos no regulados sobre la evaluación de los que sí la tienen son aplicables las normativas generales. Para este caso de agentes químicos sin normativa específica se dispone, por una parte, de documentos que establecen los valores límite y, por otra, de documentos que orientan sobre cómo determinar la exposición y llegar a la decisión de si se supera o no el valor límite. Serían documentos aplicables: Directivas europeas sobre agentes químicos, normas UNE, guías del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo y del Instituto Nacional de Silicosis y protocolos y guías del Ministerio de Sanidad y Consumo, así como de Instituciones competentes de las Comunidades Autónomas, normas internacionales y, en su defecto, guías de otras Entidades de reconocido prestigio u otros métodos o criterios profesionales descritos documentalmente que proporcionen confianza sobre sus resultados.

Un esquema de actuación para abordar la evaluación de la exposición a un agente químico dependiendo de que exista o no normativa específica y de lo completa que ésta sea se recoge en las figuras 1 y 2.

El Reglamento de los Servicios de Prevención establece que las personas que lleven a cabo las evaluaciones deberán tener nivel de formación suficiente, debidamente acreditado en su caso.

Los datos relativos a las evaluaciones y controles ambientales, según se recoge tanto en la normativa general como en la específica, deben ser conservados por el empresario.

A continuación se exponen los aspectos más relevantes de las normas jurídicas y técnicas en lo que se refiere a la evaluación de la exposición a agentes químicos en el trabajo.

### 1. Agentes químicos con normativa específica

#### 1.1. Fibras de amianto

(Orden de 31-10-84 modificada por Orden de 26-7-93)

##### Ámbito de aplicación

Identifica las variedades de amianto a las que es aplicable el Reglamento, define lo que son fibras de amianto así como las operaciones y actividades en las que los trabajadores pueden estar especialmente expuestos.

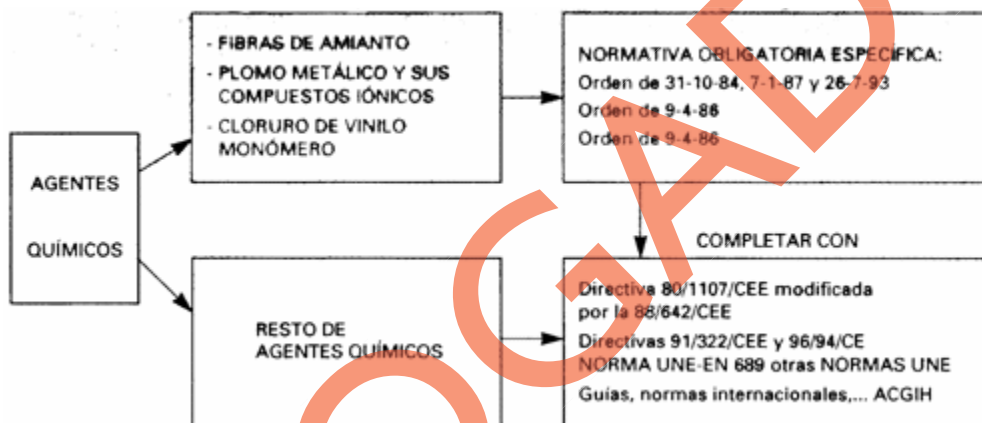


### Trabajador potencialmente expuesto

Señala como trabajadores potencialmente expuestos: Aquellos que desarrollan la actividad laboral en puestos de trabajo en cuyo ambiente se dé alguno de los siguientes supuestos:

- Cuando la concentración de fibras de amianto, medida o calculada en relación con un período de referencia de ocho horas/día y cuarenta horas/semana sea para el crisotilo  $\geq 0,20$  fibras/cm<sup>3</sup> y, para las restantes variedades de amianto, incluidas las mezclas, contengan o no crisotilo,  $\geq 0,10$  fibras/cm<sup>3</sup>.
- Cuando la dosis acumulada <sup>(1)</sup> medida o calculada en un período continuado de tres meses sea para el crisotilo  $\geq 12$  fibras-día/cm<sup>3</sup> y, para las restantes variedades de amianto, incluidas mezclas, contengan o no crisotilo,  $\geq 6$  fibras-día/cm<sup>3</sup>.

Figura 1  
Agentes químicos: evaluación de la exposición



### Límites de exposición y prohibiciones

Define la concentración promedio permisible como la concentración máxima permitida en el ambiente de trabajo, expresada en fibras/cm<sup>3</sup>, referida al promedio ponderado para 8 horas/día y 40 horas/semana. Su valor es 0,60 fibras/cm<sup>3</sup> para el crisotilo y, para las restantes variedades de amianto, incluidas mezclas, contengan o no crisotilo, de 0,30 fibras/cm<sup>3</sup>. Establece una fórmula para el caso de jornadas de trabajo distintas de la general de 8 horas/día (2).

Prohíbe la utilización de crocidolita o amianto azul (número 12001-28-4 del CAS), salvo para las actividades y operaciones en las que los trabajadores puedan estar expuestos a la misma generada a partir de la manipulación de materiales de edificios, estructuras, aparatos e instalaciones de cuya composición forma parte el amianto (actividades en las que no se trabaja con amianto, sino que se desprende por formar parte de edificios a derruir, arreglar o de aparatos o equipos), según la Orden de 7-1-87 (M<sup>o</sup> de Trabajo y Seguridad Social - B.O.E. n<sup>o</sup> 13- 15-1-87). También prohíbe la utilización de cualquier variedad de amianto por medio de proyección, así como toda actividad que implique la incorporación de materiales de aislamiento o de insonorización de baja densidad (inferior a 1 g/cm<sup>3</sup>) que contengan amianto.

