

Transporte de mercancías peligrosas por carretera: identificación e información de peligros

Identification et information de périls dans le transport de marchandises dangereuses par route
Hazards in transport of dangerous goods by road: identification and information

Redactor:

Dimas Rodríguez Planas
Ingeniero Técnico Eléctrico

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La presente NTP, que sustituye a la 309/1993, tiene su origen en la publicación del RD. 551/2006 de 5 de mayo (BOE 12/05/06) por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español (que identificaremos con las antiguas siglas TPC), que establece en su Artículo 1.1, que las normas del Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) serán de aplicación a los transportes que se realicen íntegramente dentro del territorio Español, con las especialidades recogidas en el anexo I del antes citado real decreto.

En la disposición derogatoria única del RD 551/2006 se establece entre otras la derogación del RD. 2115/1998 de 2 de octubre de 1998 sobre transporte de mercancías peligrosas por carretera, excepto de lo dispuesto en el apartado 2 del anexo I del citado real decreto y se deroga así mismo la Orden CTE/964/2004 por la que se actualizaba el anexo 3 y se modificaban los anexos 4, 6 y diversos apéndices del anexo 5 del citado RD 2115/98.

Por el RD 2115/98 se incorporaba al ordenamiento interno Español la Directiva 94/55/CE y se disponía la aplicación al transporte interno de las normas internacionales reguladoras de estos transportes, fundamentalmente del Acuerdo Europeo sobre el Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR), celebrado en Ginebra el 30 de septiembre de 1957 y de sus modificaciones.

En la actualidad en España, el ADR vigente desde el 1 de enero de 2007 es ADR/2007. En esta NTP, se pretende resaltar solo aquellos aspectos del ADR y del TPC que se consideran básicos para permitir la identificación de las materias peligrosas transportadas por carretera, y facilitar que el personal expuesto pueda recibir el tipo de información y formación que precisa sobre los peligros de su actividad. Estos aspectos son:

- Identificación de peligros y materias (según el ADR):
 - Paneles.
 - Etiquetado (placas-etiquetas).
- Formación-información sobre los peligros de las materias transportadas, instrucciones escritas y medidas de seguridad a tomar en caso de accidente o incidente (según el ADR y/o el TPC):
 - Niveles de formación e información a facilitar al personal expuesto
 - Información previa al transporte

- Instrucciones de seguridad recogidas en el documento denominado: «Instrucciones escritas» y/o «Fichas de seguridad».

Dada la amplitud y complejidad del ADR, así como la forzosa necesidad de síntesis de esta NTP, no se va a realizar un estudio exhaustivo del ADR, ni se analizarán con profundidad los distintos aspectos del mismo que se relacionan. Más bien se pretende, destacar aquellos aspectos del ADR que se consideran básicos para la mejora de las condiciones de seguridad en el transporte de mercancías peligrosas por carretera y que deben complementarse en cada caso concreto con los apartados que le sean de aplicación y así mismo, cuando este se efectúe dentro del territorio Español, con las disposiciones del vigente RD 551/2006 (TPC) que le sean de aplicación.

Con el fin de facilitar el manejo del ADR y del TPC, a todas aquellas personas que precisen profundizar en su estudio, a continuación enunciamos la estructura de los mismos.

El ADR se estructura del siguiente modo:

Anexo A – Disposiciones generales y disposiciones relativas a las materias y objetos peligrosos

Parte 1 – Disposiciones generales.

Parte 2 – Clasificación

Parte 3 – Lista de las mercancías peligrosas, disposiciones especiales y exenciones relativas al transporte de mercancías peligrosas embaladas en cantidades limitadas.

Parte 4 – Disposiciones relativas a la utilización de los embalajes y de las cisternas.

Parte 5 – Procedimientos de la expedición.

Parte 6 – Disposiciones relativas a la construcción de los envases y embalajes de los grandes recipientes para granel (GRG), de los grandes embalajes y de las cisternas y a las pruebas que deben superar

Parte 7 – Disposiciones relativas a las condiciones de transporte, la carga. La descarga y la manipulación

Anexo B: Disposiciones relativas al material de transporte y al transporte

Parte 8 – Disposiciones relativas a las tripulaciones, al equipamiento y a la explotación de los vehículos y a la documentación

Parte 9 – Disposiciones relativas a la construcción y a la aprobación de los vehículos.

El TPC (RD 551/2006) se estructura del siguiente modo:

Capítulo I – Disposiciones generales y definiciones

Capítulo II – Normas sobre la operación de transporte

Capítulo III – Normas técnicas sobre vehículos de transporte, envases y embalajes, grandes recipientes a granel, grandes embalajes y contenedores a granel (pulverulentos o granulares)

Capítulo IV – Normas de actuación en caso de avería o accidente

Capítulo V – Operaciones de carga y descarga

Capítulo VI – Régimen sancionador

Anexo I – Normas especiales en caso de transporte desarrollado íntegramente dentro del territorio Español

Anexo II – Relación de comprobaciones para carga de mercancías peligrosas

Anexo III – Disposiciones especiales que continúan en vigor en tanto no se opongan a lo establecido en el ADR o en este RD

Anexo IV – Organismos de Control e ITV

Anexo V – Documentación

Anexo VI – Modelos de certificados

2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y MATERIAS

Tanto los vehículos de transporte de mercancías peligrosas por carretera, como las materias transportadas deben de estar perfectamente señalizadas, de forma que las mismas y sus peligros puedan ser fácilmente identificables.

Así los medios de transporte obligatoriamente deben llevar obligatoriamente: a) Panel naranja de los contenedores, CGEM (contenedor de gas con elementos múltiples), contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos; b) Marcado y Etiquetado de Bultos (capítulo 5.2 del ADR/07); c) Etiquetado (placas-etiquetas) de los contenedores, CGEM, contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos.

Panel naranja de los contenedores, CGEM (contenedor de gas con elementos múltiples), contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos

Cumplirán con lo prescrito en el Capítulo 5.3.2 de la Parte 5 del Anexo I del ADR/07

- Las unidades de transporte de materias peligrosas, llevarán dos paneles rectangulares bien visibles ubicados uno en la parte delantera y otro en la parte trasera de la unidad de transporte. Sus dimensiones y características de color vienen definidas en el Capítulo 5.3 del ADR/07 (ver Fig.1)
- Si el número de identificación de peligro está indicado en la Tabla A del capítulo 3.2 del ADR/07, los vehículos cisterna, los vehículos batería o las unidades de transporte que consten de una o varias cisternas que transporten mercancías peligrosas deberán llevar, además, en los costados de cada cisterna o compartimento de la misma o elementos de los vehículos batería, paralelamente al eje longitudinal del vehículo, de manera claramente visible, paneles de color naranja idénticos a los dispuestos en el apartado anterior. Estos paneles naranja deberán ir provistos del número de identificación de peligro (en el cuartel superior del panel) y del número ONU (en el cuartel inferior del panel) que se indican en la ya cita-

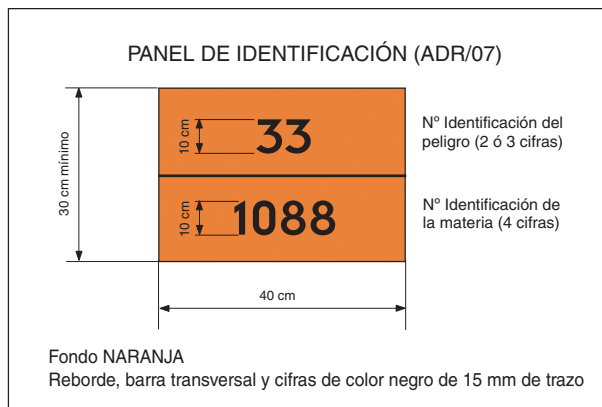


Figura 1. Modelo de panel naranja según ADR/07

da Tabla A del capítulo 3.2 del ADR/07, para cada una de las materias transportadas en la cisterna, en los compartimentos de la cisterna o en los elementos de los vehículos batería (ver Figs. 2 y 3).

- Para las unidades de transporte que transporten una sola materia, los paneles naranja laterales no serán necesarios en el caso en que, los colocados en las partes delantera y trasera, vayan provistos del número de identificación de peligro y del número ONU previstos en la tabla A del capítulo 3.2.
- Las disposiciones anteriores son aplicables también a las cisternas fijas o desmontables, a los vehículos batería, a los contenedores cisterna portátiles y a los CGEM, vacíos, sin limpiar, sin desgasificar o sin descontaminar, así como a los vehículos y contenedores para el transporte a granel, vacíos, sin limpiar o sin descontaminar.
- Los paneles naranja que no se refieran a las mercancías peligrosas transportadas, o a los residuos de dichas mercancías, deberán ser retirados o cubiertos. Si los paneles van recubiertos, el revestimiento deberá ser total y deberá seguir siendo eficaz, después de un incendio de una duración de 15 minutos.

Significado de los números del cuartel superior de los paneles naranja, (según el Capítulo 5.3.2.3 del ADR/07)

Los números de identificación de peligro están compuestos por dos o tres cifras.

Las primeras cifras indican los peligros indicados en la tabla 1.

La duplicidad de las dos primeras cifras, indica una intensificación del peligro relacionado con ella. (Ej.: 33 indica que se trata de un líquido muy inflamable).

2	Emanación de gas resultante de presión o de una reacción química.
3	Líquidos (vapores) y gases inflamables o materia líquida susceptible de autocalentamiento.
4	Sólidos inflamables.
5	Materia comburente (favorece incendios).
6	Toxicidad.
7	Radioactividad.
8	Corrosividad.
9	Peligro de reacción violenta espontánea.

Tabla 1. Peligros indicados por la primera cifra del cuartel superior de los paneles naranja

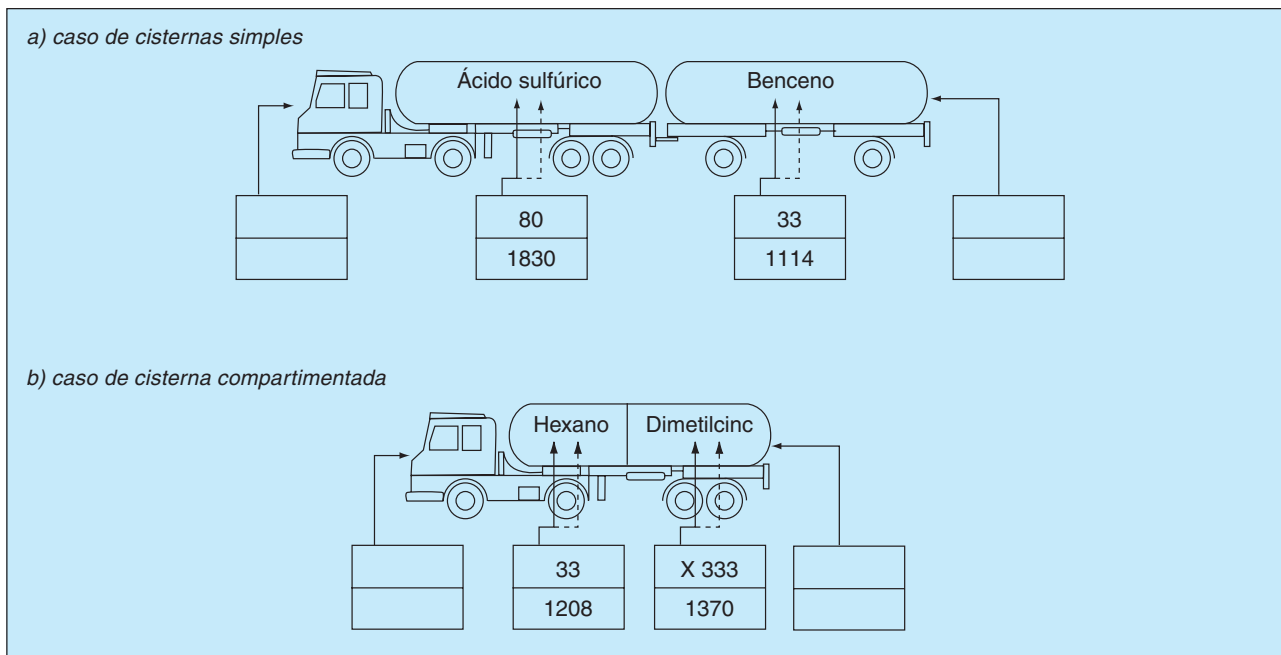


Figura 2. Paneles Naranja para cisternas que transportan varias sustancias incluidas en la tabla A del ADR/07

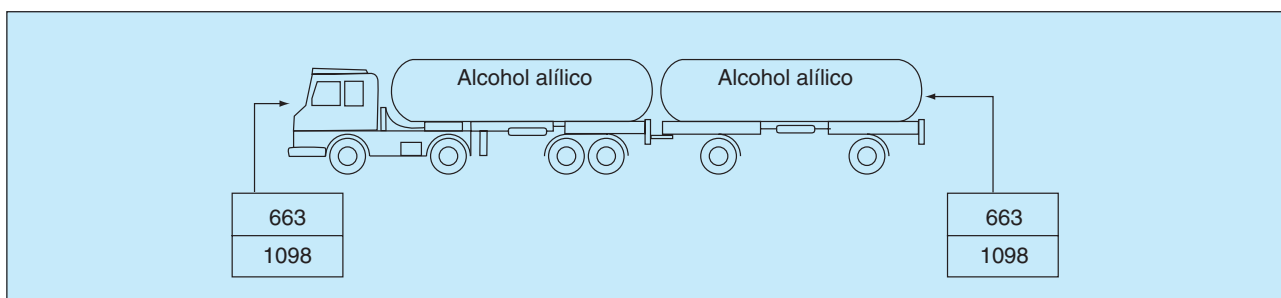


Figura 3. Panel naranja para una unidad que transporte solo una materia

Cuando el peligro de una materia puede ser indicado suficientemente con una sola cifra, ésta se completará con un cero en segunda posición (Ej.: 30 indica que se trata de un líquido inflamable).

Cuando el número de identificación de peligro esta precedido por la letra «X», esta indica que la materia reacciona peligrosamente con el agua. Entre otras combinaciones de cifras, tienen una especial significación las que se indican en la tabla 2.

Los números de identificación del peligro (cuartel superior) y del producto (cuartel inferior) del panel están relacionados en las Tabla A Lista de mercancías peligrosas y el la Tabla B Índice alfabético de las materias y objetos del ADR del capítulo 3.2 del ADR/07. Si bien en el ADR no se afirma explícitamente, se deduce de su lectura (Capítulo 5.4.3.2) que los paneles naranja son propiedad y responsabilidad del transportista.

Marcado y Etiquetado de Bultos (capítulo 5.2 del ADR/07)

Teniendo presente que un bulto, según se define en el ADR/07, es el producto final de la operación de embalaje preparado para su expedición:

- Salvo que se disponga otra cosa en el ADR, sobre cada bulto deberá figurar el número ONU correspondiente a las mercancías contenidas, precedido de las letras «UN», de manera clara y duradera.

22	Gas licuado refrigerado, asfixiante.
X323	Materia líquida inflamable que reacciona peligrosamente con el agua emitiendo gases inflamables.
X 333	Materia líquida espontáneamente inflamable que reacciona peligrosamente con el agua.
X 423	Materia sólida inflamable, reacciona peligrosamente con el agua desprendiendo gases inflamables.
44	Materia sólida inflamable que, a una temperatura elevada, se encuentra en estado fundido.
539	Peróxido orgánico inflamable.
90	Materias peligrosas diversas.

Tabla 2. Combinaciones de cifras de los paneles naranja que son particularmente relevantes

- Para objetos no embalados, el marcado debe figurar sobre el objeto, sobre su armadura o sobre su dispositivo de manipulación, estiba o lanzamiento.
- Todas las marcas deberán ser fácilmente visibles, legibles y resistir la exposición a la intemperie sin degradación apreciable
- Los embalajes de socorro deberán llevar además la marca «**EMBALAJE DE SOCORRO**».

- Los grandes recipientes para granel (GRG), de una capacidad superior a 450 litros, así como los grandes embalajes deberán llevar las marcas en dos de sus lados opuestos.
- A cada materia u objeto de los citados en la tabla A del capítulo 3.2. del ADR/07, se le aplicarán las etiquetas indicadas en la misma, salvo que se indique alguna disposición especial.
- Las etiquetas podrán ser reemplazadas, en su caso, por marcas de peligro indelebles que correspondan exactamente a los modelos dispuestos.
- Excepto el caso anterior, todas las etiquetas:
 - Se aplicarán en la misma superficie del bulto, si las dimensiones del mismo lo permiten
 - Se colocarán en cada bulto de manera que no queden cubiertas o tapadas por cualquier otra marca
 - Cuando sea necesaria más de una etiqueta, deberán colocarse una al lado de la otra.
 - Para bultos irregulares o pequeños, la etiqueta puede atarse al mismo
- Los grandes recipientes para granel (GRG) de capacidad superior a 450 litros y los grandes embalajes, deben llevar etiquetas en dos lados opuestos.
- Todas las etiquetas deberán tener la forma de un cuadrado colocado sobre un vértice (en rombo) y sus dimensiones mínimas serán de 100 mm x 100 mm, llevando una línea trazada a 5 mm. del borde, del mismo color que los signos convencionales.
- Las botellas que contengan gases de la clase 2 podrán llevar, si fuera necesario, etiquetas similares a las aquí indicadas pero de dimensión reducida, de conformidad con la norma ISO 7225:1994 «Botellas de gas - Etiquetas de peligro».
- Todas las etiquetas deberán soportar la exposición a la intemperie sin degradación apreciable.

Etiquetado (placas-etiquetas) de los contenedores, CGEM, contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos

Las características y modelos de las placas-etiquetas, corresponderán a lo indicado en el Capítulo 5.2.2.2 del ADR/07, según tablas 3 y 4.

- Las placas-etiquetas se fijarán en las paredes exteriores de los contenedores, CGEM, contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos.
- No será necesario fijar una placa-etiqueta de peligro subsidiario en los contenedores, CGEM, contenedores cisterna, cisternas portátiles y vehículos que contengan mercancías pertenecientes a más de una clase, si el peligro correspondiente a dicha placa-etiqueta está ya indicado por una placa-etiqueta de riesgo principal o subsidiario.
- Las placas-etiquetas que no se refieran a las mercancías peligrosas transportadas, o a los restos de dichas mercancías, deberán ser quitadas o tapadas.
- Los vehículos cisterna, los vehículos con cisternas desmontables, los vehículos batería, los contenedores cisterna, los CGEM y las cisternas portátiles, vacíos, sin limpiar o sin desgasificar, así como los vehículos y los contenedores para granel vacíos, sin limpiar, deberán continuar llevando las placas-etiquetas requeridas para la carga precedente.
- Una placa-etiqueta deberá tener unas dimensiones mínimas de 250 mm por 250 mm y corresponder a la etiqueta de la mercancía peligrosa transportada
- En las cisternas cuya capacidad no sobrepase 3 m³ y en los pequeños contenedores, las placas-etiquetas podrán ser reemplazadas por etiquetas de las dimensiones indicadas para los bultos.

3. FORMACIÓN E INFORMACIÓN PARA LOS CONDUCTORES Y DEMÁS PERSONAL RELACIONADO

La formación inicial y de reciclaje que se indica a continuación, comprenderá así mismo los elementos para la sensibilización en protección para todo el personal involucrado en las operaciones de transporte. En su desarrollo, se tratarán todos los riesgos propios de las materias transportadas, así como los de las operaciones de transporte y carga/descarga y las medidas para el reconocimiento de su naturaleza, tratamiento, medios para su reducción y acciones a tomar en caso de fallo de los medios de protección.

Los cursos de reciclaje sobre protección no tienen por que estar necesariamente ligados a las modificaciones reglamentarias en materia de transporte.

Formación de los conductores: Disposiciones generales

Las disposiciones del ADR y del TPC no son equivalentes, por lo que las presentaremos por separado.

Según el capítulo 8.2 de la Parte 8 del Anejo B del ADR/07)

Los conductores de vehículos que transporten mercancías peligrosas deberán estar en posesión de un Certificado Oficial específico, expedido por la Autoridad Competente, que acredite que han seguido una formación y que han superado el correspondiente examen.

Esta formación estará compuesta por una Formación Básica, general a todos los conductores, mas una Especifica complementaria para los conductores de vehículos cisternas fijas o desmontables, los vehículos batería con una capacidad total superior a 1 m³, los de que transporten contenedores cisterna, cisternas portátiles o CGEM con una capacidad individual superior a 3 m³ por unidad de transporte

Los Cursos de formación teóricos y prácticos serán individuales, el numero de sesiones para cada tipo de materia, la duración de cada sesión, la duración total de cada jornada y el numero de jornadas por curso, debe ser aprobado por la Autoridad competente previamente a su impartición.

Las Certificaciones solo autorizan al conductor a transportar las clases de mercancías peligrosas de las que posea titulación específica y haya sido inscrita en su Certificado Oficial de aptitud. La validez del Certificado es por 5 años renovables, mediante formación de reciclaje y tras superar el correspondiente examen.

Según el Artículo 4 del RD 551/06 (TPC/06)

Las empresas transportistas adoptarán las medidas precisas para que los conductores y sus ayudantes sean informados sobre las características especiales de los vehículos y tengan la formación exigida en la normativa vigente.

Los conductores que, de acuerdo con lo dispuesto en el ADR, necesiten una formación específica, deberán

Nº Etiqueta	FORMA Y COLOR	SIGNIFICADO
Nº 1	Bomba explosionando: negro sobre fondo naranja. Cifra 1, esquina inferior	Riesgo de explosión divisiones 1.1, 1.2 y 1.3
Nº 1.4	Cifras negras sobre fondo naranja. Cifra 1, esquina inferior	Riesgo explosión división 1.4
Nº 1.5	Cifras negras sobre fondo naranja. Cifra 1, esquina inferior	Riesgo explosión división 1.5
Nº 1.6	Cifras negras sobre fondo naranja. Cifra 1, esquina inferior	Riesgo explosión división 1.6
Nº 2.1	Gases inflamables. Llama negra o blanca sobre fondo rojo. Cifra 2, esquina inferior	Gases inflamables
Nº 2.2	Gases no inflamables. Botella en negro o blanco sobre fondo verde. Cifra 2, esquina inferior	Gases no inflamables , no tóxicos
Nº 2.3	Gases tóxicos. Calavera sobre dos tibias. Negro sobre fondo blanco. Cifra 2, esquina inferior	Gases tóxicos
Nº 3	Líquidos inflamables. Llama negra o blanca sobre fondo rojo. Cifra 3, esquina inferior	Líquidos inflamables
Nº 4.1	Materias sólidas inflamables. Llama sobre fondo blanco con siete barras verticales rojas. Cifra 4, esquina inferior	Sólidos inflamables
Nº 4.2	Materias espontáneamente inflamables. Llama negra sobre fondo blanco (mitad superior) y rojo (mitad inferior). Cifra 4, esquina inferior	Materias susceptibles de inflamación espontánea
Nº 4.3	Materias que en contacto con agua desprenden gases inflamables. Llama negra o blanca sobre fondo azul. Cifra 4, esquina inferior	Materias que emana gases inflamables en contacto con el agua
Nº 5.1	Materias comburentes. Llama por encima de círculo en negro sobre fondo amarillo. Cifra 5.1, esquina inferior	Comburentes
Nº 5.2	Peróxidos orgánicos. Llama negra o blanca sobre mitad superior roja y mitad inferior amarilla. Cifra 5.2, esquina inferior	Peróxidos orgánicos
Nº 6.1	Materias tóxicas. Calavera sobre dos tibias. Negro sobre fondo blanco. Cifra 6, esquina inferior	Materias tóxicas
Nº 6.2	Materias infecciosas. Tres lunas crecientes sobre un círculo y menciones negras sobre fondo blanco. Puede llevar texto aclaratorio. Cifra 6, esquina inferior	Materias infecciosas
Nº 7 A	Materia radioactiva I. Trébol negro sobre fondo blanco (mitad superior). Texto obligatorio en mitad inferior. Palabra "Radioactive" seguida de barra vertical roja. Cifra 7, esquina inferior	Materia radioactiva Categoría I
Nº 7 B	Materia radioactiva II. Trébol negro sobre fondo Amarillo (mitad superior). Texto obligatorio en mitad inferior. Palabra "Radioactive" seguida de 2 barras verticales rojas. Cifra 7, esquina inferior	Materia radioactiva Categoría II
Nº 7 C	Materia radioactiva III. Trébol negro sobre fondo Amarillo (mitad superior). Texto obligatorio (mitad inferior). Palabra "Radioactive" seguida de 3 barras verticales rojas. Cifra 7, esquina inferior	Materia radioactiva Categoría III
Nº 7 D	Materia radioactiva. Trébol negro sobre fondo Amarillo (mitad superior). Palabra "Radioactive" o Nº ONU de la materia (mitad inferior). Cifra 7, esquina inferior	Materia fisiónable
Nº 7 E	Materias fisiónables. Fondo blanco texto obligatorio. Cifra 7, esquina inferior	Materia radioactiva Categoría III
Nº 8	Materias corrosivas. Líquidos vertidos de dos tubos de ensayo sobre una mano y sobre metal, negro sobre fondo blanco y negro con reborde blanco en mitad inferior . Cifra 8, esquina inferior	Materias Corrosivas
Nº 9	Materias y objetos peligrosos diversos. Siete líneas verticales (la mitad superior) negro sobre fondo blanco. Cifra 9, esquina inferior	Materias peligrosas diversas
	Riesgo vuelco. Dos flechas negras o rojas sobre fondo blanco	Gases licuados refrigerados y otras materias

Tabla 3. Características de las placas-etiquetas
























ETIQUETAS PLACA			
<p>1. Materias y objetos explosivos</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Nº 1 </div> <div style="text-align: center;">  Nº 1.4 </div> <div style="text-align: center;">  Nº 1.5 </div> <div style="text-align: center;">  Nº 1.6 </div> </div>			
<p>2. Gases</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Nº 2.1 GASES INFLAMABLES </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  Nº 2.2 GASES NO INFLAMABLES Y NO TÓXICOS </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  Nº 2.3 GASES TÓXICOS </div> </div>			
<p>3. Líquidos Inflamables</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  Nº 3 </div>	<p>4.1. Materias sólidas inflamables, materias auto-reactivas y materias explosivas desensibilizadas</p> <div style="text-align: center;">  Nº 4.1 </div>	<p>4.2. Materias espontáneamente inflamables</p> <div style="text-align: center;">  Nº 4.2 </div>	<p>4.3. Materias que, al contacto con el agua, desprenden gases inflamables</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  Nº 4.3 </div>
<p>5.1. Materias Comburentes</p> <div style="text-align: center;">  Nº 5.1 </div>	<p>5.2. Peróxidos Orgánicos</p> <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;">  Nº 5.2 </div>	<p>6.1. Materias Tóxicas</p> <div style="text-align: center;">  Nº 6.1 </div>	<p>6.2. Materias Infecciosas</p> <div style="text-align: center;">  Nº 6.2 </div>
<p>7. Materias radioactivas</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  Nº 7 A CATEGORIA I - BLANCA </div> <div style="text-align: center;">  Nº 7 B CATEGORIA II - AMARILLA </div> <div style="text-align: center;">  Nº 7 C CATEGORIA III - AMARILLA </div> <div style="text-align: center;">  Nº 7 E MATERIAS FISIONABLES </div> </div>			
<p>8. Materias Corrosivas</p> <div style="text-align: center;">  Nº 8 </div>	<p>9. Materias y objetos peligrosos diversos</p> <div style="text-align: center;">  Nº 9 </div>		

Tabla 4. Modelos de Placas-Etiquetas

proveerse de una autorización especial que les habilite para ello. Dicha autorización especial será equivalente al certificado de formación previsto en el ADR.

Estructura de la formación (Capítulo 8.2 de la Parte 8 del Anejo B del ADR/07)

La Formación inicial y la de actualización será impartida en forma de cursos básicos para todos los conductores y además los de especialización para el tipo de transportes que se indiquen en el ADR.

El curso básico deberá incluir, al menos, las materias siguientes:

- a) Disposiciones generales del transporte de mercancías peligrosas.
- b) Principales tipos de riesgo.
- c) Protección del medio ambiente en el transporte de residuos.
- d) Medidas de prevención y de seguridad para cada tipo de riesgo.
- e) Comportamiento tras un accidente (primeros auxilios, seguridad de la circulación, utilización de los equipos de protección, etc.).
- f) Marcado, etiquetado, inscripciones y paneles color naranja.
- g) Conducta a seguir durante el transporte.
- h) Objeto y funcionamiento del equipamiento técnico de los vehículos.
- i) Prohibiciones de cargamento en común en un mismo vehículo o contenedor.
- j) Medidas durante la carga/descarga.
- k) Responsabilidad civil.
- l) Transporte multimodal.
- m) Manipulación y estiba de bultos.
- n) Instrucciones sobre el comportamiento en túneles.

El curso de especialización para el transporte deberá incluir, como mínimo, las siguientes materias:

- a) Comportamiento durante la marcha de los vehículos y los movimientos de la carga.
- b) Disposiciones especiales relativas a los vehículos.
- c) Conocimiento teórico general de los dispositivos de llenado y vaciado.
- d) Disposiciones suplementarias específicas relativas a la utilización de estos vehículos.

Así mismo, dependiendo de la clase a que pertenezcan las materias transportadas, se incluirá en los cursos de formación las disposiciones, peligros y medidas pertinentes a cada caso.

Formación de todo el personal, distinto de los conductores, relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por carretera

Igual que en el caso anterior, debe distinguirse entre lo dispuesto por el ADR y lo que dispone el TPC.

Según Capítulo 8.2 de la Parte 8 del Anejo B del ADR/07

Toda persona cuyas funciones tengan relación con el transporte de mercancías peligrosas por carretera deberá haber recibido, formación sobre las disposiciones que regulan este transporte, adaptada a su responsabilidad y cometido.

Esta disposición se aplicará, por ejemplo, al personal empleado por el transportista o el expedidor, al que efectúe la carga y descarga de las mercancías peligrosas, al que trabaje para las agencias de transporte, agencias consignatarias y a los conductores que no posean un certificado para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, pero que participen en el mismo.

Según el Artículo 6 del RD 551/2006 (TPC/06)

En este caso, se refiere solo a los ayudantes de los conductores, si bien las disposiciones del ADR/07 continúan prevaleciendo respecto al resto del personal involucrado en las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera

En el TPC/06 se cita textualmente:

“Cuando la operación de transporte precise ayudante a bordo del vehículo, la empresa por cuya cuenta actúa, acreditará documentalmente que ha recibido la formación adecuada para la operación que se le ha encomendado.”

4. INSTRUCCIONES ESCRITAS

Igual que en los casos anteriores debemos distinguir entre lo que prescribe el ADR y lo dispuesto en el TPC.

Instrucciones según capítulo 5.4.3 del ADR/07

En previsión de cualquier incidente o accidente que pueda sobrevenir durante el transporte, deberán ser entregadas al conductor unas instrucciones escritas que precisen de manera concisa, para cada mercancía u objeto peligroso transportado o para cada grupo de mercancías peligrosas que presenten los mismos peligros en que incurran la(s) mercancía(s), el siguiente contenido:

- La denominación de la materia, de los objetos o del grupo de mercancías.
- La Clase y el número de ONU o para un grupo de mercancías, los números de ONU.
- La naturaleza del peligro presentado por esas materias, así como las medidas que deberá adoptar el conductor, así como los equipos de protección individual, en su caso, que deberá utilizar.
- Las medidas de orden general a tomar, por ejemplo: prevenir a los demás usuarios de la carretera y a los transeúntes y avisar a la policía y/o a los bomberos.
- Las medidas suplementarias que deban adoptarse para hacer frente a fugas o derrames.
- Las medidas especiales que deban adoptarse, llegado el caso, para ciertas materias.
- En su caso, el equipo necesario para la aplicación de las medidas suplementarias y/o especiales.

Las instrucciones deberán ser proporcionadas por el expedidor, debiendo comunicarse al transportista su contenido lo más tarde cuando se dé la orden de transporte y entregadas al conductor, lo más tarde, cuando las mercancías peligrosas se carguen sobre el vehículo.

El expedidor será responsable del contenido de dichas instrucciones. Estas deberán estar redactadas en una lengua que el conductor o los conductores que se hacen cargo de las mercancías peligrosas puedan leer y comprender, y en todas las lenguas de los países de origen, tránsito y destino.

Las instrucciones deberán guardarse en la cabina del conductor de manera que sea fácil su identificación,

separadas de otra documentación del vehículo para evitar confusiones. El transportista deberá velar que los conductores afectados sean capaces de comprender y aplicar correctamente estas instrucciones.

Estas instrucciones deberán incluir información sobre la **carga**, incluyendo:

- Nombre de la materia o del objeto.
- Clase y número de ONU.
- Descripción limitada, con datos que faciliten, en su caso, la detección de fugas o derrames.

Asimismo deberán informar sobre la **naturaleza del peligro**, describiendo:

- Peligro principal.
- Peligros secundarios, eventuales y peligros para el medio ambiente.
- Comportamientos ante casos de incendio, calentamiento, fugas, etc.
- En su caso, indicación si las mercancías transportadas reaccionan peligrosamente con el agua.

Incluirán también información sobre la **protección individual**, con indicación de las protecciones individuales destinadas al conductor y a su ayudante, de conformidad con las disposiciones del ADR/07.

Las instrucciones deberán también incluir **las medidas de orden general que deberá adoptar el conductor**:

- Parar el motor.
- Que no existan llamas desnudas. No fumar.
- Señalización de la calzada, prevenir a los demás usuarios y a transeúntes.
- Avisar a la policía y a los bomberos lo antes posible.

Finalmente, deben incluirse asimismo las **medidas suplementarias y/o especiales que deberá adoptar el conductor**, para lo cual deberán darse las instrucciones adecuadas, así como la lista de equipos que sean necesarias para permitir tomar las medidas suplementarias y/o especiales correspondientes a la(s) clase(s) de mercancías transportada(s).

Se considera que los conductores de los vehículos deben estar instruidos y formados para adoptar medidas suplementarias en caso de fugas o vertidos de poca importancia con el fin de evitar su agravamiento, en tanto que ello pueda hacerse sin riesgo para las personas.

Se considera que toda medida especial recomendada por el expedidor necesita de una formación especial del conductor. Cuando proceda, se darán las instrucciones apropiadas al respecto, así como la lista del material necesario para aplicar dichas medidas.

El conductor debe de recibir instrucción para caso de **incendio**. Los conductores deberán ser entrenados durante su formación para intervenir en caso de un incendio limitado en el vehículo. No deberán intervenir en caso de que el incendio implique a la carga.

El conductor y su ayudante deben también recibir información sobre **primeros auxilios**, para el caso de haber estado en contacto con la mercancía o mercancías transportadas.

Instrucciones según anexos I, II, IV, V y VI del RD 551/06 (TPC/06)

Las normas del Acuerdo europeo sobre transporte inter-

nacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR) son de aplicación a los transportes que se realicen íntegramente dentro del territorio español, con las especialidades citadas en el anexo I del RD 551/06.

El expedidor o, por delegación expresa de éste, el cargador, entregará al conductor, entre otra documentación, las instrucciones escritas, antes de iniciarse el transporte. Las instrucciones escritas deberán ser comunicadas al transportista, lo más tarde cuando se dé la orden de transporte. Las instrucciones escritas seguirán el modelo indicado en el ADR/07.

El conductor se instruirá sobre las particularidades de la materia que va a transportar, leyendo detenidamente las instrucciones escritas que se le hayan entregado y recabando del expedidor, cargador o intermediario, cuantas aclaraciones precise y asimismo se asegurará de que las instrucciones escritas se encuentren a bordo de la unidad de transporte al iniciar el viaje.

5. NORMAS DE ACTUACIÓN EN CASO DE AVERÍA O ACCIDENTE SEGÚN EL CAPITULO 4 DEL RD 551/07 (TPC)

Si un vehículo que transporta mercancías peligrosas, a causa de una avería o accidente, no pueda continuar su marcha, actuarán ordenadamente como sigue:

- a) El conductor o su ayudante:
 - Tomará de inmediato las medidas que se determinen en las instrucciones escritas y todas aquellas otras indicadas por la vigente legislación.
 - Informará de la avería o accidente al teléfono de emergencia que le corresponda según la relación que se publica en el BOE y a la empresa propietaria de la mercancía
- b) En caso de imposibilidad de actuación del conductor o de su ayudante

La autoridad o su agente más cercano o el servicio de intervención que ha recibido la información inicial del hecho, se asegurará que sean informados los responsables en materia de tráfico y seguridad vial, el Centro de Coordinación Operativa correspondiente para que se adopten las medidas de prevención o protección que resulten más adecuadas, contando para ello con lo dispuesto en las fichas de intervención de los servicios operativos en situaciones de emergencia provocadas por accidentes en el transporte de mercancías peligrosas por carretera (según la Orden INT/3716/2004, de 28 de octubre).

La comunicación se efectuará por el medio más rápido posible y en la misma se incluirá los siguientes datos:

- a) Localización del suceso.
- b) Estado del vehículo implicado
- c) Características del suceso.
- d) Datos sobre las mercancías peligrosas transportadas.
- e) Existencia de víctimas.
- e) Condiciones meteorológicas, etc., que se consideren de interés y permitan valorar los posibles impactos del suceso sobre la seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente y las posibilidades de intervención preventiva.

Equipos de protección respiratoria: identificación de los filtros según sus tipos y clases

Appareils de protection respiratoire: Identification des filtres employés selon leurs types et classes
Respiratory filters: Identification marks according to their types and classes

Redactores:

Juan Manuel Prieto Soler
Doctor en Ciencias Químicas

Antonia Hernández Castañeda
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. OBJETIVO

Facilitar al usuario la utilización correcta de los filtros que se acoplan a los adaptadores faciales mediante su identificación.

2. APLICACIÓN DE LOS FILTROS

Los equipos de protección individual de las vías respiratorias dependientes del medio ambiente (equipos filtrantes) sólo se deben emplear en ambientes que contengan, como mínimo, un 17% en volumen de oxígeno y en ambientes contaminados con concentraciones tales que el equipo pueda reducir, en la zona de inhalación del usuario, la concentración de los contaminantes a valores por debajo de los niveles de exposición recomendados.

3. TIPOS Y CLASES DE FILTROS

Se clasifican en tres grandes grupos: Contra partículas y aerosoles, contra gases y vapores y contra partículas, gases y vapores

Contra partículas y aerosoles

El material filtrante está constituido por un entramado de fibras plásticas el cual retiene al contaminante. Son los filtros tipo **P** y se clasifican, en función de su eficacia filtrante, en tres clases:

- P-1:** Filtros de baja eficacia
- P-2:** Filtros de media eficacia
- P-3:** Filtros de alta eficacia

Contra gases y vapores

El material filtrante es carbón activo al que se le somete a distinto tratamiento en función del contaminante a retener.

Tenemos los siguientes tipos de filtros:

- A** Contra gases y vapores orgánicos con P.E. > 65 °C
- AX** Contra gases y vapores orgánicos con P.E. < 65 °C
- B** Contra gases y vapores inorgánicos
- E** Contra dióxido de azufre y vapores ácidos
- K** Contra amoníaco y derivados orgánicos del amoníaco
- SX** Contra gases y vapores específicos

Existen también filtros múltiples contra gases y vapores, que son una combinación de dos o más de los filtros anteriores, excluyendo los filtros tipo SX, y que cumplen los requisitos de cada tipo por separado.

Todos estos tipos de filtros, excluyendo los de los tipos AX y SX, se clasifican según su capacidad, en tres clases:

- Clase 1: Filtros de baja capacidad
- Clase 2: Filtros de media capacidad
- Clase 3: Filtros de alta capacidad

Contra partículas, gases y vapores

Se les denominan combinados. La parte filtrante resulta de la suma de los dos casos anteriores. Propios de este grupo son los filtros especiales:

- Tipo **NO-P3:** Contra óxidos de nitrógeno
- Tipo **Hg-P3:** Contra mercurio

Estos dos tipos de filtro no se clasifican según su capacidad. Todos los demás, se clasifican igual a los de los apartados anteriores.

4. MARCADO

Todos los filtros deben llevar, al menos, las siguientes especificaciones en su marcado:

- Identificación del fabricante, suministrador o importador.
- El número y la fecha de la norma.
- La marca CE acompañada del número del Organismo Notificado que le ha realizado el último control de calidad de la producción.
- Tipo, clase, código de color y particularidades de acuerdo con la tabla 1.
- La frase "ver información del fabricante".
- Año y mes de caducidad.
- Condiciones de almacenamiento.
- En los filtros combinados, la dirección de circulación del aire dentro del filtro, siempre que en su acoplamiento puedan presentar alguna duda.

Las cuatro últimas marcas pueden indicarse en forma de pictograma, como se indican en la figura 1.

A título de ejemplo, en la figura 2 se presenta un marcado de un filtro A2B2E2K2P3. Toda esta información debe venir al menos en la (s) lengua (s) oficial (es) del país de destino.

TIPO	CLASE	COLOR	PARTICULARIDADES
A	1, 2 ó 3	Marrón	— —
AX	— —	Marrón	No reutilizable
B	1, 2 ó 3	Gris	— —
E	1, 2 ó 3	Amarillo	— —
K	1, 2 ó 3	Verde	— —
P	1, 2 ó 3	Blanco	— —
SX	— —	Violeta	Debe figurar el nombre de los productos químicos y sus concentraciones máximas frente a los que el filtro ofrece protección
NO-P3	— —	Azul	No reutilizable
		Blanco	
Hg-P3	— —	Rojo	Duración máxima 50 horas
		Blanco	

Tabla 1. Tipo, clase, código de color y particularidades

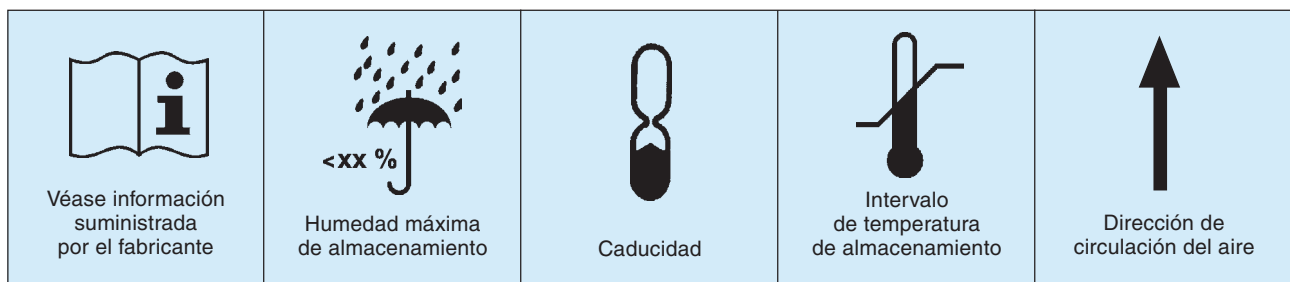


Figura 1. Pictogramas de identificación

		EN - 14387:04	Marrón
		EN - 143:01	Gris
IDENTIFICACIÓN	FILTRO COMBINADO		Amarillo
DEL	FILTRE COMBINÉ		Verde
FABRICANTE	COMBINED FILTER	A2B2E2K2P3	Blanco
	FILTRO COMBINATO	CE ZZZZ	

Figura 2. Ejemplo de marcado de un filtro

BIBLIOGRAFÍA

- Norma UNE-EN 143:2001
- Norma UNE-EN 14387:2004
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Documento sobre límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2008

Piscinas de uso público (III): riesgos asociados a los reductores del pH y subproductos de desinfección

Piscines publiques (III). Risques associés aux réducteurs de pH et les sous-produits de désinfection
Public swimming pools (III). Risks associated to pH reducers and disinfection by-products

Redactores:

Asunción Freixa
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Antón Gomá
Ingeniero de telecomunicaciones

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA

En la presente NTP se revisan los riesgos asociados a los productos empleados en las piscinas como reductores del pH. Aunque algunos de ellos ya se comentan en la NTP 690, la introducción del dióxido de carbono como regulador del pH en lugar del ácido clorhídrico añade nuevas perspectivas en este sentido. Por otro lado, también se exponen las ventajas que presenta esta sustitución en cuanto a la mejora de las condiciones de seguridad y de protección de la salud de los trabajadores y usuarios de las piscinas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Los estudios relativos a la formación de subproductos de la desinfección en aguas de piscinas y los riesgos que se pueden producir en los trabajadores de estas instalaciones se han centrado fundamentalmente en los producidos por el desinfectante, normalmente un producto halogenado. También, cuando se habla de reducir la presencia de subproductos, dicha reducción se centra en las cloraminas o los trihalometanos, y se suele intentar conseguir mediante estrategias de sustitución o complementación del desinfectante utilizado.

La mayoría de piscinas requieren de forma imprescindible otro compuesto para controlar el pH, normalmente un ácido fuerte, para compensar el aumento de alcalinidad que experimenta el agua por la adición del desinfectante, que tiene un pH básico. Sin esa neutralización la desinfección no sería efectiva. El ácido más usado es el ácido clorhídrico y, en menor medida, el ácido sulfúrico.

En las Notas Técnicas de Prevención 341, 689 y 690 ya se han revisado los riesgos para los trabajadores, tanto para la salud por exposición prolongada, como los derivados de condiciones de seguridad que conlleva el funcionamiento de una piscina. En ellas, al hablar del reductor del pH, se ha resaltado el peligro que supone especialmente para el personal de mantenimiento la mezcla accidental de ese compuesto con el desinfectante, que, en el caso de que sea un derivado conteniendo cloro, puede formar una nube tóxica de dicho gas, que puede afectar gravemente a los trabajadores y usuarios de las instalaciones.

Para eliminar este tipo de riesgos se propone un sistema de reducción del pH distinto del habitual, consistente en emplear dióxido de carbono en lugar de ácido clorhídrico como regulador del pH. En la presente NTP

se exponen los resultados obtenidos aplicando dicha modificación con el objetivo de mejorar las condiciones de seguridad de los trabajadores y usuarios de este tipo de instalaciones.

2. ASPECTOS GENERALES

Una revisión de la evolución de las estrategias para mejorar las condiciones ambientales de una piscina cubierta empieza por la necesidad de ventilar y renovar el aire correctamente. En ese sentido, en las primeras Normas Técnicas de Edificación se fijaba como normativa de construcción de espacios deportivos, volúmenes mínimos de aire de renovación por usuario o por superficie. Posteriormente incluso se introdujeron sondas de calidad de aire que, conectadas al sistema de control centralizado de las instalaciones técnicas del edificio, determinaban la apertura de las compuertas de renovación del climatizador en función de la calidad del aire medida.

Paulatinamente y en paralelo a esas evoluciones, se inició una optimización de los productos químicos empleados. De su dosificación directa y manual en el vaso de la piscina se pasó a la dosificación automática, exigida por las normativas que empezaron en los años 80 a establecerse en las diferentes comunidades autónomas.

Pero tampoco bastaba con desinfectar automáticamente el agua con cualquier método de control. Así, de la medición de potencial redox, a partir de la cual indirectamente se estimaba el cloro libre y se conectaba la bomba de dosificación, se pasó a medir el cloro libre directamente mediante sensores específicos. Con ello se redujeron los valles y picos de concentración de cloro en el agua y, en consecuencia, se produjo una reducción importante de algunos subproductos formados en esos picos, los cua-

les a su vez no dejan de existir por el hecho de reducirse posteriormente la concentración de cloro.

Paralelamente a cuestionarse cual sería el desinfectante ideal, es realmente necesaria la reducción de los subproductos formados que pueden pasar al ambiente y perjudicar la salud de los trabajadores y usuarios de estas instalaciones.

Así pues, además de una ventilación correcta y de la optimización de un desinfectante adecuado, es necesario que la elección del reductor del pH o la forma de dosificarlo sean correctas, lo cual puede jugar un papel incluso más importante que el propio desinfectante en la formación o no formación de subproductos en el agua que pueden evaporarse y contaminar el aire ambiente de la piscina.

3. SUBPRODUCTOS PRESENTES EN EL AGUA Y EN EL AIRE EN PISCINAS

En primer lugar, procede enumerar los principales subproductos de desinfección que se puede esperar encontrar disueltos en el agua de la piscina y cuáles de ellos se podrán encontrar evaporados en el ambiente. Dicho subproductos, en función del desinfectante utilizado se relacionan en la tabla 1.

A los productos relacionados en la tabla 1 se añaden los productos que directamente aparecen como contaminantes, básicamente el cloro (CAS: 7782-50-5), al cual la anterior tabla no hace referencia por ser una tabla de subproductos, pero que es el que genera mayor preocupación por su carácter irritante y sofocante y que ha sido ya comentado en las NTP 341 y 690.

El subproducto más conocido en el ámbito de las instalaciones acuáticas son las cloraminas (cloro combinado) a las que siempre se ha atribuido el olor típico de piscina. Sin embargo, se ha observado que esa percepción baja cuando baja la concentración de cloro emitido por la piscina, incluso a pesar de que el agua contenga cantidades muy altas (0,7 ppm) de cloro combinado. De ahí que quizás haya que revisar en el futuro esa relación tan asumida entre olor característico y cloraminas.

Un buen indicador del nivel de contaminación del aire es la concentración de oxidantes totales, cuya composición la forman mayoritariamente el gas cloro, la tricloramina y en menor medida la dicloramina. En un estudio realizado en la Universidad Autónoma de Barcelona, donde se midieron simultáneamente oxidantes y gas cloro, se constató que la reducción de oxidantes en el ambiente coincidía



Figura 1. Toma de muestras de oxidantes en aire

con una reducción también del gas cloro, de lo que se infiere que cuando no sea posible disponer de los sistemas de medida directos de cloro ambiental, es posible tomar la concentración total de oxidantes como referencia.

La mayor concentración de contaminantes provenientes de la piscina se encuentra en el volumen de aire inmediatamente por encima de la lámina de agua, lo que hace que el principal afectado por la exposición a dichos contaminantes sea el usuario de la piscina, ya que la concentración de contaminantes en el aire decrece a medida que aumenta la distancia a la lámina. Con una buena ventilación de la instalación se evitaría un riesgo innecesario para el usuario de la piscina, pero también para el trabajador de las instalaciones (técnicos de mantenimiento, socorristas y monitores de natación) que durante toda su jornada laboral pueden estar en contacto con este contaminante.

4. REDUCTORES DEL pH Y PRESENCIA DE OXIDANTES EN EL AIRE

Como ya se ha indicado anteriormente, el ácido fuerte suele ser ácido clorhídrico, aunque también puede usarse ácido sulfúrico, y según las condiciones de desinfección del agua del vaso se va formando en mayor o menor cantidad gas cloro en el agua de manera continuada que, a su vez, pasa al aire. El objetivo fundamental de sustituir el ácido fuerte por dióxido de carbono como reductor del pH es evitar la mezcla accidental del ácido clorhídrico (reductor del pH) con el hipoclorito (desinfectante) y así evitar un posible accidente y reducir la cantidad de oxidantes presentes en el ambiente del recinto donde están ubicadas las piscinas. La realización de diferentes controles ambientales desveló, en el estudio ya citado en la Universidad Autónoma de Barcelona que realmente había una reducción significativa de oxidantes en el ambiente respecto a los valores de concentración encontrados hasta entonces con el reductor convencional.

Llevando a cabo diferentes mediciones a 20 cm. de la lámina de agua (ver figura 1) se obtuvieron unos valores de oxidantes en aire distintos cuando se utilizaba diferente desinfectante del agua y diferente reductor del pH (ver tabla 2) siendo 1,5 mg/m³ (0,5 ppm) el VLA-EC (valor límite ambiental para exposición corta para el cloro, LEP 2007 (INSHT)).

Efectivamente, los resultados del estudio indican que existe una reducción significativa de la presencia de oxidantes en el ambiente de la piscina cuando el reductor de pH no es un ácido fuerte como el ácido clorhídrico sino que se ha substituido por otro compuesto, como el dióxido de carbono, tanto si el desinfectante es un compuesto de cloro o ozono. Así, en tal caso se pudo rebajar el nivel de oxidantes en el ambiente (1 mg/m³ de media) en un hall de piscina que estaba siendo correctamente ventilado (650 ppm de CO₂ ambiental) a valores un 30%

Valor medio de oxidantes en los puntos A y B mg/m ³	Método de tratamiento
0,76	CO ₂
0,56	CO ₂ +O ₃
1	ClH

Tabla 2. Concentración de oxidantes en aire según el tipo de desinfección y el reductor de pH, a un nivel de ocupación equivalente

DESINFECTANTE	PRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN	CLASIFICACIÓN UE*	EFECTOS
Cloro/Hipoclorito	Trihalometanos (THMs) (cloroformo)	Xn. R 22, 38, 40, 48/20/22. S (2-) 36/37	Irritante, causa somnolencia, daña al sistema nervioso central
Cloro/Hipoclorito	Ácidos Haloacéticos	T, N. R 25, 34, 50. S (1/2-) 23, 37, 45, 61	Corrosivo para ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Haloacetnitrilos	T, N. R 23/24/25, 51/53. S (1/2-), 45, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Haloacetonas	—	Corrosivo para ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Hidratos de cloral	T. R 25, 36/38. S (1/2-), 25, 45	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloropicrin	T+. R 22, 26, 36/37/38. S (1/2-), 36/37, 38, 45	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloruro de cianógeno	**	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloratos	O, Xn, N. R 9, 22, 51/53. S (2-), 13, 17, 46, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Cloro/Hipoclorito	Cloraminas	**	Irritante
Ozono	Bromatos	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Ozono	Aldehídos	—	Irritante
Ozono	Acetonas	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Ozono	Acetoácidos	—	—
Ozono	Ácidos carboxílicos	—	—
Ozono	Bromoformo	T, N. R 23, 36/38 51/53. S (1/2-), 28, 45, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio Daña el sistema nervioso central
Dióxido de cloro	Cloritos	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Dióxido de cloro	Cloratos	O, Xn, N: R 9, 22, 51/53, S (2-), 13, 17, 46, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Bromo/hipobromito/BCDMH	THMs principalmente bromoformo	T, N: R 23, 36/38, 51/53, S (1/2-), 28, 45, 61	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Bromo/hipobromito/BCDMH	Hidrato de bromal	**	—
Bromo/hipobromito/BCDMH	Bromatos	—	Irritante de ojos, piel y tracto respiratorio
Bromo hipobromito/BCDMH	Bromoaminas	—	Irritante

Xn (Nocivo), T (Tóxico), N (Peligroso para el medio ambiente), T+ (Muy Tóxico), O (Comburente)

- R 9 Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
- R 20 Nocivo por inhalación.
- R 22 Nocivo por ingestión.
- R 23/24/25 Tóxico por inhalación por contacto con la piel y por ingestión.
- R 25 Tóxico por ingestión.
- R 26 Muy tóxico por inhalación.
- R 34 Provoca quemaduras.
- R 36 Irrita los ojos.
- R 37 Irrita las vías respiratorias.
- R 38 Irrita la piel.
- R 40 Posibles efectos cancerígenos.
- R 48 Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
- R 50 Muy tóxico para los organismos acuáticos.
- R 51 Tóxico para los organismos acuáticos.
- R 53 Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

- S 1 Consérvese bajo llave.
- S 2 Manténgase fuera del alcance de los niños.
- S 13 Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S 17 Manténgase lejos de materiales combustibles.
- S 23 No respirar los vapores.
- S 25 Evítase el contacto con los ojos.
- S 28 En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con ... (productos a especificar por el fabricante).
- S 36 Úsese indumentaria protectora.
- S 37 Úsense guantes adecuados.
- S 38 En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.
- S 45 En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrese la etiqueta).
- S 46 En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta o el envase.
- S 61 Evítase su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas/ficha de datos de seguridad.

Tabla 1. Principales productos de la desinfección (Ver referencia 1 en Bibliografía)

* Según Anexo I del RD 363/95
** No incluido en el Anexo I

inferiores manteniendo esas condiciones de ventilación y comparando siempre situaciones similares de ocupación. Los resultados fueron análogos cuando en lugar de medir el conjunto de oxidantes lo que se midió fue directamente gas cloro, observándose una reducción media del 46% del nivel de gas cloro generado.

El dióxido de carbono disuelto en el agua se transforma mayoritariamente en carbonatos y, lentamente y en menor cantidad, en ácido carbónico. Éste último es el que juega el papel de reductor del pH, mientras que el primero supone un tampón que de alguna forma amortigua la formación de gas cloro. Esa formación de gas cloro también es menor debido al hecho de que el ácido carbónico es un ácido débil mientras que el ácido clorhídrico o el ácido sulfúrico son ácidos fuertes. A pesar de esa condición de ácido débil, el dióxido de carbono tiene capacidad para mantener el control del pH igual que pueda hacerlo un ácido fuerte.

Esa reducción del nivel de gas cloro emanado por el agua y la consiguiente mejora del ambiente es aun más notable alrededor de los tanques de compensación, normalmente en zonas técnicas transitadas por el personal de mantenimiento, donde la ventilación suele ser más pobre.

En el estudio ya mencionado, la reducción de oxidantes aumentó un 10% más cuando se incluyó una etapa de ozonización en la depuración del agua, como se observa en la tabla 2. Esa etapa consistió en intercalar, para el 100% del agua circulando por el sistema de filtraje, una adición de ozono a concentraciones bajas a fin de evitar la formación de bromatos y tiempos de contacto altos (8 minutos). Obviamente, cualquier rastro de ozono debe ser retirado del agua antes de reintroducirla en los vasos de la piscina y, naturalmente también, no deben existir fugas de dicho gas en ninguna parte de la instalación, debido a que el ozono es un fuerte oxidante

y consecuentemente un gran irritante de las vías respiratorias.

Existe otra posibilidad de reducir en parte la formación de gas cloro disminuyendo la cantidad de ácido clorhídrico o sulfúrico inyectada en cada pulso de la bomba dosificadora, es decir, inyectando menos cantidad pero durante más tiempo. El efecto sería similar al de diluir el ácido antes de adicionarlo al agua. La mejora en el ambiente es significativamente menor que cuando se prescinde totalmente de cualquiera de esos ácidos fuertes pero este apunte puede constituir un recurso cuando en la instalación no se plantea la eliminación de los mismos.

5. CONCLUSIÓN

El nivel de oxidantes en el ambiente de las piscinas cubiertas debe ser muy bajo debido a que estos compuestos son muy irritantes y por consiguiente un factor de riesgo para los trabajadores de estas instalaciones.

Uno de los factores fundamentales, como ya se ha mencionado en las anteriores Notas técnicas de prevención referentes a este tema es una correcta ventilación de la instalación.

Otro factor importante es minimizar el desinfectante a la vez que evitar el uso de ácidos fuertes como sistema de reducción del pH o, al menos, evitar la inyección de estos últimos con poca dilución. De esa forma se consigue reducir la presencia de oxidantes en el ambiente.

Al reducir estos factores de riesgos ambientales (minimizando los oxidantes en ambiente de trabajo) se puede llegar a conseguir un ambiente no peligroso para los trabajadores y usuarios de dichas instalaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **Guidelines for safe recreational-water environments. Volumen 2: Swimming pools, spas and similar recreational-water environments.**
Organización Mundial de la Salud. Agosto 2000.
- (2) **Fichas internacionales de Seguridad Química (FISQ).**
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. <http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/introducci-htm>
- (3) FREIXA BLANXART, A.
Piscinas de uso público (II). Peligrosidad de los productos químicos.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP-690. INSHT, Barcelona 2005.
- (4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Límites de Exposición Profesionales (LEP) 2007
INSHT

Ergonomía en trabajos verticales: el asiento

Ergonomie en techniques d'accès au moyen de cordes : le siège
Ergonomics in rope access work: the seat

Redactores:

María Gómez-Cano Alfaro
Doctora en Ciencias Químicas

Pablo Orofino Vega
Ingeniero de Montes

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de cuerdas como medio auxiliar para la ejecución de trabajos en altura se ha venido utilizando en nuestro país desde hace décadas. En la actualidad, son numerosas las empresas disponibles para ejecutar tareas en las cuales el trabajador permanece suspendido de una cuerda. Son las denominadas empresas de trabajos verticales.

El hecho de que un trabajador permanezca literalmente colgado mientras desarrolla su actividad hace que los riesgos a los que se ve expuesto necesiten ser estudiados con un enfoque muy particular. Concretamente, y sin tener en cuenta los riesgos derivados de la propia tarea, el hecho de permanecer colgado supone riesgos que pueden abordarse desde una doble perspectiva:

- Aquellos encuadrados dentro del ámbito de la seguridad. Fundamentalmente nos referimos al riesgo de caída de altura.
- Riesgos ergonómicos derivados de las posturas y esfuerzos que adopta el trabajador para poder desempeñar su cometido sin contar con un apoyo firme.

Desde el punto de vista normativo, la Directiva 2001/45/CE transpuesta a nuestro ordenamiento jurídico nacional a través del Real Decreto 2177/04, de 12 de noviembre, establece las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. Además de las exigencias que la normativa marca en relación con equipos de trabajo utilizados para prevenir el riesgo de caída de altura, el citado texto legislativo introduce la necesidad de contar con un equipo auxiliar que minimice, entre otros, el riesgo ergonómico al que están sometidos estos trabajadores:

“Teniendo en cuenta la evaluación del riesgo y, especialmente, en función de la duración del trabajo y de las exigencias de carácter ergonómico, deberá facilitarse un asiento provisto de los accesorios apropiados”. (Art. 4.1.3. del anexo, RD 2177/04)

Se pone así en evidencia el papel protagonista del asiento en este tipo de trabajos. La importancia del mismo va en aumento si se considera que puede, además, contribuir a minimizar el riesgo de sufrir lo que se conoce como “trauma por suspensión” del que se hablará más adelante.

A pesar de su importancia, el asiento al que se hace mención no cuenta con normas legales o técnicas que le sean

de aplicación en cuanto a los requisitos de diseño que deberían seguirse para cumplir eficazmente su misión.

Como apoyo a la parte técnica en la que se ven inmersos los trabajos verticales, el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), ha publicado las notas técnicas de prevención nº 682, 683 y 684 sobre “Seguridad en trabajos verticales”, que hacen referencia a los equipos, técnicas de instalación y técnicas operativas, respectivamente.

El presente documento tiene como objetivo complementar las tres notas técnicas anteriores y dar indicaciones desde el punto de vista ergonómico. Las recomendaciones dadas se pueden encuadrar en dos grupos diferenciados:

- Las relativas a requisitos ergonómicos que debería cumplir el asiento.
- Aquellas relacionadas con la utilización del asiento en los trabajos verticales.

Aunque la mayor parte de los puntos descritos se han abordado desde una perspectiva puramente ergonómica, se han incluido también observaciones sobre requisitos de seguridad que se han considerado de especial relevancia.

2. DEFINICIONES

Se define trabajo en altura, según el *Health and Safety Executive* (HSE), como el “trabajo en cualquier lugar desde el que una persona puede caer una distancia susceptible de causar daños personales:

- *No incluye: caída desde una escalera fija de un lugar de trabajo ni caídas al mismo nivel.*
- *Incluye trabajo a nivel del suelo o bajo nivel del suelo.”*

Dentro de los trabajos en altura, están encuadrados aquellos que utilizan técnicas de acceso y posicionamiento mediante cuerdas conocidos como trabajos verticales. En este caso, la asociación de profesionales del sector más representativa de Gran Bretaña, propone la siguiente definición de trabajos verticales:

“El acceso mediante cuerdas es un tipo de posicionamiento en el lugar de trabajo, inicialmente desarrollado a partir de técnicas utilizadas en la escalada y espeleología, que aplica la práctica del trabajo con cuerdas a las distintas necesidades de la industria.”

Los trabajos verticales son, por tanto, una variante de los

trabajos en altura donde se podrían destacar los siguientes aspectos diferenciales:

- El sistema utilizado cuenta, como mínimo, con dos cuerdas con sujeción independiente. Una utilizada como medio de acceso, descenso y apoyo (cuerda de trabajo), y otra destinada a la protección frente al riesgo de caída (cuerda de seguridad).
- El arnés utilizado por el trabajador estará conectado, de forma independiente, a cada una de estas cuerdas.
- El trabajador debe permanecer un tiempo en suspensión, de la cuerda de trabajo, mientras realiza la tarea.

3. TRAUMA POR SUSPENSIÓN

Para terminar de remarcar la importancia de contar con un asiento cuando se realizan trabajos verticales, hay que hacer mención de lo que se conoce como trauma por suspensión (también llamado síndrome del arnés). Se puede confirmar que el estar colgado quieto, sin movimiento, de un arnés de seguridad puede ocasionar, por sí solo, graves desarreglos fisiopatológicos.

El trauma por suspensión cuenta con un cuadro patológico que puede terminar en la muerte del individuo. En el caso de los trabajos verticales son necesarios dos requisitos para su aparición: suspensión e inmovilidad. En esta situación no opera el movimiento muscular de las piernas necesario para impulsar la sangre venosa hacia el corazón con lo que se produce una acumulación de la misma en las piernas debido al efecto de la gravedad y a la dificultad circulatoria impuesta por la presión ejercida por el arnés. Básicamente se producen dos efectos perjudiciales:

- El sistema circulatorio es afectado y disminuye la presión arterial. Esto reduce la cantidad de sangre que llega al cerebro y a otros órganos vitales.
- Hay una acumulación de toxinas en las piernas que afectará negativamente, entre otros, a la función renal.

El tiempo de permanencia en situación de suspensión e inmovilidad antes de que aparezcan síntomas relacionados con este trauma es muy corto. Como ejemplo puede servir la serie de experimentos realizados por Brinkley en los que el valor medio estadístico del tiempo de aparición de un mareo serio se situaba entre los 3,5 y 32 minutos. Esto da una idea de la importancia de fijar la atención en dos puntos:

- Mientras se realiza el trabajo, en situación de suspensión, es necesario poder cambiar de posición las piernas para favorecer el retorno venoso. El asiento ayudará, no sólo a disminuir la presión ejercida por el arnés, sino a cambiar de postura con mayor facilidad.
- En caso de pérdida de consciencia del trabajador en suspensión (debido a una caída, un mareo u otra circunstancia) las labores de rescate deberán llevarse a cabo en el menor tiempo posible.

A modo de conclusión se puede asegurar que la utilización de un asiento en los trabajos verticales puede ser una pieza clave para evitar tanto problemas ergonómicos como otras afecciones de tipo patológico como las descritas. Por ello es fundamental contar con una serie de recomendaciones que sirvan como guía a la hora de seleccionar y utilizar un asiento para realizar trabajos verticales.

4. DESCRIPCIÓN DE LOS ASIENTOS EXISTENTES EN TRABAJOS VERTICALES

Al no contar con normas técnicas europeas de aplicación a este tipo de equipo, la tipología existente del mismo en

los lugares de trabajo es muy amplia. A continuación se citan los principales tipos de asiento con los que se podría contar para la realización de trabajos verticales.

En función del tipo de fabricación pueden clasificarse en dos tipos:

- 1) Asientos fabricados por el propio usuario (figura 1): Son los más extendidos en nuestro país. Lo más común es que estén constituidos por una tabla de contrachapado y una cuerda que actúa como elemento de sujeción y conexión con el punto de anclaje.
- 2) Asientos comercializados por distintos fabricantes (figura 2).

En función de la consistencia del asiento pueden clasificarse también en dos tipos:

- 1) Asientos de base rígida (figura 3): Lo más usual en el ámbito de los trabajos verticales.
- 2) Asientos de base dúctil (figura 4): Utilizados de forma amplia en el mundo de la navegación.

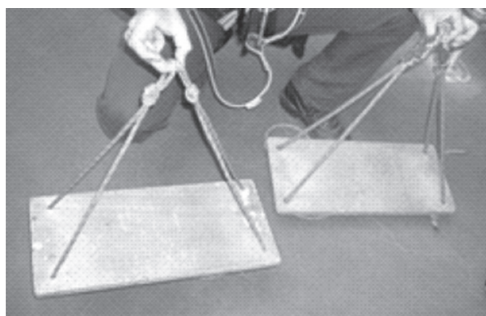


Figura 1. Asiento fabricado por el propio usuario. Fotografía autorizada por ANETVA



Figura 2. Asiento y respaldo comercial. Fotografía autorizada por ANETVA

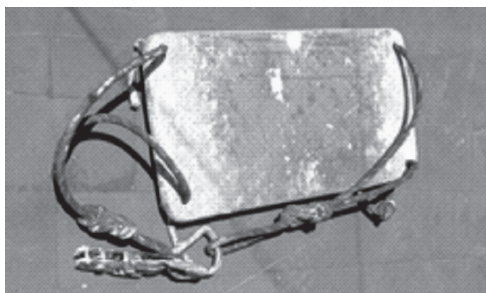


Figura 3. Base rígida. Fotografía autorizada por ANETVA

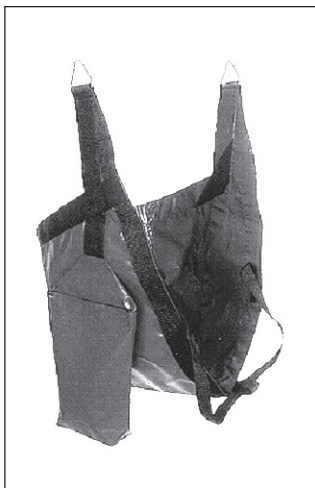


Figura 4. Base dúctil

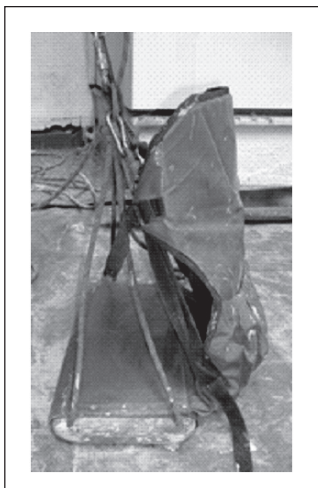


Figura 5. Asiento sin sistema elevación/descenso. Fotografía autorizada por ANETVA

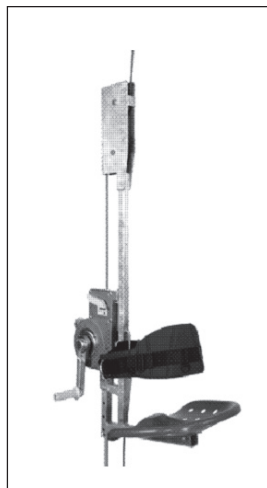


Figura 6. Asiento con sistema mecánico. Fuente: Tractel

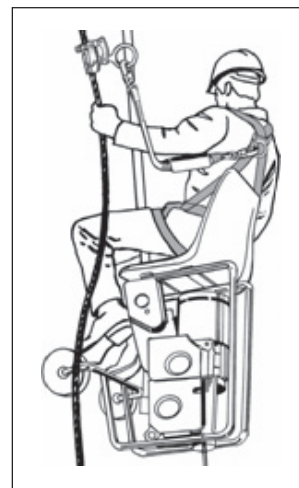


Figura 7. Asiento con motor. Fuente: Construction Safety Association of Ontario

En función de la fuerza motriz de accionamiento se dividen en:

- 1) Asientos sin sistema de elevación/descenso (figura 5): El asiento se fija a la cuerda de trabajo a través del conector apropiado y su ascenso o descenso dependerá de un sistema independiente al asiento. En la actualidad, y en el marco de los trabajos verticales, es el utilizado en la mayoría de los casos.
- 2) Asientos con sistema de elevación/descenso: Este sistema puede ser mecánico (figura 6) o a través de un motor (figura 7). En este caso las sillas estarían consideradas plataformas suspendidas de nivel variable (UNE-EN 1808).

Por otro lado, hay dos accesorios del asiento que pueden tener una importancia relevante desde el punto de vista ergonómico: el respaldo o apoyo lumbar (figura 2) y el estribo para el apoyo de los pies (figura 8)



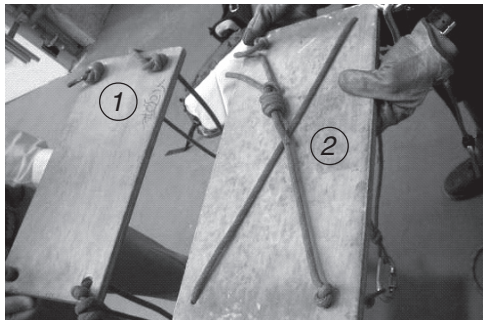
Figura 8. Estribo. Fuente: Best marine

5. RECOMENDACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL ASIENTO EN TRABAJOS VERTICALES

- Dado que el asiento es considerado equipo de trabajo, se deberá cumplir con las disposiciones mínimas establecidas en el RD 1215/97.
- El asiento de trabajo debe ser adecuado para la labor que se vaya a desempeñar (Art. 3.2, RD 1215/97). Se recuerda que, según el RD 2177/04, la elección de los equipos de trabajo no podrá subordinarse a criterios económicos.

- El asiento de trabajo debe poseer una forma anatómica que respete las medidas antropométricas de las personas que lo utilizan.
- La profundidad del asiento debe ser ligeramente inferior a la longitud poplítea-nalga del trabajador.
- La anchura debería ser la adecuada para que el trabajador se pueda mover libremente en la realización de su tarea. No debe ser excesiva para evitar un desplazamiento del centro de gravedad que llevaría consigo un balanceo del asiento o el posicionamiento del trabajador en una postura incómoda.
- El borde frontal del asiento debe ser redondeado.
- Se recomienda que el asiento sea lo más ligero posible.
- Al estar expuesto a la intemperie, el material del asiento debe ser resistente a las condiciones ambientales. El asiento estará confeccionado con material confortable, transpirable, ser de fácil limpieza y tener un color que minimice la absorción de calor.
- La base del asiento será rígida, aunque acolchada, para evitar presiones del mismo sobre las tuberosidades isquiáticas. Los asientos dúctiles provocan una presión sobre los muslos de las piernas y nervios femorocutáneos, que puede provocar desde una simple molestia hasta patologías más específicas.
- Su diseño debe permitir la colocación de un reposo lumbar ajustable e independiente del asiento. Los materiales del respaldo serán cómodos, dúctiles, transpirables, de fácil limpieza y de colores que minimicen la absorción de calor. La altura del respaldo varía con respecto a los requerimientos de la tarea, para labores donde se utilicen los brazos levantados durante mucho tiempo se recomienda utilizar un respaldo mayor que proteja la zona lumbar y dorsal.
- Los sistemas de sujeción del asiento (bandas textiles, cuerdas, etc.) deben ser de material de baja conductividad térmica, además de ser fáciles de cortar en caso de actuación rápida de rescate. La longitud de las bandas o cuerdas deben poderse regular para facilitar la adaptación al usuario y evitar:
 - a) Holgura excesiva que pueda provocar un balanceo.
 - b) Una presión inadecuada sobre la cadera y muslos del trabajador que restrinja sus movimientos.
- En caso de asientos fabricados a base de contrachapado con cuatro perforaciones para el paso de las

cuerdas, se recomienda que la disposición de las mismas permita la regulación del asiento. Para ello, al menos dos de los cuatro puntos, deben permanecer libres de nudos para permitir el deslizamiento de uno de los dos cordinos (ver figura 9).



- 1) Nudos fijos que no permiten regular la inclinación del asiento una vez que el trabajador está suspendido.
- 2) Un cordino fijo y otro deslizante (sin nudos), que permite regular la inclinación.

Figura 9. Disposición de cordinos

- Se recomienda que el descenso sea capaz de permitir el recorrido inverso de la cuerda a través del mismo para poder realizar ascensos en pequeñas distancias al lugar de trabajo de manera que el trabajador se posicione correctamente para realizar su tarea.

6. RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DEL ASIENTO EN TRABAJOS VERTICALES

En cuanto al asiento y accesorios

- Antes y después de realizar un trabajo vertical hay que revisar el estado de los equipos.
- Realizar un mantenimiento correcto y periódico (Art. 3.5, RD 1215/97).
- Ajustar el asiento antes del posicionamiento simulando las condiciones reales de trabajo. Teniendo en cuenta:
 - a. Anclar siempre, en primer lugar, el arnés a la cuerda de seguridad y luego el asiento.
 - b. Los anclajes del asiento deberán ser completamente independientes de los que usa la persona de trabajos verticales para las cuerdas de seguridad (Art. 4.4.1, del anexo RD 2177/04).
 - c. La manera de conectar el asiento a la cuerda de trabajo deberá elegirse de tal manera que permita la regulación del resto de los accesorios del asiento de la manera más cómoda posible. Las dos formas más habituales de conexión son:
 - Silla y arnés conectados directamente al descenso a través de un conector. (Figura 10).
 - Silla anclada al conector del cabo corto de un cabo en "y", y éste al descenso. Cabo en "y" conectado al arnés mediante conector (Figura 11).
 - d. La regulación del asiento se realiza a través de las bandas o cuerdas. El sistema de regulación del asiento es especialmente importante que sea fácilmente manipulable por el trabajador puesto que éste se encuentra en condiciones especiales de trabajo (lleva guantes de seguridad y se encuentra

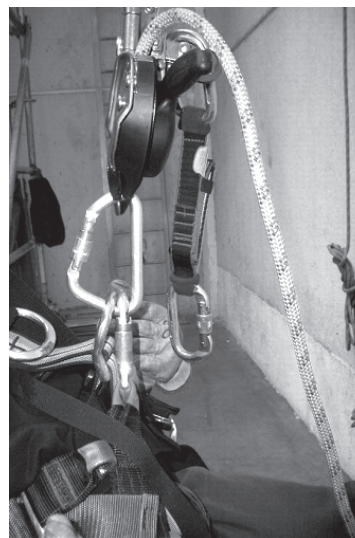


Figura 10. Fotografía autorizada por ANETVA



Figura 11. Fotografía autorizada por ANETVA

suspendido en altura con movimientos y posturas forzadas). Otra condición del sistema de regulación es que debe ser tal que permanezca fijo cuando el trabajador está posicionado y realizando su tarea.

- e. Se recomienda que el asiento tenga una ligera inclinación hacia delante para mejorar la postura de trabajo.

En cuanto a las herramientas

- Se recomiendan que sean adecuadas para la tarea. A este respecto el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo ha editado las notas técnicas de prevención nº 391, 392 y 393, así como la Guía para la selección de herramientas manuales.
- Se sujetarán adecuadamente al arnés, directamente al asiento o por otros medios como una tercera cuerda.
- Siempre que sea posible se recomienda que las herramientas se faciliten al trabajador cuando ya esté posicionado.
- Se colocarán de tal manera que el peso de las herramientas se distribuya simétricamente.
- Serán lo más ligeras posibles y adaptadas al usuario (fácil agarre, sistemas antivibratorios etc.).

- Se tendrá especial atención en la accesibilidad del trabajador a la herramienta a fin de evitar que se produzcan movimientos bruscos o accidentes.
- En relación a la manipulación manual de cargas se tendrá en cuenta el RD 487/97 y la Guía del INSHT.

En cuanto a la realización de la tarea (posturas):

- Se debe evaluar cada tarea de manera específica fijándose, sobre todo, en posturas forzadas, manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos (Art. 16.2, LPRL).
- El ascenso/descenso del trabajador deberá hacerse a ritmo pausado, de manera uniforme, para evitar resbalones, fallos en la coordinación y fatiga.
- La tarea siempre se realizará con la participación de, al menos, 2 operarios. (Art. 22 bis, RD 604/06).
- En cuanto a las posturas, la posición correcta es aquella en la que la persona está sentada frente al trabajo que tiene que realizar o cerca de él. La espalda debe estar recta y los hombros relajados. El trabajador tiene que poder llegar a toda la zona de trabajo sin alargar ni levantar excesivamente los brazos ni girarse innecesariamente. El posicionamiento frente a la tarea debe ser tal que evite la visualización por encima de la línea horizontal porque se produce un rápido cansancio en los músculos de los hombros y el cuello, así como fatiga visual. Se recomienda:
 - a. Evitar giros del tronco.
 - b. Que la postura sea simétrica.
 - c. Evitar ángulos articulares excesivos, brazos levantados por encima de la cabeza.
 - d. Evitar movimientos bruscos al cambiar de posición que lleven a golpes contra la pared u otros accidentes.
 - e. Regular el asiento según la tarea que se va a realizar.
 - f. Realizar micropausas que consistirán en relajar extremidades (sobre todo las inferiores) cambiando (sin soltarse en ningún momento) la posición. Es importante mover piernas y pies de vez en cuando para favorecer el retorno venoso.
 - g. Apoyar los pies en algún momento de la tarea sobre estructuras salientes (apoyando toda la planta del pie). En caso de no tener esta posibilidad se recomienda utilizar un estribo (ver figura 4) para favorecer las micropausas.
 - h. No dudar en descansar en cuanto se noten alguno de estos síntomas: náuseas, sudoración, incremento del ritmo cardíaco, dificultades respiratorias, parestesias (sensación de hormigueo) en las extremidades, etc.
 - i. Organización de la tarea: variación de tareas combinando trabajos en piso firme y en suspensión, rit-

mos adecuados de trabajo y dotación de periodos de descanso. Para los periodos de descanso, aparte de los necesarios para comer, se recomienda seguir las indicaciones para trabajos sedentarios y no superar bajo ningún concepto las indicaciones que en esos casos se dan. Según el Centro canadiense para la seguridad y salud en el trabajo (CCOHS), se recomienda realizar descansos (cambio de actividad) de cinco minutos por cada 40-50 minutos de trabajo sedentario.

- La vestimenta del trabajador debe ser adecuada para la tarea y además se deben tener en cuenta las condiciones termohigrométricas (trabajo al aire libre). La ropa debe ser cómoda, hecha con material transpirable y elástica sin que produzca presión a ninguna parte del cuerpo (teniendo especial cuidado en la columna y en los miembros inferiores).

En cuanto al individuo:

Se hace especial hincapié en la importancia del factor humano dado que el mayor número de accidentes laborales mortales están relacionados con la organización del trabajo.

- Se debe formar e informar al trabajador sobre los riesgos a los que está expuesto, las consecuencias derivadas de estos riesgos y las medidas de prevención y control de los riesgos (Art. 18 y 19, LPRL). A este respecto, el RD 2177/04, establece el contenido mínimo de la formación con la que debe contar el personal dedicado a los trabajos verticales (Art. 4.4.1 del anexo del RD 2177/04).
- El trabajador debe estar especialmente entrenado para la realización de su trabajo (Art. 5.4, RD 1215/97).
- El trabajador debe estar capacitado para su trabajo. El médico evaluará si un trabajador está capacitado o no en función de los protocolos de vigilancia sanitaria (Ministerio de Sanidad y Consumo) relacionados con este tipo de trabajo. Prestará especial atención a aquellos aspectos que señalan los protocolos dedicados a movimientos repetitivos, neuropatías por presión, posturas forzadas y manipulación manual de cargas (Art. 22 LPRL).
- Es importante la consulta y la participación de los trabajadores en todas las cuestiones que afecten a su seguridad y salud (Art. 18.2, LPRL).
- Es importante la autonomía del trabajador a la hora de organizar la tarea.
- El trabajador debe tener una actitud adecuada para la realización de su trabajo. Dada la naturaleza del trabajo vertical, es de especial relevancia evitar conductas temerarias. A este respecto, hay que hacer mención de que técnicas y procedimientos válidos en el ámbito deportivo no lo son en el ámbito laboral.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) TAMBORERO, J. M^a
Seguridad en trabajos verticales (I): equipos
NTP 682 - Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 2006
- (2) TAMBORERO, J. M^a
Seguridad en trabajos verticales (II): técnicas de instalación
NTP 683 - Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 2006

- (3) TAMBORERO, J. M^a
Seguridad en trabajos verticales (III): técnicas operativas
NTP 684 - Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 2006
- (4) **Work at a height regulations 2005**
London, HMSO, 2005
- (5) INDUSTRIAL ROPE ACCESS TRADE ASSOCIATION
IRATA Internacional Guidelines (2001)
Aldershot Hampshire, IRATA, 2001
- (6) BARIOD, J & THÉRY, B.
Medizinische Auswirkungen des Hängens in Sicherheitsgurten
Die BG, 1997 (1) 8-11.
- (7) SEDDON, P.
Harness suspension: review and evaluation of existing information
London, HSE, 2002
- (8) BRINKLEY, J. et al.
Evolution of foil protection equipment by prolonged motionless suspension of volunteers
Aerospatial Medical Research Laboratory Safe Journal, 1987(17), 2, 46-52
- (9) UNE-EN 1808:2000.
Requisitos de seguridad para plataformas suspendidas de nivel variable.
- (10) TAMBORERO, J. M^a
Herramientas manuales (I): condiciones generales de seguridad
NTP 391 - Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 2000
- (11) TAMBORERO, J. M^a
Herramientas manuales (II): condiciones generales de seguridad
NTP 392 - Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 2000
- (12) TAMBORERO, J. M^a
Herramientas manuales (III): condiciones generales de seguridad
NTP 393 - Notas técnicas de prevención. Barcelona, INSHT, 2000
- (13) NIOSH
Guía para la selección de herramientas manuales
Barcelona, INSHT, 2006
- (14) ORZECH, M.A., et al.
Test program to evaluate human response to prolonged motionless suspension in three types of fall protection harnesses, 1987. Harry G Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Wright Patterson Air Force Base, Ohio, USA.
- (15) Canada's National Occupational Health and Safety Resource. <http://www.ccohs.ca>.
- (16) Análisis cualitativo de la mortalidad por accidente de trabajo en España, 2003-2004. INSHT.
- (17) Ley 31/95 (y mod.), Ley de prevención de riesgos laborales.
- (18) RD 604/06, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- (19) RD 1215/97, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, y Guía del INSHT.
- (20) RD 2177/04, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura.
- (21) RD 487/97, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores, y Guía del INSHT.

Agradecimientos a:

- D. David Cendal Moreda. ANETVA (Asociación Nacional de Empresas de Trabajos Verticales).
- D. Luis María Romeo Sáez. Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSHT.
- HCV FORMACIÓN.

Visión y trabajo

*Vision et travail
Vision and work*

Redactor:

Alfredo Álvarez Valdivia
Ingeniero industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. AGUDEZA VISUAL

La agudeza visual es la habilidad para discriminar los pequeños detalles. Es el grado de aptitud del ojo para percibir los detalles espaciales medidos mediante el ángulo bajo el cual son vistos de forma tal que cuanto más pequeño sea este ángulo, mejor será la agudeza visual. La agudeza es el parámetro visual más habitual que se emplea para evaluar la habilidad visual y, aunque puede ser muy importante para determinar la aptitud para realizar tareas, no debe utilizarse de forma exclusiva.

La figura 1 muestra el significado del ángulo de visualización o tamaño angular. Sea h la altura del objeto que se visualiza (generalmente un carácter en las pruebas de agudeza visual) y d la distancia horizontal con respecto al ojo. El ángulo α al que subtiende dicho objeto; es decir, su tamaño angular, viene dado en radianes y en minutos de arco por las siguientes expresiones:

$$\alpha = \arctg \left(\frac{h}{d} \right) \quad \alpha = 60 \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \arctg \left(\frac{h}{d} \right)$$

Ángulo en radianes

Ángulo en minutos de arco

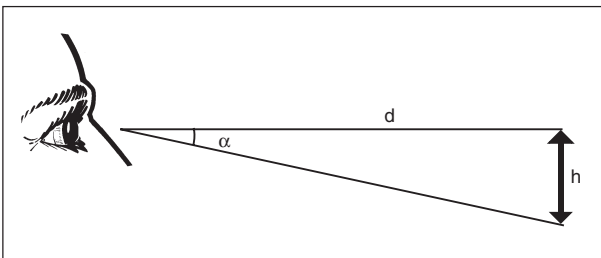


Figura 1. Tamaño angular

Para medir la agudeza visual se utilizan los optotipos o paneles de letras, de acuerdo al método desarrollado por el oftalmólogo holandés Herman Snellen (1834-1908) en el 1862.

Dicho método consiste en presentar filas de letras estandarizadas en tamaños decrecientes para determinar el tamaño angular más pequeño al que la persona puede identificar las letras. Estas letras, cuyo diseño se

ajusta a unas normas de tamaño, grosor y separación, se ordenan en líneas con una reducción gradual en su tamaño. En cada línea se indica la distancia a la que las letras o los símbolos pueden ser identificadas claramente por una persona con visión normal. La figura 2 muestra un optotipo típico.

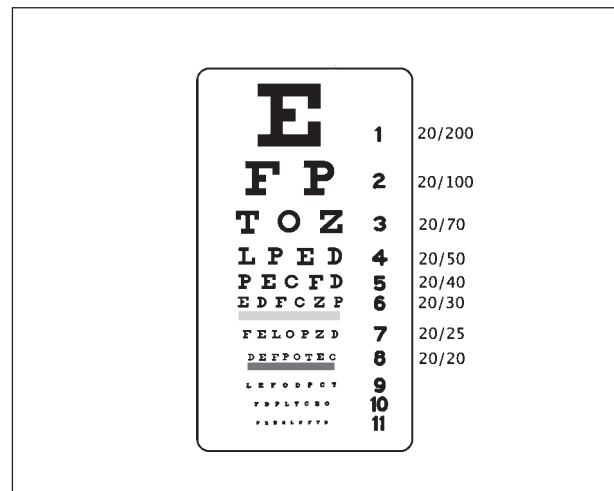


Figura 2. Ejemplo de optotipo con los valores de agudeza visual para cada línea de caracteres

La agudeza visual se determina en cada ojo por separado y con la mejor corrección de gafas o lentes de contacto que requiera la persona. El valor de agudeza visual, según el método de Snellen, consiste en una fracción en la que el numerador es la distancia de prueba entre la persona y el optotipo y el denominador indica la distancia a la que la línea más pequeña correctamente identificada subtiende 5' (5 minutos de arco).

Se considera agudeza visual normal aquella que identifica correctamente los caracteres que subtienden 5', que está considerado el límite de resolución de la visión humana. Por lo tanto, una medida de 20/20 indica que la agudeza se ha medido con un gráfico situado a una distancia de 20 pies (numerador), y que la línea más pequeña que se ha identificado correctamente está compuesta por caracteres que subtienden 5' a 20 pies (denominador). Una medida de 20/60 indica que la agudeza

se ha medido con un gráfico a 20 pies y que la línea más pequeña que se ha identificado subtiende 5' a una distancia de 60 pies. Otra forma de interpretar este último resultado de 20/60 es que los caracteres más pequeños leídos a 20 pies son tres veces más grandes que los que corresponden a una agudeza de 20/20.

Una persona con una agudeza visual de 20/20 indica que tiene una visión normal medida con optotipos a una distancia de 20 pies. Es decir, puede ver claramente a 20 pies los objetos que normalmente corresponden verse a dicha distancia. Sin embargo, si la agudeza visual es de 20/100 quiere decir que ve a una distancia de 20 pies lo que una persona con agudeza visual normal puede ver a 100 pies.

Estos valores también pueden expresarse en una escala fraccionaria decimal. Así, la agudeza considerada normal de 20/20, pasa a ser 6/6 ya que 6 metros equivalen, aproximadamente, a 20 pies. En la siguiente tabla se muestra la equivalencia entre ambas escalas fraccionarias y la pérdida de visión aproximada, en dioptrías, ya que dicho valor varía ligeramente según el estudio al que se haga referencia.

Escala pies	Escala metros	Dioptrías
20/20	6/6	
20/25	6/7.5	
20/40	6/12	
20/50	6/15	-1.00
20/80	6/24	-1.50
20/100	6/30	-2.00
20/160	6/48	
20/200	6/60	-2.50
20/400	6/120	-4.00

Tabla 1. Equivalencia entre las escalas fraccionarias en pies y metros de agudeza visual y la pérdida de visión en dioptrías.

La agudeza visual debe medirse tanto de lejos, a una distancia de 6 m, como de cerca, a una distancia de 35 cm. En este último caso se utilizan optotipos modificados y adaptados a dicha distancia de visualización.

Es importante tener en cuenta que para determinar si existe una buena visión deben conocerse otros aspectos además de la agudeza visual, tales como el campo visual, la percepción de la profundidad, la capacidad para enfocar a cortas distancias, la percepción de los colores, etc.

2. DEFECTOS VISUALES REFRACTIVOS

Los defectos visuales refractivos son errores en el enfoque de la luz que llega al ojo y son causa frecuente de una disminución en la agudeza visual. En la actualidad, se cree que dichos defectos están causados tanto por factores genéticos como por factores ambientales.

Se denomina ojo emétrope u ópticamente normal cuando en estado de reposo (sin utilizar el mecanismo de acomodación), los rayos de luz que llegan paralelos al globo ocular convergen en un punto determinado de la retina, donde forman la imagen correspondiente.

Por el contrario, la ametropía es todo aquel trastorno de la refracción en el que estando el globo ocular en reposo (sin acomodación), los rayos luminosos no convergen en un punto de la retina, sino que lo hacen delante o detrás de ésta. Se distinguen dos tipos de ametropía:

- **Esférica:** cuando existe un exceso o un defecto de potencia de convergencia con respecto a la longitud del globo ocular. La miopía y la hipermetropía son ejemplos típicos de ametropías esféricas.
- **Cilíndrica:** cuando el exceso o defecto de potencia se da sólo a lo largo de un meridiano. El ejemplo más habitual es el astigmatismo.

Acomodación

Para poder enfocar un objeto cercano en la retina el ojo necesita aumentar el poder de convergencia. Esto se consigue contrayendo el músculo ciliar para, de esta forma, aumentar la curvatura del cristalino. Esta contracción es la que proporciona una mayor capacidad refractiva y recibe el nombre de acomodación.

La capacidad refractiva se mide en dioptrías (D) y es el inverso de la distancia focal (la distancia al objeto) en metros. Es decir, si el objeto está situado a 40 cm. enfrente de los ojos esto representa una acomodación de 2.5 D (1/0.4).

Se denomina amplitud de acomodación a la máxima capacidad de convergencia. Para medirla se desplaza lentamente un objeto hacia el ojo y se anota la distancia a la que el sujeto percibe que la imagen se vuelve borrosa. El inverso de esta distancia es la amplitud de acomodación, medida en dioptrías. La amplitud de acomodación decrece con la edad (NTP 348) tal y como se muestra en la tabla 2. Algunos trabajadores tienen amplitudes que son reducidas en comparación con los valores que se esperan a su edad, causando a menudo trastornos oculares.

La amplitud de acomodación es un valor extremo y, si bien representa el umbral a partir del cual aparece la visión borrosa, no es recomendable trabajar durante lar-

Edad	Amplitud de acomodación (D) y distancia de acomodación (cm)	Distancia recomendada (cm)
10	14 / 7.1	14.3
15	12 / 8.3	16.7
20	10 / 10.0	20.0
25	8,5 / 11.8	23.5
30	7 / 14.3	28.6
35	5,5 / 18.2	36.4
40	4,5 / 22.2	44.4
45	3,5 / 28.6	57.1
50	2,5 / 40.0	80.0
55	1,8 / 57.1	114.3
60	1 / 100.0	200.0
65	0,5 / 200.0	400.0
70	0,3 / 400.0	800.0
75	0 / ∞	∞

Tabla 2. Amplitud de acomodación y distancia mínima recomendada en función de la edad

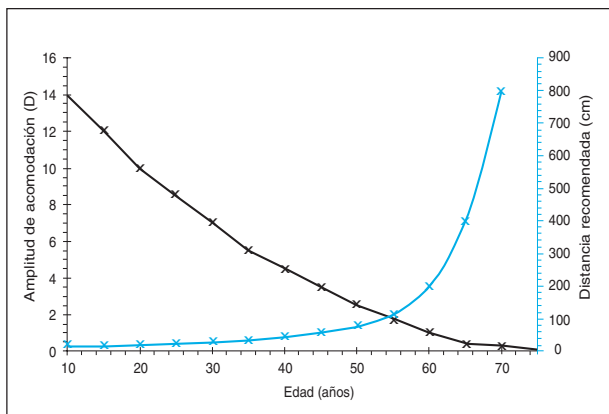


Figura 3. Evolución de la amplitud de acomodación (en dioptrías) y la distancia de acomodación (en centímetros) en función de la edad.

gos períodos de tiempo a dichas distancias. En general, se considera que las personas pueden mantener aproximadamente el 50% de su amplitud máxima de acomodación sin que aparezca fatiga visual. Por eso se recomienda que la distancia de visualización no sea menor que la correspondiente a la mitad de la máxima acomodación. Por ejemplo, una persona con una acomodación máxima de 4 D no debería trabajar a distancias inferiores a 50 cm. Esta distancia es la curva que aparece representada como distancia recomendada en la figura 3.

Cuando no se adopta una distancia de visualización adecuada, se puede producir una anomalía en la relación acomodación/convergencia. Dichas anomalías pueden generar estrés sobre la visión binocular, que a su vez es producido por la fatiga visual. Esto sucede en todos los defectos refractivos no corregidos.

El concepto de distancia de acomodación representa el valor más cercano al que un trabajador puede acercar un objeto y mantenerlo enfocado sin ningún tipo de ayuda oftalmológica, de forma que se pueda realizar la tarea correspondiente sin que aparezca fatiga ocular. Aunque algunas personas jóvenes son capaces de trabajar de forma continua a distancias de 4-5 D (unos 25-20 cm), la mayoría no pueden trabajar a distancias tan pequeñas, especialmente aquellas personas mayores de 30 años.

En general, cuando la distancia de visualización es menor de 30 cm de forma continuada en un trabajo, entonces se recomienda utilizar lupas o lentes de aumento.

Miopía

La condición de miopía o visión corta se muestra en la figura 4. La imagen de un objeto lejano se forma enfrente de la retina porque el ojo tiene demasiada capacidad refractiva o porque el ojo es más largo de lo normal (forma elipsoidal). Los rayos de luz no se detienen donde se forma la imagen sino que continúan hasta alcanzar la retina de forma que están desenfocados y por eso la imagen se ve borrosa. Como se muestra en la figura 4 la miopía se corrige con una lente divergente (lente negativa).

Cuando el objeto se acerca al ojo la imagen se va haciendo menos borrosa, hasta que llega un punto en que puede verse claramente. El inverso de esta distancia en metros es la magnitud de miopía en dioptrías. Para diferenciar las dioptrías de un ojo miope de las dioptrías de un ojo hipermetrope, las primeras se dan como valores negativos mientras que las últimas se dan como valores positivos

Las causas más habituales que pueden provocar miopía son un agrandamiento del ojo, cambios en la curvatura de la córnea o del cristalino y los factores genéticos.

La miopía sin corregir reduce la agudeza visual pero raramente es causa de síntomas oculares como la fatiga visual. Es por esto que algunas personas miopes prefieren no utilizar corrección oftalmológica para tareas de corta distancia.

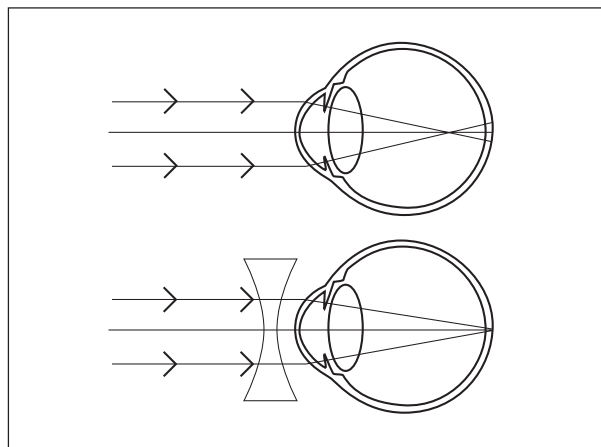


Figura 4. Miopía y su corrección con una lente divergente.

Las personas con una gran miopía, generalmente -8 D o más, tienen un riesgo elevado de sufrir desprendimientos de retina. Por ello, es mejor que esas personas no realicen tareas que conlleven riesgos de sufrir golpes (traumatismo craneal), sacudidas y movimientos bruscos de la cabeza. Es más, existen algunas profesiones que, en función del país, limitan los valores máximos de miopía para la admisión de los aspirantes (por ejemplo, fuerzas armadas, pilotos de aviación, cuerpo de bomberos, cuerpo de policía...)

Hipermetropía

La condición de hipermetropía o visión larga se muestra en la figura 5. En este caso, la capacidad refractiva del ojo es demasiado débil o el ojo es demasiado corto (oblongo). Un objeto distante queda enfocado por detrás de la retina. La retina intercepta los rayos de luz antes de que la imagen se forme y por eso el objeto se ve desenfocado y borroso. La hipermetropía se corrige con lentes convergentes (lentes positivas).

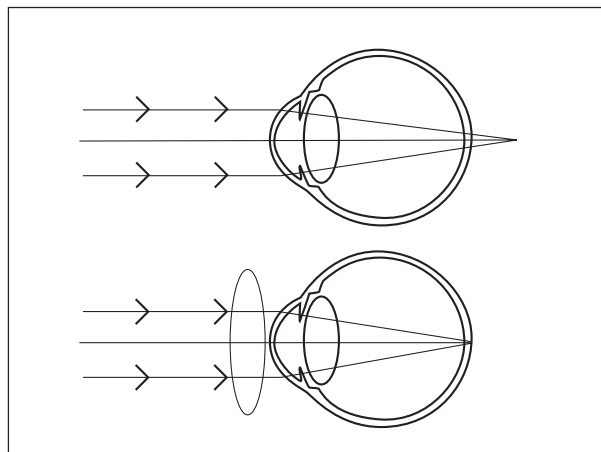


Figura 5. Hipermetropía y su corrección con una lente convergente

Un hipermetrope con una adecuada capacidad refractiva puede realizar un esfuerzo de acomodación para aumentar la convergencia y, por lo tanto, poder observar objetos distantes de forma clara. Sin embargo, si el hipermetrope no tiene suficiente capacidad refractiva (dicha capacidad disminuye con la edad) entonces no podrá ver los objetos distantes de forma clara.

Esta situación es incluso peor para objetos cercanos. Es decir, cuando se tiene una distancia de visión corta que sobrepasa la capacidad refractiva de la persona, aparece la visión borrosa y el discomfort visual.

La hipermetropía sin corregir puede ser una fuente significativa de discomfort visual, especialmente para trabajadores con tareas con demandas visuales elevadas. Esto es debido a que el ojo hipermetrope debe realizar un esfuerzo de acomodación excesivo para poder ver de cerca con claridad, causando la aparición de fatiga visual y estrés visual. Es por ello que debe evitarse, en la medida de lo posible, trabajar con distancias de visualización cortas que impliquen elevadas demandas visuales.

Astigmatismo

El astigmatismo es un defecto refractivo en el que la capacidad del ojo es diferente para los distintos meridianos u orientaciones del plano de luz que entra en el ojo. Se trata de un defecto refractivo bastante común que afecta, en promedio, a una de cada tres personas, aunque existen diferencias en función de la raza. Además, su prevalencia aumenta con la edad.

Aunque es posible no ser consciente de un grado de astigmatismo pequeño, cuando se da a un nivel mayor reduce la agudeza visual y puede causar visión borrosa a cualquier distancia y fatiga visual. Por este motivo, aunque no se perciba ningún síntoma y sobre todo en la infancia, es posible pasar un examen de agudeza visual sin que se detecte la presencia de astigmatismo. Por ello, en dicho colectivo, es muy importante que en este caso, se realice una revisión oftalmológica para diagnosticar su posible presencia.

Adicionalmente, el astigmatismo puede coexistir con la miopía y la hipermetropía, incluso es posible que un meridiano sea hipermetrope y que otro sea miope. De hecho, se estima que un 40% de las personas que utilizan algún tipo de corrección oftalmológica presentan astigmatismo.

Presbicia

A pesar de que la presbicia no es en realidad un defecto refractivo en el sentido estricto, se la considera como tal, en virtud de que su corrección se realiza por medio de lentes. El cristalino sufre, con la edad, una pérdida de su capacidad de acomodación, dificultando a las personas una correcta visión cercana. Es decir, cuando una persona tiene presbicia, no puede ver nítidamente su trabajo de cerca.

Se lo conoce vulgarmente como «vista cansada». Los trabajadores empiezan a tener problemas a distancias de 40–50 cm entre los 40 y 45 años. El síntoma principal es la visión borrosa de forma intermitente, aunque también puede darse estrés ocular.

La presbicia puede corregirse, habitualmente, con lentes convergentes. La graduación de las lentes depende de la capacidad de acomodación y la distancia a la que se debe trabajar. A partir de los 60 años, la capacidad de acomodación se ha reducido a prácticamente cero y la graduación debe estar basada en la distancia de visualización requerida.

Los síntomas más habituales son dolores de cabeza, fatiga visual, dificultad para ver de cerca y alejamiento de la lectura de los ojos para ver mejor.

3. ÁNGULOS Y DISTANCIAS VISUALES

Cuando el sistema visual debe fijar un objeto situado en la periferia, los ojos giran de forma que la imagen del objeto se sitúe en la parte central de la retina. Los ángulos máximos de dicha rotación ocular en la dirección vertical son 42° (con un rango de 33° a 56°) hacia arriba y de 50° (con un rango de 33° a 62°) hacia abajo. En la dirección horizontal el ángulo máximo de rotación lateral es, aproximadamente, 55° (con un rango de 45 a 65°).

Sin embargo, los ojos raras veces alcanzan dichos extremos. Son valores posibles pero resultan incómodos, por lo que generalmente no se sobrepasan los 35° o 40° en cualquiera de las rotaciones mencionadas.

El mecanismo para visualizar un objeto se inicia mediante un movimiento de los ojos para centrar el objeto en la retina e, inmediatamente, se sigue un giro de cabeza. En el estado final (una vez la imagen ha sido centrada en la retina), existe una mayor contribución al giro por parte de la cabeza que de los ojos. Metafóricamente puede decirse que «los ojos guían el cuerpo». Este hecho puede observarse en el gráfico de la figura 6, que muestra el ángulo de rotación inicial y final del ojo al fijar un estímulo lateral (en la dirección horizontal) situado a diferentes ángulos.

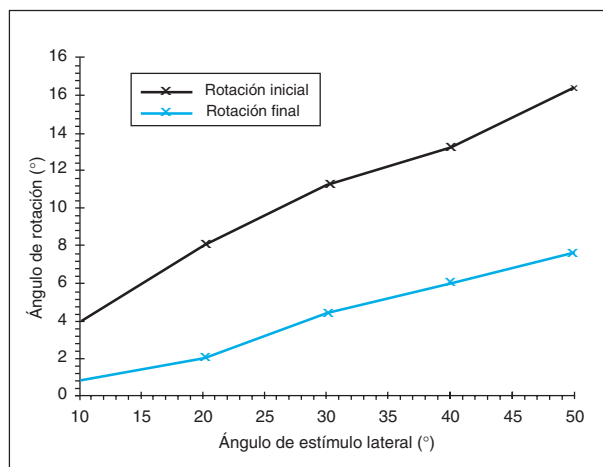


Figura 6. Rotación inicial y final del ojo para diferentes posiciones de un estímulo lateral

Debido a esta preferencia a usar la cabeza más que los ojos, las personas suelen modificar la postura corporal para que los ojos puedan tomar una posición cómoda al enfocar un objeto situado en la periferia. En el caso extremo de tener que fijar un objeto periférico durante un período largo de tiempo, la postura forzada puede ser causa de problemas posturales.

El campo visual de ambos ojos se muestra en el gráfico de la figura 7. Se observa que el campo visual conjunto de ambos ojos es mayor que los campos de ambos ojos por separado. En promedio, el campo abarcado con un solo ojo es entre el 53 y el 78% menor que el que se obtiene conjuntamente. Una forma de compensar este menor campo periférico consiste en mover más la cabeza.

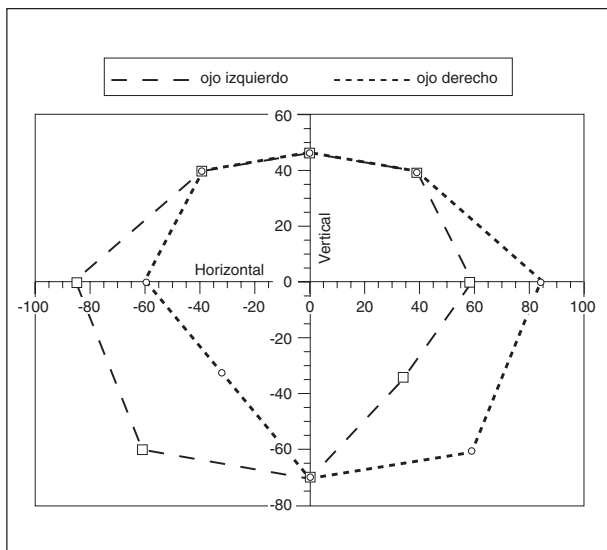


Figura 7. Campos visuales del ojo derecho e izquierdo

En la UNE-EN 61310-1 se establecen las zonas del campo visual recomendadas y aceptables, en los planos horizontal y vertical, para la detección de las señales visuales. Dichas recomendaciones se muestran en forma esquemática en la figura 8.

Distancia de visualización

El concepto de posición ocular de descanso viene definido por aquella situación en la que no existen estímulos

en el campo visual (por ejemplo, en una habitación a oscuras) y, por lo tanto, los ojos adoptan un estado que depende del tono muscular de los ojos. Este estado se denomina posición de descanso anatómica o posición tónica.

Es razonable suponer que la distancia más cómoda respecto a un estímulo visual de cualquier tipo es aquella que se corresponde con el estado tónico de los músculos oculares, ya que este estado es el que adoptan los ojos sin ningún tipo de esfuerzo. En promedio, la posición tónica de los ojos corresponde a una distancia de convergencia de 1 m. Por ejemplo, en el caso de las pantallas de visualización, existen estudios en los que se ha permitido a los individuos ajustar la distancia de la pantalla hasta la posición más cómoda (presumiblemente la posición tónica de los músculos oculares), adoptando distancias de visualización comprendidas entre los 75 y los 90 cm, valores muy similares a la distancia de convergencia en posición tónica.

En cuanto a las pantallas de visualización de datos, la norma UNE-EN 29241-3, que establece los requisitos para las pantallas de visualización en trabajos de oficina, recomienda una altura de carácter comprendida entre 20' y 22'. Así mismo, indica que en ningún caso se deberán utilizar alturas inferiores a 16' (de forma que nunca se obtengan distancias de visualización inferiores a 400 mm).

Complementariamente, la norma UNE-EN 894-2, relativa al diseño de dispositivos de información, recomienda que el ángulo de visión debe estar comprendido, preferentemente, entre 18' y 22', aunque considera como aceptables aquellos valores que están en el margen que va de 15' a 18'. Finalmente, afirma que valores inferiores a 15' no son aceptables.

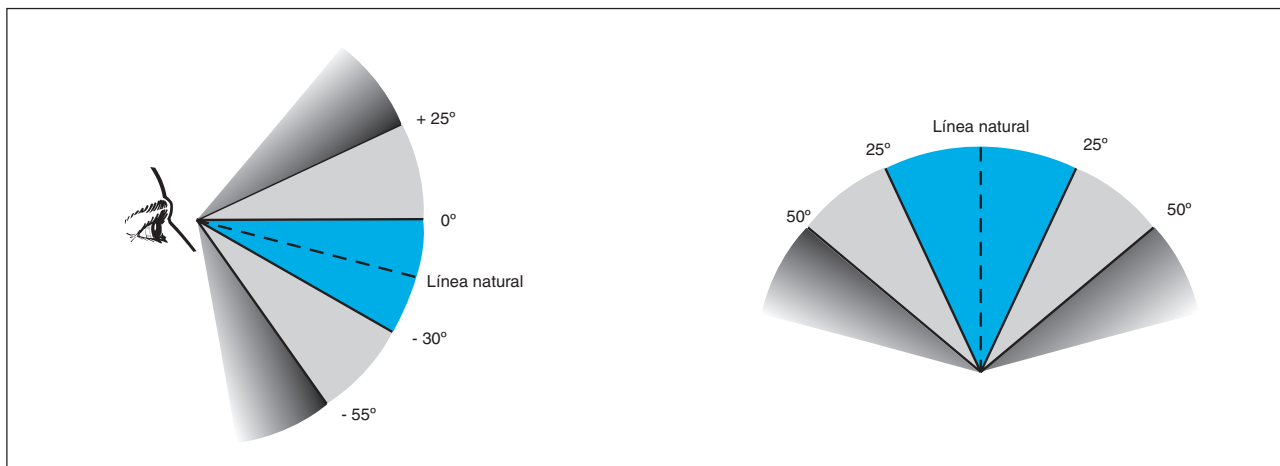


Figura 8. Campo visual para la detección de señales visuales según la UNE-EN 61310-1

BIBLIOGRAFÍA

- (1) DELLEMAN, NICO J. MOTOR BEHAVIOR. EN: DELLEMAN, NICO J.; HASLEGRAVE, CHRISTINE M.; CHAFFIN, DON B.
Working postures and movements. Tools for evaluation and engineering.
Boca Raton, CRC Press, 2004. p. 51-71.
- (2) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización.
Madrid, 1998. 54 p.

- (3) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
NTP 348: Envejecimiento y trabajo: la visión.
INSHT. 1994.
- (4) JASCHINSKI, WOLFRANG; HEUER, HERBERT. VISION AND EYES. EN: DELLEMAN, NICO J.; HASLEGRAVE, CHRISTINE M.; CHAFFIN, DON B.
Working postures and movements. Tools for evaluation and engineering.
Boca Raton, CRC Press, 2004. p. 73-86.
- (5) SHEEDY, JAMES. VISION AND WORK. EN: MARRAS, WILLIAM S.; KARWOWSKI, WALDEMAR.
Fundamentals and assessment tools for occupational ergonomics.
Boca Raton, CRC Press, 2006. p. 18.1-18.18.
- (6) UNE-EN 29241-3:1994
Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PVD). Parte 3: requisitos para las pantallas de visualización de datos.
- (7) UNE-EN 61310-1:1996.
Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles.
- (8) UNE-EN 894-2:1997.
Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y órganos de accionamiento. Parte 2: dispositivos de información.

Planes de emergencia interior en la industria química

*Plans d'Emergence interieure dans l'industrie chimique.
On-site emergency plan in chemical industries*

Redactora:

Yolanda Iranzo García
Licenciada en Bioquímica

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En esta Nota Técnica, que sustituye a la NTP-334, se pretenden sintetizar los criterios fundamentales a considerar en la elaboración de un Plan de Emergencia interior (PEI) y su gestión de acuerdo a las bases establecidas en el RD 1254/1999 por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, el cual sustituye al RD 886/1988 sobre prevención de accidentes mayores en determinadas actividades industriales y al RD 952/1990 que lo modificó posteriormente. El RD 1254/1999 ha sido modificado por los RD 119/2005 y 948/2005 y se ha completado con el RD 1196/2003 por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas.

Aunque este documento va dirigido principalmente a las industrias químicas obligadas por la legislación sobre accidentes mayores anteriormente enunciada, puede también ser útil para cualquier otra empresa química para elaborar e implantar un Plan de Emergencia.

En primer lugar, se presenta un ejemplo de clasificación de establecimiento con sustancias peligrosas, de acuerdo con los criterios para la aplicación del RD 1254/1999. Se sigue con otros apartados referentes a los planes de emergencia exterior e interior, definiciones y obligaciones y finalmente se exponen los diferentes pasos para fijar criterios de elaboración para un PEI y su implantación. Para ello, se tiene en cuenta el citado RD y la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervienen sustancias peligrosas. Asimismo, se tendrá en cuenta lo establecido por el RD 393/2007 por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia, y el contenido del RD379/2001 sobre almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

2. CLASIFICACIÓN DE UN ESTABLECIMIENTO CON SUSTANCIAS PELIGROSAS

Consideremos, como ejemplo, una empresa tipo que produzca fibra acrílica a partir de un proceso de

polimerización en el que interviene el acrilonitrilo como una de las materias primas. Estimamos que la cantidad de acrilonitrilo almacenada en un parque de tanques es de 220 t. Los valores de toxicidad correspondientes al acrilonitrilo son: DL50 (por vía oral rata) = 36-85 mg/kg; DL50 (por penetración cutánea conejo) = 250 mg/kg; DL50 (por inhalatoria rata) = 1000 mg/l / 1 h.; 500 mg/l / 4 h. Punto de inflamación = -1°C. Punto de ebullición 77°C. Es sustancia tóxica para los organismos acuáticos.

Para la aplicación del RD 1254/1999 por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, se analizará el Anexo I de este RD con el doble criterio que se señala a continuación:

- Según Anexo I parte 2: Es una "SUSTANCIA TOXICA", "MUY INFLAMABLE" y "TOXICA PARA LOS ORGANISMOS". La decisión sobre la clasificación de la sustancia objeto del ejemplo, se realiza con arreglo a las notas de la parte 2 Anexo I del citado RD, así como lo establecido por el RD 363/1995 sobre notificación de sustancias nuevas y clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas. En caso de que fuera un preparado peligroso también se acudiría al RD 255/2003 sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos (ver tabla 1)
- Como 220 t es superior al umbral de la columna 3, para sustancias muy tóxicas y extremadamente inflamables, estará afectada por los Art. 6, 7 y 9 (ver tabla 2).

Cuando se trate de sustancias y preparados cuyas propiedades permitan clasificarlos de más de un modo, se aplicarán las cantidades umbrales más bajas.

Por todo ello, la empresa del ejemplo estaría obligada a:

- Llevar a cabo una notificación según el art. 6 del RD 1254/1999, dentro de los plazos que allí constan y con el contenido explicado en su Anexo II.
- Tal y como establece el Art. 7, definir por escrito una política de prevención de accidentes graves.
- Elaborar un informe de seguridad de acuerdo con el Art. 7, dado que la sustancia peligrosa está en cantidad superior a la especificada en la columna 3 de la parte 2 del anexo I.
- Según Art. 11 redactar un plan de Autoprotección, denominado plan de emergencia interior. Además

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS (notas parte 2 Anexo I RD 1254/1999)	
Categoría	Características
Líquido MUY INFLAMABLE	Sustancias y preparados cuyo punto de inflamación sea inferior a 21 °C y que no sean extremadamente inflamables (enunciado de riesgo R 11)
SUSTANCIAS PELIGROSAS PARA EL MEDIO AMBIENTE	R50: «muy tóxico para los organismos acuáticos»
	R51/53: «tóxico para los organismos acuáticos; puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático»
	R29: «en contacto con el agua libera gases tóxicos»

CLASIFICACIÓN SEGÚN SUS PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS (Anexo VI del RD 363/1995)				
Categoría	DL ₅₀ oral rata mg/kg	DL ₅₀ cutánea rata o conejo mg/kg	CL50 rata mg/l/4 inhalatoria horas	
			Aerosoles o partículas	Gases y vapores
MUY TÓXICOS	≤ 25	≤ 50	≤ 0,25	≤ 0,5
TÓXICOS	25 – 200	50 – 400	0,25 – 1	0,5 - 2

Tabla 1. Clasificación de la sustancia según sus características

Columna 1	Columna 2	Columna 3
Categoría de sustancias peligrosas	Cantidad umbral (toneladas) de la sustancia peligrosa en el sentido de su definición dada en el artículo 3, para la aplicación de:	
	(Art. 6 y 7)	(Art. 9)
1. MUY TÓXICA	5	20
2. TÓXICA	50	200
3. COMBURENTE	50	200
4. EXPLOSIVA cuando la sustancia, preparado u objeto corresponda a la división 1.4 del acuerdo ADR (Naciones Unidas) ⁽¹⁾	50	200
5. EXPLOSIVA cuando la sustancia, preparado u objeto corresponda a alguna de las divisiones 1.1, 1.2, 1.3, 1.5 o 1.6 del acuerdo ADR (Naciones Unidas) ⁽¹⁾ , o a los enunciados de riesgo R2 o R3	10	50
6. INFLAMABLE	5000	50000
7a. MUY INFLAMABLE	50	200
7b. Líquido MUY INFLAMABLE	5000	50000
8. EXTREMADAMENTE INFLAMABLE	10	50
9. SUSTANCIAS PELIGROSAS PARA EL MEDIO AMBIENTE en combinación con los siguientes enunciados de riesgo:		
I. R50: «muy tóxico para los organismos acuáticos» (se incluyen R50/53)	100	200
II. R51/53: «tóxico para los organismos acuáticos; puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático».	200	500
10. CUALQUIER CLASIFICACIÓN distinta en combinación con los enunciados de riesgo siguientes:		
I. R14: «reacciona violentamente con el agua» (se incluye R 14/15)	100	500
II. R29: «en contacto con el agua libera gases tóxicos»	50	200

Tabla 2. Cantidades umbral de sustancias en función de su peligrosidad

como la sustancia peligrosa está en cantidad superior a la especificada en la columna 3 de la parte 2 del anexo I, se proporcionará a los órganos competentes de la Comunidad Autónoma, la información y apoyo necesario para que lleven a cabo la elaboración del plan de emergencia exterior.

3. PLANES DE EMERGENCIA EXTERIOR E INTERIOR

Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas elaborarán, con la colaboración de los industriales de los establecimientos en los que estén presentes sustancias peligrosas en cantidades iguales o superiores a las especificadas en la columna 3 de las partes 1 y 2 del anexo I, como el ejemplo citado anteriormente, un *plan de emergencia exterior (PEE)* para prevenir y, en su caso mitigar, las consecuencias de los posibles accidentes graves previamente analizados, clasificados y evaluados, que establezca las medidas de protección más idóneas, los recursos humanos y materiales necesarios y el esquema de coordinación de las autoridades, órganos y servicios llamados a intervenir.

Estos planes, cumplirán con las funciones básicas y dispondrán de los contenidos mínimos indicados en el Art.7 del RD 1196/2003 y se activarán en función de la categoría del accidente, siendo obligatorio siempre que el accidente sea de categoría 2 ó 3 (figura 1). Los accidentes de categoría 1 no justifican la activación del PEE. En aquellas situaciones en que los efectos del accidente sean perceptibles por la población, la actuación del PEE se limitaría a una labor de información.

Las categorías de los accidentes en la Industria Química se determinan de la siguiente forma:

- **Categoría 1:** Aquellos para los que se prevea, como única consecuencia, daños materiales en el establecimiento accidentado y no se prevean daños de ningún tipo en el exterior de éste.
- **Categoría 2:** Aquellos para los que se prevea, como consecuencias, posibles víctimas y daños materiales en el establecimiento; mientras que las repercusiones exteriores se limitan a daños leves o efectos adversos sobre el medio ambiente en zonas limitadas.
- **Categoría 3:** Aquellos para los que se prevea, como consecuencias, posibles víctimas, daños materiales graves o alteraciones graves del medio ambiente en zonas extensas y en el exterior del establecimiento.

La información básica (IBA) que deberán aportar los industriales que proceda, para la elaboración de planes de emergencia exterior constará de una información de carácter general sobre el entorno, instalaciones, procesos y productos relacionados con la actividad industrial peligrosa del establecimiento. La información relativa al entorno del establecimiento será completada por la administración competente para la elaboración del plan de emergencia exterior (PEE). En el Anexo I de la Directriz Básica, se especifica el contenido detallado de la información básica para la elaboración de planes de emergencia exteriores, tanto en lo que se refiere a las aportaciones por parte del industrial, como a la información que debe complementar la Administración competente.

Una de las novedades del RD 1254/1999 respecto la normativa anterior es que se deberá redactar por parte del industrial una política de prevención de accidentes graves con los objetivos y principios de actuación generales en relación con el control de los riesgos de accidentes graves, respecto a elementos tales como, identificación y evaluación de los riesgos de accidente grave y planificación ante situaciones de emergencia. Además se organizará un sistema de gestión de seguridad que describa los distintos elementos puestos en marcha que permitan definir y aplicar la política de prevención, reflejando el compromiso y la cultura de seguridad de la organización.

Ambos, la política de prevención de accidentes graves y el sistema de gestión de la seguridad, formarán parte del documento denominado informe de seguridad para aquellas empresas obligadas a su elaboración (como en el caso del ejemplo citado anteriormente). El objeto de este informe, será demostrar entre otros aspectos que se ha establecido dicha política y sistema de gestión, que se han identificado y evaluado los riesgos de accidentes y que se han elaborado planes de emergencia interior, así como facilitado los datos necesarios para la elaboración del plan de emergencia exterior. En el informe se contemplarán los accidentes que puedan producirse por efecto dominó (concatenación de efectos que multiplica las consecuencias), entre instalaciones de un mismo establecimiento. Los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, utilizando dicha información determinarán los establecimientos en los que la probabilidad y las consecuencias de un accidente grave, puedan verse incrementadas debido a la ubicación y a la proximidad entre dichos establecimientos, y a la presencia en éstos de sustancias peligrosas.

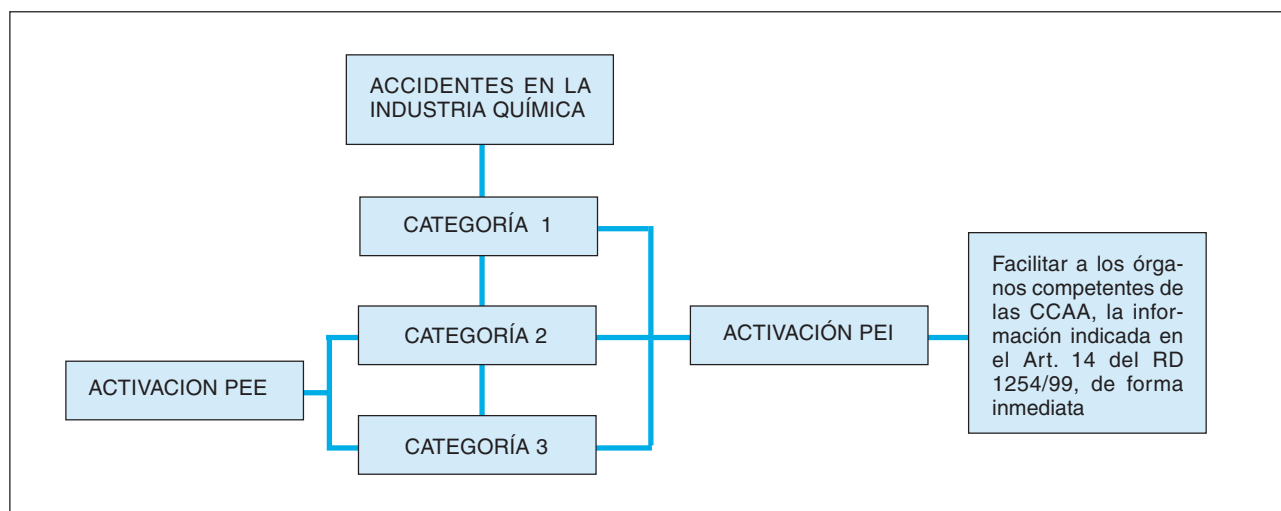


Figura 1. Condiciones de activación de los planes de emergencia

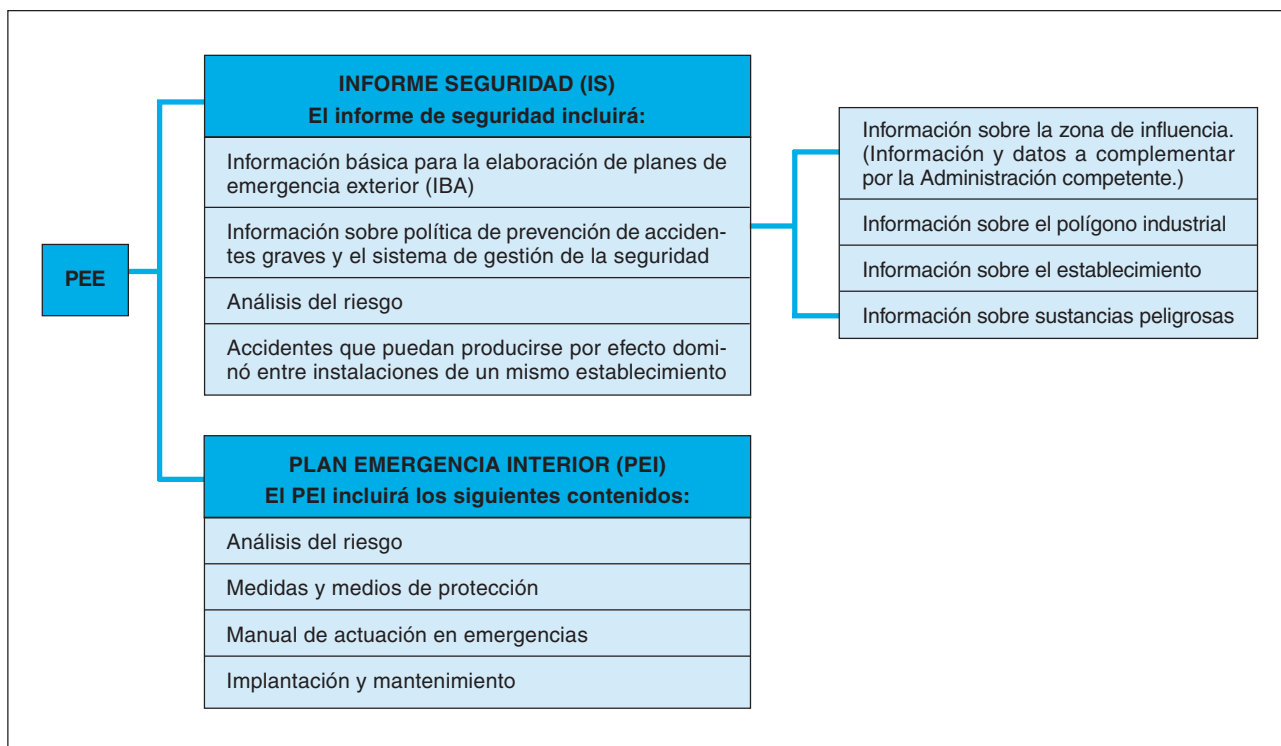


Figura 2. Información del Plan de Emergencia Exterior (del industrial a la administración)

Por tanto, todos estos documentos están relacionados entre sí y disponen de varios elementos en común, tal y como se ha visto (figura 2).

En referencia al plan de autoprotección, denominado *plan de emergencia interior (PEI)*, deberá ser elaborado por el industrial, en todos los establecimientos sujetos a las disposiciones del RD 1254/1999. En el PEI, se definirá la organización y conjunto de medios y procedimientos de actuación, con el fin de prevenir los accidentes de cualquier tipo y, en su caso, limitar los efectos en el interior del establecimiento. Este documento deberá contemplar la identificación de los accidentes que justifiquen su activación, basándose en un análisis de riesgos acorde con su grado de afectación o el informe de seguridad, cuando proceda.

La normativa anterior ya requería la elaboración del PEI pero el RD 1254/1999 incorpora como otra novedad, la obligación del industrial de consultar al personal del establecimiento con carácter previo a la elaboración del PEI en aplicación del capítulo V, relativo a consulta y participación de los trabajadores, de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales. En esta consulta se incluirá el personal subcontratado afectado a largo plazo.

En el marco de las obligaciones derivadas de la coordinación de actividades empresariales a las que se refiere el artículo 24 de la citada Ley 31/1995, desarrollado por el RD 171/2004, el empresario titular del establecimiento deberá trasladar el contenido del plan de emergencia a aquellas empresas cuyos trabajadores desarrollen de forma estable actividades en dicho establecimiento, a fin de que éstas también consulten a sus trabajadores. Estas empresas deberán remitir las observaciones recibidas de sus trabajadores, al empresario titular del establecimiento. El deber de cooperación en esta materia será de aplicación a todas las empresas y trabajadores autónomos que desarrollen actividades en dicho establecimiento.

En la redacción del PEI se debe tener en cuenta lo que se indica en la Directriz Básica y posteriormente debe

ser remitido al órgano competente de la Comunidad Autónoma. Contendrá como mínimo los siguientes puntos: análisis del riesgo, medidas y medios de protección, manual de actuación de emergencias e implantación y mantenimiento.

En el caso de actividades industriales que se encuentren dentro del ámbito de aplicación del RD 1254/1999, les será de aplicación además con carácter supletorio, lo establecido en el RD 393/2007 por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. En base a lo indicado en este RD, se podrán fusionar en un documento único los documentos de naturaleza análoga, como es el caso del PEI exigido en ambas normas, con el fin de evitar duplicaciones innecesarias, prestando especial atención en elaborar o completar el Plan de acuerdo con el contenido mínimo requerido por el RD 393/2007.

También será de aplicación con carácter supletorio, lo establecido en el RD 393/2007 para las actividades de almacenamiento de productos químicos acogidas a las Instrucciones Técnicas Complementarias del RD 379/2001 y en las cantidades siguientes:

- ITC APQ-1, de capacidad mayor a 200 m³.
- ITC APQ-2, de capacidad mayor a 1 t.
- ITC APQ-3, de capacidad mayor a 4 t.
- ITC APQ-4, de capacidad mayor a 3 t.
- ITC APQ-5, de categoría 4 ó 5.
- ITC APQ-6, de capacidad mayor a 500 m³.
- ITC APQ-7, de capacidad mayor a 200 m³.
- ITC APQ-8, de capacidad mayor a 200 t.

Además será siempre de aplicación lo establecido en el RD 393/2007 a las actividades industriales o de almacenamiento en las que, no estando dentro del ámbito de aplicación del RD 1254/99 por ser las cantidades que están presentes sustancias peligrosas inferiores a las

del Anexo I, estas sustancias estén presentes en cantidades iguales o superiores al 60% de las especificadas en la columna 2 de las partes 1 y 2 del anexo I del RD 1254/1999 o bien ser su carga de fuego ponderada igual o superior a 3200 Mcal/m².

4. GUÍA DE ELABORACIÓN E IMPLANTACIÓN DE UN PEI

Podemos definir el Plan de Emergencia Interior como la «organización y conjunto de medios y procedimientos de actuación, previstos en una instalación industrial o en instalaciones industriales contiguas, con el fin de prevenir los accidentes de cualquier tipo y, en su caso, mitigar sus efectos en el interior de dichas instalaciones».

El PEI de un establecimiento deberá contemplar la identificación de los accidentes que justifiquen su activación, basándose en un análisis de riesgos acorde con su grado de afectación o el informe de seguridad cuando proceda. En él se describirán también los criterios para la activación del plan y se desarrollarán los procedimientos organizativos y operativos de actuación para cada posible situación de riesgo. Se considerarán los procedimientos generales así como los específicos con medidas y recursos concretos, para los siguientes posibles sucesos:

- Incendio.
- Explosión.
- Fuga de gases tóxicos.
- Vertido incontrolado de productos peligrosos.

En los establecimientos afectados por el artículo 9 del RD 1254/1999 (como el caso del ejemplo citado en el inicio del presente documento) se desarrollará con mayor amplitud el contenido del PEI (tabla 3) de acuerdo con su mayor nivel de riesgo, debiendo especificarse con mayor detalle las actuaciones concretas para cada accidente grave potencial identificado en el informe de seguridad.

Este plan será remitido al órgano competente de la Comunidad Autónoma en los plazos establecidos por el citado RD de acuerdo con las características del establecimiento.

1. Análisis del riesgo	Descripción general Evaluación del riesgo Planos de situación
2. Medidas y medios de protección	Medios materiales Equipos humanos Medidas correctoras del riesgo Planos específicos
3. Manual de actuación en emergencias	Objeto y ámbito Estructura organizativa de respuesta Enlace y coordinación con el plan de emergencia exterior. Clasificación de emergencias. Procedimientos de actuación e información
4. Implantación, simulacros y mantenimiento	Responsabilidades y organización Programa de implantación Programa de formación, adiestramiento y simulacros Programa de mantenimiento Programa de revisiones

Tabla 3. Contenido del P.E.I.

Análisis del riesgo

El objetivo de este capítulo es el de determinar y valorar las causas de emergencia más previsibles identificando las zonas potencialmente más peligrosas.

El estudio de la peligrosidad de origen interno tendrá como características ser sistemático, repetible (estructura formalizada) e involucrar a un número suficiente de personas.

El análisis del riesgo constará de los siguientes puntos:

- Descripción general: La descripción del emplazamiento, características constructivas y ocupación, accesibilidad y vías de evacuación, ubicación de medios externos, además del estudio de las instalaciones y zonas donde puedan estar presentes sustancias peligrosas.
- Evaluación del riesgo: Se incluirán una descripción y justificación breve de los principios y metodología utilizados para la evaluación del riesgo y la determinación de los posibles accidentes susceptibles de activar el plan de autoprotección, indicando sus posibles consecuencias.
- Planos: Se localizarán en planos a escala adecuada todos aquellos elementos que contribuyan al riesgo, incluyendo todos los elementos vulnerables que se consideren de interés. Los diferentes planos deben constituir un conjunto homogéneo en cuanto a escala, orientación y otros aspectos que faciliten su comprensión.

Entre los principales métodos de análisis de riesgos más usados en la industria química, pueden citarse:

- Análisis histórico de accidentes.
- Listas de chequeo.
- ¿Qué sucede si?
- AMFE (Análisis de modos de fallos y efectos).
- Índices DOW y Mond.
- HAZOP (Análisis funcional de operabilidad – FO –)
- FTA (Árboles de fallos): Identificación de combinaciones de fallos humanos y de equipos que pueden resultar en un suceso indeseado, con sus correspondientes probabilidades.
- ETA (Árboles de eventos o sucesos): Secuencia de sucesos a partir de un suceso origen y su probabilidad.

A fin de facilitar la identificación de accidentes posibles, se indican a continuación los más conocidos:

- Fuegos sin riesgos de explosión.
- Llamorada (Flash Fire) (la velocidad del fenómeno impide la huida).
- Incendio en charco (Pool Fire)
- Dardo de fuego (Jet Fire) (permite la huida).
- Explosiones (BLEVE).
- Explosión de nube de vapor no confinada (UVCE)
- Explosión de nube de vapor confinada (CVCE)
- Nubes de gases tóxicos y/o inflamables.
- Derrames.