### Evaluación de la exposición

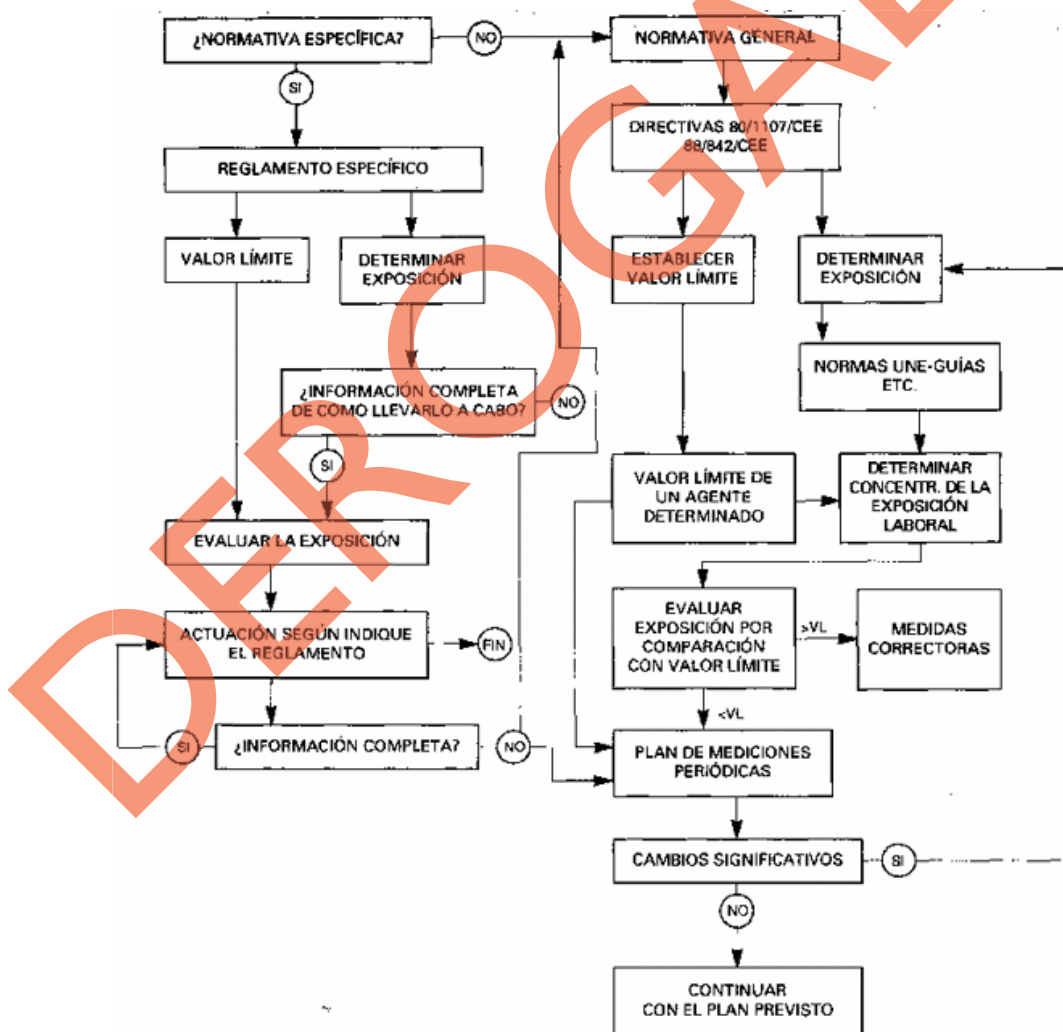
La toma de muestras, determinación de concentraciones y evaluación de resultados sólo podrán ser realizadas por laboratorios o servicios especializados de empresas o privados, cuya idoneidad para tal fin sea reconocida por la Administración, mediante homologación concedida por la Dirección General de Trabajo previo informe del INSHT (véase FDN-10 "Agentes químicos: medición y análisis", de esta colección).

Las muestras serán necesariamente de tipo personal, disponiendo el elemento de captación sobre el trabajador, de tal forma que el valor sea representativo de su exposición, teniendo en cuenta las condiciones del puesto de trabajo y el tiempo de exposición, pudiendo completar el estudio con toma de muestras ambientales generales de los locales y zonas de trabajo.

Señala que las determinaciones de las concentraciones de fibras de amianto se ajustarán a un método técnicamente fiable que permita la comparación de resultados y su seguimiento continuado en el tiempo. La periodicidad de las evaluaciones será en un principio de tres meses para los casos en que existan trabajadores potencialmente expuestos, pudiendo modificarse, con el asesoramiento del INSHT, si se establece un "plan de control periódico y sistemático de riesgos" en el que se fije una periodicidad mensual, trimestral, semestral o anual para el control de cada puesto o puestos de trabajo equivalentes, en atención a su naturaleza y condiciones, carácter continuo o estacional, turnos de trabajo existentes, tiempos de exposición al riesgo y resultados de anteriores evaluaciones.

En cualquier caso, siempre que se produzca una modificación sustancial del proceso productivo o de las condiciones de trabajo que pueda hacer variar la exposición de los trabajadores, será preceptiva la inmediata evaluación de los puestos de trabajo afectados.

Figura 2  
Esquema de utilización de la normativa general y específica sobre agentes químicos





## 2. Plomo metálico y sus compuestos iónicos

(B.O.E. nº- 98 de 24-4-86)

### Ámbito de aplicación

Excluye de su ámbito de aplicación la exposición a compuestos covalentes de plomo tales como los derivados alquílicos de este metal.

Se aplica a todas las operaciones y actividades laborales susceptibles de dar lugar a la existencia de trabajadores expuestos, salvo a la navegación marítima y aérea, así como a las actividades extractivas de minerales con contenido en plomo; señala las operaciones y actividades en las que los trabajadores pueden estar especialmente expuestos.

### Trabajador expuesto

Se considera trabajador expuesto:

- En relación con la concentración ambiental de plomo, aquel que durante un tiempo > 30 días/año desarrolla su trabajo en ambiente cuya concentración de plomo sea  $\geq 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , referida a 8 horas/día y 40 horas/semana.
- En relación con el nivel de plumbemia, aquél en el que la concentración de plomo en sangre sea  $\geq 40 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ ; en el caso de mujeres en período fértil:  $\geq 30 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$ .

### Valor límite

Fija el valor límite ambiental de plomo en  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  referido a 8 horas/día y 40 horas/semana y, para jornadas superiores a 8 horas/día, se establece como valor límite de la concentración ambiental el valor obtenido de la fórmula:

$$\text{Concentración límite} = 1200 \mu\text{g}/\text{m}^3 / \text{horas de trabajo en la jornada}$$

El nivel de acción es de  $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$  referido a 8 horas/día y 40 horas/semana. A partir del mismo deben adoptarse medidas periódicas de control.

También recoge valores límite biológicos.

### Evaluación de la exposición

La evaluación inicial se llevará a cabo a los seis meses siguientes a la entrada en vigor de este Reglamento y las empresas de nueva creación dispondrán del mismo período desde su creación.

Las muestras serán necesariamente de tipo personal disponiendo los elementos de muestreo sobre el trabajador y serán efectuadas de manera que permitan la evaluación de la exposición máxima probable del trabajador o trabajadores, teniendo en cuenta el trabajo efectuado, las condiciones de trabajo y la duración de la exposición.

El tiempo de muestreo abarcará, como mínimo, un periodo de tiempo continuado equivalente al 80% de la jornada laboral diaria. Los trabajadores afectados o sus representantes legales en la empresa serán consultados con este objeto.

Cuando existan grupos de trabajadores que realicen idénticas tareas, que supongan un grado de exposición análogo, las muestras personales podrán reducirse a un número de puestos de trabajo suficientemente representativo de los citados grupos, efectuándose, al menos, un muestreo personal por cada diez trabajadores y turno de trabajo.

Si la evaluación revelase que la concentración ambiental de plomo, referida a 8 horas/día y 40 horas/semana, en todos los puestos de trabajo, es inferior al nivel de acción, no será preceptivo el control periódico ambiental en tanto no se alteren las condiciones de trabajo.



Si la evaluación pusiera de manifiesto la existencia de algún trabajador con exposición mayor o igual al nivel de acción pero inferior al valor límite de la concentración ambiental, se efectuarán evaluaciones con periodicidad trimestral, que podrá ser semestral cuando, permaneciendo inalteradas las condiciones del puesto de trabajo, los resultados de dos controles consecutivos indiquen:

- Concentración de plomo en aire  $< 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y
- Cifra de plumbemia que no supere en ningún trabajador  $60 \mu\text{g}/100 \text{ ml}$  de plomo en sangre.

Asimismo se indican las medidas que deben adoptarse en el caso de superarse el límite ambiental o biológico.

### 3. Cloruro de vinilo monómero

(Orden de 9-4-86)

#### Ámbito de aplicación

Comprende los centros de trabajo en los que el cloruro de vinilo monómero es fabricado, recuperado, almacenado, transportado o utilizado de cualquier manera, o es transformado en polímero o copolímero, y los trabajadores están expuestos, en una zona de trabajo, a sus efectos.

#### Valor límite

Indica un límite de exposición anual (3 p.p.m.) y otro diario (7 p.p.m.) complementario del anterior. Asimismo fija tres niveles de alarma:

- Concentración promediada durante 1 hora: 15 p.p.m.
- Concentración promediada durante 20 minutos: 20 p.p.m.
- Concentración promediada durante 2 minutos: 30 p.p.m.

#### Evaluación de la exposición

En las zonas de trabajo donde exista riesgo de desprendimiento de cloruro de vinilo monómero (determinadas por mutuo acuerdo de las representaciones de la empresa y de los trabajadores) se debe controlar la concentración ambiental de forma permanente, bien por métodos continuos, bien por discontinuos. El método discontinuo secuencial permanente se asimila al método continuo cuando la duración de la secuencia es  $\leq 20$  minutos. En las unidades de polimerización del cloruro de vinilo es obligada la utilización de un método continuo o secuencial permanente, asimilado al continuo.

Las mediciones de la concentración de cloruro de vinilo monómero se efectuarán en puntos elegidos

de tal manera que los resultados obtenidos sean tan representativos como sea posible del grado de exposición de los trabajadores; si en la zona de trabajo hay más de un punto de medida se tomará, en principio, como valor representativo, el valor medio correspondiente a los diferentes puntos. Si los resultados obtenidos no son representativos de la concentración de cloruro de vinilo monómero, se elegirá como punto de medida aquél donde el trabajador esté expuesto a la concentración media más elevada. Estas mediciones en puntos elegidos se pueden completar con otras por medio de muestreos personales. El valor límite anual se considera no superado, en el caso de mediciones continuas o secuenciales permanentes asimiladas aplicadas a un año, cuando el valor medio aritmético no sobrepase tal valor límite. En el caso de mediciones discontinuas, el conjunto de valores medidos debe ser tal que se pueda estimar, con un nivel de confianza estadístico de al menos 95 %, que la media anual efectiva no sobrepasa dicho valor límite. La Orden obliga a disponer de sistemas de control y de alarma capaces de detectar incrementos anormales de la concentración de cloruro de vinilo monómero en los lugares susceptibles de que se produzcan.