Para la clasificación de accidentes posibles se considerará lo indicado sobre categorías de accidentes y valores umbrales en la Directriz básica.

Para la valoración, el cálculo del riesgo total de la planta industrial es:

$$R = \sum R_i = \sum F_i \times C_i$$

Siendo:

R = Riesgo total de la planta.

R_i = Riesgo de una de las instalaciones.

F_i = Frecuencia o probabilidad de accidentes de cada una de las instalaciones.

C_i = Consecuencias promedio esperables de los accidentes de cada una de las instalaciones.

Medidas y medios de protección.

Se considerarán los medios materiales, los equipos humanos, las medidas correctoras del riesgo y los planos específicos

Medios materiales

Se detallarán las características de los medios de prevención y protección disponibles en el establecimiento, tales como instalaciones de detección, contra incendios, de contención, señalización, etc., y se identificarán sus posibles deficiencias de funcionamiento o diseño. Así mismo, se describirán, en su caso, los medios materiales de nueva implantación que resulten necesarios de acuerdo con la normativa aplicable.

Equipos humanos

Se identificarán los recursos humanos y aquellos más directamente relacionados con las actuaciones en emergencias, indicando la dependencia organizativa y los procedimientos de movilización, teniendo en cuenta todas las situaciones posibles (jornadas habituales de trabajo, vacaciones, turnos de trabajo y otras posibles variaciones).

Medidas correctoras del riesgo

Se identificarán las medidas de prevención y protección existentes que pudieran contribuir directamente a prevenir los accidentes y, en su caso, a mitigar los efectos de éstos. Se describirán los medios dispuestos para el control y contención de las consecuencias de los posibles accidentes y el grado de efectividad dependiendo de las diferentes situaciones operativas y turnos de trabajo.

Planos específicos

Se localizarán a un nivel de detalle adecuado los medios y equipos de protección utilizables en caso de accidente, así como de las posibles rutas de evacuación.

Manual de actuación en emergencias

El objeto del Manual es poder tener por escrito las previsiones de actuación en los distintos grados de emergencia, que involucrarán a distintos niveles de personas que deberán actuar bien organizadas, con el fin de minimizar riesgos personales, daños al medio ambiente y a las propias instalaciones industriales:

Los posibles accidentes y los factores de riesgo se clasificarán de acuerdo con su posible gravedad, en conato, emergencia parcial y emergencia general.

Conato de emergencia es aquella situación de emergencia que puede ser neutralizada y dominado de forma sencilla y rápida por el personal y medios de protección disponibles en el lugar donde se produce. Con carácter general, no requerirá la evacuación del personal de la zona afectada.

Emergencia parcial es aquella situación de emergencia que no puede ser dominado de inmediato como un conato y requiere la actuación de los equipos especiales

de emergencia del sector. Los efectos de la situación se limitan al sector donde se inicia la emergencia, sin afectar a los colindantes ni terceras personas. Con carácter general, no precisará de la evacuación de la empresa, si no tan sólo, en todo caso, del sector afectado.

Emergencia general es aquella situación de emergencia que supera la capacidad de los medios humanos y materiales contra incendios y emergencias establecidas en la planta industrial y obliga a la actuación de todos los equipos de emergencia de la empresa y la ayuda de medios de socorro y salvamento exteriores. Con carácter general, comportará la evacuación general de la empresa de forma ordenada y controlada.

En el manual se especificarán claramente las condiciones bajo las que puede considerarse la activación de una situación de emergencia, su cambio de clasificación de gravedad y las condiciones para darla por concluida.

La creación y adiestramiento de grupos de personas con tareas definidas para actuar en las emergencias (*equipos de prevención y de actuación*) y su adecuado equipamiento es, además de una obligación legal, fundamental para garantizar la operatividad del Plan. En él se define la secuencia de las actuaciones a llevar a cabo para el control de la emergencia, por el personal que forma parte integrante de la estructura de organización de emergencia que determine cada empresa, así como las formas de contactar con estas personas.

Dicha estructura puede basarse en las siguientes denominaciones y definiciones:

Jefe de Emergencia: es el máximo responsable del centro de trabajo en caso de emergencia y sus funciones se centrarán en clasificar el tipo de emergencia y tomará las decisiones que sean necesarias en cada caso, en función de la información que reciba desde el centro de coordinación interno que se haya establecido. Será obligatoria su presencia continuada en la instalación o la de la persona en quien delegue. Deberá ser consultado en todas las situaciones que involucren aspectos de la seguridad de ésta y dirigirá al área donde se produce la emergencia las ayudas internas disponibles y recabará las externas que sean necesarias. Una vez finalizada la emergencia, restablecerá la normalidad. El Jefe de Emergencia será además el interlocutor del establecimiento con la autoridad competente en el exterior para garantizar la coordinación con el plan de emergencia exterior, cuando proceda.

Jefe de Intervención: recibirá la notificación de la emergencia por parte del Jefe de Emergencia y seguirá sus instrucciones. Las funciones principales a llevar a cabo serán asumir la dirección de los Equipos de Intervención controlando su actuación y mantener una comunicación permanente con el Jefe de Emergencia, proporcionando y recibiendo información sobre la emergencia.

Equipos de Primera Intervención: constituidos por personal formado, entrenado y equipado para actuar en el inicio de la emergencia, para lo que acudirán a la zona donde se ha producido la misma con los medios previstos para cada una de las posibles situaciones de emergencia recogidas en el Manual de actuación de emergencias. Como mínimo actuarán siempre por parejas y es recomendable que todo el personal de la planta reciba la formación imprescindible para participar en un Equipo de Primera Intervención.

Equipo de Segunda Intervención: Personal formado, entrenado y equipado para intervenir cuando los Equipos de Primera Intervención no consigan controlar la situación de emergencia.

Equipo de Alarma y Evacuación: Encargados de garantizar y dirigir la evacuación ordenada de las personas hacia la salida de emergencia correspondiente. Todas las

áreas de trabajo deben estar cubiertas por los grupos que se estime necesario.

Equipo de Primeros Auxilios: Deben prestar los primeros auxilios a los lesionados durante una emergencia y valorar la necesidad de solicitar ayudas sanitarias exteriores, en función de la magnitud de los daños ocasionados y los recursos disponibles.

La propuesta de estructura jerárquica y funcional de las personas con funciones específicas para las emergencias, quedaría reflejada en el organigrama de la figura 3.

En cada una de estas situaciones de emergencia, se prevén unos *procedimientos de actuación*, una organización y unos medios de lucha. Por tanto, en el plan se indicarán para cada suceso que pueda originar un accidente grave, las acciones, los medios humanos y técnicos necesarios, para controlar la circunstancia o acontecimiento y limitar sus consecuencias. El personal dispondrá de la formación necesaria y del equipamiento adecuado para las tareas a cumplir en el plan.

Se incluirán, asimismo, las actuaciones para alertar rápidamente del incidente a la autoridad responsable de poner en marcha el plan de emergencia exterior, cuando proceda, garantizando en todo momento una eficiente coordinación con los recursos exteriores.

Se resumirá en el manual la relación de los *medios técnicos disponibles*, equipos de protección respiratoria y primeros auxilios, detectores y red de alarmas.

El manual contendrá una lista de teléfonos, u otros medios directos de comunicación con Protección Civil, Bomberos, Ambulancia, Policía y Ayuntamiento. Asimismo, un listado de las empresas vecinas, a las que informar de la emergencia y sobre su desarrollo a fin de que, según el caso, pongan en alerta o activen asimismo su plan de emergencia.

Se adjuntarán al manual los planos bien definidos con la distribución de equipos contra incendios y recorridos de emergencia y evacuación.

Implantación del PEI

Una vez redactado el PEI se describirán las etapas previstas para la implantación, la asignación de responsabilidades en cada fase y se contemplará la adecuación de posibles deficiencias detectadas. Se realizará la denominación, formación en función de las misiones asignadas al personal adscrito a éste y a todos los trabajadores en general y el correspondiente adiestramiento.

Con el fin de lograr una mejor divulgación de las actuaciones a seguir por el personal de la empresa, se pueden resumir y redactar las medidas preventivas a adoptar y las medidas de actuación en caso de emergencia para cada empleado, en forma de fichas. Se redactarán tam-

bién las consignas para los componentes de los equipos del plan de emergencia, contratistas y visitantes.

Se puede además realizar un plan de divulgación y promoción del PEI fijando carteles con un resumen del mismo en los lugares más visibles de la planta. Se organizarán reuniones informativas para todo el personal.

Simulacros

Finalmente se deberá concretar un plan de realización de simulacros con distintos niveles de emergencia, con el objeto de familiarizar al personal con el contenido del plan y las actuaciones previstas en el mismo. Se deberá realizar un simulacro con una periodicidad mínima de 3 años de acuerdo con la Directriz Básica, si bien en aplicación del RD 393/2007, dicho periodo será al menos anual. Si además las empresas están afectadas por determinadas ITC del RD. 379/2001 por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias, dichos simulacros serán anuales como mínimo y se dejará constancia de su realización de acuerdo con las MIE-APQ 1 (líquidos inflamables y combustibles), 3 (cloro) 6 (líquidos corrosivos) y 7 (líquidos tóxicos) y se realizarán al menos dos ejercicios anuales de prácticas de emergencias en el caso de la MIE-APQ 8 (fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno).

Mantenimiento del PEI

Se debe partir de que los medios contra incendios y emergencias son los adecuados según normas y la valoración de riesgo realizada. Se tendrá un programa de mantenimiento preventivo y otro de pruebas periódicas de las instalaciones de protección tales como extinción, detección y alarmas. Además habrá un sistema de control periódico a través de auditorias y se establecerán procedimientos y responsabilidades para la incorporación de mejoras tecnológicas.

Se deberá realizar un plan de formación permanente que incluya cursos cortos para el personal en general y otros específicos para los componentes de los equipos del plan de emergencia, incluyendo el entrenamiento necesario para el Grupo Permanente contra incendios y emergencias.

Cualquier modificación de las instalaciones deberá ir con un estudio previo de seguridad tipo HAZOP o similar.

La actualización del PEI se realizará de forma continua, cuando proceda, adicionando las modificaciones de las instalaciones y de la organización interna del personal que puedan afectar al Plan. En aplicación del RD 393/2007, se revisará al menos cada tres años.

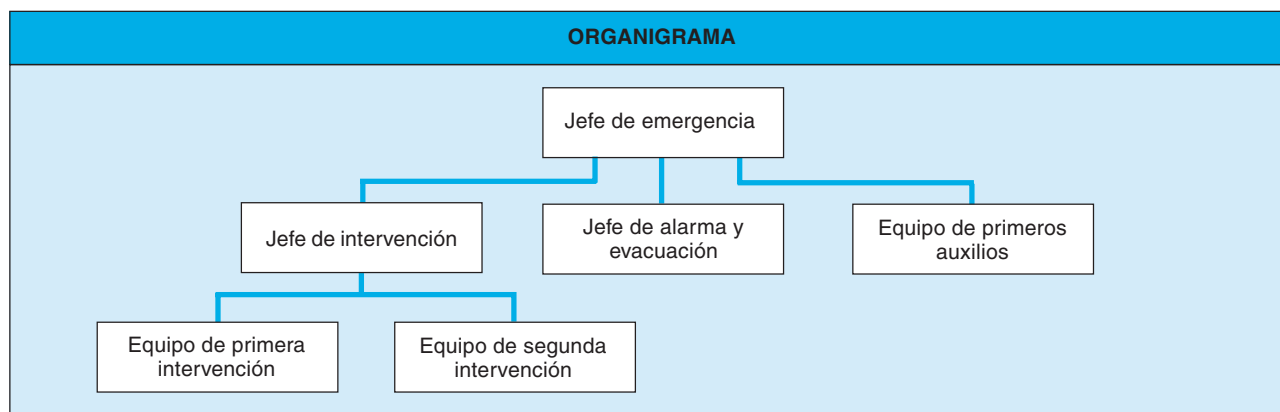


Figura 3. Propuesta de estructura jerárquica

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
RD 1254/1999, de 16 de julio, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. BOE nº 172 de 20.07.1999
- (2) MINISTERIO DEL INTERIOR
RD 1196/2003, de 19 de septiembre, por el que se aprueba la Directriz básica de protección civil para el control y planificación ante el riesgo de accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. BOE nº 242 de 9.10.2003
- (3) MINISTERIO DEL INTERIOR
RD 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia. BOE nº 72 de 24.03.2007
- (4) MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES
Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención Riesgos Laborales. BOE nº 269, de 10.11.1995
- (5) MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
RD 363/1995, de 10 de Marzo de 1995 por el que se regula la Notificación de Sustancias Nuevas y Clasificación, Envasado y Etiquetado de Sustancias.
- (6) MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA
RD 255/2003 de 28 de Febrero de 2003, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.
- (7) MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
RD 379/2001 de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias.

Evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo. Evaluación por estimación

Assessment of exposure to hand-arm vibration. The estimation of the daily vibration exposure
Evaluation de l'exposition à la vibration main-bras: évaluation per estimation

Redactora:

Natalia Lavín Ortiz

Licenciada en Ciencias Físicas

CENTRO NACIONAL DE
NUEVAS TECNOLOGÍAS

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Complementada por la NTP 1068.

1. PRINCIPIO DE PROCEDIMIENTO PARA ESTIMAR LA EXPOSICIÓN A LAS VIBRACIONES

El Real Decreto 1311/2005, en su artículo 4. Determinación y evaluación de los riesgos, establece en su punto 1 que el empresario deberá realizar una evaluación y, en caso necesario, la medición, de los niveles de vibraciones mecánicas a que estén expuestos los trabajadores.

Para evaluar el nivel de exposición a las vibraciones mecánicas no será necesario en todos los casos medir, y en una primera aproximación, se puede determinar el parámetro A(8) basándose en la observación de los métodos de trabajo concretos junto con la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante.

No siempre es posible realizar la "Evaluación por estimación", para ello se tiene que dar una serie de requisitos que a continuación se desarrollan.

Que se disponga de los valores de emisión de la herramienta

En este caso es posible que se disponga de datos del fabricante o bien que haya que recurrir a otras fuentes de información

Utilización de datos del fabricante

El Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, modificado por el Real Decreto 56/1995, de 20 de enero, relati-

vo a las disposiciones de aplicación de la directiva del consejo 89/392/CEE, sobre máquinas (BOE núm. 33 de 8 de febrero) define los requisitos esenciales de seguridad y salud para las máquinas que se comercializan dentro de la UE incluyendo los requisitos específicos relacionados con las vibraciones. Entre otros requisitos, la directiva sobre máquinas obliga a los fabricantes, importadores y suministradores de máquinas a suministrar la información de los niveles de emisión en el Manual de instrucciones.

El ANEXO I del Real Decreto 1435/1992 que define los requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y fabricación de las máquinas y de los componentes de seguridad, al referirse al manual de instrucciones que debe acompañar a todas las máquinas (apartado 1.7.4.f) establece que en lo referente a las máquinas portátiles y máquinas guiadas a mano (anexo I, pto 2.2), se debe indicar:

- El valor cuadrático medio ponderado en frecuencia de la aceleración a la que se vean expuestos los miembros superiores, cuando exceda de $2,5 \text{ m/s}^2$, definida por las normas de prueba adecuadas. Cuando la aceleración no exceda de $2,5 \text{ m/s}^2$, se deberá mencionar este particular

A falta de normas de prueba aplicables, el fabricante indicará los métodos de medición utilizados y en qué condiciones se realizaron las mediciones.

Recordemos que los valores de emisión se obtienen aplicando los códigos de ensayo armonizados elaborados por los comités europeos e internacionales de normalización, y (desde el año 2005) se basan en la norma UNE EN ISO 20643: 2005 Vibración mecánicas. Maquinaria sujeta y guiada con la mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones. Ejemplos de códigos de ensayo armonizados, son la serie de normas

EN ISO 8662 para herramientas neumáticas y otras no eléctricas y la serie de normas **EN 60745** para las herramientas eléctricas.

Por otro lado, según la norma armonizada EN 12096, el fabricante de maquinaria, además, debería informar sobre dos valores cuando se declara la emisión de vibración de su producto:

- la medida del valor promedio de la aceleración, **a**
- la incertidumbre de **a**, **k**

Declarando los valores de **a** y **k**, los fabricantes y/o suministradores establecen que el valor obtenido de una reproducción del ensayo de emisión probablemente genere un valor de **a** menor que **a+k**. En algunos casos **k** puede ser mayor que el 40% de **a**. La diferencia entre los valores de **a** para dos máquinas no se debería considerar significativa si la diferencia es más pequeña que uno de los valores **k**.

Los datos de emisión de los fabricantes nos informan sobre cuanta vibración es probable que se transfiera por la mano al trabajador cuando se está utilizando una herramienta en particular. Esto puede ser muy útil cuando se quiere estimar la exposición diaria a las vibraciones en la evaluación de riesgos.

En realidad, los valores de la vibración derivados de los códigos de ensayo tienden a subestimar el valor real de la vibración de las herramientas cuando estas están siendo utilizadas en el lugar de trabajo y normalmente se basan en mediciones que se realizan en un solo eje de vibración. Según el documento técnico CEN/TR 15350: 2006 para solucionar esto, los valores de emisión declarados por el fabricante deberían, en la mayoría de los casos, multiplicarse por un factor dependiendo del tipo de herramienta:

- Herramientas de motor de combustión: **x1**
- Herramientas neumáticas: **x1,5 a 2**
- Herramientas eléctrica: **x1,5 a 2**

Para más información sobre los factores de corrección, se recomienda acudir a las tablas D.3, E.1 y F.1 del documento técnico CEN/TR 15350: 2006.

Cuando los fabricantes declaren valores de emisión de la vibración menores de $2,5 \text{ m/s}^2$, entonces se debería utilizar dicho valor multiplicado por el factor correspondiente.

Si se declaran valores de emisión por debajo de $2,5 \text{ m/s}^2$ y se hace referencia a normas publicadas anteriormente a la norma UNE-EN ISO 20643:2005 "Vibraciones mecánicas. Maquinaria sujeta y guiada con la mano. Principios para la evaluación de la emisión de las vibraciones", entonces se recomienda utilizar $2,5 \text{ m/s}^2$ para evaluar la exposición en vez de tomar el valor declarado de la vibración.

Cuando no se dispone de una información adecuada y se da un rango de factores de multiplicación, entonces se debería usar el factor más alto.

Las localizaciones de medida especificadas en las normas con el objetivo de determinar los niveles de emisión de las vibraciones pueden no ser apropiadas para la medida de la exposición. A veces, el punto real de agarre de la herramienta no coincide con el punto donde se agarra la herramienta motorizada durante un ensayo de tipo. En general, los ensayos de tipo normalizado identifican solo una localización y eje de medida.

Muchos de estos códigos de ensayo armonizados europeos están actualmente bajo revisión. Los códigos de ensayo ya revisados producen unos valores de emisión mejores pero no se pueden comparar directamente con

los valores de emisión antiguos, sin embargo son más precisos y se acercan más a los valores de la vibración experimentados en el lugar de trabajo.

En la práctica, la evaluación por estimación se ve obstaculizada por la ausencia de códigos de ensayo de vibración apropiados y por la falta real de información sobre emisiones de vibración de las máquinas.

Utilización de otras fuentes de información

No siempre es posible disponer de la información del fabricante para obtener la magnitud de la vibración. En este caso existen otras fuentes de información a las que se puede acudir y a veces son suficientes para decidir si es probable que se superen los valores de exposición que dan lugar a una acción o los valores límites de exposición.

Las Asociaciones de fabricantes pueden disponer de datos sobre los niveles de vibraciones en determinadas máquinas además de los datos que algunos fabricantes ofrecen en sus páginas web sobre los niveles reales de vibración durante el uso real típico de la herramienta. También se pueden encontrar bases de datos en Internet sobre niveles de emisión de vibración para ciertos equipos de trabajo. Esto es muy útil cuando se quiere realizar una evaluación inicial de riesgos por estimación de la exposición a vibraciones.

Entre otras fuentes de información se incluyen los organismos oficiales de reconocido prestigio, las empresas consultoras especializadas en realizar estudios de vibraciones así como publicaciones científicas y/o técnicas y en Internet relacionadas con el tema.

Hay dos páginas Web europeas donde podemos encontrar unas bases de datos alimentadas con datos sobre los niveles de emisión de vibraciones de los fabricantes junto con algunas medidas realizadas en campo para un amplio rango de máquinas:

<http://vibration.arbetslivsinstitutet.se/eng/havhome.lasso>

http://www.las-bb.de/karla/index_.htm

Para utilizar estas bases de datos centralizadas europeas, se debe conocer el fabricante, la marca y el modelo del equipo que se está utilizando. En el caso de no disponer de esta información, como punto de partida se puede utilizar la información conocida de otro equipo de trabajo de características similares, sustituyendo los datos provisionales por los definitivos cuando estén disponibles.

En estas páginas Web se pueden obtener dos tipos de valores, el valor declarado de la vibración o/y medidas de vibraciones realizadas en campo.

Cuando se busque información publicada sobre vibraciones, los factores que hay que tener en cuenta son:

- el tipo de equipo (ej. martillos rompedores)
- la clase del equipo (ej. tamaño o potencia)
- la fuente de alimentación (ej. neumática, hidráulica, eléctrica o de combustión)
- cualquier característica antivibratoria (ej. empuñaduras suspendidas)
- la velocidad de trabajo de la máquina
- el tipo de superficie o material sobre el que se trabaja
- la tarea que se está realizando con el equipo

Cuando se manejen datos publicados sobre vibraciones, constituye una buena práctica intentar comparar datos de dos o más fuentes.

Que las condiciones de funcionamiento reales de la máquina sean similares a aquellas para las cuales se han declarado los niveles de emisión

La observación de los métodos de trabajo se centrará en comprobar que las condiciones reales de utilización del equipo son las mismas que las contempladas por el fabricante en el manual de instrucciones.

Los códigos de ensayo especifican las condiciones de funcionamiento que ha de tener la máquina cuando se miden los valores de emisión de la vibración. Dichas condiciones de funcionamiento contenidas en la mayoría de los códigos de ensayo fueron descritas para ser reproducibles, y en algunos casos, esto ha conducido a condiciones de funcionamiento artificiales. La norma EN ISO 20643:2005 establece que las condiciones de funcionamiento que reflejen situaciones de trabajo reales típicas son preferibles a las condiciones artificiales, y que las condiciones de funcionamiento seleccionadas deberían corresponder a los valores más altos de la vibración que probablemente se dé durante el uso típico y normal de la máquina.

Los valores de emisión obtenidos de la aplicación de los códigos de ensayos publicados antes de la norma EN ISO 20643:2005, pueden no reflejar una buena representatividad del uso típico de la máquina.

En el documento técnico CEN/TR 15350:2006 se dan unas tablas donde se indica como influye un código de ensayo determinado en el valor declarado de la vibración y en que medida se acercan a la magnitud real de la vibración durante la utilización real de la herramienta.

Que la máquina esté en buenas condiciones y su mantenimiento se realice de acuerdo con las recomendaciones del fabricante

Hay que tener en cuenta que los valores de emisión de la vibración declarados por el fabricante son medidas realizadas cuando las máquinas son nuevas.

El mantenimiento deficiente o irregular de las máquinas puede desembocar en cambios sustanciales de los valores emisores de la vibración. Los empresarios deben garantizar que el mantenimiento de las máquinas se realice de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, es la única forma de garantizar que los niveles de emisión van a estar probablemente dentro del rango indicado por el fabricante.

Que las herramientas insertadas o accesorios sean al menos similares a aquellas usadas en la determinación de los valores declarados de emisión.

Las propiedades de las herramientas insertadas tienen una gran influencia en la emisión de la vibración.

La mayoría de los códigos de ensayo definen las características de las herramientas insertadas. Cuando las herramientas insertadas en el trabajo real no coinciden con las que se definen en los códigos de ensayo, entonces los valores de la vibración en uno y otro caso difieren considerablemente, pudiendo ser más altos o más bajos.

El fabricante de la máquina o suministrador puede tener información adicional sobre los valores de emisión con diferentes herramientas insertadas. Por lo tanto, para controlar la vibración en una situación real es importante elegir una herramienta insertada de buena calidad que se adapte a la máquina.

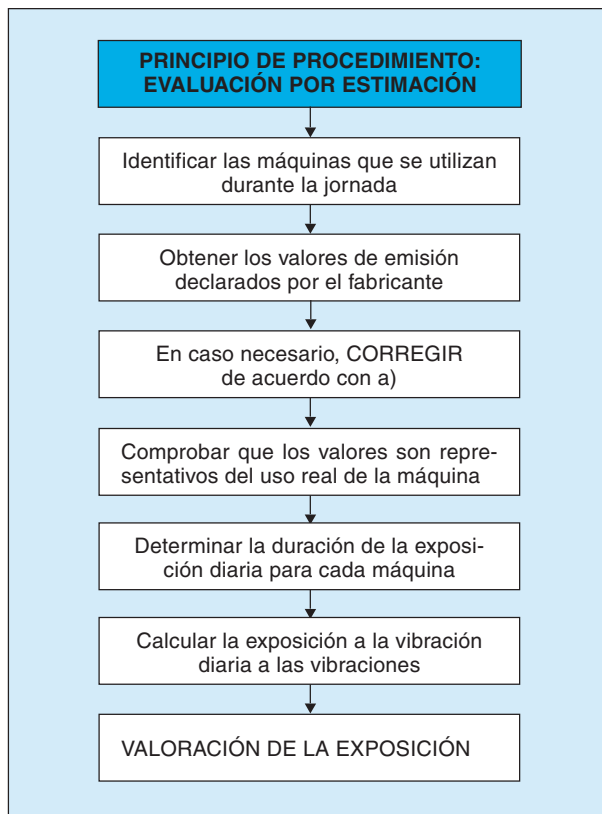


Figura 1. Principio de procedimiento: evaluación por estimación

2. EVALUACIÓN POR ESTIMACIÓN: METODOLOGÍA

La estimación de A(8) puede efectuarse en una primera aproximación, tal y como dice el Real Decreto 1311/2005, a partir de la observación de las prácticas de trabajo específicas y de las informaciones relativas a los niveles de emisión de los equipos de trabajo utilizados. A esta "evaluación por estimación", le seguiría la evaluación por medición en el caso de que no se pudiera concluir o llevarse a cabo.

Para realizar la "evaluación por estimación" se han de dar todos los requisitos marcados en el primer apartado de esta nota técnica.

Identificar y seleccionar las operaciones pertinentes

En primer lugar se han de identificar y seleccionar las operaciones que puedan contribuir significativamente a la exposición global a las vibraciones mediante la observación de las prácticas de trabajo.

Se entiende por operación aquella tarea identificable para la que se efectúa una medida representativa de la magnitud de la vibración, para el uso de una herramienta simple motorizada, tipo de pieza de trabajo guiada a mano o para una simple fase de la tarea.

Para realizar un buen perfil de la exposición diaria a las vibraciones se ha de identificar:

- a) Las máquinas y herramientas que se están empleando
- b) Los modos de funcionamiento de la herramienta motorizada
- c) Los cambios en las condiciones de funcionamiento, ej. superficie de trabajo

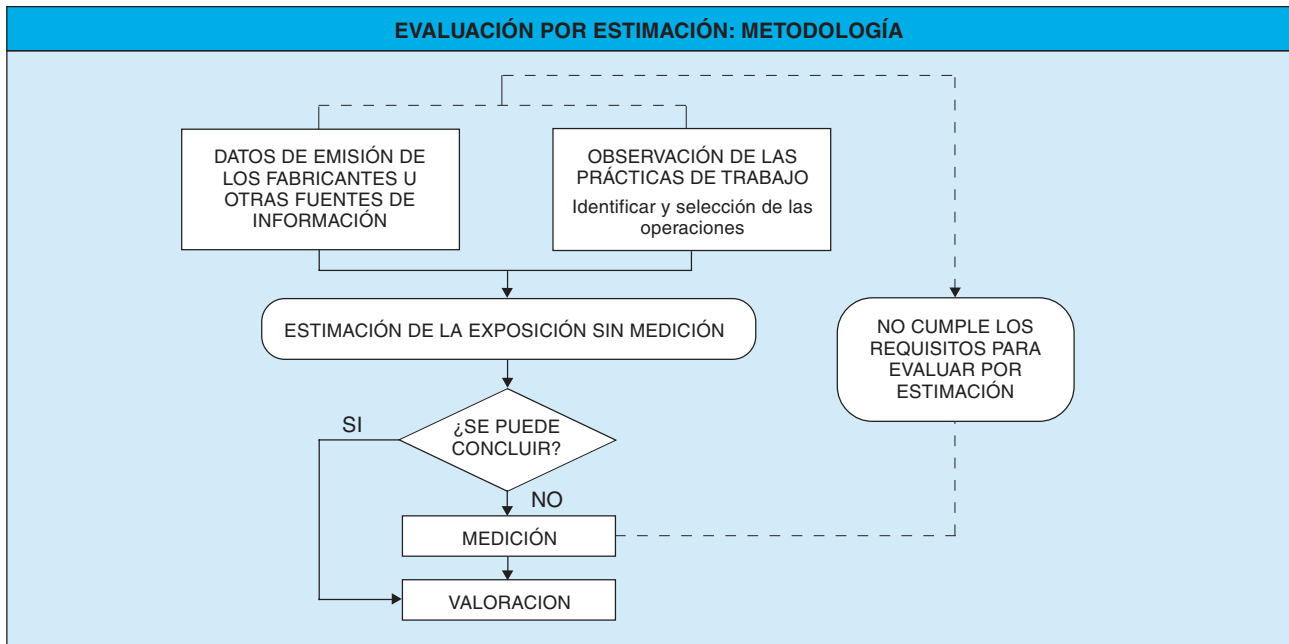


Figura 2. Evaluación por estimación: METODOLOGÍA

- d) Las herramientas insertadas
- e) La información de los trabajadores y supervisores sobre las situaciones en las que pueden producirse los mayores valores de las vibraciones.

Conocer el nivel de emisión y el tiempo de exposición para cada operación

Considerando que el trabajador realice una serie de operaciones que pueden repetirse, existen dos magnitudes a evaluar para cada operación i durante la exposición a las vibraciones:

- el valor total de las vibraciones a_{hvi} , para cada operación
- el tiempo de exposición de cada operación i , t_i

Una vez identificada cada operación, se ha de conocer el nivel de emisión de las vibraciones, empleando la información proporcionada por los fabricantes sobre los valores de emisión de las vibraciones, o empleando resultados ya publicados de medidas previas sobre herramientas motorizadas similares.

En el caso de disponer de manual de instrucciones, para obtener la magnitud probable de la vibración de cada operación, hay que considerar el valor que se incluye en el manual de instrucciones y la incertidumbre de la aceleración, además de aplicar los factores de multiplicación.

Calcular del nivel de exposición a las vibraciones $A(8)$

Con el valor de la aceleración procedente del manual de instrucciones o de otras fuentes de información, se calcula el parámetro principal $A(8)$ para evaluar el riesgo, la exposición diaria normalizada para un periodo de 8 horas.

Este parámetro se calcula a partir de los valores a_{hvi} , y T_i de cada una de las operaciones i , según la siguiente ecuación:

$$A(8) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 T_i}{8}} \quad (1)$$

Donde:

a_{hvi} es el valor total de las vibraciones para la operación i , que se obtiene a partir de los valores eficaces de la aceleración ponderados en frecuencia en cada uno de los tres ejes ortogonales x , y y z (manual de instrucciones u otras fuentes de información):

$$a_{hvi} = \sqrt{a_{h,w,x}^2 + a_{h,w,y}^2 + a_{h,w,z}^2} \quad (2)$$

T_i es la duración de cada operación i ;

Una vez realizados todos los cálculos, se compara con los valores límites establecidos en el Real Decreto 1311/2005 para proceder a la valoración del riesgo por exposición a vibraciones.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) UNE-EN ISO 5349-1. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 1: Requisitos generales
- (2) UNE-EN ISO 5349-2. Vibraciones mecánicas. Medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas por la mano. Parte 2: Guía práctica para la medición en el lugar de trabajo.
- (3) EN 12096:1997 Vibración Mecánica- Declaración y verificación de valores de emisión de las vibraciones
- (4) EN ISO 20643: 2005 Vibración mecánica-Máquinas portátiles y guiadas a mano. Principios para la evaluación de la emisión de la vibración.
- (5) CEN/TR 15350:2006 Vibración Mecánica – Guía para la evaluación de la exposición a la vibración mano-brazo utilizando la información disponible, incluida la información proporcionada por el fabricante de maquinaria.

Residuos peligrosos en centros docentes: gestión extracentro

Déchets dangereux dans centres enseignants. Gestion extracentre
Hazardous waste in teaching institutions. Extracenter management

Redactores:

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

M. Antonia Merino Calvet
Doctora en Ciencias Químicas

DEPARTAMENT DE EDUCACIÓ. GENERALITAT DE CATALUNYA

Adrián Allueva Gonzalo
Licenciado en Ciencias Químicas

Joan Martí Callau
Licenciado en Ciencias Químicas

ECOCAT

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Para finalizar correctamente la gestión de los residuos, y por tanto, poder cumplir con la implicación de los centros docentes en el desarrollo sostenible y en la protección del medio ambiente, es imprescindible completar todo el ciclo de gestión, es decir la intracentro y la extracentro.

La responsabilidad de esta gestión recae en ambas partes, que en este caso son los centros de enseñanza (productor) por un lado, que deben encargarse principalmente de la clasificación, reagrupamiento y almacenamiento adecuado de los residuos (ver NTP-767), y por otra, el gestor autorizado elegido, que deberá llevar a cabo la gestión *extracentro*, es decir, todas las fases posteriores a la recogida de los residuos en el centro docente, incluyendo el transporte hasta un centro de recogida y transferencia (CRT), y su gestión final. Debe remarcarse que la responsabilidad sobre los residuos, una vez el gestor los ha retirado, es compartida por ambas partes (gestor y centro docente), hasta que el residuo es reagrupado, manipulado y/o etiquetado de nuevo por el gestor autorizado, momento en que los residuos son considerados de su única responsabilidad.

Los puntos o aspectos que constituyen la gestión extracentro, son los siguientes:

- Logística de recogida de residuos (información previa y planificación)
- Etiquetado y transporte
- Documentación
- Tratamiento de los residuos

2. LOGÍSTICA DE RECOGIDA

Un aspecto esencial es que haya una buena coordinación entre el procedimiento de gestión intracentro (realizado en el centro docente) y el gestor externo autoriza-

do. De hecho, la gestión extracentro se inicia a partir de que los residuos generados en el centro docente se hallan almacenados adecuadamente en las instalaciones correspondientes (bunker, sala especialmente habilitada, armarios de seguridad, etc...), implicando una segunda fase, consecutiva de la gestión intracentro, que de acuerdo con la legislación, debe llevarse a cabo dentro de los seis meses posteriores al inicio del llenado de los envases para los residuos.

En primer lugar, el responsable de residuos del centro docente, ha de contactar con el gestor externo autorizado y enviarle la información que le requiera, que normalmente suele ser la siguiente:

- Nombre, dirección y teléfono del centro docente.
- Nombre, teléfono y cargo del responsable general de residuos del centro (se aconseja un único interlocutor).
- Tipos, características y cantidades de residuos a retirar.
- Características y capacidad de los envases o contenedores.
- Número de envases nuevos necesarios para reponer (indicando tipo y volumen del envase).
- Plano del centro docente (si es posible), indicando los diferentes puntos de recogida interna de residuos y los accesos más adecuados, de forma que se reduzca el riesgo debido al desplazamiento de residuos peligrosos por el interior del centro.
- Propuesta sobre la fecha requerida por el centro educativo para la recogida de los residuos por parte del gestor externo.

Una vez esta información ha sido recibida por el gestor, será estudiada y, si es necesario, se realizarán las consultas aclaratorias oportunas. Finalmente, el gestor facilitará al centro docente, una fecha de recogida, teniendo en cuenta las preferencias de cada centro.

Es muy importante para los centros docentes, que las operaciones de retirada de los residuos las realicen personas con formación y la experiencia suficiente en manipulación y gestión de residuos peligrosos, de forma que se garantice la seguridad durante todo el proceso de gestión extracentro. Una vez los residuos han sido retirados, el centro docente sigue siendo responsable de ellos, conjuntamente con el gestor, finalizando su responsabilidad únicamente cuando, ya en las instalaciones de la empresa gestora, los residuos son extraídos de sus envases, manipulados y etiquetados de nuevo por el CRT (nuevo productor) para su tratamiento final.

3. ETIQUETADO Y TRANSPORTE

El personal de la empresa gestora, al acceder al centro, es recibido y acompañado inicialmente por responsables del mismo, hasta la zona de almacenamiento de los residuos.

La primera acción a llevar a cabo por parte del gestor es la comprobación del correcto etiquetado de "producto" (ver NTP nº 767) de cada uno de los envases, así como el nivel de llenado, cierre y estado general de los mismos. En el caso de disponerse de cajas de polietileno específicas para los residuos de laboratorio en su envase original, deberá verificarse si cumplen con las exigencias requeridas, como la existencia en su interior de absorbente para derrames, inexistencia de apilamiento de envases y disponibilidad de la lista adjunta que cada caja debería llevar, indicando la tipología y volumen de cada uno de los residuos del interior, facilitando así la detección de posibles incompatibilidades químicas y de reacciones secundarias incontroladas por parte del personal que realiza la recogida.

Las etiquetas de "producto" de cada envase, permiten la identificación de su contenido y su peligrosidad intrínseca, pero también es necesario que lleve una etiqueta de "transporte" (rombos de peligro), que, normalmente el gestor suele facilitar el día de la retirada. Hay que tener en cuenta que la mayoría de los residuos generados en los centros docentes, son residuos peligrosos, debiéndose observar el Tratado Internacional de Transporte por Carretera de Mercancías Peligrosas (ADR), como indica el RD 833/1988, así como la modificación del mismo en lo relativo al etiquetado e identificación de los envases (RD 952/1997).

Dada la gran variedad de residuos a gestionar, debido tanto a sus características (productos puros, mezclas residuales, etc.) como a su peligrosidad, el gestor recurre normalmente al uso de grupos genéricos de residuos, facilitándose el etiquetado y la documentación posterior.

4. DOCUMENTACIÓN

Desde el 1 de enero de 1999, las empresas que transportan mercancías peligrosas por carretera o sean las responsables de la carga y descarga vinculadas al transporte deberán seguir las directrices del RD 1566/1999, que establece que, como mínimo, deberán tener un Consejero de Seguridad que disponga de la acreditación correspondiente. Por otra parte, el gestor deberá disponer de toda la documentación que según la normativa legal vigente es requerida para la gestión de los residuos.

A continuación se indican los diferentes documentos y permisos requeridos para la retirada, transporte y gestión de residuos, que deben ser cumplimentados, firma-

dos y sellados, disponiendo de las copias correspondientes el productor, el gestor, el transportista y la administración. En la mayoría de los casos el gestor colabora y facilita toda la documentación necesaria.

Documentos previos a la retirada de los residuos

En este punto se relacionan aquellos aspectos, desde el punto de vista documental, que un centro docente debe cumplir, previamente a la retirada de los residuos por un gestor externo autorizado. Aunque pueden existir pequeñas diferencias entre comunidades autónomas, de forma general, se requiere lo siguiente:

- Avisar al Ministerio de Medio Ambiente (MMA) con un mínimo de 10 días de antelación, indicando los residuos a retirar y la fecha prevista para ello. Normalmente, el gestor colabora con el centro productor para la realización de los avisos.
- Apertura de un *Documento de Aceptación* con un gestor autorizado, que establece el acuerdo temporal entre el productor/poseedor y el gestor/tratador.

En algunas comunidades autónomas, para el caso de los residuos procedentes de los centros docentes y su gestión dentro de la propia comunidad (que es lo que establece cada órgano competente comunitario como gestión prioritaria), no es necesario realizar avisos previos de traslado de residuos a la administración. Tampoco se requiere la apertura del *Documento de Aceptación*, dado que se considera que los centros docentes son productores que no disponen de un proceso de producción/fabricación como tal (se incluyen en el modelo denominado A2).

Documentos de transporte y de gestión de residuos

Son varios los documentos requeridos para el transporte según el Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) y con la legislación vigente en materia de residuos.

Carta de porte

Se emplea únicamente en el transporte de residuos sujetos a ADR, que es el más habitual en el caso de los residuos generados en centros educativos. No existe un formato oficial definido, pero debe contener, según la normativa, al menos la siguiente información:

- Número UN.
- Denominación del residuo.
- Tipo de etiqueta para el transporte (según clase de peligro).
- Grupo de embalaje.
- Peso de cada residuo.
- Nº y tipo de bultos de cada residuo.
- Datos del productor.
- Datos del destinatario o gestor.
- Datos del transportista (de la empresa y del conductor).
- Declaración de conformidad según las disposiciones de cualquier acuerdo particular.
- Este documento presenta varias copias, a repartir entre el productor, el transportista y el gestor.

Instrucciones escritas (tremcards)

Son una serie de instrucciones útiles para el transportista en caso de situaciones de emergencia, que se pre-

sentan en forma de ficha de no más de una página, cuyo esquema puede ser el siguiente:

- Descripción del residuo.
- Número UN, clase, peligro y embalaje (como en la carta de porte).
- Características de peligrosidad, parámetros fisicoquímicos y comportamiento del residuo (ej: desprenden gases, tóxico por ingestión, puede atacar a metales, punto inflamación mayor de 61°C, etc.).
- Equipos de protección individual (EPI) para efectuar manipulaciones o en caso de accidente.
- Medidas de carácter general y específicas a adoptar por el conductor en caso de derrame, incendio, etc.
- Primeros auxilios.
- Medidas complementarias a adoptar por el conductor.

Albarán de expedición de residuos

El gestor facilitará un albarán al centro docente, donde se reflejen los tipos y cantidades de los residuos a gestionar, el mismo día de la retirada.

Documento de Control y Seguimiento (DCS) para residuos peligrosos

Es el documento entre el productor y el gestor autorizado que debe acompañar al residuo a lo largo de toda la gestión, en el que se indican los datos de los mismos, así como los de los residuos a gestionar (denominación y codificación). Debe entregarse una copia del mismo al productor, transportista, gestor y administración. En la mayoría de las CCAA, el documento tiene unas características idénticas, diferenciándose únicamente por las siglas de cada una de ellas en la parte superior derecha, junto al número de documento (ver la figura 1). A modo de ejemplo: PV = País Valenciano, AND = Andalucía, AR = Aragón, NA = Navarra, EU = Euskadi, etc...). Sólo en Cataluña presenta un formato algo distinto y se denomina *Hoja de Seguimiento* (ver la figura 2), aunque puede encontrarse, como en la figura 1, una DCS con las siglas CT (=Cataluña), que puede llegar a utilizarse en el caso de residuos que por requerimientos específicos, deban gestionarse fuera de esta comunidad autónoma.

DOCUMENTO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS (1)
 (Artículo 36 - R.D. 833/88 - B.O.E. del 30/7/88, modificado por el R.D. 952/97 B.O.E. de 5/7/97 y Orden MAM/304/2002, B.O.E. n.º 43 de 19/2/92)

Firma: del responsable del envío Documento n.º **CT N.º6525673**

A. DATOS A CUMPLIMENTAR POR EL REMITENTE

A.1. DATOS DEL CENTRO PRODUCTOR
 Márquese con una X según sea: PRODUCTOR GESTOR INTERMEDIO N.I.F.:
 Razón social: _____ N.I.R.I.: _____
 Denominación del centro: _____ Provincia: _____
 Dirección: _____ N.º Tel.: _____
 Localidad: _____ N.º Fax: _____
 Persona responsable: _____ N.º de orden de envío: _____

A.2. DATOS DEL RESIDUO QUE SE TRANSFIERE
 N.º de aceptación: _____ (seis dígitos)
 Características remarcables para su transporte y manejo: _____
 Código según Lista Europea de Residuos (L.E.R.): Anexo 2 Orden MAM/304/2002
 Descripción: _____ Kgs. brutos, incluso recipientes
 Cantidad Kgs. netos: _____
 Código según tablas del Anexo 1 del R.D. 952/97:
 Tabla 1: [][] Tabla 2: [][] Tabla 3: [][] Tabla 4: [][] Tabla 5: [][] Tabla 6: [][]
 Descripción: _____ N.º de autorización: _____

A.3. DATOS DEL GESTOR A QUE SE ENVIAN
 Razón social: _____ N.º de Fax: _____ N.I.F.:
 N.º Tel.: _____ N.I.R.I.: _____
 Denominación del centro: _____ Provincia: _____
 Dirección: _____
 Localidad: _____

A.4. DATOS DEL TRANSPORTE COMPLETO PREVISTO
 Fecha de entrega: _____
 Matricula del vehículo: _____
 N.º Tel.: _____
 N.º Fax: _____
 Primer traslado: Fecha de inicio: _____
 Razón social: _____
 Tipo de transporte: _____
 N.I.F. del transportista: _____
 Fecha de entrega: _____
 Matricula del vehículo: _____
 N.º Tel.: _____
 N.º Fax: _____
 Segundo traslado: Fecha de inicio: _____
 Razón social: _____
 Tipo de transporte: _____
 N.I.F. del transportista: _____

B. DATOS A CUMPLIMENTAR POR EL DESTINATARIO

Incidenias respecto a los datos del bloque A: _____
 ACEPTACION SI _____ NO _____ Firma del responsable: _____
 Fecha: _____ Firmado (Nombre y apellidos): D. _____

Figura 1. Documento de Control y Seguimiento (genérico)

Agència de Residus de Catalunya
 Departament de Medi Ambient i Habitatge

Full de seguiment de residus
 Núm. de sèrie: **W-3619-I**
 Fitxa d'acceptació¹ núm (o de destinació): _____

RESIDU
 Codi
 Descripció del residu:
 Quantitat (t): _____ Estimada _____ Real _____
 Precaucions a adoptar per al transport i en cas d'accident:

POSSEÏDOR/PRODUCTOR
 Codi:
 Nom o raó social:
 Municipi:

TRANSPORTISTA
 Codi:²
 Matricula del vehicle o tractora:
 Nom o raó social:

GESTOR
 Codi:³
 Nom o raó social:
 Municipi (on es gestiona el residu):

Conformitat Productor / Possèidior (Signatura i segell)
 Rebut transportista (Signatura i segell)
 Rebut gestor (Signatura i segell)

Data recollida (Hora i dia): _____
 Data recollida (Hora i dia): _____

(1) De consignació obligatòria, excepte en els casos en què no es requereix la tramitació d'aquest document per a la gestió del residu d'acord amb el Decret 92/1899, de 6 d'abril, sobre procediments de gestió de residus.
 (2) De consignació obligatòria quan el residu gestanat es consideri com a municipal d'acord amb la Llei 15/2000, de 13 de juny.
 (3) De consignació obligatòria, excepte quan el residu gestanat es consideri com a residu municipal d'acord amb la Llei 15/2000, de 13 de juny, i el destí sigui un dipòsit controlat de residus municipals de titularitat pública.

Figura 2. Hoja de seguimiento (Cataluña)

4. TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS

El gestor autorizado deberá llevar a cabo el tratamiento que resulte más apropiado para cada tipo de residuo procedente de los centros docentes.

Es importante indicar que todos los residuos de un centro docente han de gestionarse, siempre que sea posible, a través de un gestor de su propia CCAA, normalmente un centro de recogida y transferencia (CRT), en el que se realiza un análisis inicial, que determina su control, manipulación, reagrupamiento y/o acondicionamiento, y finalmente su gestión final más adecuada.

El primer aspecto a tener en cuenta por el gestor (CRT), siempre en función de las características y tipo de los residuos de que se traten, son las posibles opciones de valorización y recuperación de los mismos. Solo cuando se agotan estas vías iniciales de gestión, los residuos se han de eliminar a través de un gestor final autorizado.

Una vez los residuos han sido adecuadamente gestionados, el gestor deberá remitir al centro docente (productor) un certificado de gestión, en el que se indiquen los datos más destacados de la misma. Ver la figura 3.

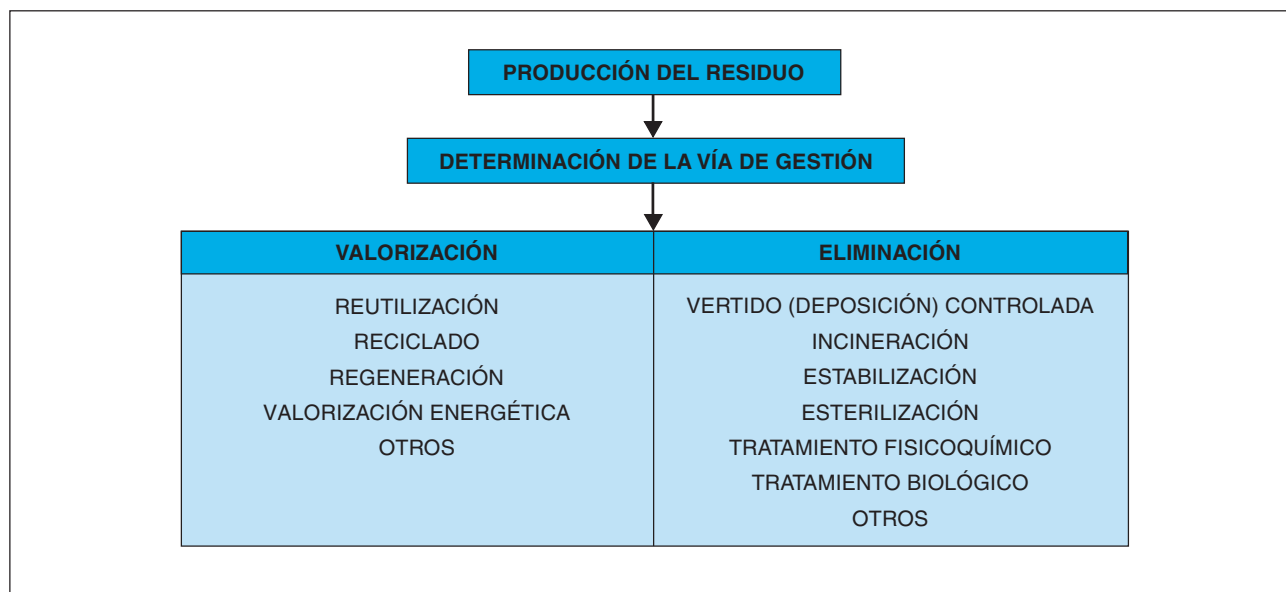


Figura 3.

REFERENCIAS LEGALES Y BIBLIOGRAFÍA

- (1) Real Decreto 833/1988 de 20.7. (M. Obr. Púb. y Urb., BOE 30.7.1988). Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986 de residuos tóxicos y peligrosos.
- (2) Ley 31/1995 de 8.11. (Jef. Est., BOE 10.11.1995). Ley de prevención de riesgos laborales.
- (3) Real Decreto 952/1997 de 5.7. (M. M. Amb., BOE 5.7.1997), por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de junio.
- (4) Ley 11/1997 de 24.4 (Jef. Est., BOE 25.4.1997). Ley de envases y residuos de envases.
- (5) Ley 10/1998 de 21.4. (Jef. Est., BOE 22.4.1998). Ley de residuos.
- (6) Real Decreto 374/2001 de 6.4. (M. Presid., BBOE 1.5, rect. 30.5 y 22.6.2001). Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.
- (7) Orden MAM/304/2002 de 8.2. (BBOE 19.2, rect. 12.3.2002) por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- (8) Acuerdo Europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR) hecho en Ginebra el 30.9.1957. Texto refundido en vigor el 1.1.2003 (M. As. Ext., BOE 7.2.2003).
- (9) Ley 62/2003 de 30.12 (Jef. Est., BOE 31.12.2003). Ley de medidas fiscales, administrativas y de orden social.
- (10) Real Decreto 551/2006 de 5.5. (M. Presid., BOE 12.5.2006). Se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español.
- (11) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Notas Técnicas de Prevención (NTP)
Barcelona. INSHT.

Evaluación de la comunicación verbal: método SIL

*Evaluation de la communication parlée: SIL méthode
Assessment of speech communication: SIL method*

Redactoras:

Carmen González Través
Licenciada en Ciencias Ambientales

María Gómez-Cano Alfaro
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL
DE NUEVAS TECNOLOGÍAS. MADRID

El objeto de esta NTP es el de introducir en el método SIL, de manera sencilla y práctica, las nuevas recomendaciones de la norma UNE EN ISO 9921. Nivel de interferencia verbal y distancias de comunicación para personas con la capacidad de oído normal y reducida en la comunicación directa. Asimismo se pretende facilitar y potenciar las evaluaciones de ruido ergonómico en base a criterios técnicos validados.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La exposición al ruido puede causar múltiples efectos en las personas. La pérdida auditiva es el efecto del ruido más estudiado y por ello, hasta el día de hoy, son muy numerosas las investigaciones que se han realizado sobre la relación existente entre la exposición laboral al ruido y las pérdidas de audición que ésta puede producir. Esto ha supuesto que la mayoría de la legislación, normas técnicas y recomendaciones, tanto de ámbito nacional como internacional, se hayan dirigido única y exclusivamente en este sentido.

Sin embargo, la exposición al ruido no sólo puede llegar a producir una disminución de la capacidad auditiva en las personas expuestas, sino que además puede provocar respuestas psicofisiológicas, subjetivas y de comportamiento en órganos o en sistemas diferentes al de la audición y en consecuencia producir una serie de molestias o perjuicios (pérdida de la calidad del sueño, alteración del ritmo respiratorio, alteración de la frecuencia cardiaca, irritación, aumento de la agresividad...) que generalmente se conocen como efectos "extra-auditivos" del ruido.

En muchas actividades, los niveles de ruido producidos por máquinas, procesos, equipos de oficina, etc. o bien por el ruido de fondo, crea un ambiente sonoro que puede llegar a dificultar la comprensión del mensaje verbal, con la importancia que ello puede tener tanto para la propia seguridad de las personas, como para el proceso productivo y para las relaciones profesionales y personales.

Para evaluar la interferencia en la comunicación debida al ruido en un lugar de trabajo, se puede optar por el cálculo del Nivel de Interferencia Verbal, método conocido como SIL (Speech Interference Level) ¹.

El Nivel de Interferencia Verbal (SIL) constituye un método simple para evaluar la inteligibilidad verbal en los

casos de comunicación directa en un ambiente ruidoso.

Dicho método considera:

- Una media simple del nivel de presión sonora en determinadas frecuencias,
- El esfuerzo vocal del hablante y,
- La distancia entre el hablante y el oyente.

2. SITUACIONES EN LAS QUE SE PUEDE APLICAR EL MÉTODO

El método SIL se podrá utilizar para puestos de trabajo fijos o móviles, en interior o al aire libre, siempre y cuando se de comunicación directa.

La comunicación directa es característica de las comunicaciones persona a persona, en las que ambas personas se encuentran en el mismo entorno, sin hacer uso de dispositivos electroacústicos.

Este método no podrá utilizarse en el caso de comunicación pública (advertencias, anuncios), que es aquella en la que se emplea un sistema electroacústico para comunicar algo a un grupo de personas, ni cuando se utilicen sistemas de comunicación personales como teléfonos e intercomunicadores

3. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

En relación con la metodología de medición debe definirse qué medir, dónde medir y cómo medir, lo cual depende de las características del ruido que se desea medir.

¿Qué medir?

La **UNE EN ISO 9921:2004** recomienda determinar un Nivel de Presión Sonora Equivalente y, por razones de seguridad, **es conveniente que dicho valor sea el máximo del nivel de presión sonora determinado**

¹. Nivel de Interferencia Verbal (SIL): Diferencia entre el nivel sonoro verbal, ponderado A, y la media aritmética de los niveles de presión sonora del ruido ambiental, en cuatro bandas de octava, con frecuencias centrales de 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz.

empleando una ponderación temporal "SLOW" del equipo de medida.

Para el método de Nivel de Interferencia Verbal (SIL), se ha de medir, en la posición del oyente, el nivel de presión sonora equivalente en las bandas de octava ² 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz.

¿Dónde medir?

En la posición del oyente, se toma la medida a la altura de la cabeza del mismo, preferiblemente en su ausencia para evitar el efecto del propio cuerpo del trabajador. Si la presencia del trabajador es inevitable y/o necesita moverse alrededor de su posición, el micrófono será localizado a una distancia de 10 cm. a 40 cm. de la entrada del canal del oído externo que recibe el valor más alto.

¿Cómo medir?

La metodología de la medición será diferente en función del tipo de ruido existente, de las características del trabajo y del instrumento de medición de que se disponga. En cualquier caso, se deberá comprobar, mediante un calibrador acústico antes y después de cada medición o serie de mediciones, que la desviación de la medida no es mayor que la que admite el fabricante. Además deberán cumplir los requisitos que se recogen en el **Anexo III del RD 286/2006**, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido. En un primer paso, se deberá identificar el periodo de la jornada en el que se puede presentar un problema de inteligibilidad.

La norma UNE EN ISO 9921:2004 recoge que es conveniente, por razones de seguridad, que el valor utilizado en el método SIL sea el máximo del nivel de presión sonora determinado. Por lo tanto, aunque se podría utilizar métodos directos en el que la medición cubre la totalidad del intervalo de tiempo considerado, se recomienda utilizar un método de muestreo.

El tiempo de medición del periodo a estudiar depende de la variación del nivel de ruido, pero en todo caso, el número de muestras tomadas deberá ser representativo. De las muestras tomadas se optará por aquella que de lugar al L_{SIL} más alto.

Ruido Estable³

Si el ruido es estable durante el periodo de tiempo de la jornada laboral en el que se presentan problemas de inteligibilidad, la duración de la medición debe ser suficiente para que el resultado sea representativo, pero se puede optar por tiempos mucho menores que en el caso de ruido periódico o aleatorio.

Para medir este tipo de ruido, se puede usar sonómetro, sonómetro integrador o dosímetro, ya sea para un puesto de trabajo fijo o móvil.

2. $L_{N,oct,i}$: Presión sonora de octava del ruido ambiente en el oído del oyente, en la banda de octava "i".

3. Ruido estable: Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (L_{pA}) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} sea inferior a 5 dB.

Ruido Periódico⁴

Si el ruido fluctúa de forma periódica, cada muestra deberá cubrir al menos un ciclo entero. Se recomienda medir al menos tres ciclos. Cuando la duración de tres ciclos es menor de 5 minutos, la duración de la medición debe extenderse por encima de 5 minutos cubriendo un número entero de ciclos.

Las medidas deben ser efectuadas con un *sonómetro integrador-promediador* o con un *dosímetro* si el puesto de trabajo es móvil.

Ruido Aleatorio⁵

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante el intervalo de tiempo objeto de estudio, las mediciones se efectuarán con un *sonómetro integrador-promediador* o con un *dosímetro* si el puesto de trabajo es móvil.

Se tomarán las muestras de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos. En este caso, también se recomienda que la medición sea de más de 5 minutos.

Tanto para el ruido estable, como para el periódico o aleatorio, si el instrumento de medida lo permite, los valores de L500, 1000, 2000 y 4000 se obtendrán simultáneamente. Si el equipo no tiene la posibilidad de medir de ese modo, tales valores se tomarán lo más seguidos posible, inmediatamente uno tras otro, asegurándose que no corresponden a ruidos con espectros de frecuencia diferentes.

4. CÁLCULO DEL L_{SIL} ⁶

Una vez medidos los niveles de presión sonora en las bandas de octava 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz en la posición del oyente y en las condiciones de ruido existente en el periodo de comunicación, el Nivel de Presión Sonora que interfiere en la comunicación verbal (L_{SIL}) es calculado como la media aritmética de los mismos.

$$L_{SIL} = 1/4 \sum L_{N,oct,i}$$

siendo:

$L_{N,oct,i}$ la presión sonora de octava del ruido ambiente en el oído del oyente, en la banda de octava "i".

En el caso de ruidos estables y sólo cuando no sea posible la medición del nivel de presión sonora equivalente en la banda de octava 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz ($L_{N,oct,i}$), el L_{SIL} puede aproximarse con la siguiente expresión:

$$L_{SIL} = L_{N,A,L} - 8 \text{ dB}$$

siendo:

$L_{N,A,L}$ el nivel de presión sonora ponderada en A utilizando un tiempo de respuesta "SLOW" en la posición del oyente

4. Ruido periódico: Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

5. Ruido aleatorio: Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB, variando L_{pA} aleatoriamente a lo largo del tiempo

6. L_{SIL} : Nivel de Presión sonora que interfiere en la comunicación verbal.

5. VALORES MÍNIMOS RECOMENDADOS

La calidad de la comunicación verbal se expresa en función de la inteligibilidad⁷ y el esfuerzo vocal⁸ y no es exigible la misma calidad en la comunicación para todas las situaciones. Por ejemplo, en situaciones de alerta, en condiciones desfavorables, resulta suficiente entender por completo un mensaje corto, incluso aunque la comprensión correcta requiera cierto esfuerzo por parte del oyente. En cambio, en una sala de reuniones, donde la comunicación constituye parte de la tarea y las personas están presentes, en general, durante períodos de tiempo prolongados, se requiere unas condiciones de diálogo más relajadas y mejores condiciones de audición.

Por ello, la norma UNE EN ISO 9921:2004 recomienda diferentes valores mínimos de inteligibilidad y valores máximos de esfuerzo vocal para cada una de las siguientes situaciones:

Comunicación persona a persona normal prolongada

Son situaciones en las que se produce un tipo de comunicación relajada, por ejemplo, la que tiene lugar en oficinas, durante reuniones, lecturas y exposiciones, que se desarrollan durante períodos de tiempo prolongados.

Si la comunicación es normal prolongada se recomienda como valores mínimos un nivel de inteligibilidad “bueno”⁹, para un esfuerzo vocal “normal”¹⁰.

Comunicación persona a persona crítica

Son situaciones, en las que suelen intercambiarse mensajes cortos que incluyen un cierto número de palabras claves conocidas. Para tales condiciones de comunicación se recomienda, al menos, una inteligibilidad “suficiente”¹¹, para un esfuerzo vocal “alto”¹².

Son ejemplos de situaciones críticas el personal de ambulancias, bomberos, obras de construcción, etc.

6. MODO DE UTILIZACIÓN DE LAS TABLAS DE SÍNTESIS

Con los valores mínimos de inteligibilidad y máximos de esfuerzo vocal recomendados por la norma y con el L_{SIL} calculado previamente, es posible evaluar la comunicación verbal para una situación dada, en función de la distancia entre el hablante y el oyente, con el uso de la tabla 1.

Se ha de determinar si en el puesto de trabajo a evaluar se dan comunicaciones persona a persona críticas

7. *Inteligibilidad verbal: Proporción del diálogo que es comprendida.*

8. *Esfuerzo vocal: Esfuerzo del hablante, cuantificado objetivamente mediante el nivel sonoro verbal, ponderado A, medido a 1 m de distancia frente a la boca y calificado subjetivamente mediante una descripción.*

9. *Valor de inteligibilidad mínima buena: Aquella que se corresponde con un valor de SIL de 15 a 21 dB (A).*

10. *Esfuerzo vocal normal: Aquel que tiene un nivel verbal ponderado en A asociado, medido a una distancia de 1 m frente a la boca de 60 dB (A).*

11. *Valor de inteligibilidad mínima suficiente: Aquella que se corresponde con un valor de SIL de 10 a 15 dB (A).*

12. *Esfuerzo vocal alto: Aquel que tiene un nivel verbal ponderado en A asociado, medido a una distancia de 1 m frente a la boca de 72 dB (A).*

COMUNICACIONES PERSONA A PERSONA		
L_{SIL}	Críticas	Normal prolongada
30	39,8 m	5,62 m
35	22,3 m	3,16 m
40	12,5 m	1,77 m
45	7,07 m	1 m
50	3,98 m	0,56 m
55	2,23 m	0,31 m
60	1,25 m	0,17 m
65	0,70 m	0,10 m
70	0,39 m	0,05 m
75	0,22 m	0,03 m

Tabla 1. Distancia máxima a la que se considera que la comunicación es satisfactoriamente inteligible. Las distancias para valores de L_{SIL} intermedios se calcularán por interpolación lineal

o normales prolongadas, empleando los datos de la tabla 1, a partir del valor L_{SIL} calculado se obtiene la distancia máxima a la que se considera que la comunicación es satisfactoriamente inteligible.

7. CASO DE HABLANTES Y/U OYENTES NO NATIVOS

Conforme a la norma UNE EN ISO 9921:2004, en el caso de hablantes y oyentes no nativos¹³, pero que manejan el idioma con fluidez, se observa una reducción de la inteligibilidad. Para hablantes u oyentes no nativos, o para ambos simultáneamente, se requiere una mejora de la relación señal-ruido¹⁴ de entre 4 dB y 5 dB para conseguir una inteligibilidad similar a la obtenida con hablantes y oyentes nativos. Esta mejora de la relación señal-ruido de 4 dB se corresponde con una mejora de SIL de 4 dB (A). En este caso la tabla 1 no sería representativa de la situación y se propone usar la tabla 2.

COMUNICACIONES PERSONA A PERSONA		
L_{SIL}	Críticas	Normal prolongada
30	25,1 m	3,54 m
35	14,1 m	1,99 m
40	7,94 m	1,12 m
45	4,46 m	0,63 m
50	2,50 m	0,35 m
55	1,41 m	0,19 m
60	0,79 m	0,11 m
65	0,44 m	0,06 m
70	0,25 m	0,03 m
75	0,14 m	0,01m

Tabla 2. Distancia máxima a la que se considera que la comunicación es satisfactoriamente inteligible en el caso de hablantes y/u oyentes no nativos. Las distancias para valores de L_{SIL} intermedios se calcularán por interpolación lineal

13. *Hablante no nativo: Persona que habla un idioma diferente del que aprendió, como lengua materna, durante su niñez.*

14. *Relación señal-ruido efectiva: Medida que expresa el efecto (combinado) de diversos tipos de distorsiones en la inteligibilidad de una señal verbal, en función del efecto que produce un ruido de máscara sobre una señal verbal con la misma inteligibilidad.*

8. CASO DE PERSONAS CON TRASTORNOS LEVES DE LA AUDICIÓN (en general, mayores)

Es bien sabido que la sensibilidad del oído humano tiene tendencia a disminuir progresivamente con la edad. Por ello, se recomienda tener en cuenta la edad y estado de los trabajadores a la hora de realizar un estudio de inteligibilidad verbal, sobre todo, en el caso de trabajadores de edad avanzada. Así, la norma UNE EN ISO 9921:2004 recoge que las personas con trastornos leves de la audición (en general, mayores) requieren una relación señal-ruido mayor (aproximadamente 3 dB).

A modo indicativo y en base a los estudios poblacionales recogidos en la norma **UNE-EN ISO 7029** sobre "Distribución estadística de los umbrales de audición en función de la edad", se recomienda utilizar la tabla 3 cuando la edad predominante del personal a estudiar supere los 60 años de edad.

COMUNICACIONES PERSONA A PERSONA		
L _{SIL}	Críticas	Normal prolongada
30	28,1 m	3,98 m
35	15,8 m	2,23 m
40	8,91 m	1,25 m
45	5,01 m	0,70 m
50	2,81 m	0,39 m
55	1,58 m	0,22 m
60	0,89 m	0,12 m
65	0,50 m	0,07 m
70	0,28 m	0,03 m
75	0,15 m	0,02 m

Nota: La norma UNE-EN ISO 7029 define Sujeto Otológicamente Normal como "Persona con salud normal, que no presenta ningún signo ni síntoma de enfermedad auditiva, sin tapón de cerumen en los conductos auditivos y que, en el pasado, no ha estado expuesta a ruidos excesivos".

Tabla 3. Distancia máxima a la que se considera que la comunicación es satisfactoriamente inteligible en el caso de personas con trastornos leves de la audición. Las distancias para valores de L_{SIL} intermedios se calculará por interpolación lineal

9. EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se desea saber si el nivel de inteligibilidad verbal en unas oficinas bancarias de atención al cliente (comunicación directa) es adecuado con las condiciones existen-

tes en las mismas. Para ello se han medido los niveles de presión sonora en las bandas de octava 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz y 4000 Hz en la posición del oyente y en las condiciones de ruido existente en el periodo de comunicación, obteniéndose los resultados siguientes:

Banda de Octava (Hz)	500	1000	2000	4000
L _{Aeq,T} (dB(A))	53.0	49.5	51.5	47.5

Entre el puesto del trabajador y el cliente existe un mostrador y una mesa que los separa 1 metro.

Tal y como se describe en los apartados anteriores el primer paso consiste en determinar si en el puesto de trabajo a evaluar se dan comunicaciones directas persona a persona. En el caso anterior, podemos decir que las comunicaciones entre clientes y trabajadores cara a cara en oficinas bancarias es un buen ejemplo de comunicación persona a persona.