#### 4. Exposición a polvo en las explotaciones mineras

En las regulaciones, tanto de las Comunidades Autónomas como del Estado, se recogen, entre otros, requisitos sobre clasificación de labores en función del nivel de exposición, homologación de los aparatos de muestreo y análisis, lugares en los que deben tomarse las muestras, duración de las mismas y periodicidad de los muestreos.

### 3. Normativa general

(véase figura 2)

Las Directivas 80/1107/CEE y 88/642/CEE regulan requisitos que deben seguirse por los Estados miembros cuando éstos establezcan disposiciones sobre protección contra algún agente.

En el caso de agentes químicos señalan aspectos sobre el establecimiento de valores límite, modalidades de muestreo, medición y evaluación de resultados de acuerdo con el método de referencia que se describe en el Anexo II bis o de acuerdo con un método que proporcione resultados equivalentes, entre los que se pueden destacar:

- Necesidad de realizar la evaluación cuando no se puede excluir, de manera segura, que se respeta el valor límite.
- Datos a reunir para efectuar la evaluación y medidas a seguir si no se respeta el valor límite.
- Frecuencia de las mediciones de control de la concentración de la exposición según la proximidad de ésta al valor límite.
- Regulaciones referentes a los métodos de medición (véase FDN-10 "Agentes químicos: medición y análisis" de esta colección).

El R.D. 665/1997 señala las medidas a adoptar en relación con la identificación y evaluación de la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo, que no difieren significativamente de las aplicables a los agentes químicos en general.

#### 1. 2.2.1. Valores límite

En el caso de que existan normas jurídicas que recojan valores límite se aplicarán éstas; no obstante los valores límite recogidos en el Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas no son acordes con las directivas europeas. Se pueden utilizar también las Directivas 91/322/CEE y 96/94/CE (D.O.C.E. nº L 177 de 5-7-91 y nº L 338 de 28-12-96, respectivamente) relativas al establecimiento de valores límite de carácter indicativo, guía de límites de exposición profesional del INSHT, valores límite de distintos países recogidos por la O.I.T., valores límite de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (A.C.G.I.H.) u otros que puedan estar disponibles.

En el caso de que no exista valor límite podría utilizarse un valor de referencia provisional, estimado a partir de los datos toxicológicos disponibles del agente químico y teniendo en cuenta los criterios recogidos en el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión por el que se establecen los principios de evaluación del riesgo para el ser humano y el medio ambiente (D.O.C.E. nº L 161 de 29-6-94).

*Nota: Consúltase el documento que recoge los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*

#### 2. Evaluación y seguimiento de la exposición laboral a agentes químicos

Debido a la gran variabilidad de las determinaciones de las exposiciones laborales a agentes químicos (incluso las correspondientes al mismo puesto de trabajo ocupado por el mismo trabajador en distintos períodos de tiempo, o las correspondientes a distintos trabajadores respecto de puestos de trabajo idénticos, atribuibles, por una parte, a la incertidumbre del método de medida empleado y, por otra, a causas ambientales como: variabilidad de las materias primas, sistemas de ventilación, hábitos de trabajo, etc.), para que los resultados de las evaluaciones proporcionen confianza y sirvan de base para adoptar



las medidas preventivas, el procedimiento de evaluación debe planificarse teniendo en cuenta todos estos factores de variabilidad.

Para la planificación y realización de las evaluaciones se dispone de la norma UNE-EN 689 que contiene las directrices a seguir para realizar la evaluación de la exposición por inhalación a agentes químicos para determinar si se respetan o no los valores límite. Esta norma no es de carácter obligatorio y puede utilizarse cualquier otro procedimiento que dé confianza suficiente para realizar las evaluaciones, aunque, en cualquier caso, resulta útil su consulta y estudio.

La norma incluye dos fases claramente diferenciadas: 1ª. Evaluación de la Exposición Laboral (EEL) en la que la exposición se compara con el Valor Límite (VL), que sería aplicable en una primera evaluación y se repetiría cuando hubiera algún cambio significativo en las condiciones de trabajo, el proceso industrial, los productos químicos o el valor límite. 2ª. Mediciones Periódicas (MP) para verificar regularmente si las condiciones de exposición han cambiado, es decir, para hacer un seguimiento de la exposición en el tiempo. Un aspecto de interés es que la norma está planteada para asegurar la representatividad al menor coste posible.

El planteamiento de la norma es realizar una EEL y, en función del resultado, corregir la situación si es superior al VL, realizar mediciones periódicas si es inferior al VL- pero existe cierto grado de exposición, o controlar (no hace falta medir) que la situación se mantiene suficientemente alejada del VL (véase figura 3).

### Estrategia de la evaluación

La EEL requiere previamente recoger información referente a la identificación de las exposiciones potenciales, mediante la confección de una lista con los agentes químicos en el lugar de trabajo, incluidos los derivados de las reacciones que puedan darse, con sus correspondientes VL (véase 2.2.1.), también la determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo, por medio de una revisión detallada de las tareas, técnicas de trabajo, fuentes de emisión, controles técnicos, carga de trabajo, etc.