El segundo paso consiste en determinar el periodo de la jornada en el que se puede presentar un problema de inteligibilidad para poder realizar correctamente las mediciones. En el ejemplo anterior se ha observado que la mayor afluencia de clientes se da entre las 10:00 y las 13:00 horas, por lo que las mediciones acústicas se realizarán durante ese periodo.

Una vez obtenidos los datos a través de la medición del nivel de presión sonora, se ha de calcular el valor de L_{SIL} (Nivel de Presión Sonora que interfiere en la comunicación verbal). El resultado es:

$$L_{SIL} = \frac{1}{4} \sum L_{N,oct,i} = \frac{1}{4} (53.0 + 49.5 + 51.5 + 47.5) = 50.3 \text{ dB (A)}$$

Una vez calculado el L_{SIL} se ha de determinar si la comunicación es normal prolongada o crítica. Conforme a las definiciones del apartado 5, se puede concluir que la comunicación dada en el ejemplo, corresponde con una comunicación persona a persona normal prolongada.

La información anterior y un análisis de las características de hablantes y oyentes nos permitirá elegir la tabla de síntesis donde se introducirán los datos calculados. Como el ejemplo no da características de los mismos se considerará que son nativos y menores de 60 años sin reducción de sus capacidades auditivas (tabla 1).

Por último se introduce el L_{SIL} calculado en la tabla 1, obteniéndose información sobre el intervalo de distancia máxima a la que se considera que la comunicación es satisfactoriamente inteligible, obteniéndose un resultado de 0,5 metros. Sabiendo que la separación existente entre cliente y trabajador es de 1 m, podemos deducir que la inteligibilidad verbal no es satisfactoria. Se podrá optar por implantar medidas que reduzcan el L_{SIL}, como por ejemplo instalar mamparas entre los trabajadores del banco, o por disminuir las distancias entre el hablante y el oyente.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **UNE EN ISO 9921:2004** Ergonomía. Evaluación de la comunicación verbal.
- (2) **UNE EN ISO 7029: 2000** Acústica. Distribución estadística de los umbrales de audición en función de la edad.
- (3) **ISO/TR 3352-1974** *Acoustic – Assessment of noise with respect to its effect on the intelligibility of speech.*
- (4) **ISO 9612:1997** "Acoustics-Guidelines for the measurement of exposure to noise in a working environment"
- (5) **RD 286/2006**, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido.
- (6) GÓMEZ-CANO HERNÁNDEZ, M. **Aspectos Ergonómicos del ruido.** *Salud y Trabajo. N° 102. Páginas 33-40. 1994*

Evaluación del ruido en ergonomía: criterio RC MARK II

Evaluation du bruit en ergonomie: critère RC MARCK II
Ergonomics noise evaluation: RC MARK II criteria

Redactora:

Carmen González Través

Licenciada en Ciencias Ambientales.

CENTRO NACIONAL DE
NUEVAS TECNOLOGÍAS DE MADRID

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente es sabido que, la exposición al ruido no sólo puede llegar a producir una disminución de la capacidad auditiva en las personas expuestas, sino que además puede provocar respuestas psicofisiológicas, subjetivas y de comportamiento en órganos o en sistemas diferentes al de la audición y en consecuencia producir una serie de molestias o perjuicios (pérdida de la calidad del sueño, alteración del ritmo respiratorio, alteración de la frecuencia cardiaca, irritación, aumento de la agresividad...) que generalmente se conocen como efectos "extra-auditivos" del ruido.

Entre los efectos subjetivos más extendidos del ruido se encuentran las sensaciones de desagrado y molestia. La definición que habitualmente se hace del ruido como «sonido no deseado» se establece ya en términos más psicológicos o subjetivos que físicos. El ruido es un sonido indeseable, pero también es cierto, que un mismo ambiente acústico puede ser muy molesto para una persona y no serlo necesariamente para otra. No es insólito descubrir una marcada variación en las opiniones expresadas por ocupantes de un local sobre la conveniencia del ruido ambiente en sus puestos de trabajo porque algunas personas son más o menos tolerantes que otras, o consideran diferentes factores subjetivos al juzgar el grado de aceptabilidad.

De ese modo, no hay ninguna frontera que fácilmente divida los ambientes ruidosos juzgados como aceptables, moderados o inaceptables. Esto es uno de los motivos principales por los que una evaluación de ruido expresada en términos de un nivel sonoro ponderado en dBA, a menudo no se corresponde con la evaluación subjetiva hecha por el ocupante de un local, y por ello se recomienda la utilización de otros criterios más completos, que abarcan muchos más factores influyentes en la percepción del ruido.

2. JUSTIFICACIÓN DEL MÉTODO

En general, hay tres factores principales que parecen influir en la respuesta subjetiva de las personas al ruido ambiente:

- La *intensidad relativa* del ruido. Si el ruido está claramente por encima de sonidos normales de la activi-

dad, entonces probablemente distraiga y genere quejas por parte de los trabajadores.

- El *potencial para interferir* en la tarea. Por ejemplo, si el nivel de ruido de fondo es bastante alto de tal forma que la inteligibilidad de comunicación verbal se ve perjudicada, la frustración de los ocupantes del local es con frecuencia un motivo de queja.
- La *"calidad"* del ruido de fondo. Por ejemplo, si el carácter del ruido de fondo es más o menos neutro, una condición que existe siempre que el espectro esté bien equilibrado y ningún rango de frecuencia sea más perceptible que otro, el juicio subjetivo está por lo general influenciado por la intensidad relativa del ruido. Sin embargo, si el espectro del ruido de fondo es desequilibrado, y su carácter es percibido como retumbante o silbante, esto puede tener un efecto negativo sobre los juicios subjetivos, y por tanto, un criterio simple basado en la intensidad sonora no será representativo del malestar percibido por los ocupantes del local.

A no ser que se tengan en cuenta estos tres factores, habrá poca correlación entre medidas objetivas tomadas para realizar la evaluación del ambiente sonoro y la respuesta subjetiva de los ocupantes del local.

Así, el criterio técnico RC Mark II se presenta como un método óptimo para evaluar el ruido de interior ya que es multidimensional en su composición y capaz de evaluar tanto intensidad relativa como la calidad del sonido de fondo.

3. ORIGEN DEL MÉTODO

En 1981 Blazier, elaboró un método para la valoración de ambientes sonoros denominado RC (*Room Criteria*). Este investigó aproximadamente 200 ambientes con ruido de fondo y esa información le sirvió como base psicoacústica para el diseño de una familia de curvas caracterizadas por una pendiente media de aproximadamente 5 dB/octava sobre un amplio rango de frecuencia. Tales curvas, denominadas curvas de criterio RC, consideran criterios de enmascaramiento de la comunicación verbal, la vibración inducida por ruido en frecuencias bajas e incluyeron bandas de octava por debajo de los 16 Hz. En 1987, las curvas RC fueron adoptadas por ASHRAE como criterio preferente en el reconocimiento

de problemas producidos por ruidos de baja frecuencia. Más tarde, 16 años de experiencia práctica en la aplicación de la metodología RC para desarrollar una relación entre medidas objetivas y la respuesta subjetiva de los ocupantes de un local ante la exposición a un ambiente sonoro, han mostrado que son necesarios ciertos refinamientos en la técnica RC.

Estos refinamientos incluyen una modificación de la forma de las curvas de referencia de RC en la banda de octava centrada en 16 Hz, una mejora del procedimiento para la evaluación de calidad acústica, y el desarrollo de una escala para estimar la magnitud de respuesta subjetiva en función del desequilibrio de espectro.

La metodología refinada es identificada como el procedimiento de RC Mark II para evaluar el ruido y este método ha sido adoptado por ASHRAE en la revisión del Handbook de 2001.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RUIDO RC MARK II

Ante todo, se ha de decir que el método evaluación de RC Mark II es más complicado de usar que el método RC, pero existen hojas de cálculos disponibles en la red para hacer los cálculos y el análisis gráfico.

La evaluación proporcionada por el criterio RC Mark II se formula como una expresión bidimensional, que toma la forma, RC XX (YY). El primer término, «XX», es el valor de la curva de referencia de RC correspondiente al promedio aritmético de los niveles de presión sonora en las bandas de octava de 500, 1000, y 2000 Hz. Es un descriptor cuantitativo, ya que identifica el nivel de presión sonora del espectro en la principal región de frecuencias de la comunicación verbal. Este término se ha de comparar con los valores recomendados para cada tipo de actividad desarrollada en el local (Tabla 2).

El segundo término, « (YY) », es un descriptor cualitativo que identifica como es percibido el ruido por el oyente: (N) para neutro, (LF) para frecuencia baja dominante (estrucendo), (MF) para frecuencia media dominante (rugido), y (HF) para alta frecuencia dominante (silbido). Además, el descriptor de frecuencia baja tiene dos subcategorías: (LFB), que denota un grado moderado pero perceptible de sonido que induce la vibración de techo/pared del local, y (LFA), que denota un grado claramente sensible de sonido que induce la vibración de las estructuras ligeras del mismo.

Así, el criterio de evaluación de exposición a ruido RC Mark II proporciona información útil tanto sobre el nivel de presión sonora como sobre el carácter subjetivo de un espectro sonoro.

5. USOS Y LIMITACIONES DEL MÉTODO

Como su precursor, el método de RC Mark II fue diseñado para valorar el rendimiento sonoro global de sistemas de calefacción, ventilación y de aire acondicionado (HVAC). Pero el método también puede ser usado como un instrumento de diagnóstico para analizar problemas por exposición a ambiente sonoros. De hecho, el propio autor del criterio afirma que la evaluación RC Mark II, incluyendo el Índice de Evaluación de Calidad (QAI), es sobre todo útil en el diagnóstico de situaciones en las que los ocupantes de un local se quejan del ambiente sonoro existente, cuando es con frecuencia necesario determinar donde y cuanto debe ser modificado el espectro sonoro para satisfacer a los inquilinos.

El Índice de Evaluación de Calidad « (QAI) », como medida del grado de desequilibrio del espectro sonoro, es útil como un instrumento diagnóstico en la estimación de la reacción probable de los ocupantes de un local, cuando no existe una calidad óptima del ambiente sonoro.

El método de RC Mark II no está dirigido a la evaluación o diseño de locales que deben tener condiciones sonoras muy bajas típicas de artes de interpretación o instalaciones especiales como estudios de grabación. En tales casos generalmente se requieren los servicios de un profesional especializado.

6. DESCRIPCIÓN DE LAS CURVAS

La familia de curvas RC revisadas se muestran en la figura 1. Cada curva de referencia identifica la forma de un espectro sonoro neutro, catalogada por un número de curva RC. El número de curva corresponde al nivel de presión sonora de la curva en la banda de octava centrada en 1000 Hz. Estas curvas tienen una pendiente de -5 dB/octava de 31.5 a 4000 Hz y modifican su forma en la banda de octava de 16 Hz.

La familia de curvas de referencia de RC incluye curvas en cada nivel de 25 a 50 dB, incluidos. Las regiones del gráfico identificado como A y B corresponden a los niveles de presión sonora de fuerza suficiente para crear problemas adicionales por vibración acústicamente inducida en paredes y techos de peso ligero habituales en la construcción típica de oficina. En la región A, la vibración acústicamente inducida puede ser percibida claramente y es capaz de causar traqueteos audibles en aparatos de iluminación, muebles, puertas, ventanas, etc. En la región B son potencialmente posibles efectos similares, pero a un grado menor. La curva «T» representa el umbral de audición en base a ANSI (*American National Standards Institute*) 12.2-1995.

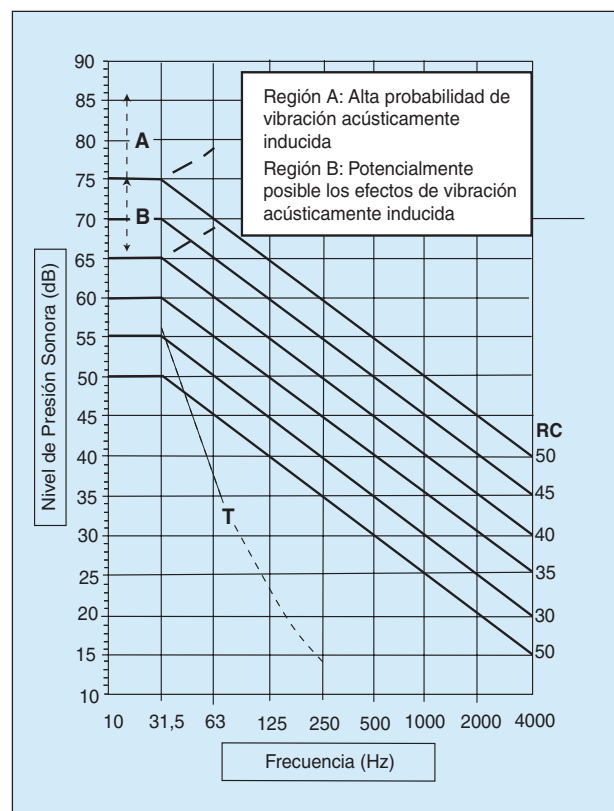


Figura 1. Familia de curvas RC

7. PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO RC MARK II

Paso 1. Determine la curva de referencia de RC apropiada.

El primer paso del procedimiento consiste en identificar la curva de referencia de RC, la cual determina las propiedades del espectro sonoro evaluado para enmascarar la comunicación verbal.

El cálculo se hace obteniendo el promedio aritmético de los niveles sonoros en el rango principal de frecuencia conversacional representada por los niveles en las bandas de octava de 500, 1000, y de 2000 Hz. La curva de referencia de RC es escogida como la que obtiene el mismo valor en 1000 Hz que el valor medio calculado (aproximando el valor obtenido al número entero más cercano). Esta curva no debe ser confundida con el Nivel de Interferencia Conversacional (SIL), que es un promedio de cuatro bandas obtenido por la inclusión de la banda de octava de 4000 Hz.

Por ejemplo, si el espectro sonoro a evaluar fuera el siguiente:

Frecuencia, Hz	16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000
Nivel de Presión sonora, dB	63	66	63	56	48	39	36	29	22

el cálculo para determinar la curva RC se realizaría como se indica a continuación:

Media aritmética de los NPS en 500-2000 Hz = $(39+36+29)/3 = 34.6$

Por tanto la curva de referencia para evaluar la calidad del espectro es RC 35.

Paso 2. Asigne una calidad sonora subjetiva calculando el Índice de Evaluación de Calidad (QAI)

Este índice es una medida del grado en el que se desvía la forma del espectro a evaluar de la forma de la curva de referencia de RC. El índice de evaluación de calidad (QAI) es útil en la estimación de la reacción probable de un trabajador al ambiente sonoro al que esta expuesto.

El procedimiento requiere el cálculo de las desviaciones medias de energía espectrales de la curva de referencia de RC en cada uno de tres grupos de frecuencia: baja frecuencia, LF (16-63 Hz), media frecuencia, MF (125-500 Hz), y alta frecuencia, HF (1000-4000 Hz). El cálculo de la desviación sonora para la región LF lo da la ecuación (1) y se repite para las regiones de MF y HF substituyendo los valores correspondientes en cada frecuencia. Sin embargo, en la evaluación de ruidos típicos relacionados con sistemas de calefacción, ventilación y de aire acondicionado, a menudo es suficiente realizar un promedio aritmético simple de estas desviaciones, siempre y cuando el rango de valores no exceda de 3 dB.

$$(1) \Delta LF = 10 \text{ Log} [(10^{0.1\Delta L_{16}} + 10^{0.1\Delta L_{31.5}} + 10^{0.1\Delta L_{63}}) / 3]$$

Donde los términos ΔL son las diferencias de nivel de presión sonora entre el espectro que esta siendo evaluado y la curva de referencia de RC en cada banda de frecuencia. De este modo, se obtienen tres factores de desviación espectrales (ΔLF , ΔMF , ΔHF), expresado en dB con valores positivos o con negativos. QAI es igual a la diferencia en dB entre los valores más altos y más

bajos de los factores de desviación espectrales.

Si $QAI \leq 5$ dB, al espectro se le asigna una valoración de neutro (N). Si QAI excede 5 dB, al espectro se le da la valoración del rango de frecuencias que tiene el factor de desviación con el valor positivo más alto.

Utilizando el ejemplo expuesto en el apartado anterior, el cálculo del QAI sería el expresado en la tabla 1.

Un inquilino medio del local objeto de estudio, debería percibir el ruido ambiente como un ligero estruendo.

	Frecuencia, Hz								
	16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000
Nivel de Presión sonora, dB	63	66	63	56	48	39	36	29	22
Media aritmética del nivel de presión sonora en 500-2000 Hz							35		
Contorno de la curva RC	60	60	55	50	45	40	35	30	25
Diferencias de nivel sonoro	3	6	8	6	3	-1	1	-1	-3
	LF			MF			HF		
Desviación Espectral	6.1			3.5			-0.7		
QAI	6.1 - (-0.7) = 6.8								

Tabla 1. Cálculo del QAI

Paso 3: Combine los pasos 1 y 2 para la interpretación de la valoración del ambiente sonoro con el procedimiento RC Mark II.

Una vez obtenidos todos los datos descritos en los pasos anteriores, en base al estudio experimental patrocinado por ASHRAE la interpretación será la siguiente:

1. Un espectro que tiene un valor de QAI menor o igual a 5 dB corresponde a un espectro sonoro casi neutro que por lo general será juzgado como aceptable, siempre y cuando no exceda los valores criterios establecidos en la tabla 2 para cada tipo de actividad desarrollada en el local.

Una excepción a esta regla ocurre cuando los niveles de presión sonoros en las bandas de octava de 16 Hz o 31.5 Hz exceden 65 dB. En tales casos, deberá tenerse en cuenta el potencial de la vibración acústicamente inducida en la construcción ligera típica de oficina. Si los niveles en estas bandas exceden 75 dB, es probable que exista un problema significativo con la vibración inducida.

2. Un valor de QAI que excede de 5 dB, pero que es menor o igual a 10 dB, generalmente representa una situación moderada. Se entiende por "moderada" aquella situación que puede ser juzgada como ligeramente aceptable o ligeramente inaceptable, dependiendo de la actitud del observador particular).
3. Cuando QAI es mayor a 10 dB la situación sonora ambiente probablemente será juzgada como inaceptable por la mayor parte de los inquilinos del espacio.

Por último, la tabla 3 lista unos valores de descriptores de calidad del sonido y QAI y los relaciona con la reacción probable del inquilino al sonido.

Actividad o lugar	RC (N); QAI ≤ 5 dB ^{a,b}
Residencias, Apartamentos, pisos	25-35
Hoteles/Moteles	
Habitaciones individuales o suites	25-35
Salas de reuniones o banquetes	25-35
Vestíbulos, pasillos	35-45
Áreas de servicio o asistencia.	35-45
Edificios de oficina	
Oficinas ejecutivas y privadas	25-35
Sala de conferencias	25-35
Salas de videoconferencias	25 (máx.)
Oficinas abiertas	30-40
Vestíbulos y pasillos	40-45
Hospital y Clínicas	
Habitaciones privadas	25-35
Sala de consultas	30-40
Quirófanos	25-35
Pasillos y áreas públicas	30-40
Espacios para artes interpretativas	
Teatros, sala de conciertos y recitales ^c	25 (máx.)
Estudios de enseñanza musical	25 (máx.)
Salas de ensayo de música	35 (máx.)
Laboratorios	
Pruebas/investigación (existe una mínima comunicación)	45-55
Investigación (con uso extendido del teléfono, existe comunicación)	40-50
Grupos de enseñanza	35-45
Iglesias, mezquitas, sinagogas	
Asamblea general (con programas musicales importantes)	25-35
Escuelas ^d	
Aulas hasta 70 m ²	40 (máx.)
Aulas de más de 70 m ²	35 (máx.)
Grandes salas de conferencia (sin amplificadores para el discurso)	35 (máx.)
Librerías	30-40
Sala de justicia	
Sin amplificadores para el discurso	25-35
Con amplificadores para el discurso	30-40
Estadios cubiertos, gimnasios	
Gimnasios, piscinas y espacios con una gran capacidad de aforo y amplificadores para el discurso.	40-45

Tabla 2. Valores criterio recomendados para cada actividad o lugar

Algunas aclaraciones sobre la tabla 2 son:

- Los valores y rangos están basados en el juicio y la experiencia. Estos representan los límites generales de aceptabilidad para actividades o lugares típicos. Pueden ser apropiados valores más altos o inferiores

y deberían estar basados en un análisis cuidadoso de las necesidades del usuario.

- Cuando la calidad sonora en el lugar evaluado es importante, se recomienda especificar los criterios en términos de RC (N). Si en cambio, la calidad sonora es una cuestión poco importante, los criterios pueden ser especificados en términos de NC o NCB con una magnitud similar.
- Se deberá consultar a un experto acústico experimentado.
- Los criterios acústicos relacionados para escuelas catalogados en esta tabla, pueden ser demasiado altos e impedir el estudio a los niños en grados primarios cuyo vocabulario es limitado, o cuya lengua materna no es la lengua de la clase. Algunos educadores y otros expertos, creen que el sonido de fondo relacionado en aulas no debería exceder RC 25 (N).

8. EJEMPLO DE APLICACIÓN

El espectro sonoro ilustrado en la Fig. 2 es representativo de una situación en la que se irradiaba ruido desde el techo de unas oficinas, debido a que existían tuberías de aire del sistema de climatización por donde circulaba aire turbulento. Supongamos que los ocupantes del local trabajan en oficinas abiertas y se quejan de malestar a causa del ambiente sonoro.

Para la resolución de este caso se puede optar, por una representación gráfica del espectro sonoro. Para ello se ha de calcular cuál es la curva RC de referencia. En la figura 2 se indica la curva de referencia apropiada es RC 40; cuyo cálculo se muestra en la tabla 4 (línea 2). Como la pendiente de las curvas RC es de 5 dB/octava son fáciles de representar. Donde la línea gruesa azul marca el criterio RC de referencia y los puntos negros representan los valores del espectro sonoro a evaluar recogidos en la tabla 4 (línea 1).

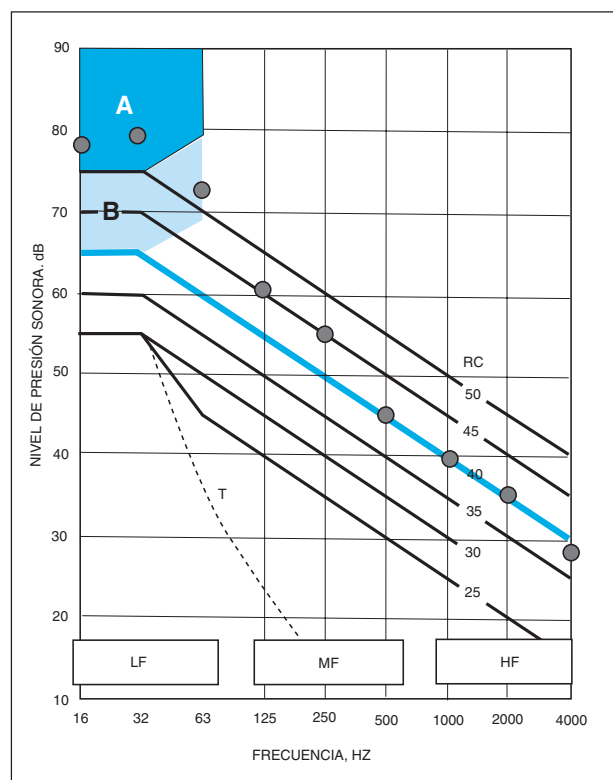


Figura 2. Ejemplo

Descriptor de Calidad Sonora	Descripción de la percepción subjetiva	Magnitud del QAI	Resultado de la evaluación. (Asumiendo que no se supera el Nivel de criterio recomendado)
(N) Neutro	Espectro sonoro equilibrado, no existe un único rango de frecuencias dominantes.	$QAI \leq 5 \text{ dB}, L_{16}, L_{31.5} \leq 65$	ACEPTABLE
		$QAI \leq 5 \text{ dB}, L_{16}, L_{31.5} > 65$	MODERADO
(LF) Baja frecuencia (Estruendo)	Rango de bajas Frecuencias dominante (16 – 63 Hz)	$5 \text{ dB} < QAI \leq 10 \text{ dB}$	MODERADO
		$QAI > 10 \text{ dB}$	INACEPTABLE
(LFV _B) Estruendo, con vibración superficial moderadamente perceptible en el local.	Rango de bajas Frecuencias dominante (16 – 63 Hz)	$QAI \leq 5 \text{ dB}, 65 < L_{16}, L_{31.5} < 75$	MODERADO
		$5 \text{ dB} < QAI \leq 10 \text{ dB}$	MODERADO
		$QAI > 10 \text{ dB}$	INACEPTABLE
(LFV _A) Estruendo, con vibración superficial claramente perceptible en el local.	Rango de bajas Frecuencias dominante (16 – 63 Hz)	$QAI \leq 5 \text{ dB}, L_{16}, L_{31.5} > 75$	MODERADO
		$5 \text{ dB} < QAI \leq 10 \text{ dB}$	MODERADO
		$QAI > 10 \text{ dB}$	INACEPTABLE
(MF) Media Frecuencia (Rugido)	Rango de medias Frecuencias dominante (125 – 500 Hz)	$5 \text{ dB} < QAI \leq 10 \text{ dB}$	MODERADO
		$QAI > 10 \text{ dB}$	INACEPTABLE
(HF) Alta Frecuencia (Silbido)	Rango de altas Frecuencias dominante (1000 – 4000 Hz)	$5 \text{ dB} < QAI \leq 10 \text{ dB}$	MODERADO
		$QAI > 10 \text{ dB}$	INACEPTABLE

Tabla 3. Interpretación de la Valoración RC Mark II

Como la actividad que se desarrolla es trabajo en oficinas abiertas, el valor criterio recomendado en la tabla 2 es de 30 a 40. Por tanto no se supera la recomendación y se ha de seguir con la valoración del espectro sonoro para llegar a estimar si las quejas de los ocupantes de las oficinas están justificadas o no.

La representación gráfica permite visualizar sin cálculos adicionales que la región del espectro preponderante es la LF (Low Frequency). Hay que recordar que cada curva de referencia RC identifica la forma de un espectro sonoro neutro. Además el espectro alcanza el sector A, por lo que podemos decir que existe un grado claramente sensible de ruido que induce la vibración de las estructuras ligeras del local. Sólo con la representación gráfica y el cálculo del criterio RC, se puede estimar que la valoración de RC Mark II de este espectro es RC 40 (LFA).

Por otra parte, para evaluar la exposición al ambiente sonoro en aceptable, moderada o inaceptable, se ha de

calcular el Índice QAI. Por lo que se recomienda realizar un estudio analítico del espectro tal y como se indica en la tabla 4.

Los cálculos a realizar son los que se muestran en la tabla 4.

Sabiendo que:

1. La línea 1 de la tabla representa el espectro sonoro a evaluar, medido en dB.
2. La línea 2 muestra el cálculo de la curva criterio RC, a través de la media aritmética de los niveles de presión sonora en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz.
3. La línea 3 recoge los valores de la curva neutra correspondiente RC 40. (Hay que recordar que la pendiente de estas curvas es de 5 dB/octava.)
4. La línea 4 son las diferencias aritméticas entre el espectro y los valores de la curva RC de referencia en cada frecuencia de octava.

		Frecuencia, Hz								
		16	31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000
1	Nivel de Presión sonora, dB	78	80	73	60	55	45	39	35	27
2	Media aritmética del nivel de presión sonora en 500-2000 Hz	40								
3	Contorno de la curva RC	65	65	60	55	50	45	40	35	30
4	Diferencias de nivel sonoro	13	15	13	5	5	0	-1	0	-3
5		LF	MF	HF						
6	Desviación Espectral	13.7	3.8	-1.2						
7	QAI	$13.7 - (-1.1) = 14.8$								

Tabla 4. Cálculos a realizar

5. La línea 5 incluye la agrupación de bandas de frecuencia en tres rangos: Baja, Media y Alta Frecuencia.

6. La línea 6 incluye los factores de desviación calculados de la siguiente manera:

$$\Delta LF = 10 \text{ Log } [(10^{1.3} + 10^{1.5} + 10^{1.3}) / 3] = 13.7$$

$$\Delta MF = 10 \text{ Log } [(10^{0.5} + 10^{0.5} + 10^0) / 3] = 3.8$$

$$\Delta HF = 10 \text{ Log } [(10^{-0.1} + 10^0 + 10^{-0.3}) / 3] = -1.17$$

Además, en el caso de ΔLF y ΔHF , como la diferencia de las desviaciones no superan los 3 dB, sería suficiente realizar un promedio aritmético del siguiente modo:

$$\Delta LF = (13+15+13)/3 = 13.6$$

$$\Delta HF = (-1+0+(-3))/3 = -1.3$$

7. La línea 7 es la diferencia aritmética entre el factor de desviación más alto y más bajo. Es decir, el cálculo del Índice QAI.

El ejemplo muestra un espectro que causa un QAI = 14.8, con un desequilibrio de frecuencia dominante que ocurre en la región LF. Además como estos Niveles de

Presión Sonora de baja frecuencia se extienden en la Región A de las curvas RC, la valoración de RC Mark II de este espectro es RC 40 (LFA).

Como, por otra parte, QAI > 10 dB, entonces la situación se considera inaceptable, tal y como se indica en la tabla 3, siendo éste el resultado de la evaluación. Las quejas en este caso son justificadas.

9. CONCLUSIÓN

El criterio técnico RC Mark II para evaluar el ruido ambiente en espacios ocupados, ha corregido varios defectos que se hicieron evidentes durante aproximadamente 16 años en el uso práctico del método RC original publicado en 1981 por Blazier. Estas mejoras en la metodología de evaluación del ruido, junto con los criterios sugeridos para interpretar y estimar la respuesta subjetiva de un inquilino expuesto a un ambiente sonoro determinado, han convertido este método en un instrumento útil y práctico para el profesional de evaluación acústica.

Con esta NTP se pretende dar a conocer las mejoras actuales en los criterios técnicos para la valoración del ruido y servir de guía para la aplicación en campo del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BLAZIER W.E.
"RC Mark II: A Refined Procedure for Rating the Noise of Heating, Ventilating and Air-conditioning (HVAC) Systems in Buildings"
J. Noise Control Engineering, 45(6), Nov - Dec 243- 250. 1997
- (2) ASHRAE
Fundamentals Handbook Chapter 7: SOUND AND VIBRATION
ASHRAE, 2001
- (3) GÓMEZ-CANO, M.
Aspectos Ergonómicos del Ruido. 1994.
Madrid, INSHT, 1994
- (4) GREGORY C. TOCCI
Room Noise Criteria
The State of the Art in the Year 2000.

Amianto: planes de trabajo para operaciones de retirada o mantenimiento

Procédures et règles de travail pour l'élimination ou l'entretien des matériaux contenant de l'amiant
Working plan for removing or maintenance of asbestos materials

Redactores:

Asunción Calleja i Vila
Licenciada en Ciencias Químicas

Santos Hernández i Carrascosa
Ingeniero Técnico en Química Industrial

CENTRE DE SEURETAT
I SALUT LABORAL DE BARCELONA

Asunción Freixa Blanxart
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

El objetivo de esta nota técnica de prevención, que sustituye a la NTP-515 del mismo título, es divulgar el marco legal relativo a la protección de los trabajadores frente a exposiciones a amianto referidas a las actividades sometidas a la aprobación previa de un plan de trabajo por la autoridad laboral correspondiente. Un desarrollo explicativo mucho más detallado del marco legal se encuentra en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto, elaborada por el INSHT.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Complementada por la NTP 815.

1. INTRODUCCIÓN

La primera directiva sobre el amianto en la Unión Europea fue publicada en 1983. En España, hasta 1961 no se había regulado la exposición a fibras de amianto desde el punto de vista de la protección de la salud de los trabajadores expuestos. A finales de este año se publicó el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas (RD 2414/1961, BOE 292) que en su anexo 2 establecía por primera vez en España una concentración máxima permitida en el ambiente interior de las explotaciones industriales. En el apartado de polvo industrial en suspensión, la primera sustancia era el amianto o asbesto, para el que fijaba un valor de 175 mg/m³. Se trataba pues de una relación ponderal, que implicaba una determinación mediante procedimientos gravimétricos.

En julio de 1982 mediante OM de 21-7-82 del Ministerio de Trabajo, BOE 191 se establecen unos criterios para exposiciones de 8 horas día y 40 horas semanales de 2 fibras/cm³ y un valor máximo límite de 10 fibras/cm³, que no podía superarse en ningún momento de la exposición. Posteriormente España ha ido transponiendo a su legislación toda la normativa que la Unión Europea ha publicado referente al amianto. En Octubre de 1984 se aprobó el Reglamento sobre Trabajos con Riesgo de Amianto, transponiendo la Directiva 83/477/CEE, mediante OM de 31-10-84, BOE 267, y sus modificaciones: OM 7-1-87, Normas Complementarias del Reglamento sobre Trabajos con Riesgo de Amianto, BOE 13, OM 26-7-93, por la que se modifican los artículos 2,3 y 13 de la OM 31-10-84 y el artículo 2 de la OM 7-1-87, BOE 186.

Finalmente, entró en vigor el RD 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. BOE núm. 86 de 11 de abril.

Así mismo debe señalarse que España ratificó en 1990 el Convenio 162 de la Organización Internacional del Trabajo, en relación a los trabajos con riesgo de amianto, BOE 281.

En referencia a las enfermedades profesionales, en España se reconocieron como derivadas de los trabajos

con exposición a polvo con amianto la asbestosis (Decreto 762/1961), el carcinoma primitivo de bronquio o pulmón y el mesotelioma pleural y peritoneal (RD 1995/1978). En el RD 1299/2006, de 10 de noviembre, por el que se aprueba el cuadro de enfermedades profesionales en el sistema de la Seguridad Social y se establecen criterios para su notificación y registro, BOE núm. 302 de 19 de diciembre se añade el cáncer de laringe producido por la inhalación de polvo de amianto, en la lista complementaria de enfermedades cuyo origen profesional se sospecha y cuya inclusión en el cuadro de enfermedades profesionales podría contemplarse en el futuro (Anexo 2).

La Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales (PRL) determina el cuerpo básico preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo. Como desarrollo de esta Ley (art. 6), cabe mencionar aquellas normas reglamentarias que están relacionadas con la posible exposición de amianto en el ámbito laboral que se trata aquí y que son:

- RD 665/97 de protección de la salud de los trabajadores frente a la exposición a agentes cancerígenos en el trabajo, BOE 124.
- RD 1627/97 sobre disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción, BOE 256.
- RD 374/2001 sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, BOE 104.

Con la Orden de 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos, BOE núm. 299 de 14 de diciembre, se prohíbe la comercialización y utilización de todas las variedades de amianto.

Visto lo anterior, se puede afirmar que el marco legal existente en la actualidad, aunque cubre todos los aspectos de protección de la salud laboral, de protección

de los consumidores y del medio ambiente, se centra principalmente en la salud laboral y concretamente en la protección de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición al amianto.

2. IDENTIFICACIÓN MATERIALES CON AMIANTO

La primera actuación preventiva que es necesario realizar es la de la identificación de los materiales que pueden contener amianto en su composición (MCA). En el artículo 10.2 del RD 396/2006 se establece que *“Antes del comienzo de obras de demolición o mantenimiento, los empresarios deberán adoptar -si es necesario, recabando información de los propietarios de los locales- todas las medidas adecuadas para identificar los materiales que puedan contener amianto. Si existe la menor duda sobre la presencia de amianto en un material o una construcción, deberán observarse las disposiciones de este real decreto que resulten de aplicación.”*

A estos efectos, la identificación deberá quedar reflejada en el estudio de seguridad y salud, o en el estudio básico de seguridad y salud, a que se refiere el RD 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, o en su caso en la evaluación de riesgos en aquellas obras en las que reglamentariamente no sea exigible la elaboración de dichos estudios”.

En la figura 1 se observan losetas de fibrocemento que deben ser identificadas como material con amianto.



Figura 1. Cubierta con losetas de fibrocemento con amianto

Para la identificación de los MCA se deberá acudir a las fuentes de información disponibles, proyecto técnico de la instalación, posible documentación sobre los materiales instalados, etc. Si la información no fuera suficiente será necesario realizar una inspección en la zona afectada. Se dan orientaciones prácticas en las Notas Técnicas de Prevención siguientes:

- NTP 632: Detección de amianto en edificios (I): aspectos básicos
- NTP 633: Detección de amianto en edificios (II): identificación y metodología de análisis.
- NTP 707: Diagnóstico de amianto en edificios (I): situación en España y actividades vinculadas a diagnóstico en Francia
- NTP 708: Diagnóstico de amianto en edificios (II): Norma NF X46-020 (AFNOR)

3. PLAN DE TRABAJO

Los planes de trabajo se regulan en el RD 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. BOE núm. 86 de 11 de abril.

Ámbito de aplicación

Comprende todas aquellas operaciones y actividades en las que los trabajadores estén expuestos o sean susceptibles de estar expuestos a fibras de amianto o de materiales que lo contengan, y especialmente:

- a. Trabajos de demolición de construcciones donde exista amianto o materiales que lo contengan.
- b. Trabajos de desmantelamiento de elementos, maquinaria o utillaje donde exista amianto o materiales que lo contengan.
- c. Trabajos y operaciones destinadas a la retirada de amianto, o de materiales que lo contengan, de equipos, unidades (tales como barcos, vehículos, trenes), instalaciones, estructuras o edificios.
- d. Trabajos de mantenimiento y reparación de los materiales con amianto existentes en equipos, unidades (tales como barcos, vehículos, trenes), instalaciones, estructuras o edificios.
- e. Trabajos de mantenimiento y reparación que impliquen riesgo de desprendimiento de fibras de amianto por la existencia y proximidad de materiales de amianto.
- f. Transporte, tratamiento y destrucción de residuos que contengan amianto.
- g. Vertederos autorizados para residuos de amianto.
- h. Todas aquellas otras actividades u operaciones en las que se manipulen materiales que contengan amianto, siempre que exista riesgo de liberación de fibras de amianto al ambiente de trabajo.

Se establece en el artículo 3.2 del mencionado RD 396/2006 que para las exposiciones esporádicas de los trabajadores, cuando la intensidad de la exposición al amianto sea baja y los resultados de la evaluación del artículo 5 indiquen claramente que no se sobrepasará el valor límite de exposición al amianto en el área de la zona de trabajo, no serán de aplicación los artículos 11 (planes de trabajo), 16 (vigilancia de la salud), 17 (inscripción RERA) y 18 (registro y archivo), cuando se trabaje:

- a. en actividades cortas y discontinuas de mantenimiento durante las cuales sólo se trabaje con materiales no friables,
- b. en la retirada sin deterioro de materiales no friables,
- c. en la encapsulación y en el sellado de materiales en buen estado que contengan amianto, siempre que estas operaciones no impliquen riesgo de liberación de fibras, y
- d. en la vigilancia y control del aire y en la toma de muestras para detectar la presencia de amianto en un material determinado.

Dicha exención se refiere a situaciones excepcionales que sean esporádicas, ocasionales sin ostensible enlaces con antecedentes ni consiguientes; por lo que los trabajos discontinuos con exposición a amianto no entran en la mencionada exención. Son ejemplos de trabajos que **no** pueden acogerse al artículo 3.2 los de mantenimiento y/o reparación de redes de distribución de aguas municipales y la retirada de pequeñas cantidades de materiales con amianto por empresas cuya actividad es la de desamiantado o construcción.

Puntos que ha de prever un plan de trabajo para actividades con riesgo de exposición amianto

- a. Descripción del trabajo a realizar con especificación del tipo de actividad que corresponda: demolición, retirada, mantenimiento o reparación, trabajos con residuos, etc. Ver figura 2.
- b. Tipo de material a intervenir indicando si es friable (amianto proyectado, calorifugados, paneles aislantes, etc.) o no friable (fibrocemento, amianto-vinilo, etc.), y en su caso la forma de presentación del mismo en la obra, indicando las cantidades que se manipularán de amianto o de materiales que lo contengan.
- c. Ubicación del lugar en el que se habrán de efectuar los trabajos.
- d. La fecha de inicio y la duración prevista del trabajo.
- e. Relación nominal de los trabajadores implicados directamente en el trabajo o en contacto con el material conteniendo amianto, así como categorías profesionales, oficios, formación y experiencia de dichos trabajadores en los trabajos especificados.
- f. Procedimientos que se aplicarán y las particularidades que se requieran para la adecuación de dichos procedimientos al trabajo concreto a realizar.
- g. Las medidas preventivas contempladas para limitar la generación y dispersión de fibras de amianto en el ambiente y las medidas adoptadas para limitar la exposición de los trabajadores al amianto.
- h. Los equipos utilizados para la protección de los trabajadores, especificando las características y el número de las unidades de descontaminación y el tipo y modo de uso de los equipos de protección individual.
- i. Medidas adoptadas para evitar la exposición de otras personas que se encuentren en el lugar donde se efectúe el trabajo y en su proximidad.
- j. Las medidas destinadas a informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos y las precauciones que deban tomar.
- k. Las medidas para la eliminación de los residuos de acuerdo con la legislación vigente indicando empresa gestora y vertedero.
- l. Recursos preventivos de la empresa indicando, en caso de que éstos sean ajenos, las actividades concertadas.
- m. Procedimiento establecido para la evaluación y control del ambiente de trabajo de acuerdo con lo previsto en este real decreto.



Figura 2. Pared pluvial de fibrocemento con amianto

En todo caso se eliminará el amianto de los materiales que lo contengan antes de empezar cualquier operación de demolición, excepto cuando hacerlo implique mayor riesgo para los trabajadores.

En la figura 3 se observa un posible trabajo de reparación o retirada de material friable (que se deshace con facilidad) que presenta unas características específicas que deberán constar en el plan de trabajo, como medidas de confinamiento (glove-bag, burbuja con depresión), equipos individuales de protección respiratoria, entre otras.



Figura 3. Calorifugado con amianto

4. ¿QUIÉN, DÓNDE Y CUÁNDO SE HA DE PRESENTAR EL PLAN DE TRABAJO?

¿Quién?

La empresa que realiza los trabajos con amianto, que estará inscrita en el Registro de Empresas con Riesgo de Amianto (RERA).

¿Donde?

- *Planes específicos.* Los que se aplican a cada trabajo u obra. Ejemplos: retirada de un calorifugado en una empresa textil. Retirada de placas de fibrocemento en una pared pluvial con antelación a la edificación del terreno colindante. Retirada de amianto proyectado en la estructura metálica de un edificio de oficinas para su rehabilitación.

Se presentaran en las oficinas de la Autoridad Laboral del territorio donde se ejecuten los trabajos con amianto. Si éstos se realizan en un territorio diferente de aquel donde la empresa está inscrita en el RERA, se presentará con el plan de trabajo una copia de dicha inscripción.

- *Planes de carácter general.* Los que se presentan para trabajos de corta duración, con presentación irregular o no programables con antelación. Ejemplos: Operaciones de mantenimiento de redes de distribución de aguas municipales. Recogida de escombros con materiales con amianto en naves industriales que hallan sufrido un incendio, inundación o cualquier otra circunstancia imprevista. Operaciones de mantenimiento habituales en edificios con materiales con amianto, como reparaciones eléctricas, de calderas, de maquinaria... etc.

Se presentaran en las oficinas de la Autoridad Laboral del territorio donde está inscrita en el RERA.

¿Cuándo?

El plan ha de estar aprobado por la autoridad laboral antes del inicio de los trabajos con amianto. La administración laboral dispone de 45 días naturales para resolver y notificar mediante resolución administrativa específica cada plan de trabajo presentado. Si transcurrido dicho plazo no se ha recibido notificación mediante resolución de la Autoridad Laboral, el plan de trabajo se considerará aprobado.

En la figura 4 se presenta un ejemplo de una estructura metálica ignifugada, de la que se va a proceder al desamiantado. La empresa que realiza los trabajos de desamiantado es la que tiene que presentar el plan de trabajo correspondiente.



Figura 4. Amianto proyectado en estructura metálica (crocidolita)

Los empresarios que contraten o subcontraten a otros estos tipos de trabajo comprobarán que los contratistas disponen del correspondiente plan de trabajo aprobado por la Autoridad Laboral competente. Para ello la empresa contratista o subcontratista deberá remitir a la empresa principal el Plan de Trabajo aprobado y la resolución de la Autoridad Laboral que lo aprobó.

Por otro lado, cabe recordar que la reglamentación sobre trabajos en actividades de especial peligrosidad para los que las ETT no podrán celebrar contratos de puesta

a disposición cita expresamente los agentes cancerígenos, entre los que se halla el amianto. Ver el RD 216/99, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de empresas de trabajo temporal, BOE 47.

5. RESIDUOS

Los residuos con amianto se clasifican según el Catálogo Europeo de Residuos, CER, (Orden MAM/304/2002, de 8-2-2002, BOE número 43 del 19-2-2002) como:

- 06 07 01 Residuos de electrólisis que contienen amianto.
- 06 13 04 Residuos procedentes de la transformación del amianto (*en desuso con la prohibición*).
- 10 13 09 Residuos de la fabricación de fibrocemento que contienen amianto (*en desuso con la prohibición*).
- 15 01 11 Envases metálicos, incluidos los recipientes a presión vacíos, que contienen una matriz porosa sólida peligrosa (por ejemplo, amianto).
- 16 01 11 Zapatas de freno que contienen amianto.
- 16 02 12 Equipos desechados que contienen amianto libre.
- 17 06 01 Materiales de aislamiento que contienen amianto.
- 17 06 05 Materiales de construcción que contienen amianto.

Todos ellos clasificados como residuos peligrosos y a los que les será de aplicación la Ley 10/98 de Residuos, BOE 96.

Los residuos con amianto:

- Se recogerán separándolos de otro tipo de residuos en origen, en embalajes cerrados apropiados. Por ejemplo: el material de fibrocemento entero se recogerá sobre big-bag de polipropileno con asas y bolsa interior de polietileno de tamaño adecuado que permita depositar el material entero o se embalará con material plástico de suficiente resistencia mecánica (se recomienda galga no inferior a 400) que se flejará adecuadamente sobre palets de madera. Los frag-

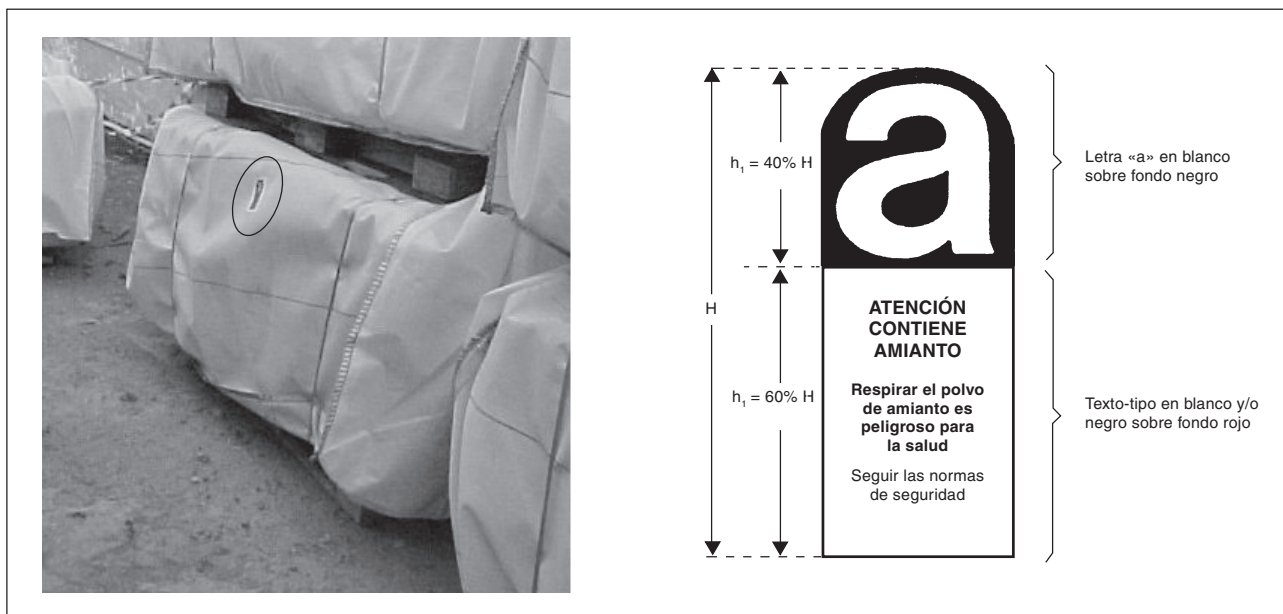


Figura 5. Big-bags para placas de fibrocemento con amianto y detalle de señalización

mentos de fibrocemento y otros residuos de amianto se recogerán en big-bag de polipropileno con asas y bolsa interior de polietileno.

- Los embalajes se señalarán con etiquetas que indiquen que contienen amianto de acuerdo con el Anexo II del RD 1406/1989. Ver la figura 5.
- Se transportarán fuera del lugar de trabajo lo antes posible, cerrados y limpios sin restos de residuos, de acuerdo con la normativa específica sobre transporte de residuos peligrosos.
- El transportista estará inscrito en el registro de empresas con riesgo de amianto (RERA) y autorizado por el órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente.
- Se depositarán, de acuerdo con los criterios del órgano competente en materia medioambiental de la Comunidad Autónoma correspondiente, en vertederos de residuos peligrosos, o en vertederos de residuos no peligrosos que cumplan las condiciones establecidas en el punto 2.3.3. del Anexo de la Decisión del Consejo (2003/33/CE), de 19 de diciembre de 2002, por la que se establecen los criterios y procedimientos de admisión de residuos en los vertederos con arreglo al artículo 16 y al anexo II de la Directiva 1999/31/CEE.

6. CONCLUSIONES

A modo de conclusiones de lo expuesto hasta aquí, pueden establecerse los siguientes puntos:

1. Es fundamental realizar una buena identificación de los materiales con amianto. En caso de duda sobre la presencia de MCA se actuará como si el material contuviera amianto.
2. La empresa que realice los trabajos con amianto deberá inscribirse en el Registro de Empresas con Riesgo de Amianto (RERA), existente en los órganos correspondientes de la autoridad laboral del territorio donde radiquen sus instalaciones principales, entendiéndose como tales las de su razón social.
3. El plan de trabajo lo presentará la empresa que realice los trabajos contemplados en el mismo.
4. Es obligatoria la aprobación por la Autoridad Laboral del plan de trabajo, previamente al inicio de las actividades con amianto preceptivas.
5. Todos los residuos de amianto son residuos peligrosos, y por lo tanto se recogerán, transportarán y se depositarán de acuerdo con su normativa específica.

LEGISLACIÓN RELACIONADA

- (1) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a amianto.
INSHT, Madrid, 2008
- (2) REAL DECRETO 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. BOE núm. 86 de 11 de abril.
- (3) ORDEN de 7 de diciembre de 2001 por la que se modifica el anexo I del Real Decreto 1406/1989, de 10 de noviembre, por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. BOE núm. 299 de 14 de diciembre.
- (4) 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. BOE núm. 104 de 1 de mayo.
- (5) RD 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de empresas de trabajo temporal. BOE núm 47 de 24 de febrero.
- (6) LEY 10/1998, de 21 de Abril de Residuos. BOE núm. 96 de 22 de Abril.
- (7) REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE núm. 256 de 25 de octubre.
- (8) RD 665/1997 de 12 de mayo sobre protección de los trabajadores frente los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE núm. 124 de 24 de mayo.
- (9) RD 108/1991 de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. BOE núm. 32 de 6 de febrero.
- (10) Instrumento 17 de Julio de 1990. Ratificación del Convenio de la OIT de 24 de Junio de 1986, núm. 162 sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo - Asbesto. Utilización del asbesto en condiciones de seguridad. BOE núm. 201 de 23 de noviembre.
- (11) REAL DECRETO 1406/1989, de 10 Noviembre, por el que se impone limitaciones a la comercialización y uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. BOE núm. 278 de 20 de noviembre.

Riesgos asociados a la nanotecnología

Risques liés a la nanotechnologie
Risks linked to nanotechnology

Redactores:

Maria Gràcia Rosell Farràs
Ingeniero Técnico Químico

Lluís Pujol Senovilla
Licenciado en Ciencias Físicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

A la definición general de nanotecnología como capacidad de manipular la materia para diseñar, obtener y aplicar nuevas estructuras y sistemas a escala nanométrica, la US National Nanotechnology Initiative añade que una tecnología sólo se puede definir como nanotecnología si cumple con las siguientes premisas:

1. Que la investigación y el desarrollo tecnológico se apliquen a estructuras cuya longitud esté comprendida entre 1 y 100 nanómetros (nm) al menos en una de sus dimensiones. Como $1 \text{ nm} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ (es decir, una millonésima de milímetro) se tratará frecuentemente de una precisión atómica o molecular.
2. Que se obtengan o utilicen estructuras, dispositivos y sistemas que presenten propiedades y funciones características como consecuencia de su dimensión nanométrica.
3. Que se tenga la capacidad de controlar o manipular a escala atómica.

Una de las características de las nanopartículas es que la relación entre el número de átomos superficiales y el tamaño de la partícula es de carácter exponencial. Por ello, las propiedades relacionadas con la superficie, como las eléctricas, mecánicas, magnéticas, ópticas o químicas de los nanomateriales son diferentes a las de los mismos materiales a escala no nanométrica. Esas propiedades juegan un papel importante en la toxicidad de estas partículas ultrafinas y es importante conocerlas para entender, predecir y gestionar el riesgo potencial que presentan para los trabajadores. Como ocurre con cualquier nuevo material, no se dispone de datos toxicológicos suficientes sobre los efectos producidos en trabajadores expuestos, existiendo en este caso mayor incertidumbre por las propiedades anteriormente expuestas.

2. CLASIFICACIÓN DE LAS NANOPARTÍCULAS

No existe una definición única de nanopartícula aunque la mayoría de autores convienen que las nanopartículas son porciones de materia diferenciadas del medio donde se encuentran y cuya longitud, al menos en una de sus dimensiones está entre 1 y 100 nm. A partir de esta definición las nanopartículas pueden clasificarse en las tres grandes categorías que se comentan a continuación.

Nanopartículas de origen natural

Algunas son de origen biológico, como por ejemplo muchos virus y bacterias y otras son de origen mineral o medioambiental como las que contiene el polvo de arena del desierto o las nieblas y humos derivados de la actividad volcánica o de los fuegos forestales.

Nanopartículas generadas por la actividad humana

Las nanopartículas consecuencia de la actividad humana pueden ser generadas de forma involuntaria o deliberada.

Las nanopartículas producidas de *forma involuntaria* son las que se producen en ciertos procesos industriales bien conocidos, tales como la pirolisis a la llama del negro de carbono, producción de materiales a gran escala por procedimientos a altas temperaturas (como el humo de sílice, partículas ultrafinas de óxido de titanio y metales ultrafinos), procesos de combustión (diesel, carbón), obtención de pigmentos, o en procesos domésticos (barbacoas, humos de aceite).

Las nanopartículas *generadas deliberadamente* se producen mediante las llamadas *nanotecnologías*. Los mé-

todos para la obtención de nanopartículas son, a grandes rasgos, de dos tipos: los llamados “top-down”, en los que se llega a nanomateriales sometiendo materiales convencionales a diversos procesos y los “bottom-up” en los que se construyen nanopartículas a partir de átomos o moléculas. Son ejemplos de ellas las derivadas de la arcilla para reforzar y aumentar la resistencia del plástico, utilizadas en la fabricación de resinas para acabados del exterior de vehículos, y las que modifican propiedades ópticas de algunos materiales que se utilizan en cosmética.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS NANOMATERIALES

En función del número de dimensiones que en la estructura considerada tengan carácter nanométrico, los nanomateriales también se pueden clasificar en:

- Tres dimensiones a escala nanométrica: nanocristales y fullerenos
- Dos dimensiones a escala nanométrica: nanotubos y los nanohilos
- Una dimensión a escala nanométrica: estructuras que se utilizan en los recubrimientos de superficies o películas finas en los que solo su grosor es de orden nanométrico

4. EJEMPLOS DE NANOMATERIALES Y PROPIEDADES

Se comentan a continuación algunos de los nanomateriales más representativos.

Fullerenos

Son estructuras cerradas formadas por átomos de carbono dispuestos en forma de pentágonos y hexágonos a modo de “nanobalones” de fútbol. Entre sus propiedades físicas destaca la de que son capaces de resistir a presiones extremas y recuperar su forma original cuando cesa la presión. Una importante aplicación potencial de los fullerenos está en el campo de los lubricantes (figura 1).

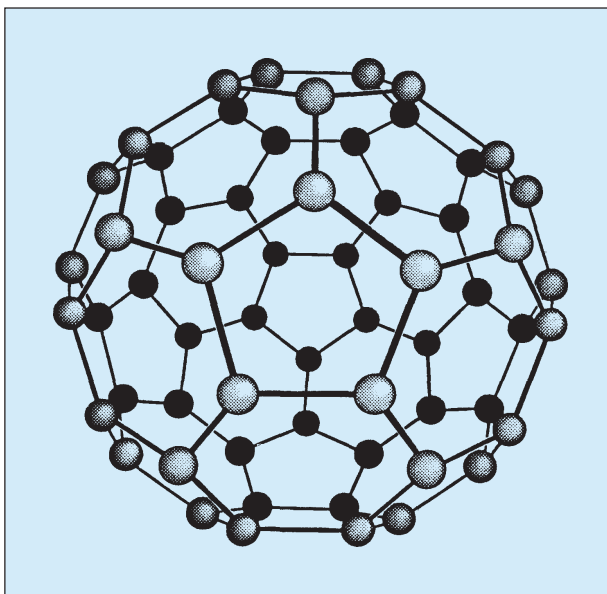


Figura 1. Fullerenos

Nanotubos de carbono

Pueden describirse como un tubo cuya pared es una malla de agujeros hexagonales. También es posible obtener nanotubos de varias capas, a modo de varios tubos concéntricos. Son muy destacables sus propiedades eléctricas y mecánicas. Son grandes superconductores capaces de resistir el paso de corrientes elevadísimas, de densidades de corriente de hasta mil millones de amperios por metro cuadrado, y, por otra parte su resistencia mecánica es sesenta veces superior a la de los mejores aceros; a su vez son ligeros y flexibles ya que su peso es más de seis veces inferior. También es de destacar la estabilidad de sus propiedades térmicas y químicas. Ver la figura 2.

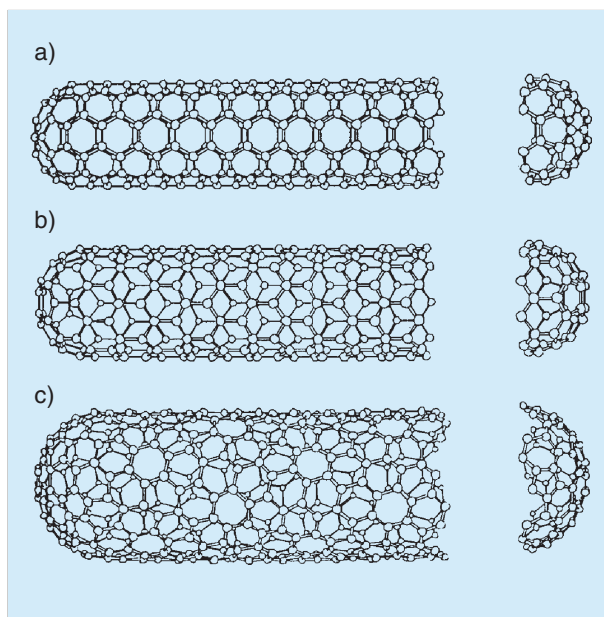


Figura 2. Nanotubos de carbono

Nanohilos

Son también estructuras alargadas que destacan por sus propiedades como conductores o semiconductores. Se han obtenido nanohilos de diversos materiales como silicio, cobalto, oro y cobre. Sus aplicaciones más importantes pertenecen al campo de la nanoelectrónica.

Nanoespumas de carbono

Son estructuras sólidas formadas por grupos de átomos de carbono, cuyo tamaño no excede los 10 nm, ligados entre ellos de manera aleatoria resultando un conglomerado ligero y esponjoso, entre cuyas características destaca la de tener propiedades magnéticas temporales.

5. RIESGOS DE LAS NANOPARTÍCULAS

La acción preventiva frente a los riesgos derivados de las nanopartículas aborda dos aspectos: la prevención de incendios y explosiones, que se deriva de su condición de partículas materiales en el ambiente de trabajo; y la vinculada a su posible toxicidad. En el esquema de la figura 3 se describen las distintas fases de la identificación, evaluación y caracterización del riesgo de los nanomateriales.

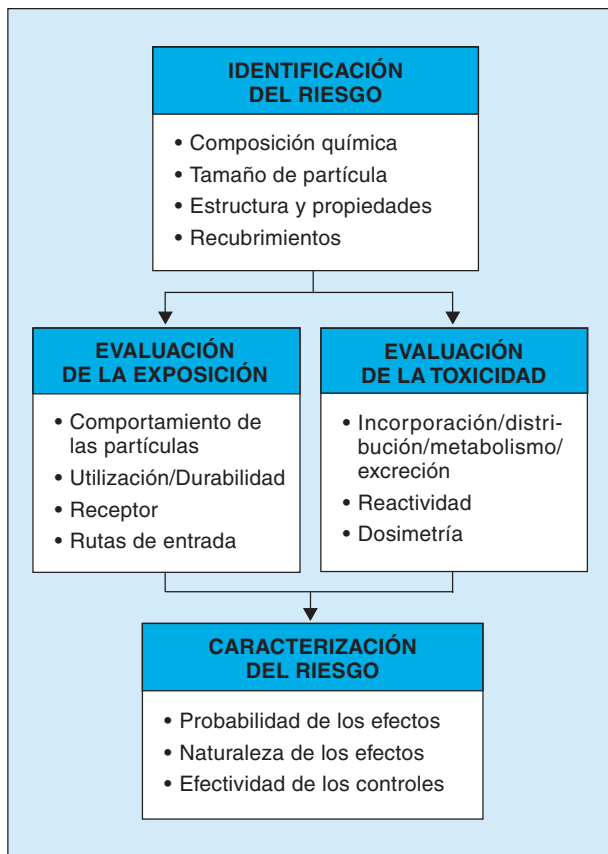


Figura 3. Fases de la identificación, evaluación y caracterización del riesgo de los nanomateriales

Riesgo de incendio y explosión

A la espera de disponer de mayor información, la extrapolación directa a las nanopartículas de las medidas adoptadas en la prevención de explosiones de polvos finos y ultrafinos (por ejemplo, ATEX), no ofrece garantías suficientes debido a los cambios que sufren las propiedades de las partículas al ingresar en la categoría de nanopartículas, derivados, como ya se ha comentado, del hecho de que el número de átomos superficiales en los nanomateriales es mucho mayor que en materiales convencionales. Según datos del Health and Safety Laboratory (HSL) del Reino Unido en el caso de polvos micrométricos, la gravedad de la explosión es mayor cuanto menor es el tamaño de la partícula, pero que precisamente debido a los cambios indicados, este resultado no puede extrapolarse a las nanopartículas. En aras del principio de precaución, y teniendo en cuenta que la energía mínima de ignición de un gas es inferior a la necesaria para la ignición de una nube de polvo, es lícito suponer que el riesgo de explosión e incendio asociado a una nube de nanopartículas, puede ser importante.

En consecuencia, como medidas de prevención frente a este riesgo en el tratamiento y almacenamiento de nanopartículas, se recomienda:

- Disponer de instalaciones eléctricas antiexplosivas y equipos eléctricos protegidos frente al polvo e incluso, en ciertos casos, que sean estancos para vapores.
- Seleccionar cuidadosamente los equipos contra incendios.
- Si es posible, obtener, manipular y almacenar los nanomateriales en un medio líquido.
- Manipular y almacenar los nanomateriales en atmósferas controladas.

- Envolver los nanomateriales en una capa protectora constituida por sales o diferentes polímeros que puedan eliminarse rápidamente antes la utilización del producto.

No obstante lo anterior debe tenerse muy en cuenta que son muy pocos los nanopulvos que se fabrican en cantidades para las que deba tenerse en cuenta el riesgo de explosión. Por regla general, las cantidades de nanomateriales que se fabrican y manipulan son del orden de los gramos y en consecuencia no pueden alcanzarse las concentraciones ambientales mínimas necesarias para que se presente el riesgo de explosión.

Toxicidad

Las propiedades de los nanomateriales, tales como área de la superficie, composición química, tamaño, forma o carga, tienen una influencia importante en sus propiedades toxicológicas. Por tanto, estos nanomateriales pueden ser igual o más perjudiciales que las partículas o fibras de escala no nanométrica del mismo material.

En los puestos de trabajo la vía entrada más común de las nanopartículas en el organismo es la vía inhalatoria, especialmente si se trata de un material poco soluble, aunque no hay que descartar la dérmica y la ingestión.

Vía inhalatoria

Los nanomateriales inhalados, dependiendo de su tamaño, forma y composición química, son capaces de penetrar y depositarse en los diferentes compartimentos del aparato respiratorio, en la región extra-torácica incluyendo la boca, fosas nasales, la laringe y la faringe; la región traqueo-bronquial, de la tráquea a los bronquios; y la región alveolar que comprende los bronquiolos y los alvéolos. La deposición puede tener lugar como consecuencia de la sedimentación gravitatoria, la impactación inercial, la intercepción, de las partículas con la superficie de contacto; por fenómenos de difusión relacionados con los movimientos aleatorios de las partículas muy finas y por la atracción electrostática debida a su carga. Las partículas de alrededor de 300 nm son las que se depositan menos ya que son demasiado gruesas para que los fenómenos de difusión les puedan influir y, por otro lado, son demasiado pequeñas para que los fenómenos de impactación y sedimentación tengan influencia sobre ellas. A partir de este valor la deposición crece de manera significativa siendo la difusión el fenómeno predominante. Las partículas ultrafinas superiores a 10 nm se depositan mayoritariamente en la región alveolar y las inferiores a 10 nm se depositan principalmente en la región extratorácica y en una menor cantidad en la región traqueo bronquial. Ver figura 4. En estudios realizados con ratas se ha observado que pueden depositarse nanopartículas en la región nasal y que éstas, son capaces de trasladarse hasta el cerebro a través del nervio olfativo.

Vía dérmica

No se han descrito efectos específicos para la salud relacionados con la exposición dérmica a partículas ultrafinas, aunque hay estudios que sugieren que este tipo de partículas pueden penetrar a través de los folículos pilosos, donde los constituyentes de las partículas pueden disolverse en condiciones acuosas y penetrar a través de la piel. Por otro lado, hay que tener en cuenta que, dado que la penetración directa a través de la piel ha estado descrita para partículas con un diámetro de 1000 nm (1 μm), es razonable pensar que las nanopartículas penetrarán con mayor facilidad.

Vía digestiva

Tampoco se han descrito efectos específicos para la salud relacionados con la ingestión de nanopartículas que puede tener lugar debido a malas prácticas higiénicas durante el manejo de nanomateriales o también a través de la deglución de las retenidas en las vías altas de sistema respiratorio.

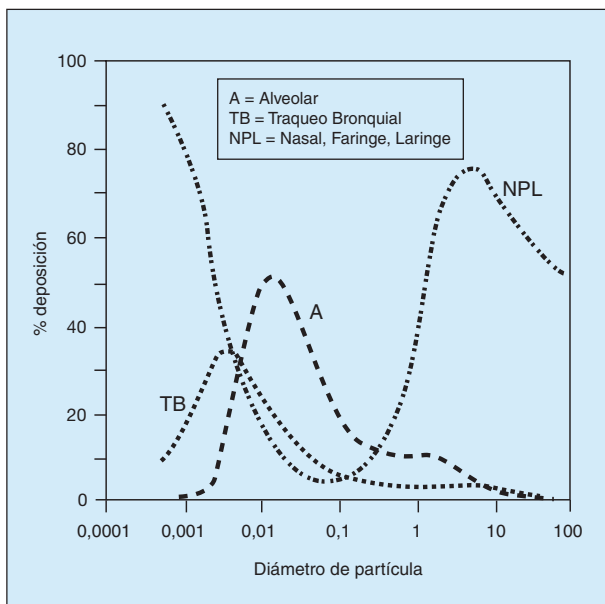


Figura 4. Fracciones de entrada por vía inhalatoria de las nanopartículas

6. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

Las medidas de prevención y protección se establecen a partir de la evaluación de riesgos y en la mayoría de los casos serán las mismas que las que se utilizarían para el control de la exposición aerosoles. Aunque estos métodos de control no han sido lo suficientemente estudiados para las nanopartículas, los pocos datos experimentales de los que se dispone hasta la fecha indican que la ventilación convencional junto con la filtración deberían ser efectivos para el control de estos materiales. Sin embargo hay que prestar especial atención a:

- La cantidad de materia (masa/nº de partículas). Mayor cantidad significa mayor riesgo de exposición.
- Si se trata de polvo seco o no. En el primer caso es más fácil que pueda dispersarse en el ambiente.
- El nivel de contención del proceso. Cuanto más cerrado, el riesgo de exposición es más bajo.
- El tiempo de exposición.
- La tendencia que presentan a aglomerarse.

Las medidas a tomar serán de tipo técnico, organizativo y protecciones personales.

Medidas técnicas

Son ejemplos de operaciones en el que el potencial de generación de aerosoles puede requerir medidas técnicas:

- Trabajos con nanomateriales en fase líquida durante las operaciones de trasvase, mezclas ó aquellas en que tiene lugar agitación elevada.
- Generación de partículas mediante corriente de gas.

- Manejo de polvos con nanoestructura.
- Mantenimiento de equipos y procesos de fabricación de nanomateriales.
- Limpieza de los sistemas de extracción utilizados en la captura de nanopartículas.

A continuación se resumen las principales medidas de carácter técnico, que no dejan de ser las tradicionales de la seguridad e higiene industrial.

Sustitución de las sustancias, procesos y equipos

El primer paso para el control del riesgo es la aplicación del principio de sustitución, aplicable también a los procesos (prioridad del húmedo frente al seco) y a equipos antiguos u obsoletos.

Diseño

Disponer de instalaciones seguras, teniendo en cuenta la reglamentación vigente, con el fin de eliminar situaciones de riesgo.

Aislamiento o encerramiento del proceso

El principal método de control para evitar emisiones de nanopartículas es el encerramiento del proceso. Las operaciones de riesgo deben realizarse preferiblemente en circuito cerrado; si ello no es posible, en locales cerrados y equipados con sistemas de ventilación que eviten el paso de la contaminación a otras áreas. Cuando el proceso genere mucha contaminación que no sea controlable debe procederse a aislar a los trabajadores que pueden utilizar sistemas de control remoto para controlar el proceso.

Debe tenerse en cuenta que, en caso de una fuga en el circuito cerrado o en el encerramiento del proceso, las nanopartículas se comportarán como un gas y se dispersarán llegando a cualquier lugar de la planta. Como ya se ha indicado anteriormente, con el paso del tiempo las nanopartículas se aglomeran (coagulación), dejando de ser nanopartículas dificultando su dispersión en el ambiente.

Se hallan descritos procedimientos de trabajo en circuito cerrado en la producción a escala nanométrica del negro de carbón, TiO₂ nanométricos, metales y óxidos de metales.

Ventilación

Cuando no se pueda trabajar en circuito cerrado la captación de estos contaminantes en el foco de emisión mediante la extracción localizada será, la opción más eficaz para evitar su propagación en el ambiente de trabajo y evitar la exposición de los trabajadores. Para los nanomateriales, las especificaciones y la calidad de estos sistemas de extracción debe ser similar a aquellos que se utilicen para gases, vapores y aerosoles. A pesar de ello, en algunos procesos es imposible evitar la presencia de nanopartículas en el ambiente, en estos casos la ventilación general por dilución puede controlar el nivel de contaminación ambiental de nanopartículas.

Las operaciones de limpieza deben realizarse mediante aspiración y antes de cualquier operación de mantenimiento el equipo debe de limpiarse con aspiración.

Un sistema de extracción, bien diseñado, con un filtro de partículas de alta eficacia HEPA (High Efficiency Particulate Air) debe ser efectivo para evitar que los nanomateriales pasen al ambiente. Es condición indispensable de que el filtro esté bien anclado al soporte, ya

que sino, la eficacia de filtración será muy baja. Es preciso disponer de medidas de control para garantizar la eficacia del sistema.

Recirculación del aire y filtración

La filtración del aire recirculado o su descarga al exterior juegan un papel importante en el control de la exposición a nanopartículas. Debe tenerse en cuenta que los filtros HEPA presentan una eficacia superior al 99,97% para partículas de un tamaño medio de 0,3 μm , pudiendo, las partículas que son más pequeñas que la malla del filtro, ser capturadas por diferentes mecanismos tales como la difusión, intercepción, impactación, sedimentación, o fuerzas electrostáticas. La difusión browniana, causante de las colisiones entre el aire y las nanopartículas crea un movimiento al azar de los nanomateriales que incrementa la posibilidad de que puedan chocar o contactar con el filtro, favoreciendo la filtración de las mismas y cuando las partículas se adhieren a la superficie del filtro quedan retenidas eficazmente por fuerzas de Wan der Waals. Todos estos mecanismos deberían asegurar la filtración eficaz de las nanopartículas mediante los filtros HEPA, aunque está descrito que su eficacia decrece para partículas inferiores a 2nm.

Medidas organizativas

Prácticas de trabajo seguras

Algunas normas de trabajo como las que se detallan a continuación pueden ayudar a minimizar la exposición a nanomateriales:

- No guardar o consumir comida y bebidas en el puesto de trabajo.
- Prohibir la aplicación de cosméticos en lugares donde se manipulen, usen o almacenen nanomateriales.
- Disponer de lavabos para lavarse las manos y promover los hábitos de utilizarlos antes de comer o al dejar el puesto de trabajo.
- Quitarse la ropa de protección o batas para acceder a otras áreas de trabajo como administración, cafetería, sala de relax, etc.
- Facilitar las duchas y el cambio de ropa para prevenir la contaminación de otras áreas de forma inadvertida debida al transporte de los nanomateriales a través de la ropa y de la piel
- El personal deberá evitar tocarse la cara u otras partes del cuerpo expuestas con los dedos contaminados. El uso de EPI, como máscaras, puede ayudar a evitar el potencial de transferencia de los nanomateriales. La exposición por ingestión puede ser consecuencia del contacto entre mano y boca por tanto todas las estrategias para reducir la exposición dérmica también reducirán la exposición por ingestión.

- Limpiar el área de trabajo como mínimo al final de la jornada laboral utilizando sistemas de aspiración dotados de filtros HEPA y sistemas de barrido húmedos.

Protecciones personales

Dado que la *exposición dérmica* a nanopartículas puede conducir a la penetración directa de éstas través de la epidermis, es necesario tomar medidas para evitar esta exposición a través de la piel utilizando guantes adecuados, tanto cuando se manejen nanopartículas en estado sólido como en solución y fase gas. Los guantes utilizados cuando las nanopartículas están en suspensión en un líquido deben tener además una buena resistencia al mismo. Si se prevé un contacto prolongado deberían utilizarse dobles guantes, dado que la resistencia química del guante puede variar dependiendo del fabricante, modelo y espesor. Por lo tanto es recomendable consultar las tablas del propio fabricante.

Si se aplican adecuadamente las medidas técnicas expuestas, es poco probable que sean necesarias *protecciones respiratorias*. En todo caso, su utilización debe basarse en el criterio profesional y en los resultados de la evaluación de riesgos, y teniendo en cuenta que se utilizan como último recurso. Cuando se emplean equipos dependientes del medio ambiente, es la filtración el mecanismo de limpieza del aire antes de ser inhalado por el trabajador y hay que tener presente que, por un lado, la eficacia de la filtración no es absoluta y, por otro, que puede haber puntos de fuga por falta de estanqueidad, debido a que la sujeción de la máscara a la cara puede ser incorrecta o insuficiente, que el periodo de uso no es ilimitado y finalmente al tipo de actividad que puede dificultar su uso correcto. Por otro lado, tampoco hay que olvidar que la difusión de las nanopartículas es inferior a la de los gases.

Control de derrames

El control de derrames debe basarse en las buenas prácticas de trabajo junto con la reducción del riesgo de exposición y valorando la importancia de las diferentes rutas de entrada en el organismo. Las pautas a seguir son:

- Utilizar un aspirador equipado con filtro HEPA.
- Humedecer el polvo.
- Emplear bayetas humedecidas
- Utilizar adsorbentes si el derrame es de un líquido.
- Gestionar el material generado en la recogida del derrame como un residuo.
- Evaluar la necesidad de la utilización de EPI. La exposición por inhalación y dérmica será probablemente el mayor riesgo.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) TINKLE SS. *et al* (2003)
Skin as a route of exposure and sensitization in chronic beryllium disease
Environ Health Perspect 111(9): 1202-1208
- (2) AITKEN RJ., CREELY KS., TRAN CL. (2004)
Nanoparticles: an occupational hygiene review
Research Report 274, UK Health and Safety Executive, www.hse.gov.uk/research/rrhtm/rr274.htm.

- (3) PRITCHARD DK., (2004)
Literature Review explosions hazards associated with nanopowders
Health & Safety Laboratory 17
http://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2004/hsl04-12.pdf
- (4) US NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE
<http://www.nano.gov/html/facts/whatIsNano.html>
- (5) OBERDÖRSTER E. (2004)
Manufactured nanomaterials(Fullerenes, C60) induce oxidative stress in brain of juvenile largemouth bass.
Environ. Health Perspect. 112(7)
- (6) IRSST (2006)
Communications Division Montreal (Québec)
Nanoparticles. Actual Knowledge about Occupational Health and Safety Risks and Prevention Measures
<http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/R-470.pdf>
- (7) SIMON HODGSON 2006
An uncertain Business: The technical, social and commercial challenges presented by nanotechnology
http://www.responsiblenanocode.org/documents/Acona-Paper_07112006.pdf
- (8) OBERDÖRSTER G. *et al* (2004)
Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain
Inhal. Toxicol. 16: 437-445

Industria farmacéutica: medidas preventivas de la exposición a principios activos

Industrie pharmaceutique: prévention de l'exposition professionnelle à des ingrédients actifs
Pharmaceutical industry: preventive measures for working exposure to drugs

Redactores:

Xavier Solans Lampurlanés

Ldo. en Ciencias Biológicas

Jordi Obiols Quinto

Ldo. en Ciencias Biológicas y en Farmacia

Xavier Guardino Solá

Dr. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Grupo de Trabajo VGEL-PAIF (*)

VALORES GUÍA DE EXPOSICIÓN LABORAL A PRINCIPIOS
ACTIVOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Esta Nota Técnica de Prevención resume la propuesta de clasificación de categorías de principios activos farmacéuticos establecida por SafeBridge® y propone un sistema de medidas de prevención y protección basado en esta clasificación y en la de Naumann (véase NTP 722). Estas medidas preventivas pueden ser aplicadas tanto a la fase investigación y desarrollo, como a plantas piloto y plantas de producción de principios activos farmacéuticos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En las Notas Técnicas de Prevención 721, 722, 723 y 724 se revisa la problemática relacionada con la exposición laboral a principios activos farmacéuticos, desde la etapa de investigación de nuevas sustancias hasta la elaboración de los fármacos en la industria químico-farmacéutica. Es evidente que los riesgos higiénicos derivados de esta actividad pueden suponer daños sobre la salud de los trabajadores y por ello es necesario realizar una evaluación de riesgos específica basada en la peligrosidad y potencia terapéutica conocida de estas sustancias y adoptar las medidas preventivas adecuadas.

Uno de los puntos de partida para estudiar esta exposición es el establecimiento de modelos de sistemas de categorización de principios activos farmacéuticos. Los más revelantes son el sistema de Naumann *et al.* (1996), descrito en la NTP 722 "Los fármacos en la industria farmacéutica (II). Control de la exposición por categorías", y el sistema propuesto por SafeBridge Consultants. Inc en 2002.

(*) En el momento de redactar la NTP, el grupo estaba formado por las siguientes personas:

Salvador Alfocea, Alex Arévalo, Montse Closa, Elvira Delfín y Mónica Safont (Boehringer Ingelheim España S.A.); M. Paz Arias y Begoña López (Esteve Química SA); Francisco Berbel (Unión Químico Farmacéutica, S.A.); Esther Bricios, Sonia Rubio y Alejo Torres (Grupo Uriach); Inma Cruz, Francesc Cussó y Mónica Hernández (Merck Farma y Química, S.A.); Serafín Barrera, Ramón Escamilla y Jordi Jansá (Grupo Ferrer Internacional); Verónica García (Ipsen Pharma); Xavier Guardino, Jordi Obiols, Xavier Solans, Dolores Solé y Elena Zaballa (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo); Antonio José Márquez (Farmhispania); Enric Moyés y Joan Portella (Almirall Prodesfarma); Gemma Vallés (Kern Pharma); Jose María Ruiz (Novartis Farmacéutica, S.A.); Margarita Martínez (Grupo Chemo); Carlos Berrade y Cristina Urrutia (Laboratorios CINTA SA).

Esta NTP presenta en primer lugar el sistema de categorías propuesto por SafeBridge para, a continuación, a partir de los dos sistemas de categorías revisados (Naumann y SafeBridge) y de la experiencia disponible, proponer un conjunto de medidas preventivas para la manipulación de principios activos farmacéuticos.

2. SISTEMA DE CATEGORIAS SAFEBRIDGE®

La clasificación de un principio activo mediante este sistema se basa en la toxicidad y la potencia farmacológica del mismo, datos que se obtienen a partir de los estudios toxicológicos llevados a cabo para evaluar los efectos de estas sustancias en animales. Los mecanismos de la acción farmacológica, dosis terapéutica y el espectro y gravedad de los efectos clínicos observados proporcionan la base para evaluar la toxicidad. El proceso de evaluación implica clasificar el compuesto químico en una de las cuatro categorías siguientes:

- 1: Toxicidad baja
- 2: Toxicidad intermedia
- 3: Potente / Tóxico
- 4: Muy potente / Muy tóxico

Así, por ejemplo, un compuesto clasificado en la categoría 3 ó 4 se asocia a bajas dosis terapéuticas (por ejemplo, efecto terapéutico a dosis de, aproximadamente, 10 mg o menor), y/o a un potencial efecto genético en individuos expuestos (por ejemplo, carcinógeno, mutágeno o tóxico para la reproducción en estudios con animales y/o en ensayos clínicos en humanos).

Las características de potencia y toxicidad del compuesto utilizados por el sistema SafeBridge para establecer cada una de estas categorías se indican en la tabla 1.

CATEGORÍA 1
<ul style="list-style-type: none"> • Irritante para los ojos y la piel. • Efectos sistémicos agudos o crónicos poco importantes. • Baja potencia farmacológica (efectos a 10-100 mg/kg o superiores). • Efectos reversibles. • Aparición de los síntomas de forma inmediata. • No es mutágeno, cancerígeno ni tóxico para la reproducción. • Tiene buenas propiedades de alarma: el umbral de olor es inferior a la concentración a la que causa el efecto tóxico. • Límites de exposición laboral, en su caso, $\geq 0,5 \text{ mg/m}^3$.
CATEGORÍA 2
<ul style="list-style-type: none"> • Toxicidad sistémica aguda (por ejemplo, efectos sobre el corazón y el hígado) entre moderada y elevada. • Toxicidad sistémica reversible. • Toxicidad sistémica crónica moderada, de baja gravedad (toxicidad observada a 1-10 mg/kg). • Corrosivo. • Sensibilizante dérmico y respiratorio débil. • Se absorbe de forma moderada por vía inhalatoria o dérmica. • La aparición de los síntomas puede ser inmediata o retardada. • Puede ser necesaria una intervención médica, aunque no supone una amenaza para la vida. • Puede carecer de propiedades de alarma o ser insuficientes. • No es mutágeno, cancerígeno ni tóxico para la reproducción*. • Límites de exposición laboral, en su caso, entre $10 \mu\text{g/m}^3$ a $0,5 \text{ mg/m}^3$. <p>* En algunos casos, el compuesto puede producir efectos crónicos o genéticos a dosis elevadas (normalmente $> 20 \text{ mg/kg/día}$) pudiendo ser necesaria una opinión científica acerca de la posibilidad que esto suceda por exposición laboral, clasificando en consecuencia el riesgo asociado.</p>
CATEGORÍA 3
<ul style="list-style-type: none"> • Mutágeno*. • Cancerígeno. • Tóxico para la reproducción. • Potencia farmacológica significativa (efectos a aproximadamente 0,01-1 mg/kg o dosis clínicas de 10 mg). • Sensibilizantes. • Buena absorción por las vías de exposición laboral. • Efectos irreversibles. • Efectos sistémicos agudos graves. • Efectos sistémicos crónicos graves. • Posible necesidad de intervención médica inmediata. • Malas, o no posee, propiedades de alarma. • Límites de exposición laboral, en su caso, entre 30 ng/m^3 a $10 \mu\text{g/m}^3$. <p>* La mutagenicidad en el Test de Ames únicamente, sin información en células de mamíferos u otros endpoints, puede ser una excepción para la clasificación en esta categoría; en este caso, puede ser también necesaria una opinión científica, basada en la clase de compuesto y su actividad media.</p>
CATEGORÍA 4
<ul style="list-style-type: none"> • Actividad farmacológica muy potente (observada a aproximadamente $10 \mu\text{g/Kg}$). • Efectos irreversibles. • Mutágeno. • Cancerígeno. • Tóxico para la reproducción. • Buena absorción por las vías de exposición laboral. • Efectos sistémicos agudos y crónicos graves. • Puede afectar de forma significativa a subpoblaciones sensibles (p.e. asmáticos). • Límites de exposición laboral, en su caso, $\leq 30 \text{ ng/m}^3$.

Tabla 1. Criterios SafeBridge de potencia y toxicidad para el establecimiento de categorías

Es habitual que sean utilizados solamente uno o dos criterios o características para clasificar un compuesto dentro de una determinada categoría, y no es de esperar que todos los criterios enumerados en cada categoría se cumplan. En líneas generales, los compuestos clasificados en la categoría 1 pueden ser irritantes, sin efectos sistémicos, o éstos limitados, y sin efectos genéticos (sin efectos mutagénicos, carcinogénicos ni efectos sobre la reproducción (que pueden incluir efectos teratógenos)).

La categoría 2 incluye una gran variedad de sustancias farmacéuticas, y se puede caracterizar por compuestos con efectos sistémicos (efectos sobre el corazón, hígado, pulmones, etc.) pero no efectos genéticos, o éstos limitados, a las dosis que se espera hallar en el puesto de trabajo.

Los compuestos de la categoría 3 se consideran potentes y/o tóxicos e incluyen sustancias que pueden producir efectos sobre la salud a bajas dosis y pueden tener efectos irreversibles y graves, como pueden ser efectos genéticos.

La categoría 4 se reserva para aquellas sustancias muy potentes y/o muy tóxicas, que a dosis extremadamente bajas tienen efectos irreversibles y graves. Esta categoría también incluye aquellas sustancias que pueden tener un efecto grave a bajas dosis en subpoblaciones de la población trabajadora, como mujeres que puedan estar embarazadas, asmáticos y trabajadores con alteraciones hemáticas y hepáticas no graves, que pueden ver incrementado su riesgo cuando manipulan estas sustancias.

En general, en el caso de compuestos nuevos, o en situaciones donde la información disponible no es suficiente para llevar a cabo una evaluación, se asume que presentan las características de un compuesto potente, hasta que no se demuestre lo contrario. Por lo tanto, se recomienda que se asigne por defecto a estos compuestos la categoría 3 (compuesto tóxico/potente) hasta que se disponga de información suficiente para decidir la categoría que le corresponda. La información necesaria para establecer una categoría en el caso de compuestos nuevos podría ser: mecanismos de acción farmacológica, la relación estructura-actividad e indicación terapéutica.

3. RECOMENDACIONES PREVENTIVAS

Una vez establecida la categoría de una sustancia se pueden asociar unas determinadas medidas relativas a los ambientes de trabajo, controles de ingeniería, prácticas de trabajo, equipos de protección personal, tratamiento de residuos, etc. para esta categoría (véase un ejemplo en la figura 1).



Figura 1. Cabina de pesada para principios activos

	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 2	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 4
RECOMENDACIONES GENERALES	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la entrada en el área a personas autorizadas exclusivamente. • Limpiar periódicamente las superficies de trabajo y siempre tras derrames, según procedimiento. • Prohibición terminante de comer, beber, fumar y aplicar cosméticos en el área de trabajo. • La ropa de trabajo no debe entrar en contacto con la ropa de calle (doble taquilla). • Todos los procedimientos deben ser desarrollados cuidadosamente para minimizar la exposición a través de todas las rutas potenciales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitar la entrada en el área a personas autorizadas exclusivamente. • Limpiar periódicamente las superficies de trabajo y siempre tras derrames, según procedimiento. • Prohibición terminante de comer, beber, fumar y aplicar cosméticos en el área de trabajo. • La ropa de trabajo no debe entrar en contacto con la ropa de calle (doble taquilla). • Todos los procedimientos deben ser desarrollados cuidadosamente para minimizar la exposición a través de todas las rutas potenciales. • La ropa y equipos de protección no se deben llevar en las áreas comunes (p.e. cafetería) ni en el exterior de la planta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda control de acceso al área de trabajo o acceso restringido. • Descontaminar las superficies de trabajo tras la realización de actividades potencialmente de alto riesgo. • Prohibición terminante de comer, beber, fumar y aplicar cosméticos en el área de trabajo. • La ropa de trabajo no debe entrar en contacto con la ropa de calle (doble taquilla). • La ropa y equipos de protección no se deben llevar fuera del área de trabajo. • Delimitar áreas limpias, sucias y zona intermedia de descontaminación. • Establecer un medio de descontaminación del personal antes de acceder a los vestuarios (p.e. duchas de agua pulverizada). • Relación de presiones negativa-positiva y zonas de separación (p.e. antecámara, vestuarios, cierre). • Deben establecerse buenas prácticas de trabajo, formar de manera específica por sustancia y ponerlas en práctica de manera obligatoria. Se evitará cualquier desviación respecto a lo establecido. • Señalización de las áreas de trabajo, indicando el compuesto y los riesgos asociados. • Es necesario, conforme al procedimiento de cada empresa, realizar una evaluación de riesgos del proceso. Deben tenerse en cuenta las desviaciones respecto al proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere control de acceso al área de trabajo o acceso restringido. • Establecer áreas de trabajo separadas y exclusivas. • Descontaminar las superficies de trabajo tras la realización de actividades potencialmente de alto riesgo. • Prohibición terminante de comer, beber, fumar y aplicar cosméticos en el área de trabajo. • La ropa de trabajo no debe entrar en contacto con la ropa de calle (doble taquilla). • La ropa y equipos de protección no se deben llevar fuera del área de trabajo. • Delimitar áreas limpias, sucias y zona intermedia de descontaminación. • Establecer un medio de descontaminación del personal antes de acceder a los vestuarios (p.e. duchas de agua pulverizada). • Relación de presiones negativa-positiva y zonas de separación (p.e. antecámara, vestuarios, cierre). • Deben establecerse buenas prácticas de trabajo, formar de manera específica por sustancia y ponerlas en práctica de manera obligatoria. Se evitará cualquier desviación respecto a lo establecido. • Señalización de las áreas de trabajo, indicando el compuesto y los riesgos asociados. • Es necesario, conforme al procedimiento de cada empresa, realizar una evaluación de riesgos del proceso. Deben tenerse en cuenta las desviaciones respecto al proceso.
NIVEL DE CONTENCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • No son necesarios sistemas de contención especiales. • Manipulación abierta únicamente para operaciones que generen poco polvo o para soluciones. • Encerramiento de las operaciones que generen polvo o extracción localizada en el foco de contaminación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Encerramiento de las operaciones que generen polvo o extracción localizada en el foco de contaminación. • Sistemas cerrados para el trasvase de material y contención del proceso, limitando la manipulación abierta de polvo. • Operaciones como molienda, tamizado, pulverización o fluidificación se deben realizar con control de emisiones higiénicas o sistemas de contención garantizados. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el caso de polvo, sistemas cerrados para el trasvase del material y contención del proceso para reducir la potencial exposición. • Se requiere realizar la transferencia de sólidos por medio de válvulas (p.e. válvulas de mariposa) que permitan alcanzar el límite de exposición del diseño. Si no es posible, utilizar <i>glove box</i> de presión controlada con, por ejemplo, válvulas de mariposa dobles conectadas al recipiente. • Prohibir la manipulación en sistemas abiertos. • Emplear sistemas de contención para prevenir derrames en el lugar de trabajo. • En general, se debe disponer de <i>glove boxes</i>, de procesos totalmente cerrados y de procedimientos para el transporte de materiales. • Todos los sistemas de contención deben disponer de procedimientos de control que garanticen la ausencia de fugas, adaptándose al criterio de "pérdidas cero". • Automatización de los procesos y sistemas a prueba de fallo. • Cuando sea posible, realizar las operaciones a distancia. • Minimizar la intervención humana. 	<ul style="list-style-type: none"> • En el caso de polvo, sistemas cerrados para el trasvase del material y contención del proceso para reducir la potencial exposición. • Se requiere realizar la transferencia de sólidos por medio de válvulas (p.e. válvulas de mariposa) que permitan alcanzar el límite de exposición del diseño. Si no es posible, utilizar <i>glove box</i> de presión controlada con, por ejemplo, válvulas de mariposa dobles conectadas al recipiente. • Prohibir la manipulación en sistemas abiertos. • Emplear sistemas de contención para prevenir derrames en el lugar de trabajo. • En general, se debe disponer de <i>glove boxes</i>, de procesos totalmente cerrados y de procedimientos para el transporte de materiales. • Todos los sistemas de contención deben disponer de procedimientos de control que garanticen la ausencia de fugas, adaptándose al criterio de "pérdidas cero". • Automatización de los procesos y sistemas a prueba de fallo. • Cuando sea posible, realizar las operaciones a distancia. • Minimizar la intervención humana.

Tabla 3. Recomendaciones preventivas para la manipulación de principios activos farmacéuticos

	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 2	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 4
VENTILACIÓN GENERAL	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un mínimo de 7 renovaciones de aire por hora. • Se permite la recirculación de aire si se dispone de un adecuado sistema de lavado/filtrado para mantener los niveles de exposición por debajo del 50% del límite de exposición en el área de producción. • Impedir o evitar la recirculación del aire del área de producción a otras áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un mínimo de 7 renovaciones de aire por hora. • Se permite la recirculación de aire si se dispone de un adecuado sistema de lavado/filtrado para mantener los niveles de exposición por debajo del 50% del límite de exposición en el área de producción. • Impedir o evitar la recirculación del aire del área de producción a otras áreas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Los sistemas de molturación deben ser cerrados. Conexión/desconexión del recipiente de alimentación mediante, por ejemplo, válvulas de mariposa dobles. El molino debe estar conectado a un sistema de venteo dedicado exclusivo. Si la hermeticidad de los equipos no es fiable se deberá utilizar un aislador. • Se requiere un mínimo de 10 renovaciones de aire por hora. • Sólo se permite la recirculación de aire en situaciones concretas y con garantías. • El flujo de aire debe ser dirigido fuera de la zona respiratoria del trabajador. • Presión de aire negativa respecto a las áreas adyacentes. • Se recomienda sistema de esclusas de apertura combinada alterna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para soluciones, sistema cerrado cuando sea posible, y los tanques de proceso deben mantenerse cerrados. Se requiere el uso de tuberías soldadas para evitar fugas y vertidos. Utilizar bombas selladas mecánicamente y fácilmente limpiables. Las desconexiones rápidas son aceptables si los puntos de empalme están libres de contaminación. • Operaciones como molienda, tamizado, pulverización o fluidificación se deben realizar con control de emisiones higiénicas o sistemas de contención garantizados. • Los sistemas de molturación deben ser cerrados. Conexión/desconexión del recipiente de alimentación mediante, por ejemplo, válvulas de mariposa dobles. El molino debe estar conectado a un sistema de venteo dedicado exclusivo. Si la hermeticidad de los equipos no es fiable se deberá utilizar un aislador. • Se requiere un mínimo de 12 renovaciones de aire por hora. • Excluir totalmente la recirculación del aire. • El flujo de aire debe ser dirigido fuera de la zona respiratoria del trabajador. • Presión de aire negativa respecto a las áreas adyacentes. • Sistema de esclusas de apertura combinada alterna.
VENTILACIÓN LOCALIZADA	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción localizada en el foco de contaminación empleando los criterios habituales de diseño de ventilación de higiene industrial, cuando la operación lo permita. • Se permite la recirculación del aire pero sólo a través de filtros HEPA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción localizada en el foco de contaminación empleando los criterios habituales de diseño de ventilación de higiene industrial, cuando la operación lo permita. • No se permite la recirculación del aire. 	<ul style="list-style-type: none"> • Excepcionalmente, y de forma temporal, extracción localizada en el foco de contaminación empleando los criterios habituales de diseño de ventilación de higiene industrial. • No se permite la recirculación del aire. • El aire se debe filtrar con filtros HEPA 13 o superior, antes de expulsar al exterior. • Sistema de ventilación altamente eficaz con protección ante fallo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Excepcionalmente, y de forma temporal, extracción localizada en el foco de contaminación empleando los criterios habituales de diseño de ventilación de higiene industrial. • No se permite la recirculación del aire. • El aire se debe filtrar con filtros HEPA 13 o superior, antes de expulsar al exterior. • Sistema de ventilación altamente eficaz con protección ante fallo.
SUPERFICIES	<ul style="list-style-type: none"> • No existen necesidades especiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Superficies de fácil limpieza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lisas, sin poros, no absorbentes, con el mínimo de salientes y de fácil limpieza. • Atención especial a la construcción de juntas de estanqueidad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lisas, sin poros, no absorbentes, con el mínimo de salientes y de fácil limpieza. • Siempre que sea posible, se recomienda que las superficies sean continuas. • Atención especial a la construcción de juntas de estanqueidad.

Tabla 3. Recomendaciones preventivas para la manipulación de principios activos farmacéuticos (continuación)

	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 2	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 4
<p>MANTENIMIENTO, LIMPIEZA, ELIMINACIÓN DE RESIDUOS Y DESCONTAMINACIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda sustituir las operaciones de barrido de polvo de superficies. Utilizar sistemas de aspiración previamente a la limpieza en húmedo. Todos los residuos deben ser depositados en doble bolsa y etiquetados de forma clara y se eliminarán siguiendo la normativa local. Evitar el aplastamiento y/o triturado durante la manipulación de los residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> Sustituir totalmente las operaciones de barrido de polvo de superficies. Utilizar sistemas de aspiración con filtro HEPA previamente a la limpieza en húmedo. Elaborar procedimientos y técnicas de limpieza para limitar la potencial exposición. Todos los residuos deben ser depositados en doble bolsa y etiquetados de forma clara y se eliminarán siguiendo la normativa local. Evitar el aplastamiento y/o triturado durante la manipulación de los residuos. 	<ul style="list-style-type: none"> Sustituir totalmente las operaciones de barrido de polvo de superficies. Utilizar sistemas de aspiración con filtro HEPA previamente a la limpieza en húmedo. Los equipos de recogida de polvo no pueden tener ninguna salida al exterior sin filtración previa (filtros HEPA 13 o superior). Recogida y filtración del polvo local en todos los lugares en que se genere. Elaborar procedimientos y técnicas de limpieza para limitar la potencial exposición. Todos los residuos, incluyendo los filtros del sistema de climatización, deben ser depositados en doble bolsa y etiquetados de forma clara y se eliminarán siguiendo la normativa local. Se prohíbe el aplastamiento y/o triturado durante la manipulación de los residuos. Las aguas residuales deberán gestionarse según la normativa local vigente. Siempre que sea posible, se recomienda aplicar sistemas de limpieza en el sitio (CIP -<i>clean in place</i>-). Se requiere asignar un área específica para la descontaminación de los útiles de trabajo, incluida la documentación en soporte papel. Se recomienda un sistema de etiquetado especial y un sistema de comprobación de los dispositivos que entren y salgan del área. Se requieren puntos de acceso para inspección y limpieza de conductos. También es necesario el cierre de conductos durante el cambio de filtros. Se debe realizar prueba de integridad con cada cambio de filtros. Sustitución segura de los filtros de los sistemas de ventilación (p.e. <i>bag in/ bag out</i> en el caso de filtros HEPA). Cuando sea posible, los equipos dispondrán de un acceso para realizar el mantenimiento desde el exterior del área de contención. No se permite utilizar aire o agua a alta presión para la limpieza de salas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sustituir totalmente las operaciones de barrido de polvo de superficies. Utilizar sistemas de aspiración con filtro HEPA previamente a la limpieza en húmedo. Los equipos de recogida de polvo no pueden tener ninguna salida al exterior sin filtración previa (filtros HEPA 13 o superior). Recogida y filtración del polvo local en todos los lugares en que se genere. Elaborar procedimientos y técnicas de limpieza para limitar la potencial exposición. Para la desclasificación de las instalaciones y equipos, deben realizarse ensayos de contaminación de superficies. Todos los residuos, incluyendo los filtros del sistema de climatización, deben ser depositados en doble bolsa, colocado en un contenedor rígido, y etiquetados de forma clara y se eliminarán siguiendo la normativa local. Se prohíbe el aplastamiento y/o triturado durante la manipulación de los residuos. Las aguas residuales deberán gestionarse según la normativa local vigente. Considerar la posibilidad de realizar pretratamiento para desactivar la molécula antes de su eliminación. Utilizar sistemas de limpieza en el sitio (CIP -<i>clean in place</i>-). Se requiere asignar un área específica para la descontaminación de los útiles de trabajo, incluida la documentación en soporte papel. Se requiere un sistema de etiquetado especial y un sistema de comprobación de los dispositivos que entren y salgan del área. Es necesario el cierre de conductos durante el cambio de filtros. Se debe realizar prueba de integridad con cada cambio de filtros. Sustitución segura de los filtros de los sistemas de ventilación (p.e. <i>bag in/ bag out</i> en el caso de filtros HEPA). Cuando sea posible, los equipos dispondrán de un acceso para realizar el mantenimiento desde el exterior del área de contención. No se permite utilizar aire o agua a alta presión para la limpieza de salas.
<p>EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> Es recomendable el uso de bata de laboratorio, ropa de trabajo, cubretodo o traje desechable. Protección respiratoria con máscara, o superior, en las operaciones que generen polvo abundante. Si la evaluación de la exposición indica que ésta es menor que el valor límite, la protección respiratoria puede no ser necesaria. 	<ul style="list-style-type: none"> Es muy recomendable el uso de bata de laboratorio, ropa de trabajo, cubretodo o traje desechable (p.e. tipo Tyvek). Protección respiratoria adecuada. Sin limitaciones en cuanto a la protección respiratoria siempre que no se superen los factores de protección. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo de Protección Individual (EPI) traje completo impermeable a las sustancias químicas empleadas. Doble guante adecuados. Asegurarse que protegen contra los disolventes empleados. Gafas de protección adecuadas. Calzado de seguridad adecuado y polainas desechables. Para polvo, utilizar EPI respiratorio independiente del medio ambiente, o dependiente con filtro HEPA, hasta que el proceso haya sido evaluado y muestre que no se requiere protección respiratoria. 	<ul style="list-style-type: none"> Equipo de Protección Individual (EPI) traje completo, impermeable a las sustancias químicas empleadas. Doble guante adecuados. Asegurarse que protegen contra los disolventes empleados. Gafas de protección adecuadas. Calzado de seguridad adecuado y polainas desechables. Para polvo, utilizar EPI respiratorio independiente del medio ambiente, o dependiente con filtro HEPA, hasta que el proceso haya sido evaluado y muestre que no se requiere protección respiratoria.

Tabla 3. Recomendaciones preventivas para la manipulación de principios activos farmacéuticos (continuación)

	CATEGORÍA 1	CATEGORÍA 2	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 4
	<ul style="list-style-type: none"> Sin limitaciones en cuanto a la protección respiratoria siempre que no se superen los factores de protección. Guantes adecuados. Gafas de protección adecuadas. Calzado de seguridad adecuado. 	<ul style="list-style-type: none"> Guantes adecuados. Gafas de protección adecuadas. Calzado de seguridad adecuado. Utilizar EPI respiratorio dependiente con filtro HEPA, a menos que los niveles ambientales muestren que se requiere una protección menos exigente. 	<ul style="list-style-type: none"> Para soluciones, utilizar mascarilla autofiltrante para nieblas/polvos/polvo certificada, o un sistema más eficaz, hasta que el proceso haya sido evaluado y muestre que no es necesaria la protección respiratoria. 	<ul style="list-style-type: none"> Para soluciones, utilizar mascarilla autofiltrante para nieblas/polvos/polvo certificada, o un sistema más eficaz, hasta que el proceso haya sido evaluado y muestre que no es necesaria la protección respiratoria.
CONTROL DE LA EXPOSICIÓN	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de muestras personales ponderadas en el tiempo para la determinación de la exposición inicial. No es necesario realizar controles periódicos si no se supera el límite de acción. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de muestras personales ponderadas en el tiempo para la determinación de la exposición inicial. Realizar controles periódicos. Comprobar el funcionamiento de la ventilación. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de muestras personales ponderadas en el tiempo para la determinación de la exposición inicial. Realizar controles periódicos. Comprobar el funcionamiento de la ventilación. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de muestras personales ponderadas en el tiempo para la determinación de la exposición inicial. Realizar controles periódicos. Comprobar el funcionamiento de la ventilación.
VIGILANCIA DE LA SALUD	<ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar de acuerdo con lo que determine el Servicio Médico. 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar según se determine por el Servicio Médico y atendiendo a los efectos previstos sobre la salud, la exposición potencial y los ensayos disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar según se determine por el Servicio Médico y atendiendo a los efectos previstos sobre la salud, la exposición potencial y los ensayos disponibles, considerando la elevada actividad del principio activo. 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe realizar según se determine por el Servicio Médico y atendiendo a los efectos previstos sobre la salud, la exposición potencial y los ensayos disponibles, considerando la elevada actividad del principio activo.
PLANIFICACIÓN DE EMERGENCIAS	<ul style="list-style-type: none"> Se debe contemplar en el Plan de Autoprotección. 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe contemplar en el Plan de Autoprotección. 	<ul style="list-style-type: none"> Deberá preverse, en función de la evaluación de riesgos del proceso, los dispositivos de descontaminación, medicamentos, sistemas de comunicación, controles y necesidades en cada caso para que el impacto de la emergencia sea mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> Deberá preverse, en función de la evaluación de riesgos del proceso, los dispositivos de descontaminación, medicamentos, sistemas de comunicación, controles y necesidades en cada caso para que el impacto de la emergencia sea mínimo.

Tabla 3. Recomendaciones preventivas para la manipulación de principios activos farmacéuticos (continuación)

Sin embargo, aparte de la potencia farmacológica y la toxicidad, que definen la categoría, deben tenerse en cuenta otros factores que no afectan directamente a la potencia y la toxicidad propias del principio activo (y por lo tanto no varían su categoría), pero sí que pueden hacer variar los requerimientos de seguridad para su manipulación y la adopción de medidas preventivas concretas (véase tabla 2).

Variables como la cantidad de producto a manipular (no es lo mismo una planta de producción que un laboratorio), o su concentración, las características físicas, especialmente las referentes al tamaño de partícula en el caso de polvo, o de presión de vapor en el caso de líquidos, la duración del trabajo o la escala de operación del propio proceso de fabricación o manipulación, deben ser consideradas a la hora de abordar el problema.

Basándose en las medidas de prevención asociadas a los criterios de clasificación de los principios activos establecidos por Naumann y por *SafeBridge Consultant Inc.*®, en la tabla 3 se indican las principales medidas preventivas a adoptar en función únicamente de la categoría específica del fármaco a manipular.

Es necesario indicar que las medidas preventivas propuestas además de no ser exhaustivas, sino sólo indicativas, deben tomarse exclusivamente como referencia, y según las variables comentadas en la tabla 2, adecuarse específicamente en cada caso a los resultados de la evaluación de riesgos del proceso, asociado al conjunto de características del propio proceso o de la fase productiva y del principio activo farmacéutico o del fármaco en cuestión.

Finalmente, otro aspecto a tener en cuenta en estos procesos es la protección contra explosiones (ATEX) que debe considerarse en todas y cada una de las operaciones en las que intervengan sólidos y líquidos inflamables y combustibles.

TIPO DE MATERIAL (POLVO)	
Alto:	Polvo fino
Medio:	Granular o cristalino, polvo visible y asentamiento rápido.
Bajo:	Sólidos no desmenuzables o húmedo
DURACIÓN DEL TRABAJO	
Plazo corto:	Se considera duración corta tiempos de < 30 min.
Plazo largo:	Se considera duración larga tiempos de > 30 min.
ESCALA DE OPERACIÓN	
(estas cantidades son orientativas, pudiendo ser inferiores en caso de potencia farmacológica alta del principio activo)	
Escala muy pequeña (laboratorios):	0-10 g
Escala pequeña (laboratorio y/o planta piloto):	10 g - 10 kg
Escala media (planta piloto y/o semiindustrial):	10 kg - 100 kg
Escala alta (planta producción):	más 100 kg

Tabla 2. Factores a considerar para la adopción de medidas preventivas para la manipulación de principios activos

BIBLIOGRAFÍA

- (1) OBIOLS, J.
Los fármacos en la industria farmacéutica (I): exposición peligrosidad y riesgos para la salud.
NTP 721 - Notas Técnicas de Prevención. Barcelona, INSHT, 2006.
- (2) OBIOLS, J.
Los fármacos en la industria farmacéutica (II): control de la exposición por categorías.
NTP 722 - Notas Técnicas de Prevención. Barcelona, INSHT, 2006.
- (3) OBIOLS, J.
Los fármacos como agentes químicos en la industria farmacéutica. (I): Evaluación de los principios activos.
NTP 723 - Notas Técnicas de Prevención. Barcelona, INSHT, 2006.
- (4) OBIOLS, J.
Los fármacos como agentes químicos en la industria farmacéutica. (II): Valores límite y vigilancia de la salud.
NTP 724 - Notas Técnicas de Prevención. Barcelona, INSHT, 2006.
- (5) BRUCE D. NAUMANN, EDWARD V. SARGENT, BARRY S. STARKMAN, WILLIAM J. FRASER ET AL.
Performance-based exposure control limits for pharmaceutical active ingredients.
American Industrial Hygiene Association Journal 1996: Vol 57; 33-42.
- (6) ADER A. W., FARRIS J. P. AND KU R. H.
Occupational health categorization and compound handling practice-systems-roots. Application and future.
Chemical Health and Safety, July/August 2005: 20-26.
- (7) FARRIS J., ADER A. W. AND KU, R. H.
History, implementation and evolution of the pharmaceutical hazard categorization and control system.
Chemistry Today, 2006: Vol 24 (2); 5-10.

Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (IV): selección del elemento de retención

*Évaluation de l'exposition professionnelle à aérosols. Sélection des éléments de rétention.
Occupational exposure assessment to aerosols. Collection substrates selection.*

Redactoras:

Agurtzane Zugasti Macazaga
Lda. en Ciencias Químicas

M^a José Quintana San José
Dra. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN
DE MAQUINARIA

El objetivo de esta Nota Técnica de Prevención es exponer las características de los elementos de retención a utilizar en los distintos muestreadores de fracciones de aerosoles así como los criterios para su selección. Esta nota está basada en el documento CR-03:2006 "Criterios y recomendaciones. Toma de muestra de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada".

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de toma de muestra de aerosoles constan en general de un muestreador que selecciona la fracción de interés definida en el convenio correspondiente de la norma UNE-EN 481, un elemento de retención normalmente incorporado al muestreador donde quedan retenidas las partículas del aerosol y una bomba de muestreo. Cada uno de los componentes del sistema de toma de muestra de aerosoles influye en la eficacia del muestreo y por tanto en la fiabilidad de la medición. Los elementos de retención influyen además en el análisis de las muestras, en algunos casos de forma decisiva. Los muestreadores de fracciones pueden ser utilizados, en la mayoría de los casos, con elementos de retención de diferentes tipos o características, por lo que es importante conocer sus aplicaciones y limitaciones de cara a seleccionar el más adecuado a la medición a realizar.

Los elementos de retención que se utilizan para la toma de muestra de aerosoles son fundamentalmente los filtros, aunque en los últimos años se han desarrollado también algunos tipos de espuma para dicho fin.

2. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE RETENCIÓN

Los aspectos a tener en cuenta en la selección del elemento de retención a utilizar en la toma de muestra de los aerosoles son los siguientes:

- Las recomendaciones del fabricante del muestreador que se vaya a utilizar en la toma de muestra de los aerosoles. El fabricante normalmente indica los tipos de elementos de retención que pueden utilizarse con el muestreador que dependen, entre otras cosas, de la geometría del muestreador y del caudal que recomienda para su uso con el fin de que la eficacia de

muestreo se aproxime a la del convenio correspondiente. En la tabla 1 se recogen los elementos de retención y los caudales recomendados para algunos muestreadores.

- Las características del elemento de retención, como son:
 - La eficacia de retención de las partículas,
 - la pérdida de carga al caudal de muestreo requerido que origina el elemento de retención,
 - el tamaño de poro,
 - el espesor,
 - la resistencia mecánica,
 - la compatibilidad con las condiciones ambientales en las que se realiza la toma de muestra como son la temperatura, presión, humedad y corrosividad,
 - la capacidad de retener vapor de agua,
 - la reactividad química,
 - las cargas electrostáticas,
 - los valores de los blancos y
 - el coste.
- La determinación analítica que sea necesario realizar (análisis gravimétrico, análisis microscópico o análisis químico) de acuerdo con el método elegido para el análisis del aerosol.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DE RETENCIÓN

Los elementos de retención que se utilizan en la toma de muestra de los aerosoles son, en la actualidad, los filtros y las espumas de poliuretano. A continuación se indican las características de los elementos de retención más utilizados.

Muestreador	Caudal de muestreo	Elemento de retención
IOM	2,0 l/min	Filtros de fibra de vidrio, membrana de éster de celulosa (MCE), PVC, policarbonato o gelatina.
PGP-GSP 3,5	3,5 l/min	Filtros de fibra de vidrio.
PGP-GSP 10	10 l/min	Filtros de fibra de vidrio.
CIP 10-I	10 l/min	Espumas de poliuretano.
BUTTON	4 l/min	Filtros de 25 mm de diámetro y de tamaño de poro $\geq 1,0 \mu\text{m}$. Pueden ser de fibra de vidrio, membrana de éster de celulosa (MCE), PVC, teflón o gelatina.
PAS-6	2 l/min	

Tabla 1. Elementos de retención y caudales recomendados para algunos muestreadores de la fracción inhalable.

Filtros

Los filtros que se utilizan como elementos de retención en la toma de muestra de aerosoles se pueden agrupar en *filtros de fibra*, *filtros de membrana porosa* y *filtros de tamaño de poro uniforme* (straight-through pore filters). En las figuras 1, 2 y 3 se muestran las microestructuras de algunos de estos filtros.

Filtros de fibra

Los filtros de fibra consisten en un entramado de fibras individuales. Las partículas que se recogen en el filtro quedan retenidas en toda la estructura del filtro. La porosidad del filtro oscila entre el 60 % y 99 % mientras que el espesor puede variar entre 0,15 mm y 0,5 mm. El tamaño de las fibras del filtro también es muy amplio, desde menos de 1 μm hasta 100 μm . Normalmente, el diámetro de las fibras de un filtro no es uniforme. Además de las fibras, algunos filtros llevan un ligante que permite mantener unidas las fibras individuales. Habitualmente, los filtros que se utilizan en la medición de aerosoles suelen estar libres de ligante (tipo A/E) ya que este último puede causar interferencias en las determinaciones analíticas. Los filtros de fibra se caracterizan por tener una baja pérdida de carga a caudales elevados y una alta eficacia de retención de las partículas. Pueden ser de vidrio borosilicatado, cuarzo, plástico y celulosa.

Los filtros de fibra de *vidrio borosilicatado* (Figura 1) se caracterizan por tener una alta eficacia de retención de las partículas y por poseer unas buenas propiedades de adhesión. Pueden soportar caudales elevados y la humedad les afecta en menor medida que a los filtros de membrana.

Los filtros de fibra de *cuarzo* tienen unas propiedades similares a los filtros de fibra de vidrio. Una ventaja que presentan con respecto a éstos es que los valores de los blancos son inferiores y más estables, con lo que resultan más adecuados en los casos en los que haya que efectuar un análisis químico de las partículas retenidas en el filtro.

Filtros de membrana porosa

Los filtros de membrana porosa (Figura 2) son geles formados a partir de disoluciones coloidales y se caracterizan por tener una microestructura muy complicada y uniforme. A menudo, la estructura del filtro consiste en una serie de capas formadas por diferentes procesos. Las partículas que se recogen en el filtro quedan retenidas en toda la superficie del filtro. La porosidad es inferior al 85 % y el espesor se encuentra entre 0,05 μm y 0,2 μm . Los filtros de membrana porosa se caracterizan por una elevada pérdida de carga y una baja capacidad de carga de partículas, obstruyéndose rápidamente. Los filtros de membrana pueden ser de ésteres de celulosa (MCE), cloruro de polivinilo (PVC), Teflón o metales sinterizados.

Filtros de tamaño de poro uniforme

Los filtros de tamaño de poro uniforme (straight-through pore filters) (Figura 3) son láminas delgadas (10 μm) de policarbonato con poros cilíndricos perpendiculares a la superficie de la lámina cuyos diámetros oscilan entre 0,1 μm y 8 μm . Se conocen como filtros Nucleopore debido a que éste fue el primer fabricante de ellos. Los filtros se caracterizan por tener una superficie lisa y unos poros de tamaño uniforme. La porosidad del filtro es baja, oscilando entre el 5 % y el 10 %. Las partículas del aerosol se recogen por impactación e intercepción cerca de los poros y por difusión en las paredes de los tubos de los poros. La eficacia de retención de estos filtros es intermedia, situándose entre los filtros de fibra y los filtros de membrana porosa. La pérdida de carga que presentan es superior a la de los filtros de fibra y comparable o superior a la de los filtros de membrana.

Aplicaciones, ventajas y limitaciones

Las aplicaciones así como las ventajas y limitaciones de los distintos tipos de filtros de fibra, de membrana y de tamaño de poro uniforme se recogen en las tablas 2, 3 y 4.

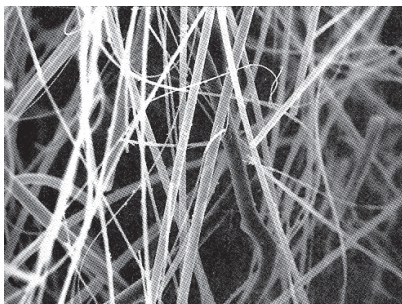


Figura 1. Filtro de fibra de vidrio

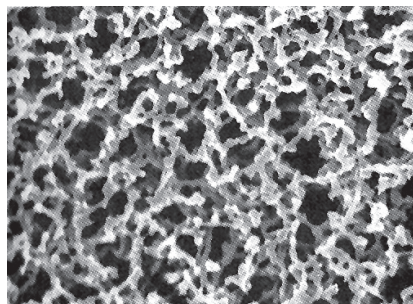


Figura 2. Filtro de membrana

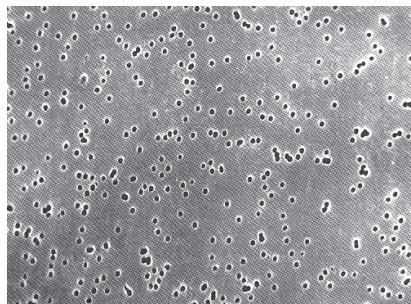


Figura 3. Filtro de tamaño de poro uniforme

Tipo de filtro	Aplicaciones	Ventajas	Limitaciones
Filtros de fibra (general)	Toma de muestra ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Baja pérdida de carga a caudales elevados Bajo coste Alta eficacia de retención de partículas 	<ul style="list-style-type: none"> Las partículas se recogen en toda la estructura del filtro
Fibra de vidrio borosilicatado	Amplio uso en la toma de muestra ambiental. Usar filtros sin ligante (tipo A/E)	<ul style="list-style-type: none"> Resistente a la temperatura ~ 500 °C Químicamente resistente 	<ul style="list-style-type: none"> Restos de sulfatos debido a la alcalinidad de las fibras
Fibra de cuarzo	Toma de muestra ambiental para análisis químico	<ul style="list-style-type: none"> Baja retención de la humedad Estable hasta ~ 800 °C Bajos niveles de contaminación de trazas Para eliminar las trazas orgánicas, pueden calentarse antes de la toma de muestra Baja formación de otros compuestos 	<ul style="list-style-type: none"> Friable Restos de nitratos
Fibra de vidrio recubierto de Teflón	Toma de muestra ambiental para análisis químico	<ul style="list-style-type: none"> Baja retención de la humedad Minimiza la transformación química 	<ul style="list-style-type: none"> Restos de nitratos
Fibra de celulosa	Aplicaciones limitadas en la toma de muestra ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Barato Permite la extracción de las partículas 	<ul style="list-style-type: none"> Les afecta la humedad en gran medida Rango de temperatura limitado Baja eficacia de retención de partículas Baja resistencia química

Tabla 2. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de los filtros de fibra

Tipo de filtro	Aplicaciones	Ventajas	Limitaciones
Filtros de membrana (general)	Toma de muestra ambiental para técnicas analíticas de superficie	<ul style="list-style-type: none"> Alta eficacia de retención de partículas Alta resistencia mecánica 	<ul style="list-style-type: none"> Elevada pérdida de carga Baja capacidad de carga de partículas, se obstruyen rápidamente Rango de temperatura limitado
Celulosa (membranas de mezcla de ésteres, nitrato, acetato y PVC)	Toma de muestra de metales, algodón, polvo, etc	<ul style="list-style-type: none"> Los más baratos entre los filtros de membrana Baja resistencia química 	<ul style="list-style-type: none"> Susceptible a retener vapor de agua Temperatura de trabajo limitada a 75 °C – 130 °C Cargas electrostáticas en las membranas de PVC
Membranas de Teflón	Análisis gravimétrico	<ul style="list-style-type: none"> Inerte a las transformaciones químicas Apenas le afecta la humedad Bajo nivel de contaminación de trazas Resistencia química 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de nitratos Rango de temperatura limitado a ~150 °C para las membranas de soporte y 260 °C para las membranas de PTFE puras
Membranas de plata	Recogida de materia particulada orgánica (benzo(a)pireno, PAH)	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia química Bajos niveles de interferencias Temperatura máxima de trabajo 550 °C 	<ul style="list-style-type: none"> El más caro de todos los filtros de membrana

Tabla 3. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de los filtros de membrana

Tipo de filtro	Aplicaciones	Ventajas	Limitaciones
Membranas de policarbonato	Ideal para las técnicas analíticas de superficie, microscopía	<ul style="list-style-type: none"> Superficie uniforme No higroscópico Bajos valores de los blancos Superficie semitransparente 	<ul style="list-style-type: none"> Elevada pérdida de carga Baja capacidad de carga de partículas Susceptibles a las cargas electrostáticas

Tabla 4. Aplicaciones, ventajas y limitaciones de los filtros de tamaño de poro uniforme

Espumas de poliuretano

En los últimos años, se han desarrollado espumas de poliuretano de distintas densidades y tamaño de poro para recoger las partículas de los aerosoles. La mayoría de las espumas de poliuretano son de poliéster – TDI (toluendiisocianato). En las espumas, las partículas recogidas se depositan en la superficie y entre los espacios de la espuma por lo que presentan una gran superficie de retención que permite recoger grandes cantidades de partículas.

Hay muestreadores como el IOM Multidust que pueden utilizarse con filtros y espumas dependiendo de la fracción del aerosol que se quiera captar y otros, como el CIP 10 que está diseñado para utilizar únicamente con espumas. Una característica que diferencia las espumas de los filtros es que las espumas permiten separar las distintas fracciones de interés en el mismo muestreador.

4. PÉRDIDA DE CARGA ORIGINADA POR LOS FILTROS

Un aspecto importante a considerar en la selección del elemento de retención es la pérdida de carga que éste origina al caudal de muestreo requerido por el muestreador (tabla 1). La pérdida de carga depende del caudal de muestreo, de la geometría del muestreador y del tipo de elemento de retención, así como de la cantidad de partículas recogidas en el elemento de retención durante la toma de muestra. Tanto el caudal de muestreo como, en la mayoría de los casos, el elemento de retención a utilizar, vienen fijados por el fabricante del muestreador (véase CR-03/2006).

Las bombas que se utilizan para el muestreo de materia particulada presentan un rango de caudal nominal de 1 l/min a 5 l/min. En este rango, para que el muestreo sea válido, el caudal de la bomba no debe desviarse más del $\pm 5\%$ del valor inicial cuando la pérdida de carga varía entre 0,1 kPa y 6,25 kPa, de acuerdo con los requisitos de la norma UNE-EN 1232 (véase NTP-777).

Si los elementos de retención se utilizan bajo condiciones diferentes a las recomendadas, éstos pueden generar pérdidas de carga superiores a las soportadas por la bomba de muestreo y por tanto, dichos elementos de retención no pueden utilizarse para este fin.

En la tabla 5 se muestran, como ejemplo, las pérdidas de carga que generan distintos tipos de filtros no cargados en algunos de los muestreadores recomendados por

la Unión Europea para captar la fracción inhalable del aerosol. Estos valores se han obtenido mediante un montaje similar al descrito en la figura 1 del apéndice A de la NTP 778.

La tabla 6 recoge los valores de la pérdida de carga máxima que la bomba de muestreo con la que se han obtenido los valores de la tabla 5, puede soportar para los distintos caudales de muestreo. Estos valores de la pérdida de carga máxima pueden variar para las distintas bombas de muestreo existentes en el mercado. Un aspecto importante a tener en cuenta es que los filtros cargados pueden llegar a generar pérdidas de carga que superen las especificaciones de la bomba de muestreo.

Caudal de muestreo	Pérdida de carga máxima
4 l/min	9,0 kPa
3,5 l/min	10,0 kPa
2 l/min	18,0 kPa

Tabla 6. Pérdida de carga máxima de la bomba de muestreo Aircheck XR 5000 para los distintos caudales de muestreo.

El fabricante del muestreador Button recomienda que los filtros a utilizar deben tener un tamaño de poro de $1 \mu\text{m}$ o superior debido a las limitaciones de pérdida de carga del muestreador. Como puede verse en la tabla 5, tanto en los filtros de MCE como en los de PVC, la pérdida de carga aumenta al disminuir el tamaño de poro del filtro.

La pérdida de carga que generan los diferentes filtros en el muestreador PGP-GSP 3,5 es inferior a la del muestreador Button debido a que el caudal de muestreo recomendado es inferior y la geometría del muestreador es diferente. Asimismo, puede apreciarse que para un mismo tipo de filtro, PVC, la pérdida de carga es mayor en los filtros de menor tamaño de poro.

En el caso del muestreador IOM, la pérdida de carga que generan los diferentes filtros queda dentro de las especificaciones de la bomba de muestreo. Para todos los tipos de filtros recogidos en la tabla 5, la pérdida de carga en el muestreador IOM es superior a la generada en el PGP-GSP 3,5. En este caso, aunque el caudal de muestreo recomendado para el muestreador IOM es inferior al PGP-GSP 3,5 el factor que influye en la pérdida de carga es la geometría del muestreador.

Muestreador	Tamaño del filtro	Tipo de filtro				
		Fibra vidrio $1 \mu\text{m}$ tipo AE	MCE $1,2 \mu\text{m}$	MCE $0,8 \mu\text{m}$	PVC $5 \mu\text{m}$	PVC $0,8 \mu\text{m}$
BUTTON 4 l/min	25 mm	1,5 kPa	3,1 kPa	6,2 kPa	4,9 kPa	5,8 kPa
PGP-GSP 3,5 3,5 l/min	37 mm	0,8 kPa		2,2 kPa	0,7 kPa	2,6 kPa
IOM 2 l/min	25 mm	1,0 kPa	2,1 kPa	3,5 kPa	2,1 kPa	2,9 kPa

NOTA: 1 kPa = 10 mbar = 4,0147 "H₂O

Tabla 5. Pérdida de carga de los distintos tipos de filtros en algunos de los muestreadores recomendados por la Unión Europea para captar la fracción inhalable del aerosol. MCE: Membrana de éster de celulosa.

5. SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE RETENCIÓN EN FUNCIÓN DE LA DETERMINACIÓN ANALÍTICA A REALIZAR

La elección del elemento de retención que se utiliza en la toma de muestra de aerosoles también depende de la determinación analítica que vaya a realizarse posteriormente. Las técnicas de análisis de las partículas recogidas en los elementos de retención pueden dividirse en tres categorías: análisis gravimétrico, análisis microscópico y análisis químico.

Análisis gravimétrico

El análisis gravimétrico requiere que el filtro recoja el aerosol con una eficacia de retención elevada (cerca del 100 %) y que el aumento de peso del filtro sea totalmente atribuible al aerosol recogido, es decir, el peso del filtro debe ser independiente de las condiciones ambientales (temperatura, humedad). Los factores que más afectan al análisis gravimétrico de los filtros son la humedad y las cargas electrostáticas.

Los filtros de fibra de vidrio borosilicatado y de cuarzo son los menos afectados por la humedad. Asimismo, hay algunos filtros de membrana como son los de Teflón, policarbonatos o PVC que tampoco resultan afectados, mientras que por el contrario, a los de celulosa les afecta la humedad del ambiente.

La acumulación de cargas estáticas en el filtro puede ocasionar dificultades en la manipulación de éste, aumentando o disminuyendo la eficacia de retención de las partículas en el filtro y generando errores en la pesada de los filtros. Algunos tipos de filtros de membrana como los de policarbonato y PVC pueden llegar a cargarse y ocasionar errores tanto en la toma de muestra como en la determinación analítica. Para minimizar estos efectos, el filtro se expone a una fuente bipolar de descarga de iones antes de la toma de muestra y de la determinación gravimétrica.

Análisis microscópico

El análisis microscópico se utiliza para obtener información del tamaño, la morfología y las características de composición del aerosol muestreado. El análisis microscópico requiere que las partículas se recojan en una superficie uniforme, resultando los filtros de membrana los más adecuados para ello.

Análisis químico

La elección del tipo de filtro para efectuar el análisis químico depende de la cantidad de materia particulada requerida para el análisis, de las interferencias de los blancos de los filtros y de las posibles transformaciones químicas que pueden darse en el filtro durante y después de la toma de muestra. Los filtros que habitualmente se utilizan para el posterior análisis químico son los de celulosa, fibra de vidrio, fibra de vidrio recubierto de Teflón o fibra de cuarzo.

Para poder llevar a cabo el análisis químico, las partículas recogidas en el filtro deben extraerse. En el caso de los filtros de celulosa las partículas retenidas en ellos se recuperan fácilmente incinerando o atacando el filtro en una disolución ácida. Sin embargo, las partículas retenidas en los filtros de fibra se extraen utilizando lechos ácidos. Los filtros de fibra de vidrio pueden presentar restos de sulfatos debido a la alcalinidad de las fibras. Los filtros de fibra de cuarzo resultan adecuados para el análisis químico por los bajos valores de los blancos y porque apenas se ven afectados por la humedad. Además, los filtros de fibra de cuarzo pueden someterse a altas temperaturas para eliminar las trazas orgánicas antes de la toma de muestra. Los filtros de membrana porosa también pueden utilizarse para el análisis químico aunque presentan algunos problemas debido a la capacidad limitada de carga de partículas que tienen y a la posibilidad de pérdida de partículas durante la manipulación y transporte del filtro.

Las espumas de poliuretano se utilizan para el análisis gravimétrico pero todavía no hay suficiente información sobre su adecuación para el análisis químico.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **CR-03:2006.** Criterios y recomendaciones. Toma de muestra de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.
INSHT, 2006
- (2) URIBE ORTEGA, B., QUINTANA SAN JOSÉ, M.J. **Bombas de muestreo personal para agentes químicos (I): recomendaciones para su selección y uso.**
NTP-777 - Notas Técnicas de Prevención. Barcelona. INSHT.
- (3) URIBE ORTEGA, B., QUINTANA SAN JOSÉ, M.J. **Bombas de muestreo personal para agentes químicos (II): verificación de las características técnicas.**
NTP-778 - Notas Técnicas de Prevención. Barcelona. INSHT.
- (4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Métodos de Toma de Muestra y Análisis.
INSHT. Colección 1987-2005
- (5) **NORMA UNE-EN-481:1995.** Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosol.
- (6) **NORMA UNE-EN 1232:1997.** Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.
- (7) WILLEKE, K. AND BARON, P.A.
Aerosol measurement.
Ed. Van Nostrand Reinhold, 1993

Evaluación de la exposición laboral a aerosoles (V): recomendaciones para la toma de muestra de los aerosoles

Évaluation de l'exposition professionnelle a aérosols. Recommandations pour l'échantillonnage des aérosols
Occupational exposure assessment to aerosols. Recommendations for the aerosol sampling

Redactoras:

Agurtzane Zugasti Macazaga
Lda. en Ciencias Químicas

M^a José Quintana San José
Dra. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de tomas de muestra de aerosoles válidas que conduzcan a mediciones fiables, es necesario tener en cuenta los objetivos de la medición, el valor límite establecido y las características del aerosol presente en el lugar de trabajo a evaluar, que van a determinar, en primer lugar, la instrumentación y las condiciones de muestreo.

En la toma de muestra de aerosoles, es también de primordial importancia considerar la fracción por tamaño del aerosol a muestrear para la que el límite de exposición profesional está establecido ya que va a influir decisivamente en el muestreador a utilizar que, a su vez, también influye en las condiciones de muestreo.

2. OBJETIVOS DE LA TOMA DE MUESTRA

La medición de la concentración de los aerosoles presentes en los lugares de trabajo puede llevarse a cabo con diferentes objetivos:

- Si el objetivo es determinar la exposición personal para evaluar la conformidad con el valor límite, la toma de muestra debe ser personal, es decir, que el muestreador se colocará en la *zona respiratoria* del trabajador.
- Si el objetivo de la medición es proporcionar información sobre la localización e intensidad de una fuente de emisión o sobre las concentraciones y tendencias de la concentración del aerosol en la atmósfera del lugar de trabajo, es más adecuado la toma de muestra estática, colocando el sistema de muestreo en un emplazamiento adecuado del lugar de trabajo.
- Por último, si el objetivo de la medición de la concentración de los aerosoles es obtener información sobre la efectividad de las medidas de control, se puede optar por la toma de muestra personal o estática.

3. LIMITES DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL PARA AEROSOLES

Los límites de exposición profesional a utilizar son los de la publicación "Límites de exposición profesional para

Agentes Químicos en España" del INSHT. Dicha publicación se actualiza anualmente.

Los *valores límite ambientales* (VLA) para los agentes químicos que se presentan como aerosoles están establecidos en función de la región del tracto respiratorio donde el depósito de las partículas pueda llegar a producir un efecto biológico. Estos valores pueden estar establecidos para una o varias fracciones del aerosol. En los casos en los que no se especifique la fracción del aerosol a la que corresponde el valor límite ambiental, se sobreentiende que dicho valor límite corresponde a la fracción inhalable del aerosol.

Algunos agentes químicos en forma de materia particulada no tienen un valor límite ambiental asignado ya que no se dispone de suficiente información toxicológica para poder establecer dicho límite. Para evaluar estas exposiciones, el valor límite que se utilizaría sería el que corresponde a las partículas (insolubles o poco solubles) no especificadas de otra forma. Este valor límite sólo es aplicable a aquellos contaminantes químicos en forma de materia particulada que no tengan un valor límite ambiental específico, que sean insolubles o poco solubles en agua, que tengan una toxicidad baja y que no contengan amianto y el porcentaje de sílice cristalina sea inferior al 1 %.

Finalmente, cabe destacar que también se dispone de un valor límite ambiental para los humos de soldadura. Dicho valor se podrá aplicar siempre que en la varilla que se utiliza para soldar el metal o en el revestimiento del metal no haya agentes químicos con valor límite establecido inferior al de los humos. En caso contrario, debe procederse a determinar si se sobrepasan los límites de exposición profesional específicos.

4. CARACTERIZACIÓN DE LOS AEROSOLES INDUSTRIALES

Los contaminantes químicos presentes en los lugares de trabajo se pueden encontrar en forma de suspensiones de partículas sólidas o líquidas en el aire, denominadas *aerosoles*. Generalmente, se considera que el tamaño de partícula de los aerosoles se encuentra entre 0,001 μm y 100 μm .

Los aerosoles se pueden generar en una gran variedad de actividades y procesos industriales. La naturaleza,

tamaño y número de partículas de los aerosoles industriales dependen de las características de los productos utilizados y de las operaciones que se realizan en la actividad industrial.

Un aspecto importante a considerar es el tamaño de las partículas que constituyen el aerosol. Para caracterizar el tamaño de las partículas se emplea el *diámetro aerodinámico equivalente* o el *diámetro de difusión* para las partículas de tamaño inferior a $0,5 \mu\text{m}$. Normalmente, los aerosoles de los lugares de trabajo presentan partículas de *tamaño* muy diferente y por lo tanto, se tratarán de aerosoles polidispersos.

Los aerosoles polidispersos pueden describirse mediante distribuciones teóricas como son la distribución logarítmico-normal y la distribución logarítmico-normal acumulada, ambas caracterizadas por la media geométrica o mediana y la desviación típica geométrica. Estas parejas de parámetros describen completamente la aproximación idealizada de los datos del aerosol. La media describe el tamaño de las partículas y la desviación típica es un indicador de la dispersión del tamaño de las partículas del aerosol.