Con la información recogida se procede a la EEL describiéndose tres etapas que progresivamente requieren mayor complejidad:

- **Primera etapa:** Estimación inicial. Persigue determinar la probabilidad de exposición a partir de la identificación de las exposiciones potenciales y la determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo. No requiere mediciones ni cálculos y, si se puede asegurar que la exposición está muy por debajo del VL y que se mantendrá en el tiempo, se puede dar por concluida la evaluación. En caso contrario se pasa a la segunda etapa.
- **Segunda etapa:** Estudio básico. Consiste en recoger información cuantitativa sobre mediciones anteriores, mediciones en instalaciones y/o procesos de trabajo comparables y/o cálculos fiables basados en datos cuantitativos apropiados. Si con este estudio se puede alcanzar una conclusión similar a la del apartado anterior, se puede dar por concluida la evaluación. En caso contrario se pasa a la tercera etapa.
- **Tercera etapa:** Estudio detallado. Requiere obtener datos cuantitativos a través de la realización de mediciones con mayor número de recursos. No obstante, cuando se tenga información de que los niveles de exposición son claramente inferiores o superiores a los VL, se pueden emplear sistemas de medición más sencillos y menos fiables. Cuando se sospecha que las exposiciones están próximas al VL, será necesario emplear una investigación más precisa, utilizando al completo las capacidades de las técnicas instrumentales y analíticas.

### Estrategia de la medición

En el estudio detallado debe tenerse en cuenta la estrategia de la medición, seleccionando los trabajadores a muestrear, las condiciones de medición y el modelo de medición.

La selección de los trabajadores se puede realizar mediante muestreo aleatorio de trabajadores en el conjunto de la población expuesta o, preferentemente, subdividiendo la población expuesta en grupos de exposición homogéneos.





Respecto de la selección de las condiciones de la medición, se recomienda el muestreo personal durante toda la jornada de trabajo, durante suficientes días y operaciones concretas diferentes, con el fin de obtener información sobre el modelo de exposición. Es importante considerar las diferentes situaciones durante las cuales las condiciones de exposición pueden variar (los ciclos noche-día, las variaciones estacionales). No obstante, se deja la posibilidad de utilizar otras condiciones de medición como las mediciones en un punto fijo o las mediciones en el caso más desfavorable. Siempre que durante un periodo de trabajo el perfil de la concentración no cambie de forma significativa, pueden seleccionarse tiempos de muestreo que no cubran el periodo completo.

Si la exposición se caracteriza por presentar picos de concentración, éstos tienen que evaluarse de acuerdo con los requisitos de los límites de corta duración. El modelo de medición debe recoger las conclusiones anteriores para plasmarlas en un procedimiento de medición.

### Conclusión de la evaluación

Como resultado de lo anterior obtenemos la concentración de la exposición laboral (CEL) que permite su comparación con el VL.

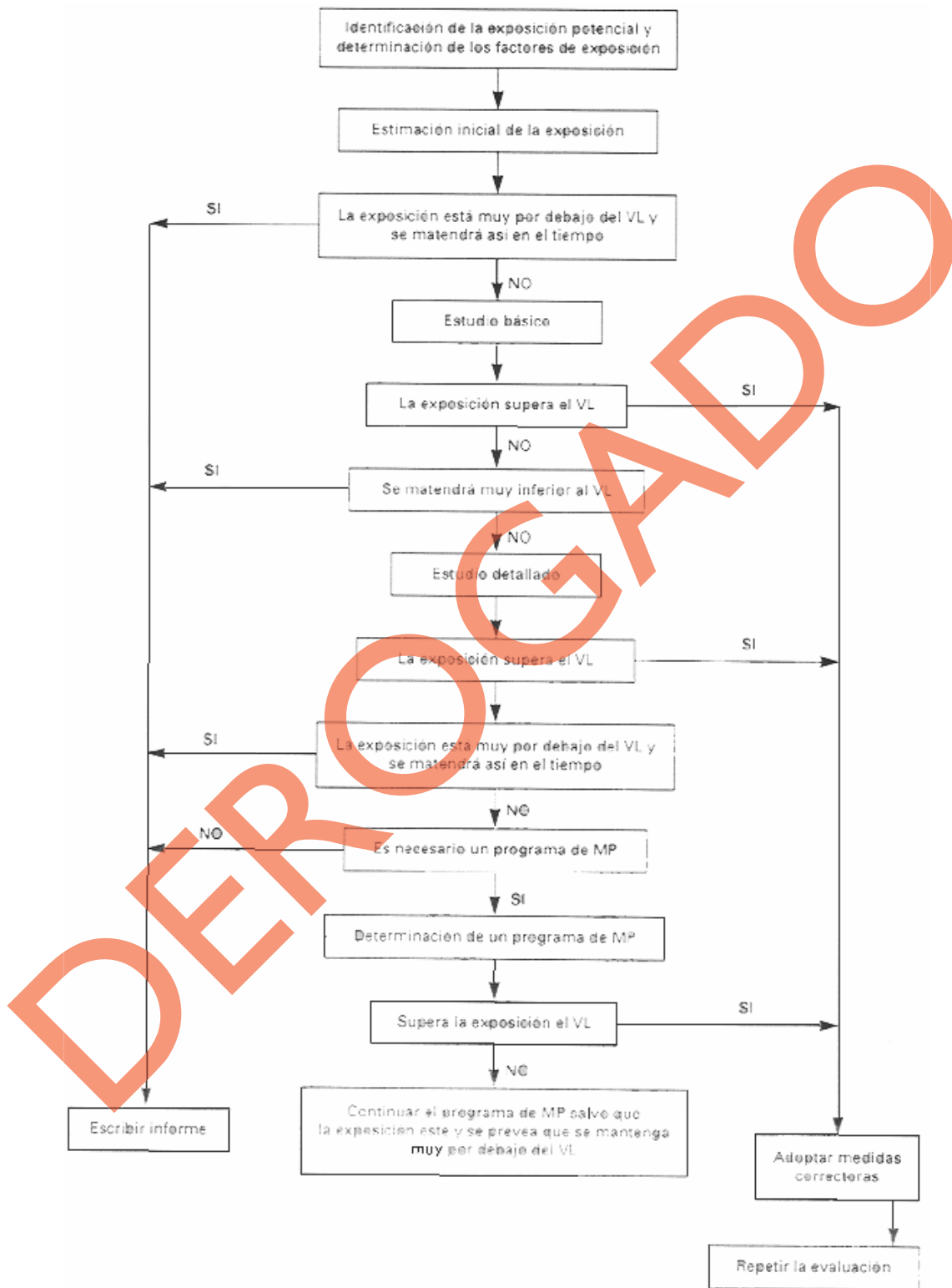
La CEL es la media aritmética de las mediciones en una misma jornada de trabajo, respecto del periodo de referencia correspondiente al VL del agente considerado. En el caso de tiempos de muestreo diferentes se ponderarán los valores en el tiempo.

La conclusión de la EEL (véase tabla 1) puede dar por finalizado el estudio en caso de ausencia de riesgo, requerir el establecimiento de medidas preventivas si se supera el VL, efectuando posteriormente una nueva EEL, o diseñar la realización de Mediciones Periódicas (MP) si la exposición requiere un seguimiento aun cuando la CEL sea inferior al VL.

En los anexos de la norma de carácter informativo se dan dos criterios distintos para la conclusión de la EEL: El primero (tabla 2) se basa en la relación de la CEL con el VL y la estabilidad a lo largo del tiempo de dicha relación. El segundo (tabla 3), particularmente indicado para situaciones repetidas o estables, está basado en criterios estadísticos, recomendándose la distribución logarítmica normal de las concentraciones (tras examinar su aplicabilidad) y utiliza una estadística básica para determinar la probabilidad de exceder el VL.



Figura 3  
Esquema general de la norma UNE-EN 689





### Mediciones periódicas

En el caso de que sea necesaria la implantación de MP se deben seguir las directrices recogidas en la norma, eligiendo un programa rigurosamente planificado para asegurar que puede estimarse el error global, y que podría reconocerse un cambio en el modelo de exposición. En los anexos se incluyen dos esquemas para la implantación de MP según se haya alcanzado la conclusión por relación de la CEL con el VL, o por criterios estadísticos (véanse tablas 4a y 4b). En cualquier caso el intervalo entre dos mediciones periódicas depende del resultado de la última medición.

### Informes de las evaluaciones

Con carácter obligatorio, según la norma, se deberán escribir los informes sobre EEL y MP, conteniendo las razones de la elección de los procedimientos adoptados, datos identificativos, factores de exposición en el lugar de trabajo, procedimiento de medición, datos de muestreo, resultados, conclusiones y todas las circunstancias y detalles susceptibles de influir en los resultados.

**TABLA 1**  
**CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL (EEL).**

CONCLUSIÓN	ACCIONES A TOMAR
a) La exposición es $> VL$ .	<ul style="list-style-type: none"><li>• Identificación de las razones por las que se ha sobrepasado el valor límite.</li><li>• Adopción de medidas apropiadas para remediarla situación.</li><li>• Repetir la EEL.</li></ul>
b) La exposición es muy inferior al VL y se prevé que se mantendrá así a largo plazo debido a la estabilidad de las condiciones de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• No son necesarias MP.</li><li>• Comprobar que la EEL que originó la conclusión es aún válida.</li></ul>
c) La exposición no se ajusta a las categorías a) o b).	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es necesario efectuar MP aunque la exposición sea <math>&lt; VL</math>.</li></ul>



**TABLA 2**  
**CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL (EEL) - PROCEDIMIENTO BASADO EN LA COMPARACIÓN DEL CEL CON EL VL Y SU ESTABILIDAD EN EL TIEMPO CONDICIONES PARA APLICAR EL PROCEDIMIENTO**

<b>CONDICIONES PARA APLICAR EL PROCEDIMIENTO</b>	
<p>1. La concentración promedio de la jornada de trabajo (CEL) debe ser representativa de la exposición laboral.</p> <p>Los picos de concentración que se den deben cumplir las condiciones del límite de exposición de corta duración.</p> <p>2. Las condiciones de operación del trabajo se repetirán regularmente y los factores que dan lugar a las emisiones deben ser específicos del proceso o instalación; a largo plazo las tareas y el proceso no cambian de forma significativa entre jornadas.</p> <p>3. Las condiciones de operación que se puedan diferenciar claramente se evaluarán por separado.</p>	
<b>EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL</b>	
<p>Cálculo del índice de exposición (I)</p> $I = \text{CEL} / \text{VL}$	
<b>CONCLUSIONES <sup>(1)</sup></b>	<b>ACTUACIONES</b>
La exposición SUPERA el VL si: cualquier $I > 1$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificar causas.</li> <li>Establecer medidas correctoras.</li> <li>Repetir la EEL.</li> </ul>
La exposición NO SUPERA el VL si:	
$I \leq 0,1$ en al 1ª jornada evaluada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>EEL concluida.</li> <li>No hacen falta MP si la evaluación representa condiciones de exposición a largo plazo.</li> </ul>
$I \leq 0,25$ al menos en tres jornadas diferentes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>EEL concluida.</li> <li>No hacen falta MP si la valuación representa condiciones de exposición a largo plazo.</li> </ul>
$I \leq 1$ al menos en tres jornadas diferentes y media geométrica $\leq 0,5$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>EEL concluida.</li> <li>Deben planificarse MP.</li> </ul>
<sup>(1)</sup> Para otras situaciones diferentes a las indicadas el procedimiento no conduce a ninguna decisión.	