La *distribución acumulada*, para un tamaño de partícula dado, da el percentil o cantidad total de partículas del aerosol cuyo tamaño de partícula es inferior al dado. En las distribuciones logarítmico-normales acumuladas, la mediana, es decir el diámetro aerodinámico mediana, corresponde al tamaño de partícula del percentil 50 (d_{50}).

Los aerosoles presentes en los lugares de trabajo estarán, en general, mejor caracterizados por una *distribución logarítmico-normal acumulada*. Asimismo, las fracciones del aerosol que penetran en las distintas regiones del tracto respiratorio se describen también mediante distribuciones logarítmico-normales acumuladas, caracterizadas por su mediana y su desviación típica geométrica.

5. CONVENIOS PARA LA TOMA DE MUESTRA SELECTIVA DE FRACCIONES POR TAMAÑO DE PARTÍCULA

En el contexto de evaluación de daños a la salud y considerando las diferentes regiones del tracto respiratorio, se han definido, para los aerosoles, cinco fracciones por tamaño de partícula consensuadas internacionalmente: inhalable, extratorácica, torácica, traqueobronquial y respirable, así como los correspondientes *convenios para la toma de muestra selectiva* de dichas fracciones. Las definiciones de las fracciones y los convenios se pueden consultar en UNE-EN 481:1995, UNE 77213:1997, ACGIH Documentación de los TLVs en la edición de 1995, así como en el CR-03/2006 y la NTP 731.

Los convenios son relaciones entre el diámetro aerodinámico de las partículas y las fracciones del aerosol recogidas o medidas por los instrumentos de muestreo que representan aproximadamente las fracciones que penetran, bajo condiciones promedio, a las diferentes regiones del tracto respiratorio. Los convenios están expresados en términos de *fracciones de masa de las partículas*.

Para la adecuada utilización de los convenios y poder realizar mediciones fiables, debe tenerse en cuenta que:

- Estos convenios se han desarrollado para evaluar los posibles efectos sobre la salud que ocasiona la inhalación de los aerosoles en los lugares de trabajo. Una aplicación de los convenios es la comparación de la concentración másica de las fracciones del aerosol con los correspondientes valores límite.

- Los convenios representan la fracción del aerosol que captaría un muestreador ideal y por tanto, son las especificaciones que tienen que cumplir los instrumentos de muestreo cuando captan la fracción de interés.

- La *toma de muestra* de aerosoles debe realizarse teniendo en cuenta la fracción para la que está definido el límite de exposición. Para ello, los muestreadores deberán seleccionarse entre los que captan la fracción correspondiente del aerosol.

- Los convenios para la toma de muestra de las distintas fracciones *no se deben utilizar* para comparar los datos obtenidos con valores límite que estén definidos en términos completamente diferentes. Por ejemplo, no deben ser utilizados con los valores límite *para fibras* ya que éstas están definidas en función de la longitud y el diámetro de las fibras.

- El convenio para la toma de muestra de la *fracción inhalable* se ha definido para aquellas partículas cuyo diámetro aerodinámico es igual o inferior a $100 \mu\text{m}$. Para partículas de mayor tamaño no hay datos experimentales y por tanto, no se recomienda el empleo de dicho convenio.

- Pueden utilizarse otros métodos, siempre que den lugar a conclusiones semejantes o de mayor rigor que los convenios de la norma UNE-EN 481. Los muestreadores de la *fracción respirable* que se utilicen para la toma de muestra del aerosol se pueden adecuar al convenio para la toma de muestra de la fracción respirable definido en la norma UNE-EN 481 o al convenio de Johannesburgo (curva BMRC).

6. ALGUNAS ACLARACIONES SOBRE LOS TÉRMINOS UTILIZADOS EN LA DEFINICIÓN DE LAS FRACCIONES

Los términos usados actualmente para definir las fracciones y los convenios, se han utilizado anteriormente con significados cualitativos o cuantitativos diferentes, por tanto, es importante clarificarlo y evitar la utilización de términos que puedan llevar a confusión.

En el contexto de toma de muestra ambiental debe utilizarse preferentemente el término aerosol frente a “partículas sólidas y líquidas”. Si se utiliza este último término conviene precisar que son aquellas que “están suspendidas en el aire”.

El término “aerosol total” NO es equivalente a términos utilizados con anterioridad como “*polvo total*” o “*partículas totales*”. Aerosol total se define como “todas las partículas en suspensión que se encuentran en un volumen dado de aire”. Esta definición de aerosol total no depende ni del instrumento de muestreo, ni del comportamiento o penetración de las partículas en el organismo. En el pasado, en la mayoría de los países, las recomendaciones para la toma de muestra de los aerosoles se basaban en el concepto de “polvo total” o “partículas totales” pero estos términos correspondían a las partículas captadas por un determinado instrumento de muestreo. Por ejemplo, la ACGIH consideraba como “partículas totales» a aquellas partículas recogidas con la cassette de poliestireno de 37 mm, cerrada. En el Reino Unido, las partículas que se recogían con el muestreador de 7 orificios se consideraban como “polvo total”. Por tanto, se desaconseja el uso de los términos “polvo total” y “partículas totales” ya que pueden llevar a confusión.

En la actualidad, el término “inhalable” está adoptado internacionalmente para designar a la fracción de la masa del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la

boca. Aunque los términos inhalable e inspirable se consideran equivalentes, se recomienda evitar la utilización de términos usados con anterioridad como partículas inspirables, masa inspirable o fracción inspirable.

El concepto y el término “respirable” han estado siempre asociados a las partículas que se depositan en la región alveolar o no ciliada aunque su definición cuantitativa, es decir, el convenio correspondiente, ha ido cambiando con el tiempo.

En el campo del Medio Ambiente también se describen distintas fracciones del aerosol como son la PM_{10} y la $PM_{2.5}$. La fracción PM_{10} , corresponde a aquellas partículas que penetran al árbol traqueobronquial y a la zona de intercambio de gases en los pulmones. La curva que define la PM_{10} es similar al convenio de la fracción torácica. La fracción $PM_{2.5}$ se define como la fracción de partículas cuyo diámetro aerodinámico es inferior a $2,5 \mu m$ y se generan en procesos de combustión.

7. INSTRUMENTACIÓN PARA LA TOMA DE MUESTRA DE AEROSOL

Los sistemas de *toma de muestra de aerosoles* constan, en general, de un *muestreador* que selecciona la fracción por tamaño de partícula del aerosol de interés, un *elemento de retención* que recoge las partículas del aerosol que han entrado en el muestreador y una *bomba de muestreo*. En la mayoría de los modelos existentes en el mercado, el elemento de retención se coloca dentro del muestreador y la bomba de muestreo es externa aunque existe algún modelo en el que la bomba de aspiración está integrada en el muestreador.

La instrumentación para la toma de muestra se debe seleccionar teniendo en cuenta los objetivos de la medición y la fracción del aerosol para la que está establecido el límite de exposición profesional.

Para que las mediciones de aerosoles cumplan los requisitos generales de la norma UNE-EN 482, los muestreadores deben cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 13205 lo que a su vez implica, que el muestreador sea capaz de tomar muestras de aerosol de acuerdo con el convenio correspondiente (inhalable, torácico, respirable) definido en la norma UNE-EN 481 (Véase CR-03/2006 y NTP 731). La norma UNE-EN 13205 va dirigida

a fabricantes y usuarios de los muestreadores. El usuario puede utilizar los requisitos contenidos en esta norma, tanto de cara a su adquisición como para la selección del muestreador a utilizar.

8. MUESTREADORES DE FRACCIONES POR TAMAÑO

Los muestreadores seleccionan las fracciones por tamaño de partícula del aerosol (inhalable, torácica, respirable) con diferentes eficacias dependiendo del tamaño de las partículas y que, idealmente, deben corresponder a la eficacia del convenio que pretenden muestrear.

Los muestreadores personales pueden seleccionar una única fracción o varias fracciones del aerosol simultáneamente, dependiendo del diseño.

La tabla 3 del CR 03/2006 resume los requisitos de los muestreadores de fracciones establecidos en la norma UNE-EN 13205 necesarios para que el muestreador cumpla con el convenio apropiado de la norma UNE-EN 481. Con relación a la adecuación a los convenios, el parámetro fundamental es la *exactitud* del muestreador que *debe ser inferior o igual al 30%* promediada para todas las velocidades de viento. La exactitud depende de la eficacia de muestreo y de la variabilidad de los muestreadores.

Los *principales factores* que afectan a la eficacia de muestreo son la distribución por tamaño de partícula del aerosol total y la velocidad y dirección del viento. En algunos tipos de muestreadores también resultan importantes las diferencias entre los distintos ejemplares de un mismo muestreador, las variaciones del caudal de muestreo y los elementos de retención que se utilicen para recoger las partículas. Entre las variables que afectan en menor medida a la eficacia de muestreo se encuentran la composición del aerosol, la masa de aerosol muestreada y la carga del aerosol. En la tabla 1, se indican los principales factores que afectan a la eficacia de muestreo de los muestreadores.

La eficacia de muestreo depende también, de forma decisiva, del caudal de muestreo que a su vez, también está influenciado por el elemento de retención utilizado (véase NTP 799). El fabricante debe incluir, en las instrucciones de uso, información sobre las características

FACTOR	NATURALEZA DEL EFECTO
Tamaño de las partículas	Selección de las partículas en función del tamaño.
Velocidad del viento	La velocidad del viento en el orificio de entrada influye en la aspiración, especialmente para valores elevados y partículas grandes.
Dirección del viento	La orientación del viento en el orificio de entrada influye en la aspiración.
Composición del aerosol	Rebote y re-arrastre de las partículas; ruptura de los aglomerados.
Masa de aerosol muestreada	La eficacia de recogida del aerosol varía en las superficies muy colmatadas.
Carga del aerosol	Atracción o repulsión de las superficies.
Variabilidad de los muestreadores	Una diferencia dimensional pequeña produce un efecto aerodinámico grande.
Variaciones del caudal	El mecanismo de separación de las partículas depende fuertemente del caudal.
Tratamientos de superficie	La eficacia de recogida puede verse afectada por los tratamientos superficiales realizados a los muestreadores.

Tabla 1. Principales factores que afectan a la eficacia de muestreo de los muestreadores.

de la bomba de muestreo y del elemento de retención a utilizar con el muestreador.

Es conveniente que el usuario solicite al fabricante el informe de los ensayos efectuados al muestreador con el fin de verificar que cumple los requisitos de las normas citadas anteriormente. Esta información resulta esencial para todos aquellos muestreadores que no estén incluidos en el documento CR-03/2006 ya que dicho documento proporciona esta información para los muestreadores citados en él.

Limitaciones de uso de los muestreadores

Los muestreadores de las distintas fracciones del aerosol pueden presentar en algunos casos dificultades en el cumplimiento de los requisitos de las normas anteriormente citadas. En la tabla 2, se indican los factores que afectan de manera importante a los muestreadores, según la fracción a muestrear, para el cumplimiento con el correspondiente convenio.

La velocidad de viento alta, la presencia de partículas grandes en el aerosol, las concentraciones elevadas del aerosol, las pérdidas durante el transporte del muestreador hasta el laboratorio de análisis así como el desplazamiento de las partículas entre las distintas fracciones del aerosol captadas por el muestreador, conllevan a una subestimación de la fracción del aerosol captada por el muestreador y por tanto, la toma de muestra del aerosol no es válida.

Instrucciones de uso de los muestreadores

Un requisito de los muestreadores, de importancia para el usuario, es que los muestreadores se deben suministrar acompañados de las correspondientes instrucciones de uso. Las instrucciones contienen información del máximo interés de cara a realizar mediciones válidas y adecuadas (fiables). Deben incluir información relacionada con:

- La adecuación del muestreador al convenio para la toma de muestra correspondiente,
- Las limitaciones en la utilización del instrumento así como las distribuciones por tamaño de partícula de los aerosoles, velocidades del viento y otras condiciones de funcionamiento, en las que el muestreador cumple los requisitos de exactitud.

- Instrucciones sobre la manera de poner en marcha el instrumento y cómo se fijan los parámetros de operación, especificando el caudal de muestreo previsto.
- El intervalo de temperaturas para el almacenamiento y el funcionamiento adecuado del instrumento.
- En el caso en el que sea necesario el uso de una bomba externa se indicarán los requisitos que tiene que cumplir (caudal, pérdida de carga, pulsación), las baterías y el cargador de baterías recomendados y el tiempo de funcionamiento con las baterías completamente cargadas, en las condiciones de funcionamiento habituales.
- Información sobre el elemento de retención a utilizar para la recogida de las partículas (diámetro del filtro, material, tamaño de poro).
- Información sobre las operaciones de mantenimiento, limpieza y calibración del instrumento,
- Advertencias sobre los problemas conocidos que pueden darse durante la utilización del instrumento (orientación, choques mecánicos) y
- La prohibición del empleo del muestreador en ciertas condiciones, por ejemplo, en atmósferas explosivas, si procede.

Muestreadores personales recomendados

Los muestreadores personales que se indican, con carácter informativo, en el documento técnico CEN/TR 15230 y por tanto, cumplen aceptablemente con los requisitos de las normas anteriores para algunas condiciones ambientales, son los siguientes:

- Para la fracción inhalable: IOM, PGP-GSP 3,5, PGP-GSP 10, CIP 10-I, BUTTON y PAS-6. Entre ellos, *no se encuentran la cassette de poliestireno de 37 mm, ni cerrada, muestreador utilizado de forma habitual en España, ni abierta, por lo que no deberían utilizarse* ya que no cumplen con los requisitos de las normas citadas anteriormente.
- Para la fracción torácica: CIP 10-T y GK2.69
- Para la fracción respirable: IOM Multidust, CIP 10-R, GK2.69, SIMPEDS, ciclón de polvo respirable (BGI), ciclón de aluminio (SKC), ciclón de plástico conductor (SKC), PGP-FSP 2, PGP-FSP 10 y el ciclón de nylon de 10 mm, siendo este último el utilizado en España hasta la fecha. Tal como se ha mencionado

Factor	Dificultades en el cumplimiento de los requisitos de las normas			
	Muestreadores Frac. inhalable	Muestreadores Frac. torácica	Muestreadores Frac. respirable	Muestreadores Multi-fracción
Velocidad de viento alta	Sí p.e. minas, trabajo en exterior	Sí		Sí p.e. minas, trabajo en exterior
Partículas grandes	Sí p.e. trabajos con madera, industria textil			Sí p.e. trabajos con madera, industria textil
Concentraciones elevadas del aerosol		Sí	Sí	Sí
Pérdidas en el transporte de las muestras	Sí	Sí	Sí	Sí
Desplazamiento de partículas entre fracciones				Sí

Tabla 2. Factores que afectan al cumplimiento de los muestreadores con los requisitos de las normas

anteriormente, la norma UNE-EN 481 permite utilizar otros métodos siempre que den lugar a conclusiones semejantes o de mayor rigor que los convenios de dicha norma. En el caso de los muestreadores de la fracción respirable se permite el uso de aquellos muestreadores que se adecuen al convenio de la fracción respirable definido en la norma UNE-EN 481 o bien al convenio de Johannesburgo (curva BMRC).

- Para los muestreadores multifracción: IOM Multidust y Respicon.

Los muestreadores citados se muestran en CR-03/2006 y NTP 764 y 765. Es muy importante tener en cuenta que no todos los muestreadores cumplen con los requisitos para todas las posibles condiciones ambientales. Por tanto, *el usuario debe comprobar que el muestreador tiene un comportamiento aceptable en las condiciones en las que se va utilizar.*

Como ayuda a la elección del muestreador de la fracción inhalable, se pueden consultar las tablas 7, 8 y 9 del CR-03/2006. En la tabla 7, se recogen las características de cada muestreador, el caudal de muestreo, el tipo de elemento de retención que recomienda el fabricante, la determinación analítica que se realizará y finalmente, el nombre del fabricante del muestreador y su página web. La tabla 8 recoge el comportamiento de los muestreadores basado en las referencias bibliográficas citadas en el informe técnico CEN/TR 15230 para diferentes condiciones ambientales. Para cada referencia bibliográfica, se indican los muestreadores que se han utilizado en el estudio así como las condiciones ambientales en las que se ha llevado a cabo (velocidad y dirección del viento, tamaño de las partículas y si el ensayo ha sido realizado en el laboratorio (L) o en un lugar de trabajo (C)). Asimismo se incluye un resumen del comportamiento del muestreador en esas condiciones ambientales, indicando si se adecua al convenio para la toma de muestra de la fracción inhalable o no.

En la tabla 3, que reproduce la tabla 9 del CR-03/2006, se resume el comportamiento de los muestreadores de la fracción inhalable recomendados por la Unión Europea basado en la información bibliográfica disponible citada anteriormente. Hay que tener en cuenta que, en algunos casos, esta información es muy limitada y por tanto debe tomarse con cautela, como una primera aproximación a la elección del muestreador. Se han considerado los principales factores que afectan a la eficacia de muestreo del muestreador como son el tamaño de la partícula y la velocidad y dirección del viento. Cuando el muestreador

se adecua al convenio de la fracción inhalable se indica con el símbolo (**). Cuando el factor a considerar influye en el comportamiento del muestreador se indica con el símbolo (*). En los casos en los que el muestreador no se adecua al convenio de la fracción inhalable se indica con el símbolo (•). El muestreador CIP 10-I presenta un comportamiento similar al IOM, para concentraciones bajas (♦). El IOM no se adecua al convenio de la fracción inhalable para partículas con diámetros aerodinámicos superiores a 70 mm (•).

Muestreadores estáticos recomendados

Los muestreadores estáticos pueden utilizarse en la toma de muestra de aerosoles cuando el objetivo de la medición es proporcionar información sobre la localización e intensidad de una fuente de emisión, o sobre las concentraciones y tendencias de la concentración del aerosol en la atmósfera del lugar de trabajo. Asimismo, también pueden usarse con el objetivo de conocer la efectividad de las medidas de control llevadas a cabo en el lugar de trabajo. Pero en ningún caso, los muestreadores estáticos se utilizarán para evaluar la exposición personal a los aerosoles.

Los muestreadores estáticos que se indican, con carácter informativo, en el documento técnico CEN/TR 15230 y por tanto, cumplen aceptablemente con los requisitos de las normas anteriores para algunas condiciones ambientales, son los siguientes:

- Para la fracción inhalable: Cathia-I, PM 4, ESK50 y VC-25G.
- Para la fracción torácica: Cathia-T y MPG III-T.
- Para la fracción respirable: Cathia-R, PM4 F, MPG II, MPG III, MRE 113A, VC25 F y VC 25I.

Al igual que para los muestreadores personales, es muy importante tener en cuenta que no todos los muestreadores cumplen con los requisitos para todas las posibles condiciones ambientales. Por tanto, *el usuario debe comprobar que el muestreador tiene un comportamiento aceptable en las condiciones en las que se va utilizar.*

En la tabla 4 se recogen las características de cada muestreador como son el caudal de muestreo, el tipo de elemento de retención que recomienda el fabricante, el nombre del fabricante del muestreador y su página web. En todos los muestreadores, para la determinación analítica se consideran las partículas depositadas en el filtro.

Factor		Muestreador					
		IOM	PGP-GSP 3,5	PGP-GSP 10	BUTTON	CIP 10-I	PAS-6
Tamaño de partícula	0,5 m/s	** d > 70 µm •		**	♦		
Velocidad del viento	0,5 m/s	**	**	**	**	•	**
	1,0 m/s	**	**		**	•	
Dirección del viento	0,5 m/s	•	*	•	**		
** El muestreador se adecua al convenio de la fracción inhalable. * El factor influye en el comportamiento del muestreador. • El muestreador no se adecua al convenio de la fracción inhalable. ♦ Comportamiento similar al IOM.							

Tabla 3. Resumen del comportamiento de los muestreadores de la fracción inhalable recomendados por la Unión Europea.

Muestreadores estáticos	Muestreador	Caudal de muestreo	Elemento de retención	Fabricante
De la fracción inhalable	Cathia-I	10 l/min	Filtros de membrana de éster de celulosa (MCE)	Arelco www.arelco.fr
	PM 4	4 m ³ /h	Filtros de membrana de nitrato de celulosa o fibra de vidrio	GSM www.gsmneuss.com
	ESK50	50 l/min	Filtros de aluminio	DEHA www.deha-gmbh.de
	VC-25G	22,5 m ³ /h	Filtro de fibra de vidrio	GSM www.gsm-neuss.com
De la fracción torácica	Cathia-T	7 l/min	Filtros de membrana de éster de celulosa (MCE)	Arelco www.arelco.fr
	MPG III-T	55 l/min	Filtros de aluminio	DEHA www.deha-gmbh.de
De la fracción respirable	Cathia-R	10 l/min	Filtros de membrana de éster de celulosa (MCE)	Arelco www.arelco.fr
	PM4 F	4 m ³ /h	Filtros de membrana de nitrato de celulosa o fibra de vidrio	GSM www.gsm-neuss.com
	MPG II			DEHA www.deha-gmbh.de
	MPG III	46,5 l/min	Filtros de aluminio	DEHA www.deha-gmbh.de
	MRE 113A			Casella www.casella-es.com
	VC25 F	22,5 m ³ /h	Filtro de membrana de 8 µm	GSM www.gsm-neuss.com
	VC25 I	22,5 m ³ /h	Filtro de membrana de 8 µm	GSM www.gsm-neuss.com

Tabla 4. Muestreadores estáticos de las fracciones del aerosol recomendados por la Unión Europea

9. ELEMENTOS DE RETENCIÓN

Los elementos de retención son normalmente filtros o espumas de diferentes características (material de construcción y tamaño de poro diferentes). Pueden ir incorporados en el muestreador o ser externos a él. En la NTP 799 se indican los diferentes elementos de retención disponibles en el mercado y los criterios que hay que considerar en su selección. Algunos aspectos a considerar son los siguientes:

- El usuario debe seleccionar el elemento de retención adecuado a la medición a realizar entre los recomendados por el fabricante. En caso de utilizar uno diferente, será necesario comprobar que la pérdida de carga que origina no es superior a la pérdida de carga que la bomba de muestreo puede soportar para mantener el caudal constante durante el muestreo (Véase NTP 799).
- La elección del tipo de filtro debe también tener en cuenta el análisis posterior de las muestras que se requiere (análisis gravimétrico, análisis microscópico o análisis químico) de acuerdo con el método de toma de muestra y análisis seleccionado.
- Para las determinaciones gravimétricas resultan más adecuados los filtros de fibra de vidrio y de cuarzo ya que no les afecta la humedad, ni las cargas electrostáticas.
- El análisis microscópico requiere que las partículas se recojan en una superficie uniforme, resultando apropiados para ello los filtros de membrana.
- Cuando la determinación analítica a realizar es el análisis químico del filtro, la selección del tipo de filtro depende de la cantidad de materia particulada requerida para el análisis, de las interferencias de los blancos de los filtros y de las posibles transformaciones químicas que pueden darse en el filtro durante y después de la toma de muestra.
- Además de los filtros, también pueden utilizarse como elemento de retención de las partículas del aerosol, las espumas de poliuretano. Estas espumas se utilizan para el análisis gravimétrico pero no hay suficiente información sobre su adecuación para el análisis químico.

10. BOMBAS DE MUESTREO

El muestreador necesita de una bomba de aspiración de aire para su funcionamiento. Algunos muestreadores tienen la bomba integrada, pero la mayoría requieren una bomba externa.

Para las tomas de muestra personales de aerosoles, las bombas de muestreo deben ser del tipo P, de acuerdo con la clasificación de la norma UNE-EN 1232, y cumplir

sus requisitos (Véase CR-01/2005). El rango de caudal máximo en el que operan habitualmente es de 1 l/min a 5 l/min.

Debido a la influencia del caudal en la eficacia del muestreo selectivo de fracciones de aerosoles, deben utilizarse únicamente los caudales recomendados por el fabricante y es, especialmente importante, asegurar que el caudal se mantiene constante durante el muestreo.

En las tomas de muestra en un lugar fijo, pueden utilizarse bombas de muestreo que operan a caudales superiores a 5 l/min debiendo cumplir las especificaciones que se indican en la norma UNE-EN 12919.

La conexión de la bomba de muestreo externa y el muestreador se realiza mediante un tubo de plástico, flexible. Es recomendable utilizar tubos de *Tygon* ya que presentan menores efectos electrostáticos que los de *Teflón* (politetrafluoroetileno) o los de *Polyflo* (polietileno).

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **CR-03/2006**. Criterios y recomendaciones. Toma de muestra de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.
INSHT, 2006
- (2) **CR-01:2005**. Criterios y recomendaciones. Bombas de muestreo personal para agentes químicos.
INSHT, 2005
- (3) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Límites de exposición profesional para agentes químicos en España.
INSHT, 2008
- (4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Métodos de Toma de Muestra y Análisis.
INSHT. Colección 1987-2005
- (5) **NORMA UNE-EN 481:1995**. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.
- (6) **NORMA UNE-EN 1232:1997**. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo personal de los agentes químicos. Requisitos y métodos de ensayo.
- (7) **NORMA UNE 77213:1997**. Calidad del aire. Definición de las fracciones de los tamaños de partículas para el muestreo asociado a problemas de salud.
- (8) **NORMA UNE-EN 12919: 2000**. Atmósferas en el lugar de trabajo. Bombas para el muestreo de los agentes químicos con un caudal volumétrico superior a los 5 l/min. Requisitos y métodos de ensayo.
- (9) **NORMA UNE-EN 13205:2002**. Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles.
- (10) **NORMA UNE-EN 482:2007**. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medida de agentes químicos.
- (11) **CEN/TR 15230:2005**. Workplace atmospheres. Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.
- (12) WILLEKE, K AND BARON, P.A.
Aerosol measurement.
Ed. Van Nostrand Reinhold, 1993

Amianto: fiabilidad de los resultados de las determinaciones de fibras en aire. Requisitos

Airborne asbestos fibre concentration measurement. Requirements for reliability
Fiabilité des résultats des déterminations des fibres d'amiante dans l'air. Conditions préalables

Redactora:

M^a Carmen Arroyo Buezo

Ingeniero Técnico en Química Industrial

CENTRO NACIONAL DE
VERIFICACIÓN DE MAQUINARIA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto, actualiza y sustituye a la normativa anterior sobre esta materia introduciendo cambios necesarios e importantes, entre otros, los concernientes a la medición de las concentraciones de fibras de amianto en aire. A este respecto son significativos la reducción notable del valor límite de exposición profesional y la modificación del método de medida.

En relación con la medición, se mantiene la obligatoriedad del reconocimiento formal de la idoneidad de los laboratorios especializados en el análisis (recuento) de fibras, y se añade la cualificación y conocimientos especializados exigible a los técnicos que realicen las evaluaciones de riesgos. Estos requisitos, que se puede encontrar comentados con detalle en la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto, tienen como fin asegurar la fiabilidad de los resultados, cuya importancia es obvia, tanto por la peligrosidad del contaminante como por las circunstancias en las que en la actualidad se puede presentar.

Para asegurar la fiabilidad de los resultados de las determinaciones de fibras de amianto en aire y cumplir los requisitos necesarios para ello, es fundamental conocer y aplicar bien el método de medida y disponer de mecanismos de control para detectar y corregir los posibles errores que se puedan cometer. Con el fin de facilitar su cumplimiento, se recogen en esta nota técnica un conjunto de indicaciones y recomendaciones que son de interés tanto para los laboratorios especializados en el análisis (recuento de fibras) como para los técnicos que realicen la toma de muestras y evaluación de resultados.

2. FIABILIDAD DE LOS RESULTADOS DE LAS DETERMINACIONES DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE. CONSIDERACIONES PREVIAS

La fiabilidad de los resultados de las determinaciones de fibras de amianto, y en general de cualquier otro conta-

minante, se sustenta en la confianza de que las muestras son *adecuadas y representativas* y que los errores que se puedan producir en la toma de muestras y en el análisis son conocidos y están controlados.

Para ello, es necesario en primer lugar que las muestras respondan al objetivo de la medición. Con este fin, la estrategia de muestreo determinará las condiciones y el tipo de muestreo (personal o ambiental) a realizar, su duración y el número de muestras necesario para asegurar su representatividad. Pero además, es imprescindible también que las *muestras sean adecuadas*, entendiendo por tal que las muestras sean conformes al método de medida. Es decir, las muestras tienen que ser tomadas en la forma que indique el procedimiento de muestreo establecido cumpliendo los requisitos asociados al procedimiento analítico. Finalmente será necesario implementar procedimientos que garanticen la detección y control de los errores, tanto en el análisis como en la toma de muestras.

Los requisitos para las muestras derivados del procedimiento analítico son necesarios para que dicho procedimiento se pueda aplicar después satisfactoriamente. Sin embargo, estos requisitos no suelen ser suficientemente atendidos cuando se realizan las tomas de muestras, en las cuales la detección y control de los errores que se pueden cometer, también son con frecuencia deficientes. En estas circunstancias, se pueden plantear dudas sobre la validez de las muestras tomadas, comprometándose la fiabilidad de los resultados de las mediciones

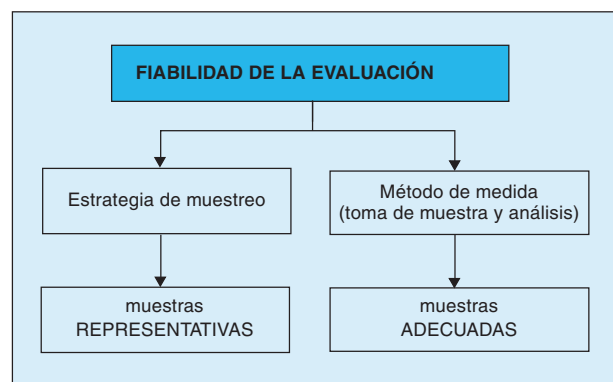


Figura 1. Requisitos de las muestras

aunque los análisis hayan sido realizados por laboratorios homologados

Los requisitos para las muestras que se derivan del método de medida se tratan de forma expresa en este documento, aunque no se puede olvidar que los requisitos derivados de la representatividad de las muestras, son igualmente importantes, y que sólo el cumplimiento de ambos asegura la fiabilidad de la evaluación (figura 1).

3. MÉTODO DE MEDIDA DE LAS CONCENTRACIONES DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE.

El método recomendado en el RD 396/2006 para la medida de las concentraciones de fibras de amianto en aire es el método MTA/MA-051 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo "Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire. Método del filtro de membrana/microscopía óptica de contraste de fases". Este método ha sido elaborado siguiendo las recomendaciones del método de la Organización Mundial de la Salud de 1997 que se recomienda en la Directiva 2003/15/CE.

Las muestras se toman haciendo pasar un volumen conocido de aire a través de un filtro de membrana donde quedan retenidas las fibras. El análisis (recuento de fibras) se realiza por microscopía óptica de contraste de fases a 400-500 X. Para ello, el filtro en el que se encuentra recogida la muestra se transparenta con vapor de acetona y se prepara en un portaobjetos de microscopía. A partir del resultado del recuento de fibras en el filtro y del volumen de aire muestreado se calcula la concentración en el aire que corresponde a cada muestra.

El método MTA/MA-051 sustituye al método MTA/MA-010 indicado en la normativa derogada. Aunque ambos métodos tienen el mismo fundamento, el nuevo método está ampliado y mejorado respecto del anterior para adaptarlo a las actuales necesidades de medición y especialmente para adecuarlo a la medición de bajas concentraciones de fibras, de acuerdo con el valor límite ambiental de 0,1 fibras/ml.

El método está preparado para tomas de muestra personales aplicables a la evaluación de las exposiciones laborales, pero se puede utilizar igualmente para tomas de muestra en punto fijo en la medida de la concentración ambiental. El procedimiento operativo para realizar la toma de muestras con las particularidades de ambos tipos de medición, el recuento de fibras y el cálculo de resultados está descrito paso a paso, con detalle en el método MTA/MA-051

Características de funcionamiento del método de medida

Antes de realizar cualquier medición es necesario conocer bien el método de medida y sus características de funcionamiento especialmente en lo concerniente a:

- intervalo de aplicación
- límite de detección
- incertidumbre de los resultados

Estos parámetros no tienen valores fijos en términos de concentración, que es la forma en la que interesa que estén expresados para la comparación de los resultados de la medición con los límites de exposición ambiental u otros valores de referencia aplicables, sino que dependen del volumen de aire muestreado y/o de la cantidad de muestra recogida.

Los valores que se indican para estos parámetros en el método (véase el capítulo 1 y el apartado 10.3 del MTA/MA-051), son valores orientativos calculados para unas condiciones de aplicación del método óptimas, tanto en lo relativo al muestreo como al análisis. Por ello, es importante destacar que sus valores reales pueden ser muy distintos de los valores teóricos, en la medida en la que las condiciones de aplicación del método se alejen de las condiciones supuestas.

Cuando las condiciones de la toma de muestra no correspondan a las situaciones óptimas indicadas en el método, lo que puede ser frecuente dadas las distintas situaciones que se pueden presentar en la determinación de fibras de amianto, será necesario calcular el valor de los parámetros indicados para las condiciones concretas en las que se tenga previsto realizar la medición. Con ello, se pondrá a contrastar su validez y poner en evidencia las situaciones en las que los resultados de la medición podrían resultar cuestionados o invalidados, por ejemplo si el límite de detección resultara superior al valor límite.

Todo ello evidencia la necesidad de que los parámetros de comportamiento del método y su forma de cálculo sean bien conocidos y aplicados, lo cual es el objetivo de este documento. Dado que su fundamento es estadístico su estudio requiere una discusión previa sobre la precisión de los recuentos de fibras.

Precisión de los recuentos de fibras

La precisión analítica o precisión del recuento de fibras está asociada al procedimiento de análisis y depende de dos factores:

- La falta de uniformidad del depósito de las fibras en el filtro.
- Las diferencias subjetivas entre analistas (intra e interlaboratorios).

Las diferencias subjetivas entre analistas son difíciles de eliminar pero son conocidas y están controladas a través de la participación en Programas de intercomparación y del control de calidad interno. Por lo tanto, los errores del recuento que condicionan la precisión que tienen su origen en el fundamento del método, son los derivados de la falta de uniformidad del depósito de fibras en la superficie del filtro.

La superficie efectiva para un filtro de 25 mm de diámetro es de aproximadamente 380 mm² y la del campo de recuento (área de la retícula) es de 7,8 10⁻³ mm², por lo que existen más de 45.000 campos de recuento posibles. El número de fibras en la muestra, se calcula a partir del número de fibras observado en 100 campos de recuento elegidos al azar. Es evidente por tanto, que la probabilidad de que dos recuentos independientes observen los mismos campos y den el mismo resultado es muy pequeña. La diferencia entre dos recuentos será mayor cuanto menor sea la uniformidad del depósito de las fibras en el filtro.

La uniformidad del depósito de las fibras en la superficie del filtro se describe aceptablemente mediante una distribución de Poisson. En la distribución de Poisson la varianza (s²) coincide con la media de lo que se deriva que la precisión del resultado del recuento dependa directamente del número de fibras contadas. La desviación estándar relativa (s_r) o coeficiente de variación (CV) se incrementa cuando el número de fibras disminuye.

Los coeficientes de variación experimentales son mayores que los teóricos, porque a la desviación de Poisson hay que añadir la debida al carácter subjetivo de los recuentos. En la tabla 1 se proporcionan los coeficientes de variación teóricos y experimentales y en la figura 2 su

representación gráfica, de acuerdo con lo indicado en el método de la OMS.

N nº de fibras	s_{rP} (%) CV de Poisson (teórica)	s_{rR} (%) CV real (experimental)
5	45	49
7	38	43
10	32	37
20	22	30
50	14	25
80	11	23
100	10	22
200	7	21

Tabla 1. Coeficientes de variación teóricos y experimentales en función del número de fibras contadas

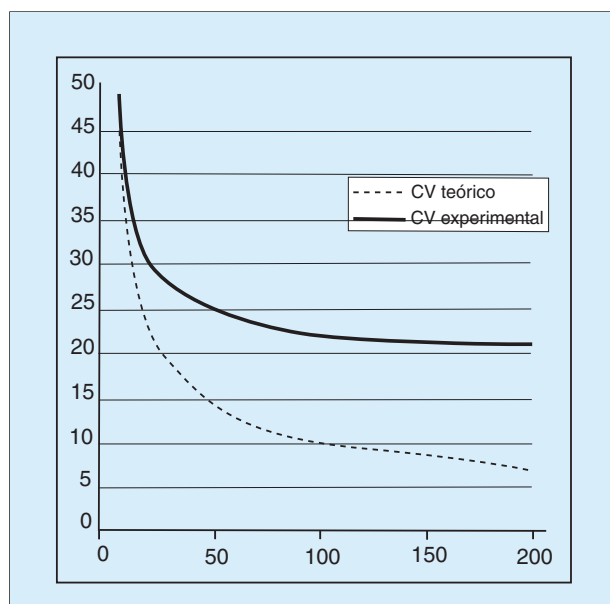


Figura 2. Representación gráfica de los coeficientes de variación teóricos y experimentales en función del número de fibras contadas

Como ya se ha señalado, el número de campos contados en el análisis de una muestra influye muy poco en la precisión del resultado, por lo que ésta, en la práctica, puede considerarse que depende únicamente del número de fibras contadas. Con el fin de asegurar que se realiza un recuento representativo del depósito de fibras en la muestra, los criterios contenidos en el método obligan a examinar un mínimo de 20 campos y un máximo de 100, aunque en el primer caso se sobrepase y en el segundo no se alcance, el resultado de 100 fibras contadas. Estos criterios responden al compromiso establecido de alcanzar la precisión óptima del recuento con un número de campos razonable. También se puede ver en la Tabla 1, que aumentar el número de fibras contadas por encima de 100 fibras no conlleva una mejora significativa de la precisión.

Cantidad de muestra necesaria para el recuento de fibras: Densidad óptima de fibras en el filtro

En la práctica se considera que a partir de 80 fibras contadas se alcanza la precisión óptima y un coeficiente de variación constante. A partir de este valor, teniendo en

cuenta las reglas del recuento, se puede calcular la cantidad de muestra necesaria para que el recuento de fibras se lleve a cabo en las condiciones que proporcionen valores mejores de precisión. La cantidad de muestra se expresa en términos de densidad de fibras en el filtro, resultando la densidad óptima en el intervalo 100 - 650 fibras/mm², teniendo en cuenta el número de campos de recuento posibles y su área, que es de 7,8 10⁻³ mm² para una retícula Walton-Becket de 100 mm de diámetro.

De la discusión sobre la precisión del recuento se deduce que es un dato importante que debe ser conocido y tenido en cuenta para la toma de muestras: Las **muestras adecuadas** para el análisis tienen una densidad de fibras en filtro entre 100 fibras/mm² y 650 fibras/mm² (que se permite ampliar como aceptable sin una pérdida importante de la precisión a 64 fibras/mm² - 1000 fibras/mm²). Es decir será necesario asegurar que las muestras que se tomen tienen la **cantidad de muestra suficiente** para que el resultado del análisis se encuentre comprendido en este intervalo.

Cuando la concentración a medir sea demasiado baja y no sea posible obtener la cantidad de muestra necesaria para situar el resultado del recuento en el intervalo aceptable, será necesario tener en cuenta el incremento de la incertidumbre del resultado como se explica en el apartado siguiente.

El número total de fibras en la muestra se emplea como dato intermedio en el cálculo de la concentración de fibras en aire, y se calcula multiplicando la densidad (fibras/mm²) por el área útil del filtro. Para un área útil de 380 mm² resulta una cantidad de fibras entre 38.000 y 250.000 fibras aproximadamente.

4. INCERTIDUMBRE DEL RECUESTO DE FIBRAS

La precisión del recuento de fibras es el principal componente de la incertidumbre del resultado analítico de forma que, desde un punto de vista práctico, se podrían desprestigiar los demás componentes siempre que se realicen sobre ellos las correspondientes verificaciones y controles.

La incertidumbre del recuento se puede asociar al intervalo de confianza de la media, ya que sus límites indican el intervalo en el que se encuentra el valor verdadero para un determinado nivel de confianza.

En la tabla 2 se indican los límites de confianza, que se pueden aplicar como intervalos de incertidumbre, para diferentes resultados de recuento. Estos valores se proporcionan en el MTA/MA-051/A04 y están reproducidos del método de la OMS, donde se indica que se han calculado a partir de la desviación estándar experimental estimada para un laboratorio tipo.

N nº de fibras	Límites de confianza del 90%	
	Inferior	Superior
10	5,1	18,5
20	11,7	33,2
50	33	76
80	53	118
100	68	149
200	139	291

Tabla 2. Límites de confianza para el resultado de un recuento

A la vista de los valores de la tabla 2, se deduce la importancia de conocer la incertidumbre del resultado de una muestra. La incertidumbre tiene que ser indicada junto con el resultado del recuento de cada muestra en el informe analítico que emite el laboratorio de análisis. La incertidumbre tiene que ser tenida en cuenta para los cálculos posteriores que sea necesario realizar de acuerdo con el objetivo de la medición, por el técnico responsable de la misma.

5. INTERVALO DE APLICACIÓN DEL MÉTODO DE MEDIDA

El intervalo de aplicación del método es el intervalo de concentraciones de fibras en aire que se pueden medir con la precisión óptima, es decir con una incertidumbre relativa conocida y constante y donde por tanto, los resultados de las mediciones son más fiables. Este intervalo depende también de la precisión y teóricamente es suficientemente amplio para permitir la medición de cualquier concentración variando simplemente el volumen de muestreo.

El volumen de aire muestreado depende del caudal y de la duración de la muestra. En la figura 3 se presenta un esquema de las relaciones entre el intervalo de aplicación, el intervalo de caudal y los requisitos de densidad de fibras en la muestra (véase 3.2).

En este esquema se ha considerado el intervalo de caudal entre 0,5 l/min y 2 l/min, que es el recomendado en el MTA/MA-051, pero como también se especifica en dicho método, el caudal puede incrementarse hasta 16 litros por minuto. Se ha demostrado que estos valores de caudal no afectan a la eficacia del muestreo aunque en la práctica, debido a las características y requisitos de funcionamiento de la bomba, la robustez del muestreador y la resistencia del filtro de membrana, el máximo caudal

con el que se puede muestrear no suele ser superior a 11-12 litros/min.

Por otra parte, la medida de concentraciones altas de fibras presenta menos dificultades ya que la utilización de volúmenes de muestreo pequeños permite llevar el límite superior del intervalo de medida hasta valores como por ejemplo 25 fibras/cm³ para lo cual sería suficiente un muestreo de 15 minutos a un caudal de 1 litro/minuto. La medida de estas concentraciones no presentaría por tanto dificultades para tomar las muestras adecuadas, si bien es de hacer notar que no es esperable que se presente la necesidad de medir estas altas concentraciones de fibras de amianto puesto que el límite de exposición laboral es muy bajo (0,1 fibras/ml).

El interés del intervalo de aplicación del método está desplazado hacia el límite inferior del mismo, es decir hacia las concentraciones más bajas. En la medida de las concentraciones de fibras de amianto bajas será necesario establecer los parámetros de muestreo para asegurar que el límite inferior del intervalo de medida sea menor que el límite de exposición laboral.

6. LÍMITE DE DETECCIÓN

El límite de detección de la concentración de fibras en el aire es un parámetro de gran interés de la medición, ya que corresponde al valor más bajo por debajo del cual se puede aceptar la hipótesis de que un ambiente está libre de fibras de amianto. Es por lo tanto muy importante para la medida del **índice de descontaminación** y otras mediciones en las que es esperable que no haya fibras de amianto en el aire.

El límite de detección, como ocurre con el resto de los parámetros indicados, tampoco tiene un valor único en términos de concentración. Cuanto mayor sea el volumen de aire muestreado, más baja será la concentración

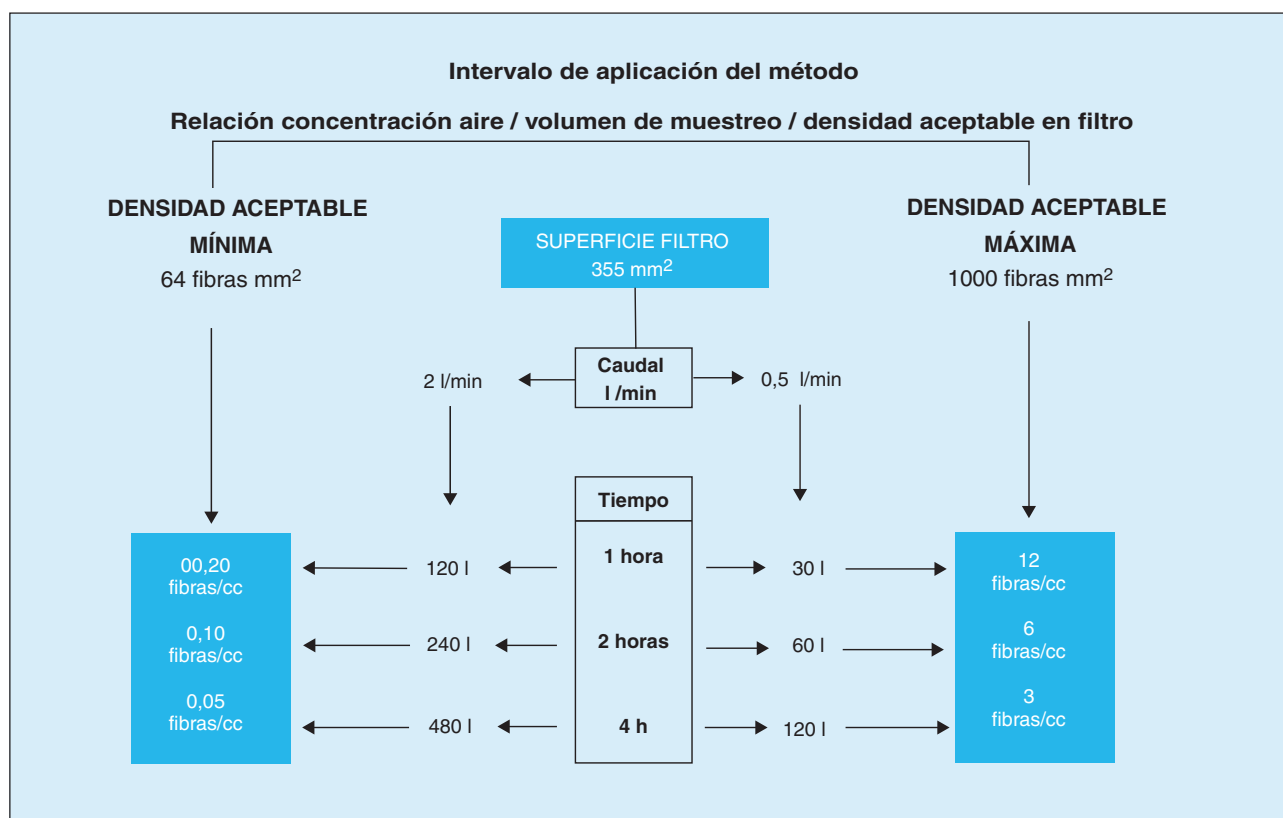


Figura 3. Intervalo de aplicación del método

de fibras que se puede medir y se podrá alcanzar un límite de detección más bajo.

El límite de detección depende de dos parámetros:

- El volumen de aire muestreado (particular para cada muestra)
- El límite inferior de recuento de fibras en el filtro: 10 fibras (valor absoluto establecido por consenso en el método de la OMS)

Los resultados del recuento de fibras en una muestra que den valores inferiores a 10 fibras en los 100 campos de recuento, no son por tanto significativamente diferentes de un blanco y se expresarán en el informe analítico como < 10 fibras/100 campos.

A partir de este valor, se puede calcular el límite de detección correspondiente a cada muestra particular. Para ello, debe tenerse en cuenta el volumen de aire correspondiente como se indica en el MTA/MA-051 (Apartado 10) en la tabla que se reproduce a continuación:

Límite inferior			Volumen de aire muestreado litros	Límite de detección en aire fibras/cm ³
10 fibras/100 campos	12,7 fibras/ mm ² (*)	4900 fibras en filtro (**)	10	0,50
			25	0,20
			50	0,10
			90	0,05
			120	0,04
			240	0,02
			480	0,01
			960	0,005
(*) $A_{reticula} = 0,00785 \text{ mm}^2$; (**) $A_{util} = 385 \text{ mm}^2$.				

Tabla 3. Valores del límite de detección para la concentración de fibras en aire en función del volumen de muestreo

Es factible por tanto elegir el límite de detección apropiado a la medición a realizar. Esto es especialmente útil en el caso de las mediciones ambientales, para las que no existen las limitaciones en la duración del muestreo que se presentan para las mediciones personales.

Para la medida de concentraciones para su comparación con el valor límite es recomendable que, siempre que sea posible, se trabaje con un límite de detección de 0,01 fibras/ml (diez veces inferior al límite de exposición profesional de 0,1). Esto implica que el volumen de aire tiene que ser de al menos 240 litros para la medida de exposiciones de 4 horas diarias y de 180 litros y 90 litros para asegurar que no se sobrepasen los límites de desviación de 30 minutos y 15 minutos del límite de exposición profesional (VLA) que serían 0,5 fibras/ml y 0,3 fibras/ml respectivamente.

7. FUENTES DE ERROR Y CONTROL DE ERRORES EN LA MEDICIÓN DE FIBRAS DE AMIANTO EN AIRE

Los errores en la aplicación del método afectan a la toma de muestra y al análisis, pueden ser sistemáticos y aleatorios. Todos contribuyen a la incertidumbre del resultado y deben ser tenidos en cuenta para su cálculo.

En la toma de muestra los más importantes son los siguientes:

- Volumen de muestreo inadecuado
- Calibración errónea del caudal de la bomba
- Variaciones del caudal de la bomba durante el muestreo
- Medida errónea del tiempo de muestreo

Los principales errores analíticos son:

- Variabilidad de los resultados de los recuentos
- Medida errónea del área efectiva del filtro
- Medida errónea del área de la retícula

El control de los errores analíticos incluye la calibración de los equipos y los controles de calidad internos de los recuentos de fibras. Por otra parte es obligatoria la participación continuada y obtención de resultados satisfactorios en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de Fibras de Amianto (PICC-FA) del INSHT.

La acreditación de los laboratorios corresponde a la autoridad laboral autonómica. El protocolo de acreditación y los requisitos que deben cumplir los laboratorios se indican detalladamente en el Anexo II *Reconocimiento de la capacidad técnica de los laboratorios especializados en el análisis (recuento) de fibras de amianto* del RD 396/2006, de 31 de marzo.

El control de los errores de la toma de muestra es difícil de abordar en su totalidad dado que se pueden presentar muchas variables en las diferentes situaciones de exposición. Sin embargo, ello no es excusa para que no se haga nada al respecto. El establecimiento de un sistema de aseguramiento de la calidad para la toma de muestra está recomendado en la Guía técnica para demostrar la fiabilidad de los resultados y la competencia técnica en la evaluación de riesgos por exposición a amianto.

El control de calidad de la toma de muestra puede ser sencillo a la par que eficaz y será diseñado de acuerdo con las características particulares de organización del servicio en el que el técnico de higiene realice esta actividad. Se recomienda como parte imprescindible del mismo, las verificaciones y controles para asegurar el correcto funcionamiento de las bombas y material utilizado en el muestreo (Véase documento CR-01/2005 "Bombas de muestreo personal para agentes químicos").

En relación con las muestras tomadas será necesario poder demostrar su trazabilidad. Se recomienda incluir en el control de calidad comprobaciones rutinarias sencillas, que aseguren la detección de los errores más simples, pero también los más frecuentes como confusión de muestras, anotaciones equívocas, datos ausentes, filtros saturados o con depósitos no homogéneos, filtros rotos, etc. A medida que se avance en la implantación del control se pueden introducir otros sistemas más complejos si ello se considera útil.

El transporte de muestras al laboratorio deberá hacerse en condiciones que asegure la integridad de las muestras, siguiendo las indicaciones dadas en el método MTA/MA-051.

8. RESUMEN Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con lo establecido en el RD 396/2006, de 31 de marzo el personal responsable de las evaluaciones deberá estar cualificado para el desempeño de funciones de nivel superior y especialización en Higiene Industrial y los análisis de las muestras solo pueden ser realizados por laboratorios especializados con capacidad técnica reconocida.

A este respecto la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a

amianto recomienda ampliar la formación en la materia para el personal responsable de las evaluaciones de riesgos y la implementación de sistemas de aseguramiento de la calidad de forma similar a lo exigido a los laboratorios que realicen los análisis.

Para poder asegurar la fiabilidad de las evaluaciones de la exposición laboral a fibras de amianto, además de aplicar una correcta estrategia de muestreo, es necesario conocer el método de medida recomendado, aplicarlo correctamente, y disponer de procedimientos para el control de calidad.

La planificación de la medición deberá comenzar estableciendo claramente su objetivo y la estrategia de muestreo, como ya se ha comentado, pero además en esta etapa será necesario definir los parámetros de la toma de muestras, teniendo en cuenta las características de comportamiento del método de medidas indicadas. Sólo de esta forma será posible asegurar que las muestras se tomarán de forma que sus resultados se encuentren en el intervalo de

aplicación del método, y que su incertidumbre y el límite de detección sean los adecuados para el objetivo de la medición que se pretende realizar.

Por otra parte, se resalta la necesidad de tener siempre presente la dependencia entre la toma de muestra y el análisis que se deriva del fundamento del método y que las actuaciones de ambas partes contribuyen y son necesarias para conseguir que los resultados obtenidos sean fiables. Esto significa que entre ambas actividades, aunque se realicen de forma independiente, debe existir una mutua comunicación de información. En consecuencia, la solicitud de análisis debería incluir datos de muestreo de relevancia para el análisis, y el informe analítico debería proporcionar los datos del análisis de relevancia para la evaluación e interpretación de los resultados. La ausencia de estos datos y de su consideración conduciría a meros valores numéricos, cuya interpretación resultaría dudosa y de fiabilidad desconocida e invalidaría la medición.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Directiva 2003/18/CE. Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al amianto durante el trabajo. DOCE nº L097 de 15 de Abril de 2003, pgs 48-52. Modifica las Directivas 83/477/CEE del 19 de Octubre de 1983 y 91/382/CEE de 25 de Junio de 1991.
- (2) RD 396/2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto.
- (3) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
GUÍA TÉCNICA para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto. Guía técnica del RD 396/2006 de 31 de marzo.
- (4) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Criterios y recomendaciones. Bombas de muestreo personal para agentes químicos. (CR-01/2005)
- (5) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Criterios y recomendaciones para la medida fiable de las concentraciones de fibras de amianto en aire. Bombas de muestreo personal para agentes químicos. (CR-02/2005)
- (6) ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
Determinación de la concentración de fibras suspendidas en aire. Método basado en la microscopía óptica de contraste de fase.
Ginebra (1997).
- (7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Determinación de fibras de amianto y otras fibras en aire - Método del filtro de membrana/microscopía óptica de contraste de fases . MTA/MA-051/A04.
- (8) ARROYO M.C. Y ROJO J.M.
Ampliación del programa interlaboratorios de control de calidad de fibras de amianto (PICC-FA). Protocolo estadístico para el recuento de fibras de amianto en bajas concentraciones.
Prevención, Trabajo y Salud, vol. 27, pág. 35-40 (2003).

Agentes biológicos no infecciosos: enfermedades respiratorias

Agents biologiques non infectieux. Maladies respiratoires
Non-infectious biological agents. Respiratory diseases

Redactora:

Ana Hernández Calleja
Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La definición legal de agente biológico (artículo 2 del RD 664/1997, sobre protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo), establece como agente biológico: “*microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de causar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad*”. Esto incluye, por un lado, a los virus, las bacterias, los hongos, los protozoos y los helmintos o gusanos parásitos capaces, en tanto que son seres vivos y con capacidad de multiplicarse, de ocasionar infección en las personas. Pero también incluye todos aquellos productos y/o sustancias derivados de los mismos con capacidad de producir otros efectos adversos para la salud.

En el anexo II del Real Decreto figura la lista de agentes

biológicos clasificados en distintos grupos atendiendo al riesgo de infección que suponen para personas sanas. Esta lista constituye una de las principales herramientas en la evaluación de los riesgos laborales por exposición a agentes biológicos, ya que la inclusión de un determinado agente en uno de los grupos da idea de la peligrosidad intrínseca del mismo. Atendiendo al mandato expreso de la norma de evaluar todos los posibles peligros, en la lista y para los agentes biológicos de los que se tiene información, figura además la notación de posibles efectos alérgicos y tóxicos. En la tabla 1 se resumen los agentes biológicos que tienen alguna de dichas indicaciones.

A la vista de los criterios de clasificación, esta lista únicamente contempla a los agentes biológicos patógenos. En consecuencia, no proporciona información sobre agentes biológicos que, sin causar infección, pueden provocar el resto de efectos adversos contemplados en la definición. Buena parte de esos efectos (alérgicos y

AGENTE BIOLÓGICO		Clasificación	Notas
Bacterias y afines	<i>Clostridium botulinum</i>	2	T
	<i>Clostridium tetani</i>	2	T.V.
	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	2	T.V.
	<i>Escherichia coli, cepas verocitotóxicas (0157:H7 ó 0103)</i>	3 (*)	T
	<i>Shigella dysenteriae (tipo 1)</i>	3 (*)	T
Parásitos	<i>Ascaris lumbricoides</i>	2	A
	<i>Ascaris suum</i>	2	A
Hongos	<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	A
	<i>Candida albicans</i>	2	A
	<i>Coccidioides immitis</i>	3	A
	<i>Cryptococcus neoformans var. neoformans</i>	2	A
	<i>Cryptococcus neoformans var. gattii</i>	2	A
	<i>Epidermophyton floccosum</i>	2	A
	<i>Microsporum spp</i>	2	A
	<i>Penicillium marneffeii</i>	2	A
T Producción de toxinas	V Vacuna eficaz disponible	spp Otras especies del género pueden constituir un riesgo para la salud	
A Posibles efectos alérgicos	(*) Normalmente no infeccioso a través del aire		

Tabla 1. Agentes biológicos con efectos alérgicos o tóxicos (Anexo II RD 664/1997)

tóxicos) se manifiestan en las vías respiratorias y los pulmones. Esta nota técnica de prevención se va a centrar en los agentes biológicos y los productos de origen biológico aerotransportados y cuya vía de penetración en el organismo es la inhalatoria. El término "Bioaerosol" es utilizado para describir el conjunto de materia particulada de origen biológico (vegetal, animal o microbiológico), suspendida en el aire.

Según la definición de la ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*), un bioaerosol puede comprender:

- Microorganismos patógenos y no patógenos:
 - Microorganismos vivos y cultivables
 - Microorganismos vivos, pero no cultivables
 - Microorganismos muertos
- Fragmentos y estructuras de los microorganismos (por ejemplo, trozos de hifas o esporas fúngicas)
- Sustancias tóxicas y alérgicas
 - Endotoxinas
 - Micotoxinas
 - β (1,3)-glucanos
 - Enzimas
 - Peptidoglicanos
 - Alérgenos vegetales (fundamentalmente polen)
 - Alérgenos animales (derivados de invertebrados y de vertebrados)

2. ENFERMEDADES RESPIRATORIAS

En los últimos años han surgido diferentes actividades industriales en las que la exposición a agentes biológicos puede ser importante. Industrias tales como las de

producción de sustancias biológicas altamente purificadas, las dedicadas al tratamiento de aguas residuales, a la recogida de residuos orgánicos o a la fabricación de compost. Esto ha producido un renovado interés en el conocimiento de las posibles exposiciones a bioaerosoles y de los efectos adversos para la salud asociados a las mismas.

En muchas situaciones existe exposición a mezclas complejas de toxinas, alérgenos o a agentes químicos, lo que supone un amplio rango de efectos adversos potenciales. Como consecuencia de estas exposiciones y en términos generales se pueden distinguir tres grandes grupos de enfermedades: las infecciosas, las respiratorias y el cáncer. En esta nota técnica de prevención se tratarán exclusivamente las enfermedades respiratorias.

Los síntomas respiratorios y el deterioro de la función pulmonar son los aspectos más estudiados entre los efectos asociados a la exposición a bioaerosoles. Estos efectos van de las condiciones agudas leves, que apenas afectan la vida diaria, a enfermedades respiratorias severas crónicas.

En general, los síntomas respiratorios de origen laboral son consecuencia de la inflamación de las vías respiratorias causada por exposiciones específicas a toxinas, alérgenos o a otros agentes o que favorecen el proceso inflamatorio. A la vista de los mecanismos inflamatorios y de los subsiguientes síntomas, se puede efectuar una distinción entre enfermedades respiratorias alérgicas y enfermedades respiratorias no alérgicas. Los síntomas respiratorios no alérgicos reflejan una inflamación específica no inmune de las vías aéreas; mientras que los síntomas respiratorios alérgicos son consecuencia de una inflamación específica inmune en la que varios anticuerpos (inmunoglobulinas IgE e IgG) juegan un papel fundamental en la respuesta inflamatoria.

En la tabla 2 se muestran las principales enfermedades

ENFERMEDAD		AGENTES	ACTIVIDADES
No alérgica	Asma no alérgica Rinitis no alérgica Bronquitis crónica Obstrucción crónica de las vías aéreas Síndrome del polvo orgánico tóxico (ODTS)	Hongos Bacterias Actinomicetes Endotoxinas β (1,3)-glucanos Peptidoglicanos Micotoxinas Otros componentes de origen microbiano, vegetal o animal	Agricultura e industrias relacionadas Tratamiento de aguas residuales. Elaboración y manipulación de abonos Industria alimentaria Procesado de fibras animales y vegetales Industria de la madera Producción de papel Procesos de fermentación Mecanizado metálico (fluidos de corte) Recolección de basuras Oficinas (sistemas de ventilación y climatización contaminados)
Alérgica	Asma alérgica Rinitis alérgica Neumonitis hipersensitiva/ Alveolitis alérgica extrínseca/Pulmón de granjero	Hongos Enzimas microbianos Proteínas de vegetales (soja, látex) Proteínas de animales (roedores) Proteínas de invertebrados	Elaboración de compost Agricultura e industrias relacionadas Producción de enzimas e industrias biotecnológicas Industria alimentaria Panificadoras Fabricación de detergentes Sector sanitario (látex) Veterinarios Animales de compañía (cría y venta) Estabularios Industria de biopesticidas (invertebrados)

Tabla 2. Enfermedades respiratorias no infecciosas.

respiratorias, los agentes causales y algunos ejemplos de actividades laborales en las que puede ocurrir la exposición.

Buena parte de las enfermedades respiratorias contempladas en esta nota técnica de prevención se desarrollan a través de mecanismos inmunológicos cuyo objetivo es el control y eliminación de cualquier elemento extraño. Para ello, lo primero es reconocer dicho elemento para, a continuación, desarrollar una respuesta adecuada que consiga su destrucción.

El sistema inmune cuenta con diversos mecanismos que se pueden agrupar en dos categorías: innatos y adaptativos. Los mecanismos innatos se basan en la activación del complemento por la vía alternativa y en la acción de los fagocitos (monocitos/macrófagos y neutrófilos) y de los mastocitos. Los mecanismos adaptativos se basan en la acción de los linfocitos T y linfocitos B. Estos últimos segregan anticuerpos específicos; mientras que los linfocitos T colaboran en la formación de los anticuerpos y en la acción destructiva de los macrófagos.

Los excesos, defectos o errores de la inmunidad conducen a la manifestación de enfermedades tales como: alergias, inmunodeficiencias o autoinmunidad. La alergia es una reacción desmesurada del sistema inmune (hipersensibilidad) frente al elemento extraño.

Casi todas las reacciones alérgicas son el resultado de una respuesta inmune denominada hipersensibilidad inmediata tipo I (atópica o anafiláctica), que consiste en reacciones inflamatorias causadas por la liberación masiva de mediadores inflamatorios (histamina, triptasa, prostaglandinas y leucotrienos), por parte de leucocitos basófilos y mastocitos cuando se unen el antígeno con el anticuerpo IgE presente en la membrana de las células. Estos mediadores son los causantes de los síntomas, los cuales, según la vía de entrada y el grado de difusión del alérgeno, pueden adoptar una forma localizada, como la rinitis o el asma, o generalizada, como las reacciones anafilácticas (picaduras insectos, medicamentos, etc.).

La hipersensibilidad tipo I se produce en dos etapas: sensibilización y desencadenamiento. Durante la etapa de sensibilización los anticuerpos IgE producidos en respuesta al antígeno se unen a los receptores de membrana de los mastocitos y/o basófilos. En la fase de desencadenamiento, y tras una nueva exposición al antígeno, ocurre la unión del antígeno a los anticuerpos fijados en

las células provocando la activación y liberación de los mediadores produciéndose los síntomas característicos. En la figura 1 se muestra un esquema de este mecanismo de acción.

Otro de los mecanismos inmunológicos que intervienen en la aparición de enfermedades respiratorias, concretamente en las alveolitis alérgicas extrínsecas, es la hipersensibilidad tipo III o hipersensibilidad mediada por inmunocomplejos. La reacción alérgica se produce cuando se acumula un gran número de complejos inmunes formados por la unión del antígeno y el anticuerpo soluble, fundamentalmente IgG o IgM. Estos complejos pueden provocar una inflamación extensa que daña los tejidos.

Asma

El asma es una enfermedad caracterizada por el estrechamiento reversible de los bronquios debido al aumento de la reactividad bronquial frente a diversos estímulos que producen inflamación.

Durante un ataque de asma, los músculos lisos de los bronquios producen un espasmo y los tejidos que revisten las vías aéreas se inflaman segregando mucosidad. Este hecho reduce el diámetro de los bronquios (broncoconstricción) dificultándose así la respiración. El desencadenante de estos efectos es la liberación, por parte de mastocitos y eosinófilos, de sustancias tales como la histamina y los leucotrienos. La liberación de estas sustancias se produce como consecuencia del estímulo provocado por determinados agentes extraños, los alérgenos, entre los que se pueden distinguir el polen o las sustancias de alto peso molecular de origen biológico. Esta respuesta también es propiciada por otros factores como pueden ser la inhalación de sustancias irritantes, el estrés, la ansiedad, respirar aire frío o hacer ejercicio.

Los síntomas más característicos del asma son los siguientes: tos, sibilancias, opresión torácica, dificultad en la respiración. En función de si los síntomas aparecen o no tras un período de latencia se pueden distinguir dos tipos: el inmunológico mediado por la inmunoglobulina IgE y como respuesta a la exposición a agentes de alto

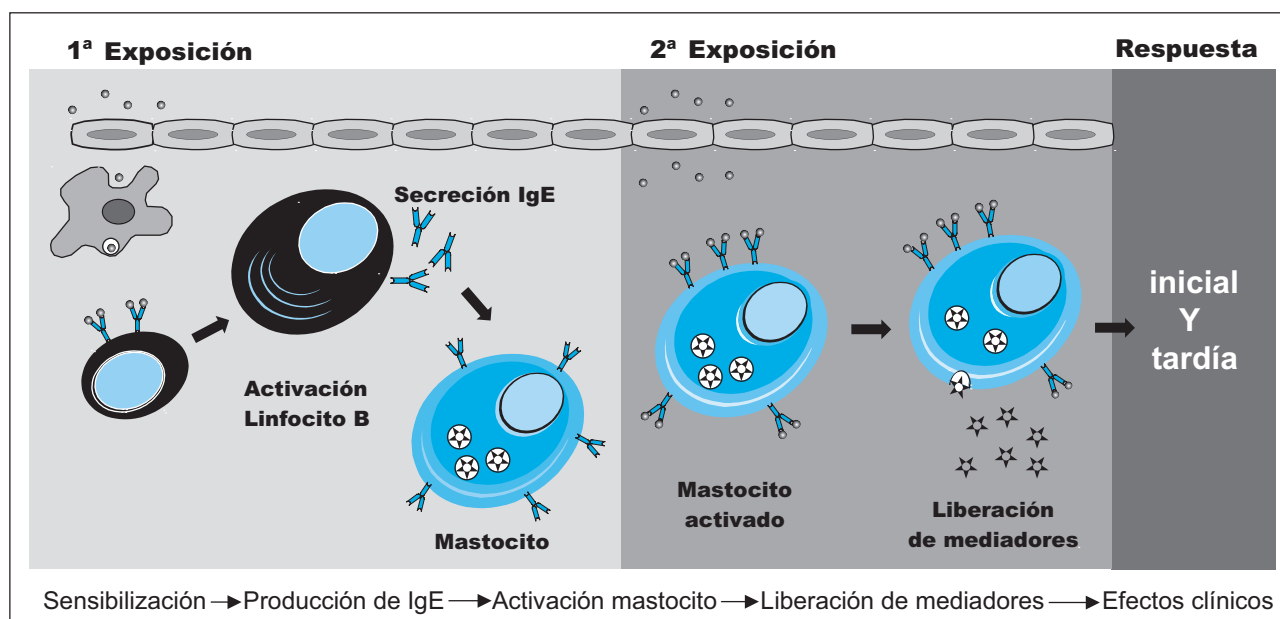


Figura 1. Hipersensibilidad tipo I

peso molecular y algunos de bajo peso molecular, y el no inmunológico que no presenta período de latencia, también conocido como asma irritativa.

En la tabla 3 se muestran algunos ejemplos de agentes biológicos y de sustancias de origen biológico implicadas en procesos asmáticos.

Rinitis

Rinitis es el término que describe los síntomas producidos por irritación o inflamación nasal. Entre los síntomas cabe destacar: goteo nasal, picor, estornudos y congestión nasal. Esta enfermedad a menudo coexiste con otras enfermedades respiratorias como por ejemplo el asma.

Existen dos tipos de rinitis dependiendo o no de la intervención de los mecanismos inmunitarios:

- **Rinitis alérgica:** esta condición ocurre cuando el sistema inmunitario responde de forma excesiva a determinadas sustancias tales como: polen, hongos, ácaros, pelo animal, productos químicos, humo de tabaco, alimentos, medicinas o veneno de insectos, que el organismo reconoce como extrañas.

Tras un primer contacto con el alérgeno, una persona atópica (con predisposición genética) queda sensibilizada. Un contacto posterior con el alérgeno va a provocar una respuesta desmesurada del sistema inmunitario. En concreto, la que se produce en estos casos es la hipersensibilidad tipo I comentada anteriormente.

- **Rinitis no alérgica:** esta forma de rinitis no depende de la presencia de la inmunoglobulina IgE y no es consecuencia de una reacción alérgica. Los síntomas pueden ser provocados por el humo de tabaco, olores fuertes, el frío, infecciones o el uso excesivo de descongestionantes.

Neumonitis por hipersensibilidad

La neumonitis por hipersensibilidad (NH), también conocida como alveolitis alérgica extrínseca (AAE) puede definirse como una enfermedad pulmonar de base inmunológica producida por una amplia gama de antígenos que llegan al pulmón por vía inhalatoria, vehiculizados por polvos orgánicos e inorgánicos de procedencia diversa, generalmente de origen ocupacional, y que dan lugar a enfermedades cuyos nombres suelen hacer referencia a la actividad laboral que desarrollan las personas expuestas.

Los rasgos más característicos de la enfermedad se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Afectación bilateral y difusa de bronquiolos terminales, alvéolos e intersticio pulmonar.
- Inflamación constituida por infiltrado celular mononuclear que frecuentemente deriva e la formación de granulomas y fibrosis.
- Presentación de la enfermedad con patrón agudo, subagudo o crónico.
- Detección en el suero de los pacientes de anticuerpos precipitantes frente al antígeno responsable.

		COMPUESTO	ACTIVIDAD
COMPUESTOS DE PESO MOLECULAR ELEVADO	Polvo vegetal y harinas	Polvo de cereales	Granjeros, Trabajadores portuarios, Molinos
		Harinas de trigo, centeno	Panaderías
		Lúpulo	Industria cervecera
		Harina y polvo de soja	Procesamiento de soja
		Ricino	Fertilizantes
		Cacao	Industria alimentaria
		Café verde	Industria del café
		Hojas de té	Industria del té
		Semillas de algodón, lino	Industria textil
		Linaza	Extracción de aceites
	Enzimas vegetales	Papaína, Diastas	Industria alimentaria
		Pectinasa, Bromelina	Industria farmacéutica
	Gomas vegetales	Caraya, Goma arábiga, Guar	Aditivos, estabilizadores, espesantes, Imprentas
		Látex	Industria del látex, Biosanitarios
Hongos y esporas	<i>Alternaria, Aspergillus, Cladosporium</i>	Panaderías, Granjas, Cultivadores de setas	
Enzimas animales	Ácaros de cereales	Molinos	
	Cochinilla	Fabricación de carmín	
COMPUESTOS DE BAJO PESO MOLECULAR	Maderas	Cedro rojo, Cedro del Líbano, Boj sudafricano, Roble, Caoba, Iroco	Aserraderos, Acabados de maderas, Carpinterías, Ebanisterías, Fabricación de moldes
	Otros	Colofonia	Tinturas de piel, Industria química
		Piretrinas	Fumigación

Tabla 3. Causas de asma laboral

ENFERMEDAD	ORIGEN DEL ANTÍGENO	ANTÍGENO
Pulmón del granjero	Heno enmohecido	<i>Saccharopolispora rectivirgula</i> (antes <i>Micropolyspora faeni</i>) <i>Teramoactinomyces vulgaris</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>A. flavus</i>
Suberosis	Corcho enmohecido	<i>Penicillium frequentan</i>
Bagazosis	Caña de azúcar	<i>Teramoactinomyces vulgaris</i> , <i>T. sarachi</i>
Pulmón del cuidador de aves	Palomas, cotorras, otros	Proteínas séricas, excrementos, epitelio
Pulmón del cultivador de setas	Abono	<i>Saccharopolispora rectivirgula</i> <i>Teramoactinomyces vulgaris</i>
Alveolitis por aire acondicionado	Humidificadores, Protozoos	Proteínas de protozoos
Descortezador de arce	Corteza de arce húmeda	<i>Crystostoma corticale</i>
Sequiosis	Serrín enmohecido	<i>Alternaria spp.</i> <i>Pullularia pullulans</i>
Pulpa de madera	Pulpa enmohecida	<i>Alternaria spp.</i>
Pulmón de los trabajadores de esparto (estipatosis)	Esparto	<i>Aspergillus fumigatus</i>
Aspergilosis alérgica	Paja enmohecida	<i>Aspergillus versicolor</i>
Pulmón de los trabajadores de la malta	Cebada enmohecida	<i>Aspergillus clavatus</i> , <i>A. fumigatus</i>
Neumonitis alérgica por polvo de soja	Soja	Polvo de soja
Procesadores de tabaco	Tabaco	<i>Aspergillus spp.</i>
Neumonitis alérgica por polvo de café	Grano de café	Polvo de café
Neumonitis alérgica por polvo de pimentón	Pimentón molido	<i>Mucor stolonifer</i>
Enfermedad de los trabajadores de fertilizantes	Residuos vegetales	<i>Streptomyces albus</i>
Enfermedad de los molineros	Cereales contaminados	<i>Sitophilus granarius</i>
Pulmón de los trabajadores de harina de pescado	Harina de pescado	<i>Harina de pescado</i>
Pulmón de los lavadores de queso	Moho de queso	<i>Penicillium casei</i> <i>Acaro siro</i>
Pulmón de los limpiadores de embutidos	Mohos de embutidos	<i>Penicillium spp.</i> <i>Aspergillus spp.</i>
Pulmón de los peleteros	Pieles	Polvo de pieles
Pulmón de los detergentes	Detergentes enzimáticos	<i>Bacillus subtilis</i>

Tabla 4. Etiología de las neumonitis por hipersensibilidad

No está perfectamente establecido el mecanismo inmunológico que interviene, pero los síntomas y los datos clínicos hacen pensar en una respuesta de hipersensibilidad de tipo III, relacionada con complejos antígeno anticuerpo tipo IgG y el complemento.

Las características clínicas de las NH son similares. Independientemente de su etiología pueden presentarse en forma aguda, subaguda o crónica. La forma aguda suele comenzar al cabo de 4-6 horas tras una exposición antigénica intensa y breve. Se observa tos, fiebre, escalofríos, mialgias, malestar general y disnea habitualmente sin sibilancias. Los síntomas remiten completamente y de forma espontánea al cabo de 18-24 horas a no ser que vuelva a exponerse al antígeno causal.

La forma subaguda de NH es más común y se produce tras la exposición a largo plazo y a dosis bajas. Los síntomas son insidiosos y recuerdan los de las bronquitis crónica, con anorexia, astenia, pérdida de peso, tos, más o menos productiva, y disnea de esfuerzo. Es importante sospechar el diagnóstico en esta fase, pues la exposición persistente puede ocasionar lesión pulmonar irreversible (fibrosis intersticial e insuflación pulmonar). La forma crónica se caracteriza por tos y disnea progresiva de esfuerzo e insuficiencia respiratoria. En esta forma la fibrosis pulmonar se hace progresiva, difusa e irreversible.

En la tabla 4 se muestra la etiología de las principales neumonitis por hipersensibilidad.

Síndrome tóxico por polvo orgánico (ODTS)

Es una enfermedad aguda febril no alérgica, caracterizada por: fiebre, temblores, tos seca, opresión torácica, disnea, dolor de cabeza, dolores musculares y articulares, fatiga, náusea y malestar general. Los síntomas hacen pensar en la gripe, pero normalmente desaparecen al día siguiente. Bajo este nombre se pueden englobar otras enfermedades tales como: las fiebres de los manipuladores de grano (síndrome de los silos), la bisinosis, la fiebre de los humidificadores y climatizadores, el síndrome de los poceros y otras fiebres inhalatorias.

Esta enfermedad es típica de trabajadores expuestos a niveles elevados de polvo orgánico normalmente en espacios confinados. Los mecanismos fisiopatológicos son diversos, entre ellos cabe señalar el papel asignado a las endotoxinas bacterianas, a las micotoxinas, al $\beta(1,3)$ -glucanos o a la activación del complemento por la vía alternativa.

La sintomatología es muy similar a la de la neumonía hipersensitiva. El diagnóstico diferencial no está completamente establecido, pero la opinión compartida es que

en ODTS los cambios en la función pulmonar son reversibles, se pueden detectar linfocitos en el lavado broncopulmonar, pero no se detecta fibrosis.

3. PRINCIPALES TIPOS DE AGENTES Y CONTAMINANTES BIOLÓGICOS

Hongos y bacterias

Muchas especies de hongos se han descrito como productoras de alérgenos tipo I, entre ellas: *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* y *Cladosporium* al que se asocia con el asma. Sin embargo, no hay evidencias claras que respalden un papel esencial de la alergia tipo I a hongos en las enfermedades respiratorias laborales.

Los hongos y las bacterias termófilas son una reconocida fuente de alérgenos que tienen un papel importante en el desarrollo de las neumonitis hipersensitivas. Las especies de hongos más frecuentemente implicadas en este tipo de enfermedad pertenecen a los géneros: *Penicillium*, *Aspergillus*. Entre las bacterias termófilas destacan: *Saccharopolyspora rectivirgula* o *Thermoactinomyces vulgaris*.

La mayor parte de las bacterias no son alérgenos excesivamente potentes, a excepción de las bacterias termófilas. Los componentes de las paredes bacterianas, tanto de las bacterias Gram negativo como de las Gram positivo descritos más adelante, sí tienen propiedades proinflamatorias que pueden inducir síntomas respiratorios.

En la tabla 5 se muestran los bioaerosoles (fundamentalmente hongos y bacterias) dominantes en función del sustrato sobre el que se desarrollan.

Endotoxinas

Las endotoxinas, componentes de la pared celular de las bacterias Gram negativo, han sido reconocidas como un importante factor etiológico de las enfermedades profesionales del aparato respiratorio, incluidas el asma no alérgico y el ODTS.

Estudios experimentales muestran efectos asociados a la inhalación de endotoxinas tales como: fiebre; escalofríos; malestar (síntomas pseudo gripales); leucocitosis; inflamación de las vías aéreas; síntomas del asma (tos seca, disnea, opresión torácica, etc.); obstrucción bronquial; así como, una disminución de la función pulmonar dependiente de la dosis y disminución de la capacidad de difusión pulmonar. En numerosos estudios realizados en diferentes sectores de actividad se ha revelado una asociación positiva entre la exposición a endotoxina y los efectos mencionados. Entre los sectores de actividad en los que se ha descrito exposición a endotoxinas se pueden destacar: la industria del algodón y, en general, de la fibra vegetal; la cría de ganado, en particular, pollos y cerdos; mataderos, manejo de residuos, fabricación de compost; procesamiento de patatas, etc.

Peptidoglicanos

Son componentes de la pared celular de las bacterias. Estudios realizados sobre estos compuestos sugieren que principalmente inducirían respuesta inmunológica atópica. La exposición laboral a estos compuestos está relacionada con aquellas actividades en las que la presencia de bacterias sea importante, por ejemplo: manejo de residuos y fabricación de compost, mataderos, almacenamiento de alimentos o serrerías, entre otros.

β (1-3) glucanos

Son polímeros de glucosa con diferentes pesos moleculares y grados de ramificación. Estos compuestos son producidos por la mayor parte de los hongos, algunas bacterias y plantas inferiores. Estudios experimentales sugieren que estos agentes influyen en la respuesta inflamatoria provocada por bioaerosoles y en los síntomas respiratorios resultantes. Estudios realizados en animales muestran una acción sinérgica con las endotoxinas causando inflamación de las vías respiratorias. Los sectores de actividad en los que su presencia puede ser importante son aquellos en los que la contaminación por hongos es factible, por ejemplo: manejo de residuos y fabricación de compost, ambientes húmedos, edificios contaminados por hongos, almacenamiento de grano y/o productos perecederos, entre otros.

Micotoxinas

Las micotoxinas son metabolitos secundarios segregados por ciertos hongos en determinadas condiciones de humedad y temperatura. De las cuatrocientas variedades de micotoxinas conocidas, una veintena tienen acción tóxica para animales y hombres. La problemática de las micotoxinas es compleja puesto que, si bien no todos los hongos las segregan, una variedad de micotoxina puede ser segregada por diferentes cepas de hongos y una cepa de hongo puede segregar diferentes tipos de micotoxinas según sean las circunstancias del medio en el que se desarrollan.

Algunas micotoxinas, las aflatoxinas del género *Aspergillus*, son reconocidas como potentes agentes cancerígenos para el hígado. La Ocratoxina A es otra micotoxina a la que asocia el posible efecto cancerígeno en humanos. La ruta de exposición más relevante es la digestiva, aunque la exposición por vía inhalatoria puede ocurrir sobre todo en actividades en las que se manipula grano, frutos secos o piensos.

Los estudios realizados revelan que los trabajadores de industrias de fabricación de piensos tienen un incremento del riesgo de padecer cáncer de hígado, así como, de cánceres del sistema biliar, glándulas salivares y mieloma múltiple. Otros estudios muestran que los granjeros tienen un riesgo aumentado de padecer ciertos cánceres específicos como son: hematológicos, de labios, estómago, próstata, tejido conjuntivo o cerebro. Algunas explicaciones implican también la exposición a pesticidas y/o a virus oncogénicos. Por otra parte, no está del todo claro si las micotoxinas contribuyen a la manifestación de los síntomas respiratorios.

Alérgenos

En esta categoría se incluye un elevado número de sustancias que comprenden desde las de peso molecular bajo, mayoritariamente compuestos químicos, a las de peso molecular alto las cuales, a menudo, consisten en proteínas de origen biológico. Entre estas sustancias cabe destacar los enzimas derivados de hongos y bacterias que habitualmente se obtienen de procesos biotecnológicos para su utilización en la fabricación de detergentes o de alimentos tanto para humanos como para animales.

Otros reconocidos alérgenos son: el polen de las plantas, el látex o proteínas de origen animal (ácaros, gatos, ratas y ratones). Todos ellos asociados con la manifestación de fenómenos alérgicos tipo I en sectores de actividad tales como: tareas agrícolas, trabajadores de invernaderos, sector sanitario o trabajos con animales de investigación.

SUBSTRATO	HONGOS/BACTERIAS
PRODUCTOS ALIMENTICIOS	<p>Cacahuetes <i>Aspergillus, Penicillium, Eurotium, Emericella, Trichothecium, Paecilomyces, Fusarium</i></p> <p>Cereales (cultivo) <i>Alternaria, Chaetomium, Cladosporium, Epicoccum, Fusarium, Helminthosporium, Trichoderma</i></p> <p>Cereales (silo) <i>Aspergillus, Eurotium, Penicillium, Absidia, Mucor, Rhizopus</i></p> <p>Cereales (harinas y derivados) <i>Aspergillus, Absidia, Alternaria, Cladosporium, Fusarium, Trichothecium, Mucor, Scopulariopsis, Wallemia</i></p> <p>Frutas y legumbres <i>Penicillium, Phomopsis, Diplodia, Botrytis, Geotrichum, Monilia, Trichothecium, Fusarium, Alternaria, Aspergillus, Paelomyces</i></p> <p>Huevos <i>Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, Mucor</i></p> <p>Productos lácteos (queso) <i>Mucor, Penicillium, Cladosporium, Scopulariopsis, Epicoccum, Trichoderma, Alternaria, Botrytis, Trichothecium</i></p> <p>Productos lácteos (mantequilla y margarina) <i>Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Moniliella, Phialophora, Phoma, Penicillium</i></p> <p>Carnes y charcutería <i>Aspergillus, Chrysonilia, Geotrichum, Cladosporium, Geomyces, Penicillium</i></p>
PRODUCTOS DIVERSOS	<p>Maderas y plantas <i>Alternaria, Aureobasidium, Chaetomium, Cladosporium, Bipolaris, Fusarium, Trichoderma, Ulocladium</i></p> <p>Cosméticos <i>Aspergillus, Paecilomyces</i></p> <p>Cuero <i>Aspergillus, Eurotium, Aureobasidium, Catenularia, Neosartorya, Paecilomyces, Penicillium</i></p> <p>Corcho <i>Penicillium, Aspergillus, Trichoderma</i></p> <p>Productos celulósicos mojados <i>Chaetomium, Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Stachybotris, Ulocladium</i></p> <p>Materias plásticas <i>Aspergillus, Aureobasidium, Penicillium</i></p> <p>Aluminio y acero <i>Aspergillus, Trichoderma</i></p> <p>Papel <i>Aspergillus, Penicillium, Chaetomium, Acremonium, Baeauveria, Cladosporium, Epicoccum, Paulospora, Phoma, Scopulariopsis, Ulocladium</i></p> <p>Pinturas y adhesivos <i>Aireobasidium, Phoma, Cladosporium, Alternaria, Fusarium, Trichoderma, Gliomastix, Penicillium</i></p> <p>Polvo doméstico <i>Alternaria, Aspergillus, Mucor, Trichoderma, Penicillium</i></p> <p>Productos petrolíferos <i>Cladosporium, Aspergillus, Penicillium, Aureobasidium, Acremonium, Fusarium</i></p> <p>Tabaco <i>Aspergillus, Scopulariopsis</i></p> <p>Textiles (algodón) <i>Alternaria, Aspergillus, Eurotium, Emericella, Epicoccum, Aureobasidium, Cladosporium, Dendrodochium, Fusarium, Stachybotris, Trichoderma, Ulocladium</i></p> <p>Textiles (yute) <i>Aspergillus, Curvularia, Memnoniella, Myrothecium, Paelomyces, Penicillium, Stachybotris, Talaromyces</i></p> <p>Textiles (lana) <i>Alternaria, Aspergillus, Fusarium, Microsporum, Phoma, Scopulariopsis, Trichoderma</i></p> <p>Vidrio <i>Eurotium, Penicillium</i></p> <p>Fluidos de corte <i>Fusarium. Bacterias: Pseudomonas</i></p>
AMBIENTE DE TRABAJO	<p>Panaderías <i>Penicillium, Aspergillus, Cladosporium</i></p> <p>Oficinas (ventilación, humidificadores) <i>Aspergillus, Alternaria, Cladosporium, Acremonium, Aureobasidium, Mucor, Penicillium. Bacterias: Legionella, Pseudomonas</i></p> <p>Residuos domésticos (compostaje) <i>Aspergillus, Alternaria, Paelomyces, Penicillium, Trichoderma. Bacterias: Actinomyces</i></p> <p>Residuos domésticos (selección) <i>Aspergillus, Penicillium. Bacterias: Actinomyces</i></p> <p>Tratamiento aguas residuales <i>Aspergillus, Penicillium, Cladosporium</i></p> <p>Granjas <i>Aspergillus, Penicillium, Absidia, Rhizomucor, Fusarium, Wallemia, Curvularia</i></p> <p>Serrerías <i>Aspergillus, Crytostoma, Paelomyces, Penicillium, Rhizopus, Serpula, Monilia</i></p>

Tabla 5. Bioaerosoles dominantes en función del sustrato

Tabla extraída del documento: Les bioaérosols en milieu du travail: guide d'évaluation, de contrôle et de prévention del IRSST

BIBLIOGRAFÍA

- (1) MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES.
Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- (2) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos.
- (3) MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO
Protocolos de vigilancia de la salud. Asma laboral. Alveolitis alérgica extrínseca.
<http://www.msc.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/saludLaboral/vigiTrabajadores/protocolos.htm>
- (4) DOUWES, J. et al.
Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects
Ann. Occup. Hyg., 2003, vol. 47, n° 3
- (5) RODRÍGUEZ CARMONA
Riesgos biológicos no infecciosos
Med. Seg.trabajo, 1998, vol. 45, n° 176
- (6) INSTITUT DE RECHERCHE ROBERT SAUVÉ EN SANTÉ ET EN SECURITÉ DU TRAVAIL
Les bioaérosols en milieu de travail: guide de'évaluation, de contrôle et de prévention
IRSST (http://www.irsst.qc.ca/fr/_publicationirsst_810.html)
- (7) LACEY J. and CROOK B.
Fungal and actinomycete spores as pollutants of the workplace and occupational allergenes
Ann. Occup. Hyg., 1988, vol. 32, n° 4
- (8) DUTKIEWICZ J.
Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard
Ann. Agric. Environ. Med., 1997, 4. Keynote reviews
- (9) BAUR X.
Enzymes as occupational and environmental respiratory sensitisers
Int. arch. Occup. Environ. Health, 2005, vol. 78, n° 4

Encofrado horizontal: protecciones colectivas (I)

*Coffrage horizontal: protections collectives
Horizontal Formwork: collective protections*

Redactor:

José M^a Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Se presenta una serie de tres Notas Técnicas de Prevención referentes a los riesgos existentes en tareas de encofrado horizontal y de las protecciones colectivas e individuales a considerar frente a tales riesgos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. OBJETIVO

El objetivo de esta N.T.P. es describir diferentes tipos de protecciones colectivas a utilizar en el montaje, desmontaje y utilización de diversos sistemas de encofrado horizontal en obra, también definidos en este documento. Además se indican los factores de riesgo de accidente y las causas que los generan. Las medidas de prevención y protección colectiva se restringen a la protección de los riesgos de caída de altura de personas y caída de objetos. No se contempla, en general, el montaje de los distintos sistemas de encofrado.

2. DEFINICIONES. ENCOFRADO HORIZONTAL Y COMPONENTES

Los encofrados horizontales se construyen con tres tipos distintos de ejecución: de cabezal de caída, de mesas y tipo mecano

El *encofrado de cabezal de caída* es un encofrado ligero, habitualmente de paneles enmarcados en aluminio, orientado a la ejecución de forjados de losa maciza de gran superficie y buen acabado. El desencofrado se realiza a través de los cabezales de caída quedando únicamente estos elementos como material portante. Ver Fig. 1

El *encofrado de mesas* es un encofrado destinado a la ejecución de grandes forjados de superficie regular y repetitiva donde el encofrado se monta al inicio de la obra y se traslada, sin desmontar, de una zona a otra de la misma. Ver Fig. 2

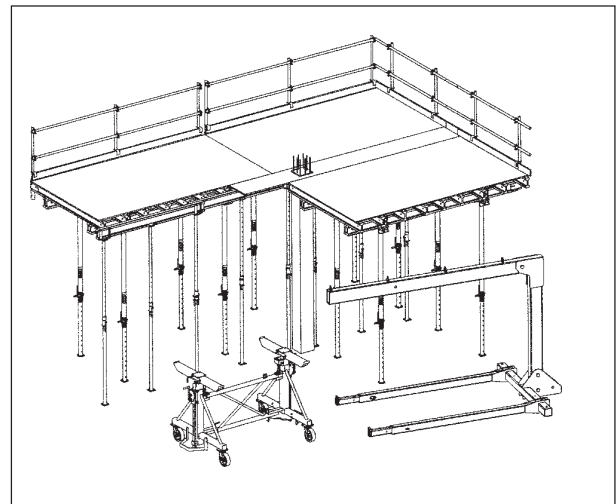


Figura 2. Encofrado de mesas

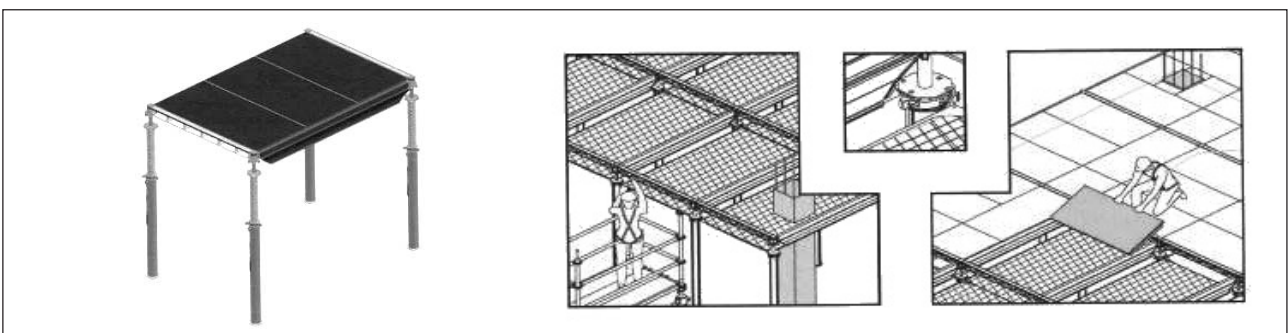


Figura 1. Encofrado de cabezal de caída

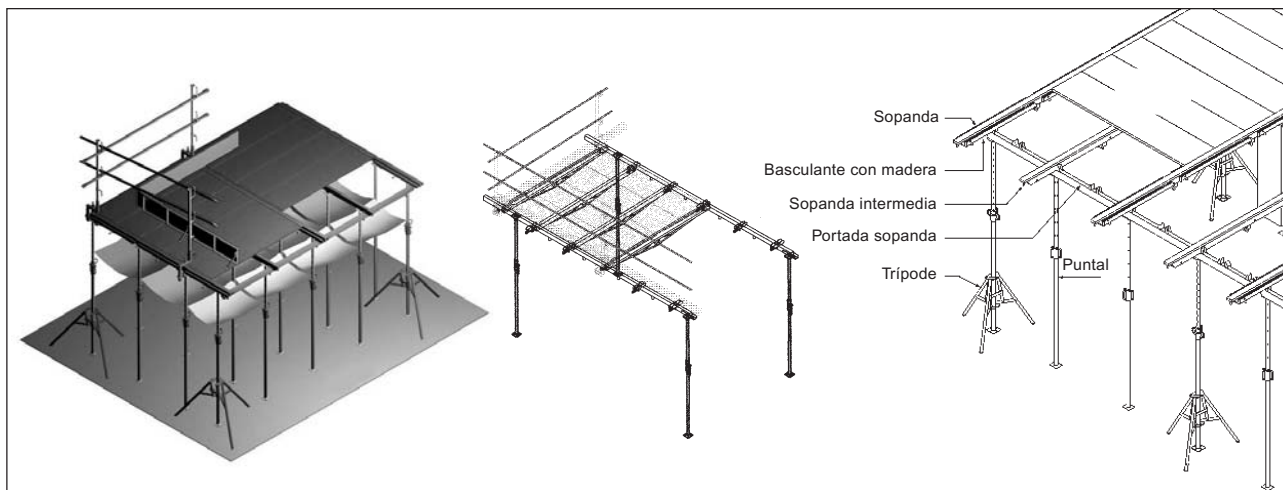


Figura 3. Encofrado Tipo mecano

El *encofrado tipo mecano* es un encofrado consistente en un mecano de acero, madera o aluminio de fácil montaje y adaptable a cualquier superficie, formando una base plana y resistente que permite la construcción de forjados planos de hormigón armado, macizados y aligerados. En ocasiones se podrá diseñar con sistemas de cimbra como estructuras de sustentación.

Este sistema se aplica en la ejecución de edificios de varias plantas y también para plantas de grandes dimensiones, en las que sea conveniente hormigonar en varias fases, permitiendo un máximo aprovechamiento, pues sólo es necesario el material para encofrado de una planta y el apuntalado de una, dos o tres plantas más. Ver. Fig. 3

Componentes

Los principales componentes de los encofrados horizontales se describen a continuación.

Correas reticular, longitudinal o sopanda

Estos elementos sirven para soportar el peso propio del forjado a hormigonar y la sobrecarga técnica. También sirven para alojar los soportes de seguridad y para repartir la carga de los puntales cuando estos quedan apeando la planta durante el fraguado del hormigón.

Su perfil debe conferir la adecuada resistencia para la cual ha sido diseñada, y sus extremos estarán provistos de un enganche resistente que facilite su montaje.

En su parte inferior se encuentran los pivotes para colocación adecuada de los puntales y el reparto correcto de cargas

Portacorreas reticular, transversales o portasopanda

Elemento que sirve de guía para la ubicación de las correas a unas distancias predeterminadas y su nivelación posterior.

De modo equivalente a las correas-portacorreas podrán disponerse perfiles de acero laminado (IPN, UPN, HEB,...) o vigas de madera en las dimensiones apropiadas a las cargas a soportar.

Cabezal recuperable o basculante

Elemento diseñado para la rápida recuperación parcial del encofrado. Provisto de un pasador que facilita su montaje y desmontaje en el momento de retirar los tableros sobre los que se apoyan. Estas piezas se alojan en

la correa por medio de un pasador. En ocasiones está provisto de madera embutida que facilita el clavado del tablero para evitar desplazamientos y suelen poseer un seguro para evitar un desmontaje involuntario.

Se colocan en el longitudinal por medio de una cuña.

Facilitan el clavado de la madera en remates, y para evitar desplazamientos no deseados de la superficie encofrante en finales de forjado, se dispone también del soporte seguridad con listón de madera.

Cabezal de carga

Elemento de sustentación en forma de horquilla o en U. Ver Fig. 4.

Tableros

Son elementos de forma rectangular, habitualmente de madera, que se emplean para cubrir el mecano o estructura metálica, formando una superficie lisa y resistente para la primera fase del fraguado del hormigón.

Sus dimensiones son variadas y pueden disponer de elementos de refuerzo para aumentar su resistencia.

Cabezal de caída

Cabezal que mediante un giro de cuña permite la retirada, sin dejar caer al suelo, del encofrado recuperable quedando como único elemento portante junto al apeo. Ver Fig. 1.

3. FASES, RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Las fases y/o secuencias más importantes en la utilización de encofrado horizontal asociados a los riesgos de caída de altura de personas y caída de objetos son:

- Montaje de la estructura de encofrado
- Movimiento de cargas
- Montaje de superficie encofrante
- Montaje de tabicas
- Ferrallado
- Montaje de aligeramientos
- Hormigonado
- Desencofrado
- Montaje y desmontaje de protecciones colectivas
- Montaje y desmontaje de equipos auxiliares

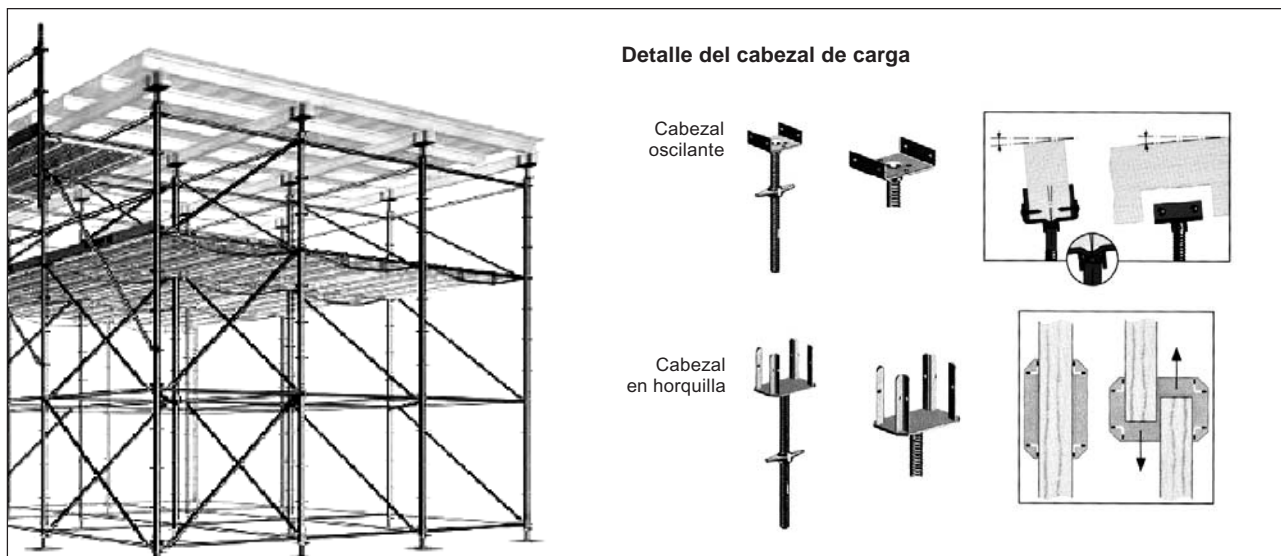


Figura 4. Conjunto de cabezales de carga y correas superiores mediante vigas de madera, sobre sistema de cimbra.

Los riesgos y factores de riesgo que se pueden presentar en las distintas fases de trabajo descritas son:

- Caídas de personas a distinto nivel debidas a:
 - Selección, dimensionado y utilización de un encofrado inadecuado
 - Utilización de tableros torsionados en la formación de la superficie de encofrado
 - Empleo de tableros agrietados o de resistencia insuficiente
 - Trabajar junto al borde de forjado
 - Existencia de huecos en forjado
 - Remate de encofrado en perímetro de pilares no apuntalado
 - Rotura de bovedillas
 - Arriostramiento horizontal deficiente
 - Acceso a la superficie de trabajo deficiente o inexistente
 - Protecciones perimetrales inexistentes, incompletas, etc.
 - Deslizamiento de la superficie encofrada por falta de enclavamiento, etc.
 - Mala utilización de equipos auxiliares y escaleras de mano
- Caída de objetos por desplome, manipulación o desprendidos a distinto nivel debidos a:
 - Sistema de triangulación o arriostramiento incorrecto o insuficiente
 - Desencofrado prematuro
 - Vertido del hormigón desigual
 - Sistema sometido a sollicitaciones horizontales, acopios diversos descontrolados, condiciones atmosféricas adversas, etc., arriostrado deficientemente
 - Rotura de elementos auxiliares del sistema de elevación
 - Estrobado de cargas incorrecto
 - Rotura de elementos del encofrado en mal estado o mal montados
 - Instalación incorrecta del material de encofrado
 - Desencofrado incorrecto

Los factores de riesgo descritos estarán asociados a las diferentes fases y secuencias anteriormente descritas, al tipo de encofrado y a la metodología de utilización seleccionada.

4. MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN COLECTIVAS

Las medidas de prevención y protección frente a los riesgos de caída de personas y objetos a distinto nivel se concretan en la descripción de distintas medidas de protección colectiva.

Barandilla de protección

Es el conjunto de componentes destinados a proteger a las personas del riesgo de caída de altura y retener materiales de origen diverso.

La protección perimetral está compuesta por una barandilla principal, una barandilla intermedia y un rodapié además del sistema de anclaje para alojar los pies de la barandilla. Alternativamente existen sistemas de protección equivalente tales como barreras de protección de tipo mallazo. Los elementos de protección no deben ser extraíbles salvo por una acción directa intencionada.

Las características dimensionales y de resistencia de las barandillas se reflejan en la Tabla 1 y en la figura 5, teniendo en cuenta que todas las alturas mínimas están referenciadas respecto al nivel del piso de trabajo.

Para la elección de los distintos tipos de barandillas existentes en el mercado se considera importante tener en cuenta que el sistema seleccionado se adapte lo máximo a la secuencia del sistema constructivo, ya que en caso contrario se podrían generar situaciones de riesgo muy grave.

Clasificación

Considerando las cargas que el sistema puede soportar y la pendiente de la superficie de trabajo las barandillas de protección se clasifican en (ver Tabla 2):

- Clase A: Sistema de protección de borde que sólo proporciona resistencia frente a cargas estáticas

	BARANDILLA DE SEGURIDAD	PANTALLA O MÓDULO ENREJADO METÁLICO
Altura pasamanos tubular	1000 mm \pm 50 mm	
Altura barra intermedia	470 mm mín.	
Rodapié	150 mm	
Resistencia	Según UNE-EN 13374:2004 Apartado 6	
Orificios o ranuras		\leq 100 cm ² excepto si el lado de la ranura < 50 mm
Altura del módulo		1000 mm

Tabla 1. Barandillas de protección. Características dimensionales y de resistencia

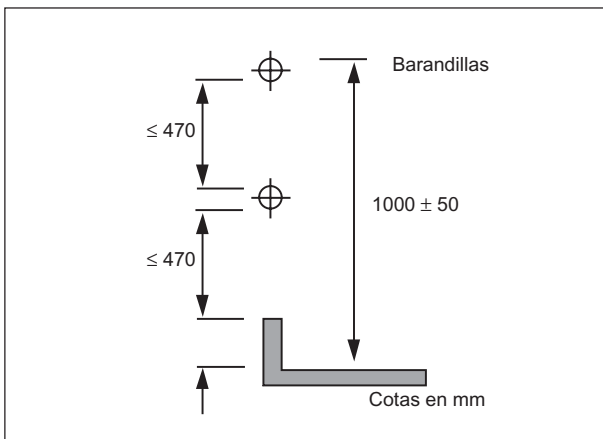


Figura 5. Dimensiones de las barandillas en obra

con el objeto de soportar el peso de una persona que se apoye sobre la protección, sujeción de la mano cuando camina junto a ella y detención de una persona cuando camina o cae en dirección a la protección.

- Clase B: Sistema de protección de borde que proporciona resistencia a cargas estáticas y fuerzas dinámicas de baja intensidad con el objeto de soportar una persona que se apoye en ella o para sujetar su mano mientras camina, detener una persona que camina o cae en dirección a la protección y detener una persona que se desliza por una superficie inclinada.
- Clase C: Proporciona resistencia para fuerzas dinámicas elevadas basadas en los requisitos para dete-

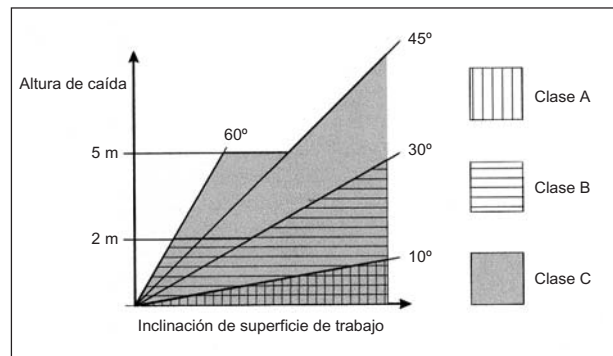


Tabla 2. Clases para utilizar en diferentes inclinaciones y alturas de caída

ner la caída de una persona que se resbala por una superficie de fuerte pendiente.

Pie de barandilla, montante o guardacuerpos

Es el soporte principal vertical del sistema de protección de borde al cual se sujetan las barandillas y plintos. Generalmente está fabricado en tubo de acero de sección circular o cuadrangular que dispone a diferentes alturas de piezas que posibilitan la fijación de la barandilla superior e intermedia y el rodapié. Ver Fig. 6.

Existen diferentes tipos de pie de barandilla como sargentos o pies cuya fijación se realiza mediante tornillos, puntos de anclaje integrados en la estructura, etc. Es importante tener en cuenta que estos sistemas deben estar acordes a la metodología de ejecución seleccionada y que deberán cumplir con las cargas y resistencias especificadas en la Tabla 1 acreditadas por el fabricante o mediante certificación de una entidad acreditada.

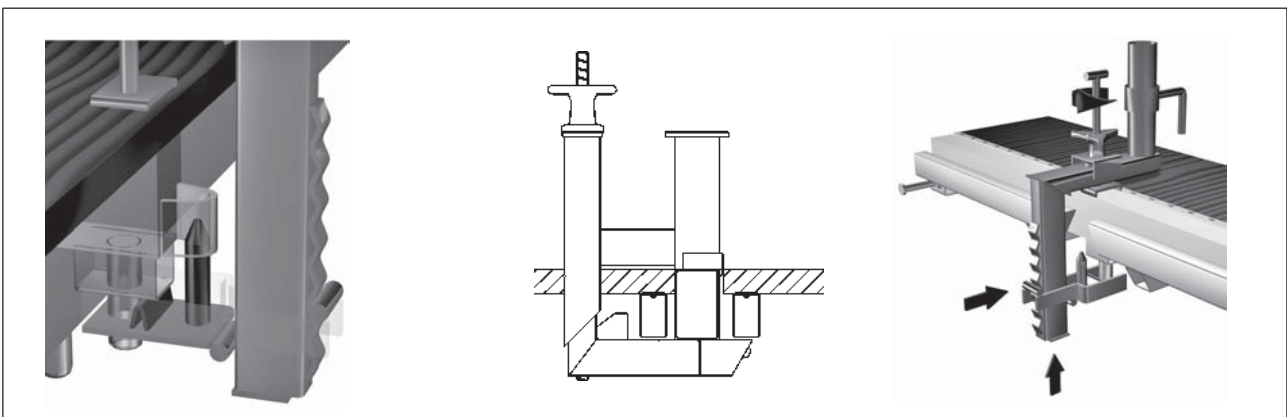


Figura 6. Soportes de barandillas. Detalles

Partes de una barandilla

La barandilla se compone de varias partes: barandilla superior o principal, barandilla intermedia y rodapié.

La *barandilla superior o principal* es un larguero o elemento continuo que forma la parte superior del sistema de protección de borde. Está destinada a proporcionar sujeción utilizando la mano y a cortar la trayectoria de movimiento de un trabajador que se dirigiera hacia el borde a proteger, impidiendo la caída.

La *barandilla intermedia* es un larguero colocado entre la barandilla superior y la superficie de trabajo.

El *rodapié* es un elemento vertical específicamente previsto para prevenir la caída o deslizamiento de las personas o materiales desde la superficie de trabajo. El borde superior del rodapié estará situado como mínimo a 150 mm por encima de la superficie de trabajo.

Sistemas de anclaje para alojamiento de pies de barandilla

Los distintos sistemas deberán garantizar los requisitos especificados en la Tabla I, tanto para fijado a encofrado como a forjado, siendo recomendable el conjunto previsto por cada fabricante.

El *alojamiento en mecano de encofrado* es un sistema que se aloja en el mecano del encofrado directamente. Ver Fig. 7

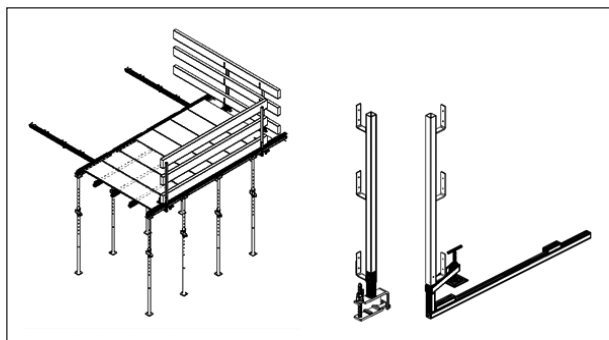


Figura 7. Anclaje por alojamiento en mecano de encofrado

El *cabezal de seguridad o soporte guardacuerpos* es una pieza incorporable o que forma parte de la estructura metálica del encofrado que permite la instalación de las barandillas de protección en el perímetro del encofrado. Ver Fig. 8

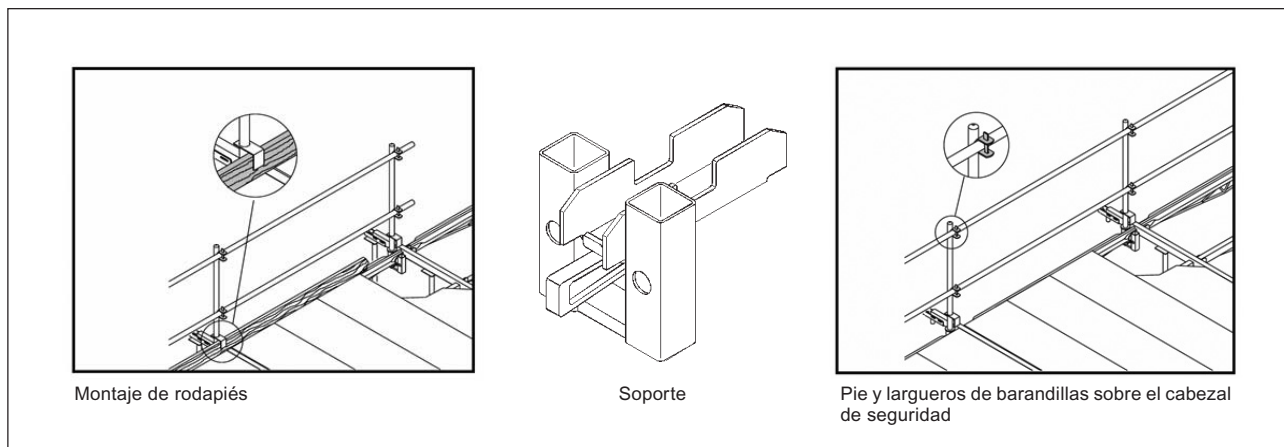


Figura 8. Soporte y montaje de barandillas y rodapiés en cabezal de seguridad

Sistemas de fijado al forjado

Para la fijación al forjado se emplean cartuchos de plástico técnico o bien casquillos fabricados con chapa y tubo de acero (Ver fig. 9).

Los *cartuchos de plástico técnico* se introducen en el hormigón fresco. Están provistos de tapones que se deben asegurar para que no entre hormigón en su interior. En su instalación se debe tener la precaución de introducirlos verticalmente, a una distancia siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los *casquillos fabricados con chapa y tubo de acero* se anclan al soporte (forjado) mediante tornillos embebidos en tacos de expansión, a la distancia según las instrucciones del fabricante.

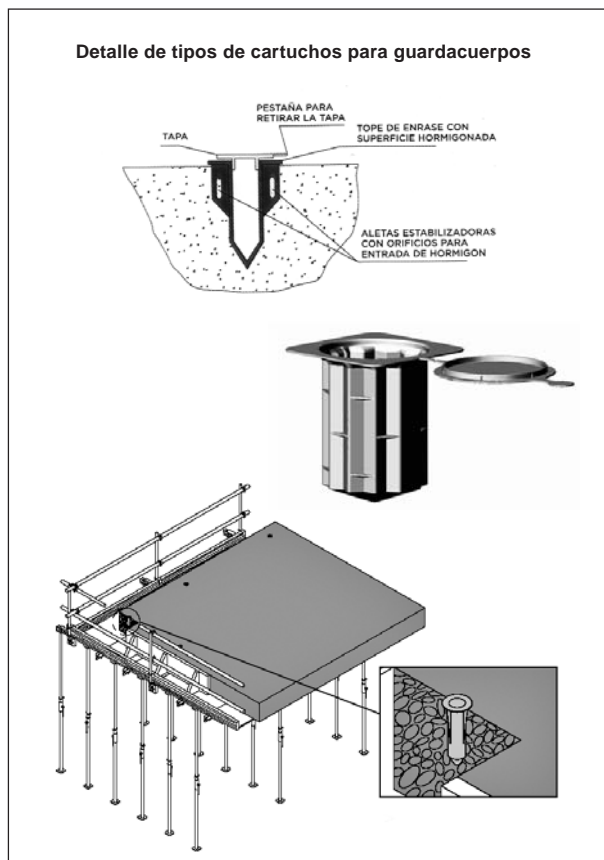


Figura 9. Sistema de fijado al forjado mediante cartuchos. Detalle de la colocación del taco de forjado

También existen sistemas de fijación a forjado mediante mordaza. Fig. 10.

Andamio perimetral de protección de componentes prefabricados

Los andamios de componentes prefabricados son estructuras tubulares provisionales que se presentan en diversas variantes y sistemas modulares y que debidamente dispuestos proporcionan un área segura de trabajo y de protección.

Según se haya planificado y definido su uso los andamios pueden cumplir simultáneamente la función de habilitar superficies de trabajo, sustentación de carga, protección perimetral, recorrido de servicio (como medio de acceso de operarios y/o materiales a forjado), equipo móvil auxiliar, etc.

Dispuestos como protección perimetral deberán adecuarse a las características descritas en el punto 4 dentro del apartado de barandilla de protección.

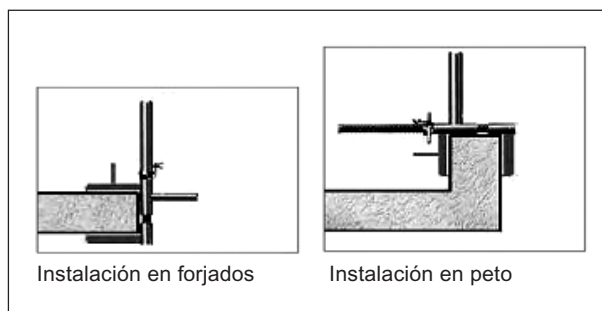


Figura 10. Sistema de fijación a forjado mediante mordaza

Encofrado horizontal: protecciones colectivas (II)

*Coffrage horizontal: protections collectives
Horizontal Formwork: collective protections*

Redactor:

José M^a Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

*En esta NTP, segunda de la serie de encofrado horizontal,
se describen las redes de seguridad*

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. REDES DE SEGURIDAD

Las redes de seguridad son protecciones colectivas que sirven para evitar o limitar la caída de altura de personas u objetos. Se sujetan mediante una cuerda perimetral u otros elementos de sujeción o una combinación de ambos. En la elección y utilización de las redes de seguridad, siempre que sea técnicamente posible por el tipo de trabajos que se ejecuten, se dará prioridad a las redes que evitan la caída frente a las que sólo limitan o atenúan dicha caída.

Existen cuatro sistemas de redes de seguridad:

- Sistema S: Red de seguridad con cuerda perimetral
- Sistema T: Red de seguridad sujeta a consolas para la utilización horizontal
- Sistema U: Red de seguridad sujeta a una estructura soporte para su utilización vertical. Es un sistema provisional de protección de borde
- Sistema V: Red de seguridad con cuerda perimetral sujeta a un soporte tipo horca

Exponemos los sistemas V, T y U que son los adecuados para la protección en el encofrado horizontal.

Sistema V

Es un sistema constituido por la red clasificada como tipo "V" con un soporte tipo horca anclado o embutido en el forjado (ver Fig. 1). Este tipo de red **no evita** la caída de personas por lo que debe ir complementada con barandillas de protección (ver NTP 803).

Los componentes de este tipo de sistema se relacionan a continuación y se muestran en la figura 2.

- Red: Conexión de mallas
- Red de seguridad: Red con una cuerda perimetral. Deberán cumplir con las normas UNE-EN 1263-1 y UNE-EN 1263-2. Deben ser del tipo A2 y por tanto su energía mínima de rotura será $E_A = 2,3$ kJ y el ancho mínimo de malla $l_M = 100$ mm.
- Cuerda de malla: Cuerda con la que están fabricadas las mallas de una red.
- Cuerda perimetral: Cuerda que pasa a través de cada una de las mallas de los bordes de una red y cuya resistencia a la tracción debe ser ≥ 20 kN.

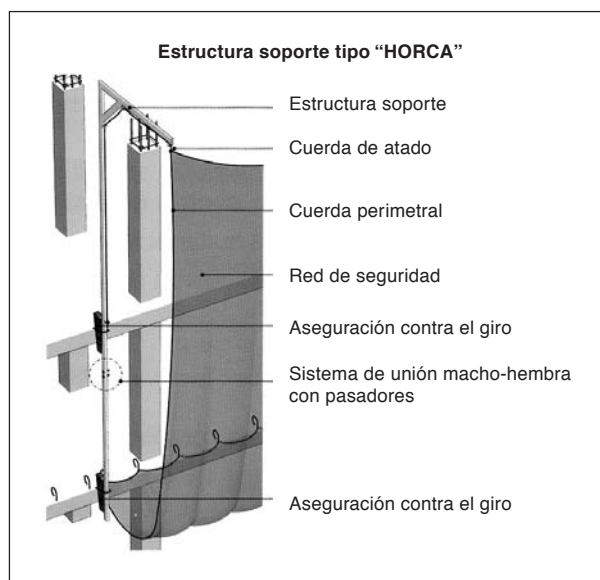


Figura 1. Red de seguridad. Sistema V

- **Cuerda de atado:** Cuerda utilizada para atar la cuerda perimetral a un soporte adecuado. Deberá tener una resistencia a la tracción ≥ 20 kN, si la red se ata a una sola cuerda y ≥ 10 kN, si la red se ata con doble cuerda.
- **Cuerda de unión:** Cuerda utilizada para unir varias redes entre sí. Debe tener una resistencia mínima a la tracción de 7,5 kN.
- **Cuerda de ensayo:** Es un tramo separado de la cuerda de malla que es alojada en la red de seguridad para determinar el deterioro debido al envejecimiento y que puede ser retirada sin alterar las prestaciones de la red.
- **Horca:** Estructura metálica que soporta la red de seguridad en forma de L invertida. Consta de dos tramos, cabezal y alargadera. Suele estar construida en tubo de acero de 3 mm. de espesor y con sección protegida anticorrosión. Las dimensiones más adecuadas son de altura comprendida entre 8 y 9 m y el tubo de sección cuadrada de 6 x 6 o 6,5 x 6,5 cm. El brazo del voladizo debe estar comprendido entre 2 y 4 m.

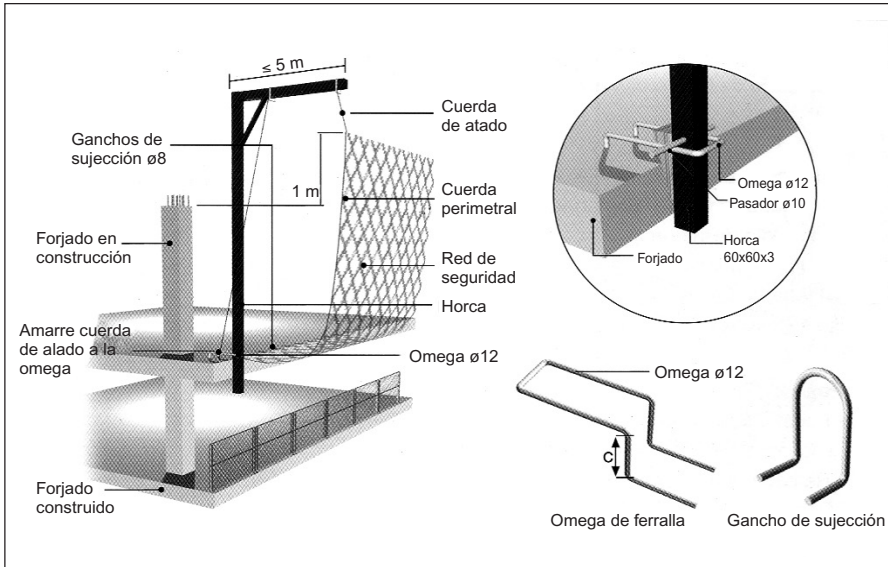


Figura 2. Detalles de distintos componentes del sistema V

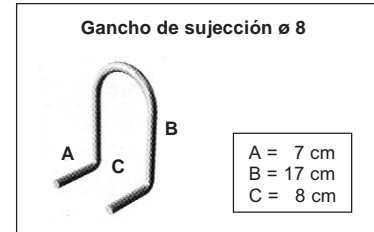


Figura 3. Ganchos de sujeción. Dimensiones recomendadas

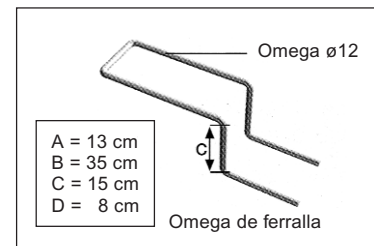


Figura 4. Omegas. Dimensiones

- **Ganchos de sujeción:** Elementos para fijar la cuerda perimetral de la red de seguridad al forjado inferior. Normalmente se fabrican con redondo de acero corrugado de 8 mm. de Ø. Ver en la Fig. 3 las dimensiones recomendadas
- **Omegas:** Son los elementos para sujetar las horcas a los forjados. Están fabricados con acero corrugado de 12 mm de Ø. Ver Fig.4
- **Pasadores:** Son una piezas que se colocan en el orificio inferior de la alargadera de la horca para evitar el desplazamiento vertical de esta. Son de acero corrugado de 10 mm de Ø y de una longitud de 25 cm. aproximadamente. Ver Figura 4. Detalles de distintos componentes

Sistema T

Es un sistema compuesto por un conjunto de redes horizontales solapadas entre sí y apoyadas sobre unos largueros. Estos se acoplan a unos soportes metálicos tipo mordaza que a su vez se anclan a la estructura del edificio. Ver Figura 5.

Debe montarse lo más cerca posible del nivel de la superficie de trabajo. En cualquier caso, los brazos con la red deben mantener un desnivel del 10 % respecto a la prolongación del forjado.

Este sistema no es aplicable para proteger el primer forjado debido a que para la fijación del soporte al mismo es necesario que este fraguado.

Los componentes de este tipo de sistema se relacionan a continuación:

- Paño de red
- **Cuerda de atado:** Sirve para atar la gaza de la esquina de la red a la patilla de los largueros.
- **Cuerda de unión o solapado:** Sirve para atar varias redes. No deben dejarse sin sujetar distancias superiores a 100 mm. Ver Figura 6
- **Largueros:** Son tubos metálicos por los que se introduce la red malla a malla. Están constituidos por materiales flexibles apropiados para obtener una deformación plástica óptima, formando, junto a la red, una bolsa de recogida. Hay dos tipos de largue-

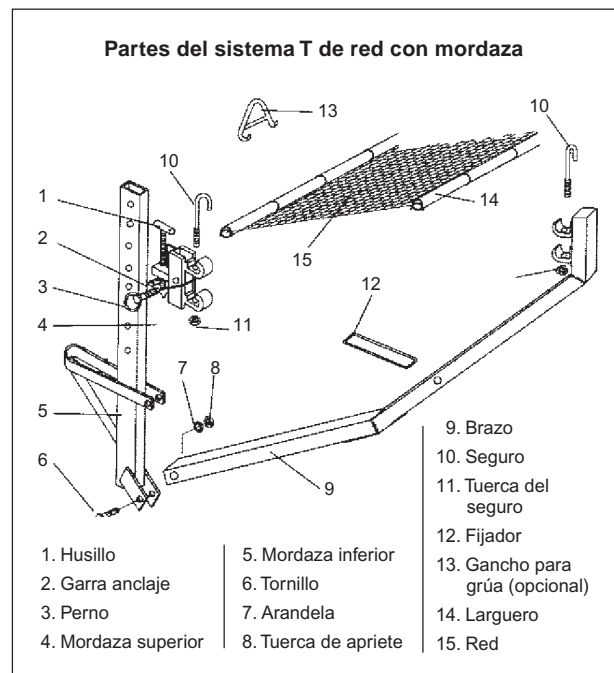


Figura 5. Red de seguridad. Componentes del sistema T

ros, los superiores que van enganchados al brazo del soporte mediante un agarre con seguro y los inferiores que van anclados al soporte y provistos de un seguro.

- **Soporte:** Es un elemento metálico al que se acoplan los largueros. Existen diversos modelos y formas de anclarlos al edificio. Consta de dos partes, la base que es la que ejerce la fuerza sobre el forjado en el caso de recibir un impacto y la mordaza que es el conjunto de elementos metálicos (husillo, seguros, etc.) que se fijan al suelo mediante dos tacos metálicos (tras haber taladrado el suelo convenientemente) y un husillo que se ajusta al borde del forjado. Dispone también de un seguro para el larguero inferior en su parte central y de un punto para fijar el brazo en su parte inferior.

- **Brazo:** Es un elemento metálico de una longitud

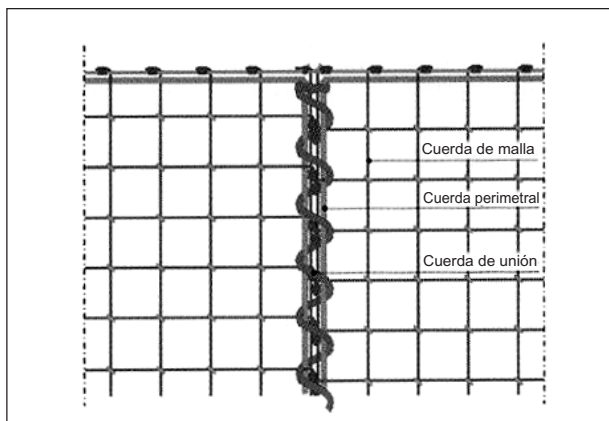


Figura 6. Esquema de unión de paños de red

aproximada de 5 m, constituido por diferentes tubos según los diferentes fabricantes. Se ancla al forjado unido a la base del soporte que, según el tipo de base, es fijado por pasadores o presionado con puntales. El brazo gira en un plano perpendicular a la fachada.

- **Módulo:** Es el conjunto compuesto por la propia red, dos soportes con sus respectivos brazos y largueros. El módulo puede ser *independiente* si no comparte el soporte con otro, o *de ampliación* si comparte el soporte situado en medio de los dos módulos en el montaje manual. Ver Fig. 7.

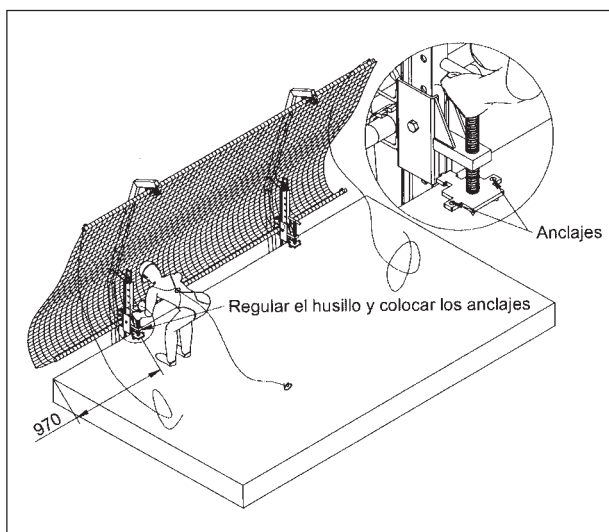


Figura 7. Detalle del montaje del soporte

Aplicaciones

La red en T tiene dos aplicaciones según la posición. Ver Fig. 8

- **Vertical:** Evita la caída de materiales al exterior. Para conseguir esta posición hay que instalar el fijador que une el brazo con el soporte. En este caso se comporta como red Tipo U detallada en otro apartado específico de este documento.
- **Horizontal:** La red tiene una inclinación aproximada de 10° en relación a la horizontal en dirección hacia el interior de la obra. Con un voladizo de 3 m. resiste una altura de caída de 6 m.

Este tipo de red no evita la caída de personas por lo que debe ir complementada con barandillas de protección (ver NTP 803).

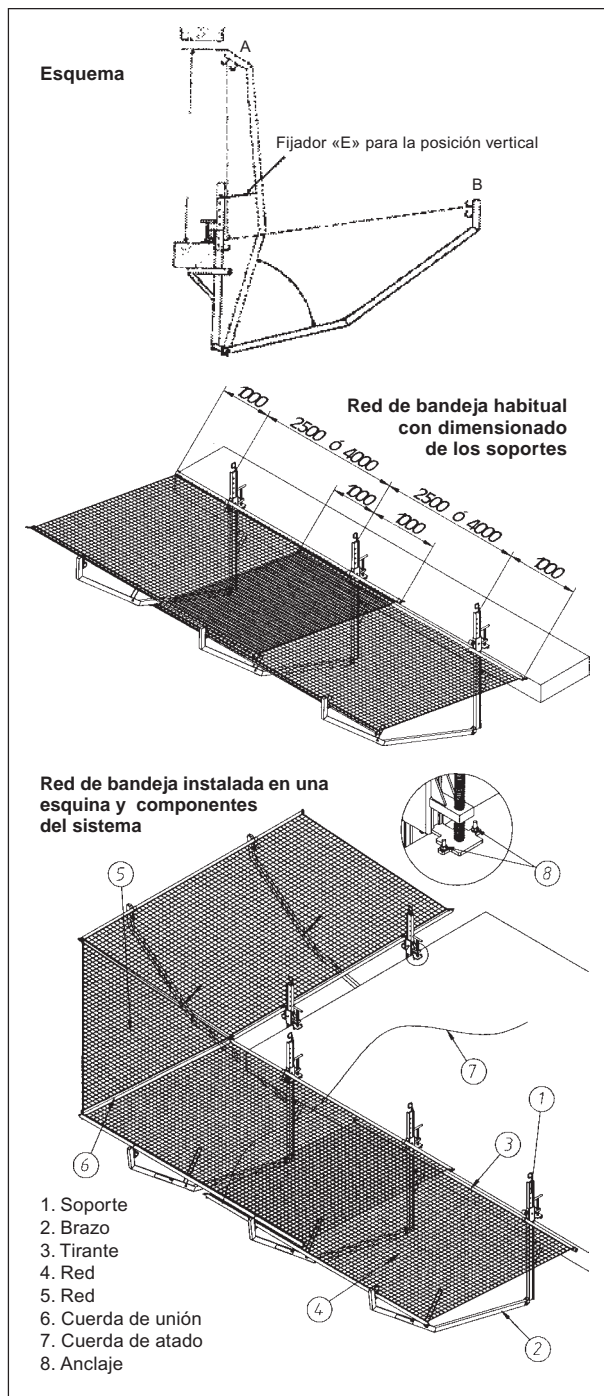


Figura 8. Aplicaciones de la red tipo T. Vertical y Horizontal

Sistema U

Es un sistema constituido por la red clasificada como tipo "U" con un mástil de soporte anclado a un punto de anclaje embutido en el forjado. Ver Fig. 9

Los componentes de este tipo de sistema se relacionan a continuación (ver Fig. 10):

- **Red:** Conexión de mallas.
- **Red de seguridad:** Red con una cuerda perimetral. Deberán cumplir con las normas UNE-EN 1263-1 y UNE-EN 1263-2. Deben ser del tipo A2 y por tanto su energía mínima de rotura será $E_A = 2,3$ kJ y el ancho mínimo de malla $l_M = 100$ mm.
- **Cuerda de malla:** Cuerda con la que están fabricadas las mallas de una red.

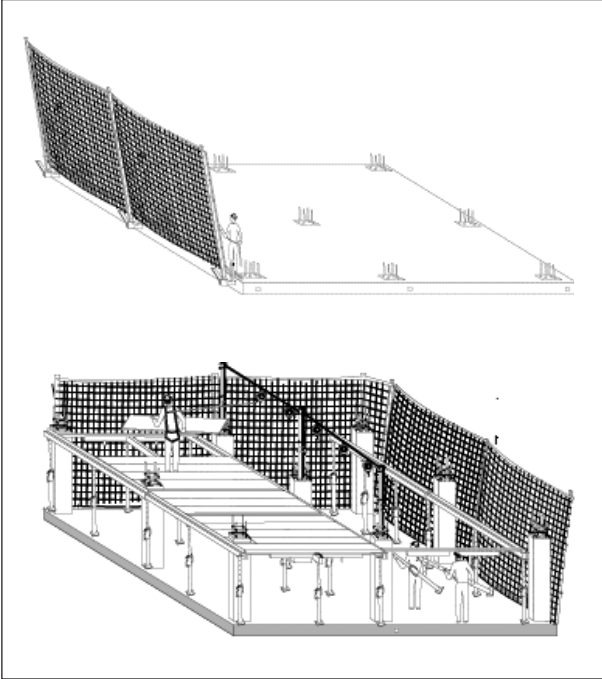


Figura 9. Red de tipo U

- **Cuerda perimetral:** Cuerda que pasa a través de cada una de las mallas de los bordes de una red y cuya resistencia a la tracción debe ser ≥ 20 kN.
- **Cuerda de atado:** Cuerda utilizada para atar la cuerda perimetral a un soporte adecuado. Deberá tener una resistencia a la tracción ≥ 20 kN, si la red se ata a una sola cuerda y ≥ 10 kN, si la red se ata con doble cuerda.
- **Cuerda de unión:** Cuerda utilizada para unir varias redes entre sí. Debe tener una resistencia mínima a la tracción de 7,5 kN.
- **Cuerda de ensayo o ensayo:** Es un tramo separado de la cuerda de malla que es alojada en la red de seguridad para determinar el deterioro debido al envejecimiento y que puede ser retirada sin alterar las prestaciones de la red.
- **Misil de red:** Estructura metálica que soporta la red de seguridad a 90° . Consta de dos tramos, de 3 m. de longitud. Suele estar construida en tubo de acero de 3 mm. de espesor y con sección protegida anti-

corrosión. Las dimensiones más adecuadas son: altura comprendida entre 5 y 6 m y tubo de sección cuadrada de 6 x 6 cm o 6,5 x 6,5 cm.