**TABLA 3**  
**CONCLUSIONES DE LA EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN LABORAL (EEL) - PROCEDIMIENTO BASADO EN CRITERIOS ESTADÍSTICOS**

<b>PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN</b>	
<p>1. Se selecciona un grupo de trabajadores con exposición homogénea (GEH).</p> <p>El GEH se define como un grupo de trabajadores con ciclos de trabajo similares aunque no necesariamente simultáneos; deben representar, en lo fundamental, condiciones de exposición similares.</p>	
<p>2. Se realizan un mínimo de 6 mediciones dentro del GEH.</p>	
<p>3. Se identifican y ajustan los resultados a un modelo de distribución compatible.</p> <p>El modelo propuesto es el logarítmico normal, recomendándose la utilización de un gráfico de probabilidad acumulada para comprobar la homogeneidad del conjunto de los datos de la exposición.</p> <p>Se señalan, como ejemplo, dos pruebas estadísticas para comprobar la hipótesis de distribución logarítmica normal: La de Saphiro-Wilk o la del Filliben (ver referencias en el apartado 3).</p>	
<p>4. Se halla la probabilidad de superar el VL, una vez ajustado el modelo de distribución.</p>	
<b>CONCLUSIÓN DE LA EEL</b>	
<b>Probabilidad de exceder el VL <sup>(1)</sup></b>	<b>Consecuencias.</b>
≤ 0,1% (situación verde).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición claramente inferior al VL.</li> <li>No son necesarias otras mediciones a no ser que haya cambios significativos en las condiciones de trabajo.</li> </ul>
> 0,1% y ≤ 5% (situación naranja).	<ul style="list-style-type: none"> <li>La exposición parece inferior al VL.</li> <li>Debe aplicarse MP.</li> </ul>
> 5% (situación roja).	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exposición superior al VL.</li> <li>Adoptar medidas para reducir la exposición y posteriormente realizar una nueva EEL.</li> </ul>
<p><sup>(1)</sup> Los valores umbrales de probabilidad señalados se dan a modo de guía; se permite una mayor tolerancia para tomar las decisiones cuando la probabilidad tiene un intervalo de confianza amplio. En este caso un procedimiento típico puede ser.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Examen crítico de la homogeneidad real del GEH (calidad del ajuste logarítmico-normal y valor de la desviación estándar geométrica)</li> <li>Examen crítico de la calidad técnica de las mediciones.</li> <li>Planificación de muestreos personales adicionales dentro del GEH antes de llegar a una conclusión.</li> </ul>	

**TABLA 4a**  
**EJEMPLO DE ESQUEMA PARA LA PLANIFICACIÓN DE LAS MEDICIONES PERIÓDICAS**

<b>CASO GENERAL</b>	
Primera medición <sup>(1)</sup>	16 semanas después de realizar la EEL.
Mediciones siguientes: Intervalos entre mediciones <sup>(1)</sup>	
64 semanas si última CEL < 1/4 VL.	
32 semanas si última CEL > 1/4 VL y < 1/2 VL.	
16 semanas si última CEL > 1/2 VL y < VL.	
<p><sup>(1)</sup> Si una CEL excede el VL, debe identificarse la causa y deben adoptarse medidas correctoras. Posteriormente debe efectuarse una nueva EEL.</p>	



**TABLA 4b**  
**EJEMPLO DE ESQUEMA PARA LA PLANIFICACIÓN DE LAS MEDICIONES PERIÓDICAS**  
**CASO DE UNA EVALUACIÓN SEGÚN LA TABLA 3**

En este ejemplo, las mediciones periódicas se establecen en un calendario modificable de mediciones personales en el GEH. La frecuencia del muestreo depende de los resultados de las mediciones anteriores, aumentando, si la exposición se acerca al valor límite, y disminuyendo, si es claramente inferior al valor límite.

Periodicidad inicial		
8 unidades de tiempo (unidad de tiempo $\leq$ 1 semana).		
La unidad de tiempo se determina en función de varios factores, incluyendo entre ellos:		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo habitual.</li> <li>• Tipo de VL (límite de exposición de corta duración o media ponderada para 8 horas).</li> <li>• Tiempo de respuesta del laboratorio de análisis.</li> </ul>		
Modificaciones al calendario inicial de mediciones		
Situación	Resultado de las MP	Decisión
1	$C \leq 0,40$ VL dos veces consecutivas.	Las tres mediciones programadas siguientes no se efectúan.
2	$C \leq 0,70$ VL.	Seguir el calendario básico.
3 <sup>(1)</sup>	$0,70 \text{ VL} < C \leq 1,50 \text{ VL}$ .	Una medición adicional durante la unidad de tiempo.
4 <sup>(1)</sup>	$0,70 \text{ VL} < C \leq 1,50 \text{ VL}$ para dos unidades de tiempo consecutivas.	Efectuar una medición adicional en cada uno de los 4 intervalos programados siguientes. Si este intervalo es una unidad de tiempo, debe reducirse inmediatamente la exposición.
5	$1,00 \text{ VL} < C \leq 1,50 \text{ VL}$ dos veces consecutivas.	Actuación inmediata para reducir la exposición.
6	$C > 1,50 \text{ VL}$ .	Actuación inmediata para reducir la exposición.
<sup>(1)</sup> En las situaciones 3 y 4 si $C > \text{VL}$ deben identificarse las razones por las que se ha superado el VL y adoptarse las medidas necesarias para remediar la situación tan pronto como sea posible.		

### 3. Bibliografía normativa (Agosto 1997)

- Ley 31/1995 de 8-11-95 de Prevención de Riesgos Laborales (B.O.E. nº 269 de 10-11-95).
- Real Decreto 39/1997 de 17-1-97, Reglamento de los Servicios de Prevención (B.O.E. nº 27 de 31-1-97).
- Directiva 80/1107/CEE modificada por la Directiva 88/642/CEE, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes químicos, físicos y biológicos durante el trabajo (D.O.C.E. nº L 327 de 3-12-80 y L 356 de 24-12-88, respectivamente).
- Directivas 91/322/CEE y 96/94/CE relativas al establecimiento de valores límite de carácter indicativo, mediante la aplicación de la Directiva 80/1107/CEE (D.O.C.E. nº L 177 de 5-7-91 y nº L 338 de 28-12-96, respectivamente).





- Reglamento (CE) nº 1.488/94 de la Comisión de 28-6-94 por el que se establecen los principios de evaluación del riesgo para el ser humano y el medio ambiente de las sustancias existentes de acuerdo con el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo (D.O.C.E. nº L 161 de 29-6-94).
- Real Decreto 665/1997 de 12-5-97 sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (B.O.E. nº 124 de 24-5-97).
- Decreto 2414/1961 de 30-11-61. Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (B.O.E. nº 292 de 7-12-61).
- Orden de 31-10-84 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto (B.O.E. nº 267 de 7-11-84 y corrección de errores en B.O.E. de 22-11-84).
- Orden de 7-1-87 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). Normas complementarias del Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto (B.O.E. nº 13 de 15-1-87).
- Orden de 26-7-93 por la que se modifican los artículos 2º, 3º y 13º de la Orden de 31-10-84 por la que se aprueba el Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto, y el artículo 2º de la Orden 7-1-87 por la que se establecen normas complementarias al citado Reglamento.
- Orden de 9-4-86 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). Reglamento para la prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos. (B.O.E. nº 98 de 24-4-86 y corrección de errores en B.O.E. de 3-6-86).
- Orden de 9-4-86 (Ministerio de Trabajo y Seguridad Social). Reglamento para la Prevención de riesgos y protección de la salud de los trabajadores por la presencia de cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo. (B.O.E. nº 103 de 6-5-86).
- Resolución de 8 de septiembre de 1987, de la Dirección General de Trabajo, sobre tramitación de solicitudes de homologación de laboratorios especializados en la determinación de fibras de amianto (B.O.E. 14-10-87).
- Orden de 22 de diciembre de 1987 por la que se aprueba el modelo de libro de registro de datos correspondientes al Reglamento sobre trabajos con riesgo de amianto (B.O.E. 29-12-87).
- Resolución de 20 de febrero de 1989, de la Dirección General de Trabajo, por la que se regula la remisión de fichas de seguimiento ambiental y médico para el control de exposición al amianto (B.O.E. 3-3-89).
- Norma Técnica UNE-EN 689. Atmósferas en el lugar de trabajo - Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación a agentes químicos para la comparación con los valores límite y estrategia de la medición.

#### Otra bibliografía de interés

- INSHT. Propuesta de Guía. Definiciones y conceptos seleccionados con los límites de exposición profesional españoles.
- INTERNATIONAL LABOUR OFFICE. Occupational exposure limits for airborne toxic substances, third edition. Geneva, 1991.
- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS (A.C.G.I.H). Valores límite para sustancias químicas y agentes físicos en el ambiente de trabajo 1996-1997.
- SHAPIRO S.S. WILK M.B. "An analysis of variance test for normality". Biometrika 52 (1965) 591-611.



- FILLIBEN J.J. "The probability plot correlation coefficient test for normality". Technometrics 17 (1975) 111-117.
- INSHT. Contaminantes químicos: evaluación de la concentración ambiental. NTP 347 -1994.
- INSHT. Estadística y mediciones ambientales NTP 140 - 1985.
- M.J. QUINTANA. "La evaluación de la exposición laboral a agentes químicos en las normas europeas". INSHT Comunicación presentada al XIV Congreso Mundial sobre Seguridad y Salud en el Trabajo. Madrid 22-26 Abril, 1996.
- INSHT. Agentes químicos: medición y análisis. FDN 10 - 1996.
- CROW E.L. & SHIMIZU K. Lognormal distributions, theory and applications. 1988.

Para obtener información adicional sobre el contenido de la presente FICHA DE DIVULGACIÓN NORMATIVA puede dirigirse al

Área de Contaminantes y Toxicología  
Centro Nacional de Verificación de Maquinaria  
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo  
Camino de la Dinamita, s/n  
Monte Basatxu - Cruces  
48903 Baracaldo (Vizcaya)  
Tfn. 944 990 211, Fax 944 990 678

(1) Dosis acumulada: Suma aritmética, expresada en fibras-día/cm<sup>3</sup>, de las concentraciones promedio de cada jornada de trabajo, expresadas en fibras/cm<sup>3</sup>, relativa o un número determinado de jornadas.

(2)  $(CPP)t = 8 \times (CPP)/t$

Siendo (CPP) = Concentración promedio permisible para 8 horas/día y 40 horas/semana.

(CPP)t = La calculada para la jornada real de trabajo.  
t = tiempo real de la jornada de trabajo.