- **Ganchos de sujeción:** Elementos para fijar la cuerda perimetral de la red de seguridad al forjado inferior. Normalmente se fabrican con redondo de acero corrugado de 8 mm. de \varnothing . Ver en la Fig. 3 las dimensiones recomendadas.

2. REDES BAJO FORJADO

Es un sistema de protección colectiva que limita la caída de los trabajadores al forjado inferior o al vacío durante el proceso de encofrado. Puede utilizarse tanto en el caso de colocación de tableros en los encofrados continuos, como cuando sólo se encofran jácenas y zunchos. Este tipo de redes no sustituyen las protecciones de borde perimetral. Al no existir norma técnica específica para este tipo de redes deberán cumplir con la normativa que le sea de aplicación en cada momento. En este sentido cada fabricante deberá realizar ensayos adecuados y obtener las certificaciones que correspondan con el fin de garantizar su resistencia.

Existen dos sistemas: Redes de seguridad bajo forjado de uso único y redes de seguridad bajo forjado reutilizables.

Los componentes de este tipo de sistema se relacionan a continuación y se muestran en la figura 11 y siguientes.

- **Ganchos de unión de la red al puntal:** Es una pieza de acero cuya finalidad es la conexión de la red con el puntal. Ver Fig. 11.
- **Ganchos de unión de la red al cabezal recuperable:** De características similares unen la red al cabezal. Ver Fig. 12.

Los ganchos pueden ser simples en S (se pasa la cuerda perimetral de la red enlazándolo en sus extremos) o pueden constar de tres partes, el extremo superior, en forma de gancho, que facilita la unión al apuntalamiento aprovechando los orificios de este, la parte central formando un bucle que constituye un anillo por el que queda unida a la superficie de protección y el extremo inferior tiene la función de mango que permite asirla con comodidad. (no todos tienen maneta o mango, los hay con forma de S con cuello de cisne, con S y un extremo achatado).

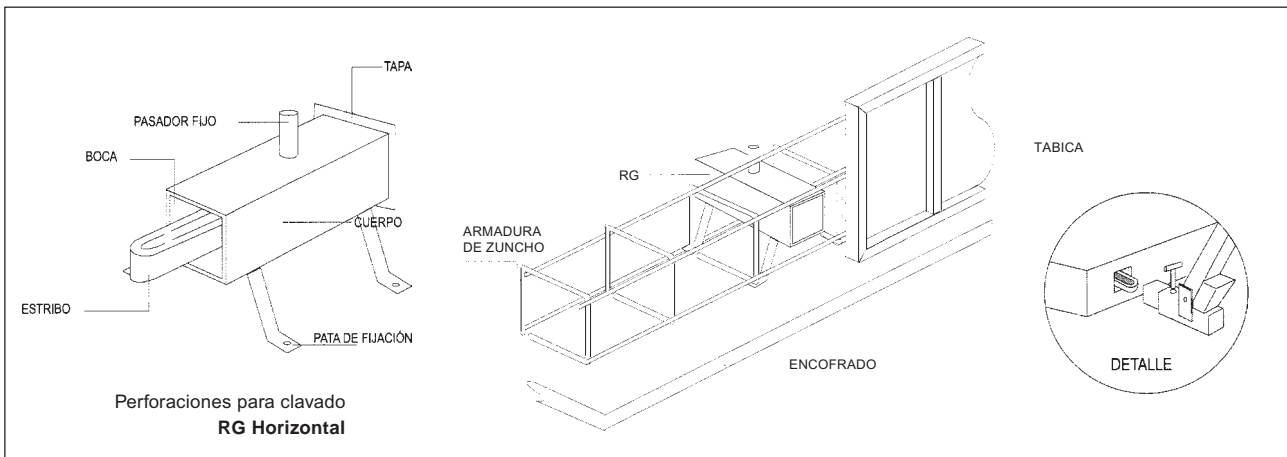


Figura 10. Componentes del sistema U

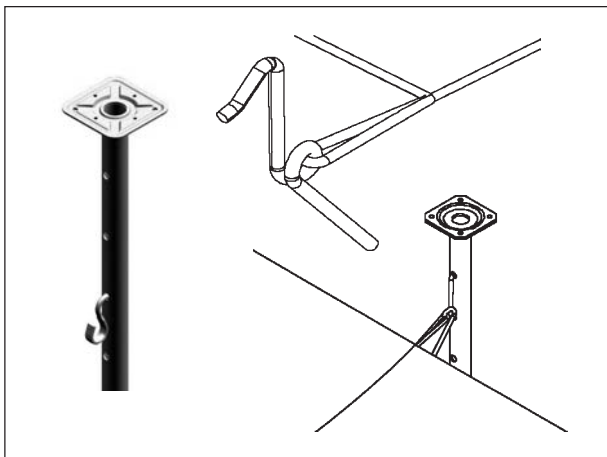


Figura 11. Gancho en S sobre puntal

Aplicaciones

Este tipo de redes son de aplicación en la fase de colocación de tableros de encofrado y en el desplazamiento de operarios mientras se completa la superficie de encofrado.

En cualquier caso debería quedar garantizada la seguridad del conjunto formado por el tipo de encofrado, gancho de sujeción, tipo de red y puntal.

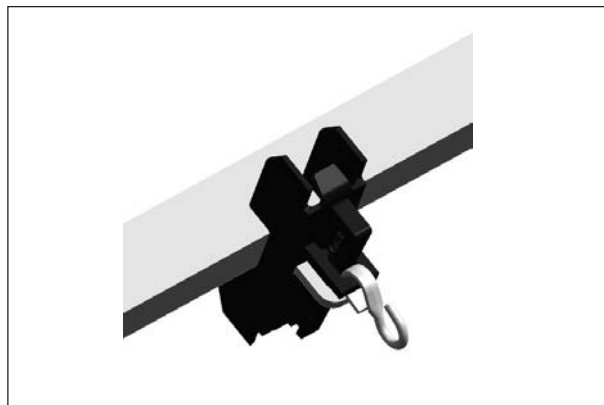


Figura 12. Gancho en S sobre cabezal recuperable

Montaje del sistema

Consiste en la fijación de paños de redes de seguridad mediante ganchos de acero a los puntales del encofrado. Podría requerirse el uso de un equipo móvil auxiliar.

3. LEGISLACIÓN

Se referencia en la NTP 816 sobre protecciones individuales.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) UNE-EN 13374:2004
Sistemas provisionales de borde. Especificaciones de producto, métodos de ensayo
A.E.N.O.R. Madrid
- (2) UNE-EN 1263-1:2004
Redes de seguridad. Parte 1: Requisitos de seguridad, métodos de ensayo
A.E.N.O.R. Madrid
- (3) UNE-EN 1263-2:2004
Redes de seguridad. Parte 2: Requisitos de seguridad para los límites de instalación.
A.E.N.O.R. Madrid
- (4) UNE-EN 1004:2006
Torres de acceso y torres de trabajo móviles construidas con elementos prefabricados
A.E.N.O.R. Madrid
- (5) COMITÉ AENICTN-081/SC2/GT-6
Proyecto de Norma de redes bajo forjado

EMPRESAS COLABORADORAS:

- **BETA CONKRET, S.A.**
C/ Llacuna, 166 2º.
08018 Barcelona
- **LAYHER, S.A.**
C/Laguna del Marquesado, 17. Madrid.
C/Andorra, 50
08830 Sant Boi de Llobregat (Barcelona)
- **ENCOFRADOS ALSINA**
Polígono Industrial Plà d'en Coll
Camí de la Font Freda, 1
08110 MONTCADA I REIXAC
(Barcelona)
- **SISTEMAS TÉCNICOS DE ENCOFRADOS, S.A.**
C/ Llobregat, 8.
08150 Parets del Valles (Barcelona)
- **ULMA C y E, S. Coop.**
Ps. Otadui, 3
20560 Oñati (Guipúzcoa)
- **ENCOFRADOS PREVITEC – CORTA**
Ctra. Callús 91
08251 SANTPEDOR (Barcelona)

Residuos sólidos urbanos: riesgos laborales en plantas de compostaje (I)

Déchets ménagers: risques du travail dans les centres de compostage (I)
Municipal solid waste: occupational risks in compost plants (I)

Redactores:

Xavier Solans Lampurlanés
Licenciado en Ciencias Biológicas

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Alfonso Mansilla Ordóñez
Licenciado en Ciencias Biológicas

DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN GRUPO CESPA
DIRECCIÓN GENERAL SERVICIOS FERROVIAL

Dentro de la colección de Notas Técnicas de Prevención sobre gestión y tratamiento de residuos, que se inició con la n° 675 "Riesgos laborales en empresas de gestión y tratamiento de residuos: clasificación y actividades", en esta Nota Técnica se identifican los riesgos laborales a los que pueden estar expuestos los trabajadores que desarrollan su actividad en una planta de compostaje de la fracción orgánica de los residuos municipales (FORM), asociándolos a las distintas operaciones que se realizan.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación de la fracción orgánica de los residuos a través de técnicas de compostaje constituye un adecuado procedimiento de valorización de estos residuos, evitando los riesgos de contaminación que pueden provocar otras alternativas como la incineración y los vertederos.

El producto final del compostaje es un material parecido al humus del suelo, denominado compost, fácil de almacenar y transportar, que tiene un interesante valor agronómico, principalmente por su contenido en materia orgánica y en elementos fertilizantes y que se utiliza en distintas actividades agrícolas: frutales, viñas, cítricos, olivos, cultivos hortícolas, floricultura y jardinería, entre otros. Además también se emplea para mejorar los suelos, ya que da cuerpo a las tierras ligeras, disgrega a las compactas y evita la formación de costras y airea las raíces, regulando la permeabilidad y el drenaje de los mismos. En consecuencia, más que un sistema de tratamiento de residuos, puede ser contemplado como un procedimiento de obtención de un material útil a partir de una materia prima calificada como residuo.

Todo ello hace que el compostaje se plantee en la actualidad como una de las mejores alternativas para la gestión de residuos de naturaleza orgánica, incluidos los residuos sólidos urbanos.

2. COMPOSTAJE DE RESIDUOS

El compostaje es un proceso biológico, aeróbico y termófilo (con incremento de la temperatura) de descomposición de residuos orgánicos en fase sólida y en condiciones controladas que consigue la transformación de un residuo orgánico en un producto estable en mayor o

menor grado, aplicable a los suelos como abono; aunque en algunos casos se ha definido como un método para estabilizar residuos, en general es más correcto hablar de descomposición porque no siempre se puede asegurar que esta estabilización sea total.

Se trata de un proceso aeróbico porque, aunque se pueda realizar de forma anaerobia, la presencia de oxígeno es aconsejable para poder alcanzar temperaturas más altas, acelerar el proceso, eliminar olores y a la mayoría de agentes patógenos o parásitos molestos; proceso biológico ya que son los microorganismos los que realizan el trabajo; y finalmente, se trata de un proceso de descomposición de residuos orgánicos pues en su fase inicial se degradan toda una serie de compuestos, siendo este sustrato la base del alimento de los microorganismos.

El proceso consta de dos fases:

- *Fase termófila.* En esta etapa se produce un aumento progresivo de la temperatura del material a compostar. Al alcanzar una temperatura alrededor de 70°C cesa prácticamente la actividad microbiana. La aireación de este compost provoca el reinicio del proceso, con la aparición de microorganismos mesófilos, incremento de la temperatura y aparición de nuevo de microorganismos termófilos.
- *Fase de maduración.* En esta etapa ya no se producen variaciones tan acusadas de temperatura como las obtenidas en la fase anterior debido a la limitación de nutrientes, desarrollándose tanto organismos mesófilos como termófilos, con un descenso importante de la actividad microbiana.

La maduración puede considerarse como el complemento final del proceso de fermentación, disminuyendo la actividad metabólica con la cual cesa la demanda de oxígeno y permitiendo alcanzar el equilibrio biológico deseado del material.

Tan pronto como se ha apilado la materia orgánica o se ha introducido en un sistema cerrado, si las condiciones son las adecuadas, comienza la actividad microbiana. El síntoma más claro del inicio de esta actividad es el incremento de la temperatura en toda la masa; la velocidad como se incrementa la temperatura depende del tipo de material a compostar y de los factores ambientales, pero en general se puede decir que como mínimo a los dos días de haberse hecho la pila la temperatura puede haber llegado a los 55°C.

Conseguir un buen compost se reduce por lo tanto a proveer a los microorganismos de un buen entorno para que desarrollen su actividad. Para ello hay que prestar atención a una serie de parámetros para crear las condiciones óptimas de trabajo: temperatura, humedad, pH, oxígeno y balance de nutrientes.

Los residuos tratados en estas plantas son:

- Restos vegetales (restos de poda)
- Residuos orgánicos de origen municipal (fracción orgánica de recogida municipal), comercial, industrial o agrícola.

Estos dos tipos de residuos, primero deben mezclarse completamente; se necesita esta mezcla para equilibrar la relación de nitrógeno y carbono, distribuir homogéneamente la humedad en la masa a compostar, asegurar la presencia de oxígeno y esponjar el conjunto.

Otros residuos que también se pueden tratar mediante este sistema son los lodos provenientes de plantas depuradoras de aguas residuales (EDAR), estiércol, etc.

3. SISTEMAS DE COMPOSTAJE

Los diferentes sistemas de compostaje pretenden, en todos los casos, conseguir una aireación óptima de los residuos y alcanzar temperaturas termófilas. Se puede considerar que un sistema es efectivo cuando, además de transformar los residuos, los ha sometido durante un tiempo suficiente a las condiciones consideradas letales para los microorganismos patógenos.

Los principales sistemas de compostaje se pueden clasificar en dos grupos:

- Sistemas abiertos: basados en el compostaje en pilas (agrupamiento de residuos en montones que generalmente adoptan forma triangular, con una altura recomendada menor de 2,7 metros, y sin una limitación en cuanto a su longitud) de diferentes formas y con diferentes sistemas de aireación.
- Sistemas cerrados: basados en la utilización de un reactor o digestor o compostaje acelerado.

Sistemas abiertos

Es el sistema más generalizado. Se basa en la realización de pilas con diferentes sistemas de aireación.

Compostaje en pilas dinámicas

Los materiales a compostar se apilan directamente sobre el suelo, sin comprimirlos excesivamente a fin de permitir que el aire quede retenido en su interior. El tamaño y la forma de la pila se diseñan para permitir la circulación del aire a lo largo de la pila, manteniendo las temperaturas en la gama apropiada. Es preferible que los montones sean alargados, ya que es la altura y no la longitud el parámetro que se convierte en crítico; si las pilas son demasiado grandes, el oxígeno no puede penetrar en el centro y además puede comprimirse por su propio peso, mientras que si son demasiado pequeñas

no se calentarán adecuadamente. El tamaño óptimo varía con el tipo de material y la temperatura ambiente.

Una vez constituida la pila, es necesario el volteo o mezclado de la misma. Su frecuencia depende del tipo de material, de la humedad y de la rapidez con la que se desea realizar el proceso. Para establecer esta frecuencia es preciso controlar la temperatura (una bajada en los primeros días puede indicar la necesidad de aireación) o si se desprenden malos olores (indicador de una descomposición anaeróbica).

Normalmente es habitual realizar un volteo cada 6-10 días. El volteo sirve para homogeneizar la mezcla y su temperatura, a fin de eliminar el calor excesivo, controlar la humedad y aumentar la porosidad de la pila para mejorar la ventilación. Después de cada volteo, la temperatura desciende del orden de 5-10°C, subiendo de nuevo en el caso que el proceso no haya terminado.

Una vez finalizada esta etapa, los residuos pasan a la fase de maduración.

Compostaje en pilas estáticas ventiladas

El material a compostar se coloca sobre un conjunto de tubos perforados o una solera porosa conectados a un sistema de extracción de aire a través de la pila.

Cuando la temperatura del material excede el óptimo, unos sensores que controlan el ventilador lo activan para que se inyecte el aire necesario para enfriar la pila, abasteciéndola a la vez de oxígeno.

El proceso suele durar entre 4-8 semanas y, al igual que en el caso anterior, posteriormente se pasan los residuos a la etapa de maduración.

Sistemas cerrados

Se basa en la utilización de un reactor o digestor en el que se mantienen las condiciones aeróbicas por los mismos métodos que en las pilas, es decir, con volteos continuos, con aireación forzada o los dos métodos a la vez. Son sistemas que tienen unos costos de instalación superiores al de las pilas, pero presentan la ventaja de permitir un control total de las condiciones del proceso, son más rápidos y requieren menos espacio para tratar el mismo volumen de residuos.

Las variables de proceso tales como contenido de humedad, composición de nutrientes, temperatura, pH, cantidad de gas, tiempo de retención, etc, pueden ser controladas, dirigidas y optimizadas. Esto conlleva a una degradación más rápida y completa con una mínima contaminación de los alrededores.

Sin embargo, normalmente el compost que se produce en el interior del reactor o digestor no alcanza un correcto estado de maduración, por lo que posteriormente se le somete también a un proceso de compostaje en pilas de poca duración que recibe el nombre de maduración.

Compostaje en tambor

El proceso de compostaje tiene lugar en un tambor de rotación lenta. Estos tambores pueden trabajar en continuo o por cargas y pueden ser de diferentes tamaños y formas.

Compostaje en túnel

El proceso tiene lugar en un túnel cerrado, generalmente fabricado en hormigón, con una vía de ventilación con-

trolada por impulsión o aspiración para el aporte de oxígeno. A diferencia del método anterior, aquí el residuo se mantiene estático.

Compostaje en contenedor

Similar al sistema anterior, pero en este caso el compostaje se realiza en contenedores de acero. A menudo es un proceso continuo, con carga del material a compostar en la parte superior y descarga por la inferior.

Compostaje en nave

El proceso de compostaje tiene lugar en una nave cerrada. La ventilación se realiza mediante una placa en la base y/o con ayuda de diferentes unidades rotativas (volteadoras). Las plantas modernas están totalmente automatizadas y equipadas con volteadoras, las cuales se mueven mediante grúas elevadoras y pueden alcanzar el compostaje total del área de la nave.

Calidad sanitaria del compost

Los diferentes sistemas de compostaje de residuos pretenden conseguir en todos los casos una aireación óptima y llegar a las temperaturas termófilas, a fin de conseguir eliminar los microorganismos patógenos durante el proceso, ya que muchos de los residuos a compostar pueden contenerlos, pero difieren en el grado en que consiguen sus objetivos.

Si el compostaje es aeróbico y se realiza correctamente, las temperaturas que se alcanzan, junto con la competencia por los nutrientes, el antagonismo microbiano y los antibióticos producidos por algunos microorganismos, favorecen la eliminación de la mayor parte de microorganismos patógenos presentes durante el proceso.

Sólo si la actividad de compostaje presenta zonas de anaerobiosis más o menos grandes y, por tanto, con temperaturas más bajas podrían aparecer problemas sanitarios en su aplicación.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Como ya se ha visto, se pueden distinguir dos tipos de sistemas de compostaje: abierto y cerrado, que se diferencian básicamente en la manera de realizar la fase termófila del proceso. Sin embargo, las operaciones que se realizan en los dos sistemas son similares. El esquema general del proceso se muestra en la figura 1.

Sólo en el caso del compostaje en nave el proceso es automatizado prácticamente en su totalidad, con una mínima intervención de los trabajadores, que realizan tareas básicamente de verificación de su correcto funcionamiento.

Recepción y descarga de residuos

El camión con los residuos es pesado y pasa a la zona de descarga, que puede tratarse tanto de un foso como de una playa de descarga, donde se realiza la operación de descarga.

Separación manual de elementos voluminosos

En el caso que se reciban residuos procedentes de la recogida selectiva de residuos sólidos urbanos (fracción orgánica seleccionada en origen), tras la descarga, y mediante una pala cargadora, se extienden estos residuos y un operario se encarga de retirar de forma manual aquella fracción no orgánica más evidente o voluminosa.

Cuando los residuos consisten en restos vegetales (fracción vegetal), procedentes en su mayoría de restos de poda, tras su descarga, con ayuda de una pala cargadora, se introducen en una máquina trituradora.

Pretratamiento (fracción orgánica)

Esta operación tiene la finalidad de reducir el contenido en materiales impropios. La fracción orgánica de los residuos pasa a la zona de pretratamiento donde, mediante un sistema de cribas tipo trómel (criba de tambor giratorio), mesas densimétricas, etc. se realiza la separación

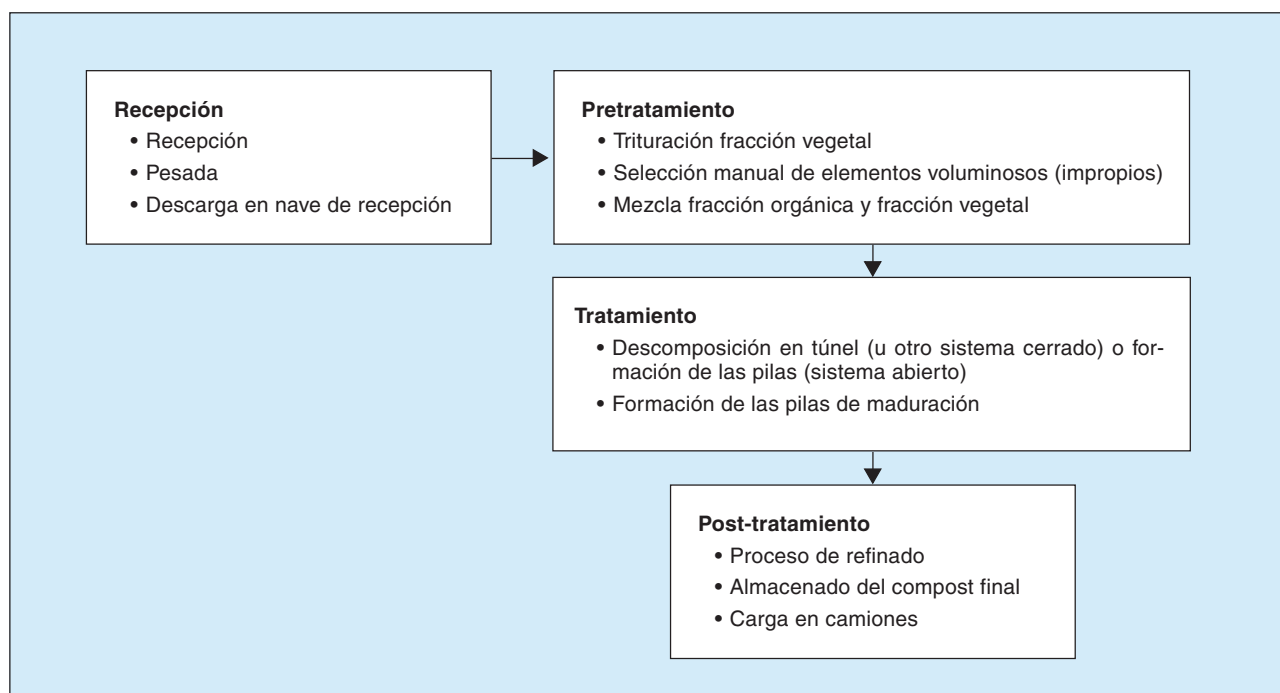


Figura 1. Esquema general de las operaciones realizadas en una planta de compostaje de residuos orgánicos

de aquellos elementos no orgánicos (fracción de rechazo). Esta fracción de rechazo es conducida a un compactador para su posterior envío a depósito controlado. En caso de recibir residuos no seleccionados previamente en origen, se realiza un proceso de selección a fin de separar plástico, cartón, vidrio, etc. y dejar únicamente la fracción orgánica. Este proceso de selección de residuos se comenta en la Nota Técnica de Prevención 710.

Mezclado fracción orgánica y fracción vegetal

Mediante una pala cargadora, se introduce, en las proporciones apropiadas, la fracción orgánica y la fracción vegetal en una mezcladora, a fin de conseguir una homogeneización del material a compostar.

Esta operación de mezclado también puede realizarse únicamente con ayuda de la pala cargadora.

Carga del túnel (sistema cerrado)

La pala cargadora introduce el material a compostar en un túnel de compostaje. En su interior, el residuo sufre la fase termófila del proceso.

El proceso de fermentación en el interior del túnel es controlado de forma automática mediante sondas que valoran la temperatura de la pila, la humedad y las concentraciones de oxígeno, dióxido de carbono, amoníaco, temperatura y actividad del sistema de ventilación; en función de estas variables, se regula el caudal de aire que se hace pasar por el material a compostar y el riego dentro del túnel, de forma que el proceso de compostaje se desarrolla de forma controlada.

El aire extraído del túnel se trata, y se hace pasar finalmente por un biofiltro, formado por capas alternas de material orgánico ya compostado de diferentes granulometrías y por restos vegetales.

Esta primera fase del proceso suele durar 2 semanas. Finalizado el proceso, se abren las puertas del túnel y se conecta el sistema de ventilación previamente a la entrada al mismo.

Formación de las pilas (sistema abierto)

En este caso, el material a compostar se dispone en forma de pilas, donde se produce la fase la primera fase de la fermentación o fase termófila (con incremento de la temperatura de la pila).

Las pilas se remueven mediante una volteadora a fin de oxigenarlas y favorecer que se realice la fermentación del residuo por parte de los microorganismos; por otro lado, se riegan para mantener la humedad. Esta fase se suele prolongar de forma variable hasta dos meses.

Transcurrido este tiempo, se realizan las pilas de maduración.

Descarga del túnel (sistema cerrado). Pilas de maduración.

Finalizado el proceso de fermentación en túnel, se retira el material con ayuda de una pala cargadora y se transporta a la zona de maduración, donde se deposita el residuo en forma de pilas (pilas de maduración).

En el caso de sistemas abiertos, el material apilado de la fase termófila se transporta a la zona de maduración mediante pala cargadora, donde se forman también las pilas de maduración.

Al igual que en la fase termófila del compostaje abierto,

estas pilas se remueven periódicamente mediante la volteadora (véase fig. 2).



Figura 2. Volteo de las pilas mediante volteadora

Refino del compost

Finalizado el proceso de maduración, el compost pasa al área de refino (véase fig. 3) donde se realiza la separación de impurezas que pudieran quedar (piedras, fragmentos de vidrio, trozos de plástico, etc.), restos de la fracción vegetal de mayor tamaño y se consigue la homogeneización del compost final, a fin de obtener un producto final con un aspecto fino y uniforme.

El compost se introduce en una tolva, con la pala cargadora, que alimenta la cinta transportadora que lo llevará hasta un equipo de cribado (mesas densimétricas, etc) donde se separan las distintas fracciones; la fracción de rechazo, formada por impurezas, se envía posteriormente a un depósito controlado y la los restos vegetales más gruesos se vuelven a introducir al inicio del proceso de compostaje.

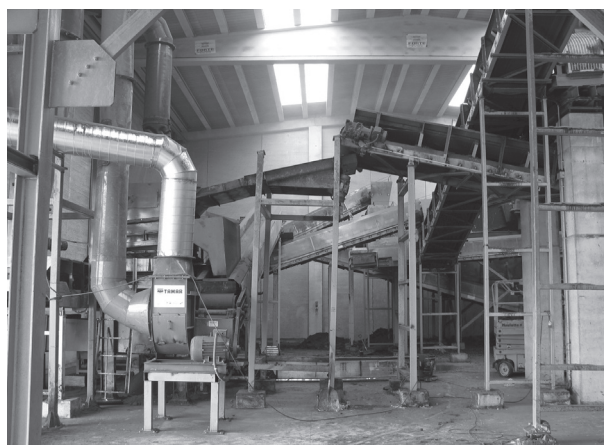


Figura 3. Nave de refino

Almacenamiento y carga del compost

El compost final obtenido se almacena hasta el momento de su venta o aplicación al terreno.

Operaciones de acabado

En función del destino final del producto, o atendiendo a los requerimientos del cliente, el compost se puede mezclar con arena, tierra, turba, etc. para conseguir el producto deseado. Esta mezcla se realiza mediante pala cargadora.

Operaciones de toma de muestras del compost

De forma periódica, y durante todo el proceso de compostaje, se toman muestras de los residuos a fin de controlar que el proceso se desarrolla correctamente y se analizan en el laboratorio de la propia instalación.

Los parámetros que se analizan son: humedad, pH, conductividad, materia orgánica, amoníaco, nitrógeno, carbono, macronutrientes y micronutrientes (potasio, fósforo, calcio, magnesio, sodio, hierro, manganeso) y metales pesados (zinc, cobre, plomo, níquel, cadmio).

Operaciones de desatascado de equipos

Puede suceder que, debido a la presencia de impurezas que entran en el proceso, los equipos de trabajo puedan

sufrir un atasco; en este caso son los mismos trabajadores los que se encargan de realizar el desatascado.

Operaciones de mantenimiento

Incluye, entre otros, la realización de los siguientes trabajos:

- Mantenimiento básico de los equipos de trabajo.
 - Comprobación y rellenado de niveles de aceite.
 - Tensado de correas y cintas.
 - Limpieza de rodillos de cintas.
 - Comprobación de los sistemas de seguridad de los equipos de trabajo.
- Mantenimiento básico de pala cargadora y volteadora.

OPERACIÓN	RIESGOS	
DESCARGA DE RESIDUOS / CARGA DEL COMPOST	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel. • Caída de objetos desprendidos. • Pisadas sobre objetos. • Proyección de fragmentos o partículas. • Atrapamiento por o entre objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos. • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas. • Atropellos o golpes con vehículos. • Exposición a agentes biológicos.
SELECCIÓN MANUAL DE ELEMENTOS VOLUMINOSOS	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas al mismo nivel. • Caída de objetos en manipulación. • Pisadas sobre objetos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Golpes/cortes por objetos o herramientas. • Sobreesfuerzos.
TRITURACIÓN FRACCIÓN VEGETAL Y MEZCLADO DE LA FRACCIÓN VEGETAL Y LA FRACCIÓN ORGÁNICA	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de objetos desprendidos. • Proyección de fragmentos o partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento por o entre objetos. • Exposición a ruido.
AFINO	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento por o entre objetos. • Exposición a ruido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a agentes químicos: polvo.
ALMACENAMIENTO COMPOST	<ul style="list-style-type: none"> • Atropellos o golpes con vehículos. 	
TOMA DE MUESTRAS	<ul style="list-style-type: none"> • Pisadas sobre objetos. • Golpes/cortes por objetos o herramientas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.
PALA CARGADORA / VOLTEADORA	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel. • Caída de objetos desprendidos. • Choques contra objetos inmóviles. • Proyección de fragmentos o partículas. • Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas. • Incendios. • Atropellos o golpes con vehículos. • Exposición a agentes biológicos.
MANTENIMIENTO, LIMPIEZA Y DESATASCADO DE EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas a distinto nivel. • Caída de objetos en manipulación. • Caída de objetos desprendidos. • Pisadas sobre objetos. • Golpes/cortes por objetos o herramientas. • Proyección de fragmentos o partículas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Atrapamiento por o entre objetos. • Sobreesfuerzos. • Contactos eléctricos. • Exposición a sustancias nocivas o tóxicas. • Exposición a agentes químicos. • Exposición a agentes biológicos.
INESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Caída de personas al mismo nivel. • Caída de objetos desprendidos. • Contactos eléctricos • Incendios. • Explosiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • Accidentes causados por seres vivos. • Atropellos o golpes con vehículos. • Exposición a agentes químicos. • Exposición a agentes biológicos.

Tabla 1. Principales riesgos laborales identificados en una planta de compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales (FORM).

- Reparación de pequeñas averías que puedan surgir.

Operaciones de limpieza

Los trabajos de limpieza que se pueden realizar en este tipo de plantas consisten en:

- Limpieza en las distintas estructuras de la planta.
- Limpieza manual de cintas transportadoras, túneles, cribas y equipos de trabajo.
- Limpieza manual o con agua a presión de los distintos equipos de trabajo e instalaciones que componen la planta.
- Limpieza de los aspersores de los túneles.
- Limpieza de los residuos sólidos de arquetas, etc.

Riesgos inespecíficos

Se incluyen en este punto aquellos riesgos que no se pueden asociar a un área u operación concreta, sino que pueden afectar al conjunto de la instalación de forma general. Por lo tanto, se entiende que estos riesgos pueden presentarse independientemente de la operación que se realice y pueden afectar tanto al conjunto de los trabajadores de la planta como a cualquier otra persona (conductores, subcontratas, visitas, etc.) que pueda acceder a la misma.

5. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Una vez conocidas las distintas operaciones que se realizan en una planta de compostaje de residuos sólidos urbanos, se deben identificar los riesgos a los que pueden estar expuestos los trabajadores en el desarrollo de estas operaciones (véase tabla 1).

Esta identificación de riesgos pretende ser general, de forma que pueden hallarse en cualquier tipo de planta de compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales; es evidente que atendiendo a las características propias de la planta y la forma cómo se realicen las distintas operaciones pueden variar los riesgos.

Por otro lado, no se hace referencia a los riesgos derivados de actividades no propias o específicas de la instalación de tratamiento de residuos, como por ejemplo: oficinas, operaciones concretas de mantenimiento como soldadura, etc., ni las operaciones en laboratorio; en este caso, los riesgos potenciales a considerar serían los típicos de estas operaciones.

La relación de riesgos considerados se ha realizado de acuerdo con los códigos de forma de accidente recogidos en la Orden de 16 de diciembre de 1987 por la que se establecen modelos para la notificación de accidentes de trabajo y que se describen en la guía "Evaluación de las Condiciones de Trabajo en la PYME" publicada por el INSHT.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) DOMINGO, J. L. Y SCHUHMACHER, M.
Exposición a contaminantes químicos y biológicos a través del compost elaborado con la fracción orgánica de RSU. Riesgos sobre la salud
Residuos, N° 57: 72-77 (2002)
- (2) GADEA, E., GUARDINO, X. Y SOLANS, X.
Prevención de riesgos laborales en la gestión de residuos. Clasificación y actividades
NTP 675 - Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2004)
- (3) MARTH, E., REINTHALER F., SCHAFFLER K. ET AL.
Occupational health risks to employees of waste treatment facilities
Ann Agric Environ Med, 4: 143-147. (1997)
- (4) POULSEN, O. M., BREUM, N., EBBEHOJ N. ET AL.
Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes
The Sci Total Environ. 168: 33-56 (1995)
- (5) TOLVANEN, O., NYKÄNEN, NIVUKOSKI, U. ET AL.
Occupational hygiene in Finnish drum composting plant
Waste Manag, 25: 427-433. (2005)

Residuos sólidos urbanos: riesgos laborales en plantas de compostaje (II)

Déchets ménagers: risques du travail dans les centres de compostage (II)
Municipal solid waste: occupational risks in compost plants (II)

Redactores:

Xavier Solans Lampurlanés
Licenciado en Ciencias Biológicas

Enrique Gadea Carrera
Licenciado en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Alfonso Mansilla Ordóñez
Licenciado en Ciencias Biológicas

DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN GRUPO CESPA
DIRECCIÓN GENERAL SERVICIOS FERROVIAL

Tras la identificación de los riesgos a los que pueden estar expuestos los trabajadores que desarrollan su actividad en las plantas de compostaje de la fracción orgánica de los residuos municipales (véase Nota Técnica de Prevención 805) en la presente NTP se indican las medidas preventivas a adoptar para eliminar, reducir o controlar estos riesgos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Una vez identificados los principales riesgos derivados de la actividad laboral en una planta de compostaje de la fracción orgánica de residuos municipales (véase NTP 805) se debe proceder a eliminar, reducir o controlar estos riesgos.

El objetivo de esta Nota Técnica es proponer un conjunto de medidas preventivas a adoptar frente a los riesgos identificados en esta actividad, considerando las distintas operaciones que se pueden realizar en una planta de este tipo.

2. RIESGOS Y MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación, para cada uno de los riesgos identificados en las distintas operaciones que se realizan en una planta de compostaje, se indican las causas por las que se originan y se indican un conjunto de medidas preventivas que pueden adoptarse para su eliminación o reducción.

Si se desea ampliar la información acerca de alguno de los riesgos tratados, se recomienda acceder al conjunto de Notas Técnicas de Prevención del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (<http://www.mtas.es/insht/ntp>), donde se pueden hallar, de forma monográfica y exhaustiva, las medidas preventivas a adoptar frente a factores de riesgo concretos (herramientas manuales, carretillas elevadoras, plataformas elevadoras, palas cargadoras, almacenamiento en estanterías, máquinas, prensas, escaleras manuales, cintas transportadoras, etc.), los dispositivos de seguridad de los que deben disponer los equipos de trabajo (enclavamientos, dispositivos de parada de emergencia, resguardos, etc.) y los equipos de protección individual a utilizar por los trabajadores (cinturones de seguridad, guantes y gafas de protección, etc.).

Operaciones de descarga de residuos / carga del compost final

En estas operaciones pueden producirse caída de personas a distinto nivel, caída de objetos desprendidos, pisadas sobre objetos, proyección de fragmentos o partículas, atrapamiento por o entre objetos, atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos, exposición a sustancias nocivas o tóxicas, atropellos o golpes con vehículos y exposición a agentes biológicos

Caída de personas a distinto nivel

Por caída al subir o bajar de los vehículos, caída al foso de descarga o durante las operaciones de retirada del toldo de las cajas de los camiones (ver tabla 1).

Caída de objetos desprendidos

Por la caída de residuos en las operaciones de apertura de las cajas de los vehículos o la retirada de los toldos.

- Establecer la prohibición de aproximarse a los camiones durante la descarga de los residuos / carga del compost.
- Establecer la prohibición de circular con la caja, compactador o puertas elevadas.

Pisadas sobre objetos

Por la presencia de objetos punzantes o cortantes en la zona de descarga.

- Establecer la prohibición de caminar sobre los residuos.
- Utilizar calzado de seguridad con plantilla reforzada debidamente certificado.

Camiones	<ul style="list-style-type: none"> • Subir y bajar del vehículo siempre de cara a la cabina, asiéndose con ambas manos y utilizando los estribos y asideros dispuestos para tal fin. • Mantener en buen estado de conservación los asideros y estribos. • Evitar saltos desde la cabina y movimientos bruscos. • No acceder a los vehículos encaramándose a través de las ruedas, paragolpes o laterales de los equipos. • Establecer la prohibición de subir o bajar de los vehículos cuando se encuentren en movimiento. • Utilización de calzado de seguridad con suela antideslizante debidamente certificado.
Foso de descarga	<ul style="list-style-type: none"> • Disponer de escaleras adecuadas para permitir bajar a los fosos. • Proteger el foso mediante barandilla homologada (90 cm) cuando no esté siendo utilizado para la descarga de los residuos. • Señalizar el riesgo de caída a distinto nivel.
Retirada del toldo de los camiones	<ul style="list-style-type: none"> • Habilitar una zona específica para la retirada de los toldos, dotada con escalera de acceso y plataforma por la que desplazarse. • Establecer la prohibición de subirse a la caja y caminar sobre los residuos para retirar/colocar el toldo.

Tabla 1. Medidas preventivas frente a las caídas a distinto nivel

Proyección de fragmentos o partículas

Provocado por la fragmentación de residuos durante la operación de descarga.

- Evitar situarse cerca de los puntos de descarga de residuos.
- Instalar fuentes lavaojos en un lugar próximo a la zona de descarga de residuos.

Atrapamiento por o entre objetos

Por la caída de cajas, contenedores o autocompactadores durante la descarga de residuos, o por vuelco de vehículos.

- Establecer la prohibición de aproximarse a los camiones cuando se estén realizando maniobras de carga / descarga.
- Respetar las distancias de seguridad establecidas respecto a otros vehículos que estén realizando operaciones de carga o descarga.
- De forma periódica, comprobar que los cierres, anclajes de puertas de cajas y compactadores, ganchos de elevación, etc. de los camiones que realizan la descarga de residuos / carga del compost se encuentran en perfecto estado.

Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos

Por vuelco del camión o su caída al foso durante la operación de descarga.

- Colocar bordillos de protección de los fosos que indiquen el límite de aproximación del camión al foso.
- Señalizar los bordes de los fosos mediante franjas amarillas y negras en bordillos de protección y en paredes laterales que indiquen el límite de aproximación al foso.

- Respetar en todo momento las indicaciones del personal de la planta (lugar, orden de vertido, etc.).
- Limpieza, mantenimiento y renovación periódica de los bordillos de protección de los fosos.
- Establecer la prohibición de circular con las cajas elevadas.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas

Si los residuos han entrado en procesos de descomposición, o en el caso de lodos de depuradoras urbanas que no han seguido un correcto tratamiento de estabilización o inertización, durante la descarga se pueden liberar al ambiente gases nocivos o tóxicos, como amoníaco, ácido sulfhídrico, metano, COV (compuestos orgánicos volátiles), etc. Además, no puede descartarse totalmente la presencia de residuos tóxicos o nocivos por la presencia de algún vertido incontrolado.

- Utilizar protección respiratoria adecuada.
- Favorecer la ventilación en la zona de descarga de los camiones.
- Las cabinas de los camiones deben permanecer en todo momento cerradas, y dispondrán de un sistema de filtrado que permita la entrada de aire limpio.
- Establecer controles periódicos de los residuos vertidos para detectar, controlar y eliminar posibles vertidos incontrolados.
- El Plan de Emergencia de la planta deberá tener en cuenta la posibilidad que entre un vertido incontrolado, debiendo establecerse protocolos de actuación. Los trabajadores deben estar formados para actuar de acuerdo con las emergencias que se puedan presentar.

En el caso de recibir en algún momento lodos de depuradora como residuo a tratar:

- Establecer protocolos específicos de trabajo para la descarga y manipulación de lodos procedentes de depuradoras urbanas.
- Dotar a los trabajadores de detectores portátiles de SH₂.
- Instalación de sistemas de detección en continuo de gases en la zona de descarga de lodos.
- Instalación de sistemas de extracción localizada y un sistema de ventilación que garantice la adecuada renovación del aire en el área de descarga.

Atropellos o golpes con vehículos

Derivado de la circulación de personas y vehículos por esta zona.

- Las operaciones de aproximación y descarga/carga de los camiones deberá ser controlada en todo momento por un trabajador (que se situará siempre en un lugar visible para el conductor) (véase figura 1), impidiendo el inicio de la maniobra de acercamiento al punto de descarga/carga, o la propia descarga/carga, en caso de hallarse otros trabajadores próximos.
- Establecer la prohibición de acercarse a los vehículos cuando estén realizando operaciones de aproximación o de carga y descarga.
- Habilitar zonas de paso para peatones, claramente delimitadas y señalizadas.
- Establecer la obligatoriedad de utilizar en todo momento ropa de alta visibilidad.
- Es aconsejable que los vehículos dispongan de avisadores acústicos y luminosos de marcha atrás.

- Evitar la circulación simultánea de camiones y pala cargadora en las zonas de carga y de descarga.
- Los conductores, y sus ayudantes, no deben descender el vehículo si no es totalmente imprescindible, permaneciendo en este caso siempre cerca de los mismos.

Exposición a agentes biológicos.

Aunque los trabajadores no manipulan de forma intencionada agentes biológicos, pueden estar expuestos a estos agentes debido a su posible presencia en los residuos que llegan a la planta.

- La cabina del camión debe cerrar herméticamente y estar dotada de sistemas de ventilación autónomos con los filtros adecuados.
- Establecer la prohibición de trabajar con las ventanillas abiertas.



Figura 1. Control de la operación de aproximación del camión y descarga de residuos

Operaciones de selección manual de elementos voluminosos

En este tipo de operaciones pueden producirse caída de personas al mismo nivel, caída de objetos en manipulación, pisadas sobre objetos, golpes/cortes por objetos o herramientas y sobreesfuerzos

Caída de personas al mismo nivel

Por tropiezos o resbalones con los residuos.

- Utilizar calzado de seguridad con suela antideslizante debidamente certificado.
- Evitar caminar sobre las acumulaciones de residuos.

Caída de objetos en manipulación

Por la manipulación manual de objetos que en ocasiones pueden presentar dificultad de agarre.

- Utilizar guantes de seguridad adecuados debidamente certificados.
- Formación específica en la manipulación de residuos.

Pisadas sobre objetos

Derivado de la presencia de objetos cortantes o punzantes entre los residuos o en la playa de descarga.

- Establecer la prohibición de caminar sobre los residuos.

- Utilizar calzado de seguridad, con plantilla reforzada, debidamente certificado.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Derivado de la manipulación de residuos, elementos voluminosos, objetos metálicos, vidrio, etc. que en algunos casos pueden ser cortantes o punzantes.

- Utilizar guantes de seguridad adecuados debidamente certificados.
- No tener bajo ningún concepto contacto directo con los residuos con las manos desnudas.
- Prohibir la recuperación de residuos.
- Utilizar ropa de trabajo que cubra las extremidades.
- Formación de los trabajadores en la correcta manipulación de residuos, los riesgos que comporta y las medidas preventivas a adoptar en cada momento.
- En caso de producirse un corte con un elemento metálico o un pinchazo con una aguja, acudir inmediatamente al centro médico para ser sometido a las pruebas y tratamientos oportunos.

Sobreesfuerzos

Al manipular residuos voluminosos para depositarlos en los contenedores de rechazo, por adoptar posturas incorrectas o realizar estiramientos musculares.

- Formación de los trabajadores para la correcta manipulación manual de cargas, la adopción de posturas de trabajo adecuadas y la eliminación de movimientos innecesarios.

Operaciones de trituración de la fracción vegetal y mezclado de la fracción vegetal y la orgánica

En estas operaciones pueden producirse caídas de objetos desprendidos, proyección de fragmentos o partículas, atrapamiento por o entre objetos y exposición a ruido.

Caída de objetos desprendidos

Por la caída de residuos desde la cuchara de la pala cargadora durante la carga de la trituradora.

- Establecer la prohibición de aproximarse a la zona de trituración durante las operaciones de carga de la trituradora.
- Utilizar casco de seguridad debidamente certificado.

Proyección de fragmentos o partículas

Procedentes de la trituradora o la mezcladora cuando se hallan en funcionamiento.

- Utilizar gafas de protección adecuadas debidamente certificadas.
- Establecer la prohibición de aproximarse a la trituradora cuando se halle en funcionamiento.

Atrapamiento por o entre objetos

Derivado de la presencia de elementos móviles en estos equipos.

- Todos los elementos móviles de los equipos de trabajo deben estar protegidos impidiendo el contacto directo de los operarios.
- Prohibir eliminar, mover o estirar del material que se haya podido enganchar en los elementos de trituración con el equipo en funcionamiento.

- Establecer la prohibición de manipular este equipo a cualquier persona que no haya sido formada y autorizada para su uso.

Exposición a ruido

Debido al funcionamiento de estos equipos de trabajo.

- Realizar una evaluación específica del riesgo de exposición a ruido y en función de los resultados obtenidos establecer las medidas de prevención y protección necesarias según el Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.

Operaciones en nave de afino

En estas operaciones pueden producirse atrapamientos por o entre objetos, exposición a ruido y exposición a agentes químicos.

Atrapamiento por o entre objetos

Derivado de la presencia de equipos de trabajo: cintas transportadoras, mesa densimétrica, etc.

- Mantener en perfecto estado de funcionamiento todos los equipos de trabajo (establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo de todos los equipos de la planta siguiendo las recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes de cada equipo de trabajo, incluyendo la comprobación del perfecto estado de todos los sistemas de seguridad instalados).
- Formación específica para todos aquellos operarios que deban manipular estos equipos de trabajo.

Exposición a ruido

Derivado de los equipos de trabajo que se ubican en esta zona.

- Mantener en buen estado de funcionamiento los equipos de trabajo conforme a las instrucciones suministradas por el fabricante para minimizar la generación de ruido.
- Realizar una evaluación específica del riesgo de exposición a ruido y en función de los resultados obtenidos establecer las medidas de prevención y protección necesarias según el Real Decreto 286/2006 sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a ruido.

Exposición a agentes químicos

Básicamente por la exposición a polvo que se genera durante el proceso de cribado del compost.

- Instalación de sistemas de extracción localizada y un sistema de ventilación que garantice la adecuada renovación del aire.
- Mantenimiento preventivo del sistema de extracción general de aire de la nave.
- Realizar la evaluación específica del riesgo de exposición a polvo en la zona de afino.

Operaciones en zona de almacenamiento del compost

Pueden producirse *atropellos o golpes con vehículos* derivados de la circulación de personas y vehículos por esta zona.

- Establecer la prohibición de acercarse a la pala cargadora cuando esté realizando operaciones de movimiento de compost.
- Habilitar zonas de paso para peatones, claramente delimitadas y señalizadas.
- Establecer la obligatoriedad de utilizar en todo momento ropa de alta visibilidad.
- Señalizar el riesgo de atropello mediante señal normalizada.

Operaciones de toma de muestras

Pueden ocurrir pisadas sobre objetos, golpes/cortes por objetos o herramientas y exposición a sustancias nocivas o tóxicas

Pisadas sobre objetos

Al proceder a la obtención de muestras de las pilas de compostaje.

- Establecer la prohibición de caminar sobre los residuos.
- Utilizar calzado de seguridad con plantilla reforzada debidamente certificado.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Al tomar muestras de los residuos en las pilas de compostaje.

- Utilizar guantes de seguridad adecuados debidamente certificados.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas

Durante el proceso de compostaje se pueden generar gases tóxicos que, al remover los residuos, pueden pasar al ambiente (amoníaco, ácido sulfhídrico, metano, COV, etc.).

- Instalación de sistemas de detección en continuo de gases.
- Instalación de sistemas de extracción localizada y renovación del aire.
- Utilizar protección respiratoria adecuada.

Operaciones con pala cargadora / volteadora

Pueden ocurrir caídas de personas a distinto nivel, caída de objetos desprendidos, choques contra objetos inmóviles, proyección de fragmentos o partículas, atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos, exposición a sustancias nocivas o tóxicas, incendios, atropellos o golpes con vehículos y exposición a agentes biológicos.

Caída de personas a distinto nivel

Al subir o bajar de los equipos o por la utilización incorrecta de la pala cargadora para acceder a puntos elevados de la planta.

- Subir y bajar del vehículo siempre de cara a la cabina, asiéndose con ambas manos y utilizando los peldaños y asideros dispuestos para tal fin.
- Mantener en buen estado de conservación los asideros y estribos.
- Evitar saltos desde la cabina y movimientos bruscos.
- No acceder a los vehículos y máquinas encaramándose a través de las ruedas, paragolpes o laterales de los equipos.

- Establecer la prohibición de subir o bajar de los vehículos cuando se encuentren en movimiento.
- Prohibir que los trabajadores se suban directamente sobre la cuchara para acceder a puntos elevados.
- Utilización de calzado de seguridad con suela antideslizante debidamente certificado.

Caída de objetos desprendidos

Por la caída de residuos mientras son manipulados por la pala cargadora.

- No sobrecargar la pala de la máquina.
- Establecer la prohibición de aproximarse a la pala cargadora durante la manipulación y transporte de residuos.
- Las cucharas de las palas deben ir a un máximo de unos 20 cm del suelo para entrar o salir de los túneles.
- No circular por zonas en las que no exista el espacio suficiente a los dos lados del vehículo (al menos medio metro por cada lado).
- Acceder a los túneles cuando las puertas se encuentren totalmente abiertas.

Choques contra objetos inmóviles

Al circular entre las instalaciones de la planta, están expuestos a sufrir golpes con partes sobresalientes de la estructura de la planta.

- Señalizar con bandas negras y amarillas, y reforzar, las columnas y elementos estructurales de las zonas por las que circulen habitualmente la pala cargadora y la volteadora.
- Limitar la velocidad de estos equipos (p.e. 10 Km/h).
- Procurar que la carga no disminuya el campo de visión.
- Señalizar las vías de paso y balizar todas aquellas zonas a las que no sea necesario acceder.

Proyección de fragmentos o partículas

El funcionamiento de la volteadora puede generar la proyección de fragmentos que podrían ocasionar lesiones a las personas que se encuentran en la zona.

- Establecer la prohibición de circular por las naves en las que la volteadora esté funcionando.

Atrapamiento por vuelco de máquinas o vehículos

Por el vuelco de estos equipos, por circular en terrenos con una mayor límite de inclinación al superable por los equipos, o bien debido a la circulación por terrenos inestables o junto a desniveles.

- Cuando se empujen los residuos hacia el foso, no sobrepasar los límites de aproximación establecidos.
- Colgar señales estableciendo el límite de aproximación al foso de vertido.
- Señalizar y proteger los desniveles que puedan existir.
- Señalizar el riesgo de vuelco mediante señal homologada.
- Establecer un plan de mantenimiento periódico preventivo de los vehículos que garantice su perfecto estado en todo momento.
- Antes de iniciar el trabajo, comprobar que los mandos funcionan correctamente.

- Previamente a la utilización de esos equipos de trabajo, los trabajadores deberán tener conocimiento de las normas de seguridad especificadas por el fabricante.
- Mantener una velocidad adecuada y no realizar maniobras bruscas.
- No circular al bies en una pendiente. Si las rampas tienen una pendiente superior a la inclinación máxima de la horquilla, se ha de circular necesariamente marcha atrás.
- Utilizar de forma permanente el cinturón de seguridad.
- No realizar movimientos bruscos con la pala cargada.
- Circular con la pala bajada (a unos 20 cm del suelo).
- La conducción de estos equipos estará reservada a los trabajadores que hayan recibido una formación específica y que hayan sido autorizados.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas.

Durante el proceso de compostaje se pueden generar gases tóxicos que, al remover los residuos de los túneles o durante el volteo de las pilas, pueden pasar al ambiente. Asimismo, por la aparición de condiciones reductoras con emisión de gases tóxicos, o trabajo en áreas con sistema de ventilación deficiente y falta de oxígeno.

- Establecer la prohibición de trabajar con las ventanillas abiertas.
- Realizar estas operaciones siempre con la cabina herméticamente cerrada.
- Los equipos deben disponer de un sistema de filtrado de aire que permita la entrada de aire limpio.
- Disponer de detectores portátiles de SH₂ activados en todo momento.
- Disponer en la cabina de mascarilla de protección respiratoria con filtro mixto combinado (tipo ABEKHgP) que se debe utilizar de forma obligatoria en caso de acceso al interior del túnel a pie.
- Todos los puntos de la planta susceptibles de generarse o acumularse gases deben estar dotados de sistemas automatizados de detección en continuo de gases NH₄ y SH₂.
- Establecer un plan de mantenimiento periódico de los sistemas de ventilación de estos equipos.

Incendios

Debido a una incorrecta manipulación de los combustibles en las operaciones de abastecimiento de los vehículos.

- Todos los combustibles y lubricantes se mantendrán en recipientes debidamente etiquetados y fuera del alcance de personas no autorizadas.
- Se recomienda que los vehículos dispongan de forma permanente de un extintor de polvo polivalente, que deberá ser sometido a las revisiones periódicas establecidas por la legislación vigente.
- Señalizar la prohibición de fumar o encender cualquier tipo de llama.

Atropellos o golpes con vehículos

Derivado de la circulación de personas y vehículos por esta zona.

- Las cargas en ningún momento mermarán el campo de visión del conductor en el sentido de la marcha.

- Disponer de un sistema de señalización luminosa constituido por luces de freno, de retroceso (asociada a un avisador acústico, que se activará cuando se vaya a iniciar la marcha atrás) y de advertencia.
- Mantener en perfecto estado de funcionamiento los avisadores acústicos y luminosos de marcha atrás así como la luz intermitente instalada en el techo de la cabina.
- Disponer de espejo retrovisor.
- Disminuir la velocidad de marcha en los cruces y en los lugares donde la visibilidad no sea perfecta debido a obstáculos y tocar el claxon.
- Antes de bajar de los equipos móviles, comprobar que están bien frenados.
- Prohibir el transporte de pasajeros en los vehículos.
- Formación específica sobre los riesgos derivados del trabajo con pala cargadora y volteadora.

Exposición a agentes biológicos

Aunque los trabajadores no manipulan de forma intencionada agentes biológicos, pueden estar expuestos a estos agentes debido a su posible presencia en los residuos que se reciben y por el propio proceso de compostaje.

- La cabina debe cerrar herméticamente y estar dotada de sistemas de ventilación autónomos con los filtros adecuados.
- Establecer un plan de mantenimiento periódico de los sistemas de ventilación.

Operaciones de mantenimiento, limpieza y desatascado de equipos

Puede producirse caída de personas a distinto nivel, caída de objetos en manipulación, caída de objetos desprendidos, pisadas sobre objetos, golpes/cortes por objetos o herramientas, proyección de fragmentos o partículas, atrapamiento por o entre objetos, sobreesfuerzos, contactos eléctricos, exposición a sustancias nocivas o tóxicas, exposición a agentes químicos y exposición a agentes biológicos.

Caída de personas a distinto nivel

Al acceder a los distintos equipos que se hallan en niveles superiores para realizar su mantenimiento, reparación, limpieza o desatascado.

- Elaborar procedimientos específicos para aquellas operaciones que impliquen la realización de trabajos en altura.
- En todos aquellos trabajos en los que el punto de operación se encuentre a más de 3,5 metros de altura, los operarios deberán utilizar arnés o cinturón de seguridad anclado a un punto de anclaje seguro.
- La empresa deberá facilitar medios de acceso seguros, homologados y certificados (escaleras, andamios, plataformas elevadoras, etc.) a todos aquellos puntos elevados en los que se tengan que realizar operaciones de reparación, mantenimiento o limpieza.
- Formar a los trabajadores en la realización de trabajos en altura y en la utilización de los equipos de trabajo (plataformas elevadoras, andamios, etc).
- Los reconocimientos médicos deberán contemplar la realización de estos trabajos.

Caída de objetos en manipulación

Por la utilización manual de herramientas o de piezas que han sido desmontadas para su reparación.

- Utilizar calzado de seguridad debidamente certificado.
- Utilización de guantes de seguridad.
- Dotar la instalación de medios mecánicos y/o automatizados para la manipulación de cargas.

Caída de objetos desprendidos

Por la caída de objetos o herramientas cuando se están realizando operaciones de mantenimiento, reparación o limpieza.

- Adoptar precauciones de orden y limpieza no dejando herramientas, equipos o materiales en lugares elevado de los que puedan caer.
- Señalización de los trabajos en altura y balizamiento de las zonas.
- Utilizar casco de seguridad para circular por la planta.

Pisadas sobre objetos

Derivado de la presencia de objetos cortantes o punzantes en las zonas de paso.

- Establecer la prohibición de caminar sobre los residuos.
- Utilizar calzado de seguridad, con plantilla reforzada, debidamente certificado.

Golpes/cortes por objetos o herramientas

Derivados del uso de herramientas en las operaciones de reparación y mantenimiento.

- Las herramientas utilizadas deben estar en perfecto estado, ser las adecuadas para las tareas que se desarrollan, y utilizarse de manera correcta; una vez utilizadas, se deben guardar en los lugares destinados para tal fin.
- Las herramientas deterioradas deberán ser reparadas o sustituidas por otras nuevas.
- Comprobar visualmente el estado de las herramientas antes de su utilización.
- Los equipos de trabajo empleados deben estar en perfecto estado de uso.
- Limpiar la zona de trabajo antes de iniciar los trabajos de mantenimiento.
- Utilizar guantes de seguridad adecuados debidamente certificados.
- Formación sobre la manipulación de herramientas manuales.

Los golpes y cortes también pueden originarse en las operaciones de desatascado, las cuales se deben realizar de acuerdo con lo especificado en los manuales de usuario de la planta y en los procedimientos diseñados por el personal técnico responsable de la planta.

- Todas las operaciones manuales de desatascado deberán realizarse con guantes de seguridad adecuados debidamente certificados.
- Los trabajadores que realicen estas operaciones deben recibir formación específica, debiendo conocer los riesgos que comportan estos trabajos y las medidas preventivas a adoptar en cada momento.

Proyección de fragmentos o partículas

Por la realización de trabajos que pueden provocar la

proyección de partículas, por la manipulación de líquidos hidráulicos o derivado de la utilización de agua a presión en operaciones de limpieza.

- Las operaciones de mantenimiento y limpieza de la planta se realizarán siguiendo los procedimientos de trabajo establecidos para tal fin.
- Utilizar gafas de protección debidamente certificadas para la realización de todas aquellas operaciones que puedan generar proyecciones o salpicaduras y cuando se manipulen productos químicos (aceites, detergentes, desengrasantes, etc.).

Atrapamiento por o entre objetos

En tareas de mantenimiento, limpieza o desatascado de los distintos equipos de trabajo: cintas transportadora, trituradora, mezcladora, prensa, mesa densimétrica, etc. por su puesta en marcha accidental.

- Elaborar procedimientos de trabajo para la realización de las operaciones de mantenimiento, limpieza o desatascado. Estos procedimientos deben respetar las pautas de seguridad descritas por el fabricante en los manuales de los equipos de trabajo, que deben incluir la consignación de los equipos (parada del equipo, bloqueo, energía cero y verificación de condiciones seguras) previo al inicio de cualquier trabajo.
- Cuando se realicen trabajos en los equipos se instalará una señal de advertencia de "máquina parada en mantenimiento" o "máquina parada en limpieza" en el cuadro de control.
- Una vez abiertas las puertas, o retiradas las protecciones de los equipos de trabajo, la nueva puesta en marcha sólo será posible cerrando las puertas y activando a continuación los interruptores correspondientes en el cuadro de mandos con la llave de seguridad.
- Instalar candados de seguridad en las puertas, que las mantendrán abiertas mediante cadenas; éstas también deberán asegurarse, retirándose las llaves.
- Para aquellas tareas en las que sea necesario el acceso al interior del equipo de trabajo, además de respetarse las normas anteriores, otra persona deberá permanecer en el exterior vigilando el desarrollo del trabajo y para asegurar la imposibilidad de puesta en marcha accidental del equipo.
- Mantener en perfecto estado de funcionamiento los paros de seguridad de los distintos equipos de trabajo.
- Mantener en perfecto estado de funcionamiento todos los equipos de trabajo (establecimiento de un plan de mantenimiento preventivo de todos los equipos de la planta siguiendo las recomendaciones de mantenimiento de los fabricantes de cada equipo de trabajo, incluyendo la comprobación del perfecto estado de todos los sistemas de seguridad instalados en los distintos equipos de trabajo).
- Formación específica para todos aquellos operarios que deban realizar manipulaciones de equipos de trabajo.

Sobreesfuerzos

Por adoptar posturas incorrectas o realizar estiramientos musculares.

- Formación de los trabajadores para la correcta manipulación manual de cargas, la adopción de posturas de trabajo adecuadas y la eliminación de movimientos innecesarios.

- Dotar la instalación de medios mecánicos y/o automatizados para la manipulación de cargas.

Contactos eléctricos

Derivado de la manipulación de equipos, máquinas o cuadros eléctricos o durante las operaciones de limpieza.

- Únicamente el personal específicamente formado podrá realizar operaciones de mantenimiento o reparación de la instalación eléctrica.
- Establecer procedimientos de consignación y desconexión de la red para las operaciones de mantenimiento de las instalaciones.
- Cualquier operación de mantenimiento o reparación que suponga la manipulación de la instalación eléctrica o cuadros eléctricos debe ser realizada por personal electricista cualificado y acreditado según la ITC-BT-03 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión RD 842/2002 o bien la correspondiente acreditación de convalidación del antiguo carné de instalador.
- Cualquier manipulación de la instalación eléctrica de la planta o de los equipos de trabajo se debe realizar bajo condiciones de total ausencia de electricidad (sin tensión), y aplicando las técnicas y procedimientos de trabajo especificados en el artículo 4 del RD 614/2001 de protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- En las operaciones de limpieza, antes de iniciar limpiezas húmedas en cualquier punto de la planta se deberá adoptar la precaución de dejar sin tensión los equipos de trabajo que puedan verse afectados.
- No se proyectará agua a los cuadros eléctricos o de control de los equipos de trabajo.
- Los operarios deben estar específicamente formados para realizar estas operaciones de forma segura.

Exposición a sustancias nocivas o tóxicas

Por acumulación de residuos durante periodos prolongados de tiempo en el interior del foso de descarga, o en el túnel de compostaje que, al entrar en procesos de descomposición, pueden provocar la producción de gases nocivos o tóxicos.

- Las tareas de mantenimiento de los fosos de las cintas de selección se considerarán espacios confinados, teniendo en cuenta por lo tanto los criterios de detección continua de gases, sistemas de evacuación en caso de emergencia y protecciones personales (mascarilla con filtro polivalente A2B2K2E2 P3 y traje de protección personal).
- Previo al inicio de los trabajos, dejar ventilar el recinto el tiempo necesario para eliminar la acumulación de posibles gases tóxicos.
- Realizar estas operaciones siempre con la presencia de otra persona en el exterior que pueda prestar auxilio en caso de emergencia.

Exposición a agentes químicos

Derivado de la manipulación de agentes químicos y por la generación de polvo en las operaciones de limpieza de la superficie de la planta.

- Disponer de las fichas de seguridad de todos los productos químicos que se manipulen.
- Utilización de los EPI recomendados por el fabricante de los productos químicos en sus fichas de seguridad.

- Formación específica en la manipulación de productos químicos para aquellos operarios que realicen tareas de mantenimiento o limpieza.
- Guardar los productos en lugares específicos (recomendable armarios cerrados).
- En las operaciones de limpieza utilizar siempre que sea posible métodos extractivos (aspiradores industriales) en vez de métodos dispersivos del polvo, a fin de evitar el paso de polvo al ambiente.
- Se recomienda la automatización del proceso de limpieza con la ayuda de carretillas mecánicas.
- Protección respiratoria adecuada.

Exposición a agentes biológicos

Aunque los trabajadores no manipulan de forma intencionada agentes biológicos, pueden estar expuestos a estos agentes debido a su posible presencia en los residuos que se reciben y por el propio proceso de compostaje. Además, en las operaciones de limpieza, derivado de la utilización de agua a presión para la limpieza de los equipos de trabajo y superficies, se pueden generar bioaerosoles.

- Las instalaciones y equipos de trabajo deberán ser limpiados antes de proceder a realizar operaciones de mantenimiento o reparación.
- Durante las operaciones de limpieza con agua a presión de equipos o instalaciones se deben utilizar los siguientes EPI: mascarilla con filtro FFP3, traje impermeable, calzado impermeable, guantes impermeables y gafas de seguridad. Disponer de las fichas de seguridad de todos los productos químicos que manipulen.

Riesgos inespecíficos

Señalaremos como más importantes la caída de personas al mismo nivel, caída de objetos desprendidos, contactos eléctricos, incendios, explosiones, accidentes causados por seres vivos, atropellos o golpes con vehículos, exposición a agentes químicos y exposición a agentes biológicos

Caída de personas al mismo nivel

Derivado de la presencia de residuos y líquidos en las zonas de paso, que pueden provocar tropiezos o resbalones.

- Mantener limpias y libres de obstáculos las zonas de paso.
- Establecer la prohibición de caminar encima de los residuos.
- Delimitar y señalizar las zonas de circulación de peatones.
- Utilizar calzado de seguridad con suela antideslizante debidamente certificado.

Caída de objetos desprendidos

Al circular por las dependencias de la planta por caída de residuos desde los equipos de trabajo.

- Todas las personas que permanezcan o circulen por la planta deberán utilizar en todo momento casco de seguridad debidamente certificado.
- Señalizar la obligación de utilizar casco, mediante señal homologada, en los accesos a la planta.

Contactos eléctricos

Por la existencia de una instalación eléctrica.

- La instalación de la planta y los equipos de trabajo deben cumplir con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En este sentido, la instalación deberá ser certificada por un instalador autorizado o bien por una entidad acreditada según los requerimientos del REBT.
- En los armarios y cuadros eléctricos deberán colocarse señales de riesgo eléctrico y deberán permanecer en todo momento cerrados con llave, que será guardada por personal autorizado y formado para manipular en ellos.
- En caso de detectar una anomalía deberá comunicarse a los responsables de la planta.
- Todas las instalaciones y equipos deben ser revisados periódicamente por un instalador eléctrico autorizado, que acredite el correcto estado de las instalaciones de acuerdo con la normativa vigente.
- Los cables eléctricos no deben permanecer por el suelo ni por las vías de paso de personas o vehículos.
- Todas las partes activas de las instalaciones deben estar recubiertas con materiales aislantes.
- Se recomienda que los cuadros estén dotados de llave y que la llave sea retirada y guardada por el personal autorizado y formado para manipular en ellos.
- Se deberán canalizar los cables de forma protegida frente a posibles deterioros y contactos de personas.

Incendios

Existe la posibilidad que, por distintos motivos (llegada de un camión con su carga encendida, por autoinflamación de un producto, etc.) se pueda originar un incendio en la playa o en el foso de descarga.

- Establecer un protocolo de actuación para el caso que un vehículo llegue con parte de su carga incendiada.
- Formar a los trabajadores en la utilización de los equipos de extinción.

Explosiones

Por la presencia de CH₄ que puede generarse por los residuos en descomposición y que puede provocar su deflagración.

- En caso de detectarse la presencia de gases explosivos o pérdidas, se deberá activar el plan de emergencia de las instalaciones.
- Instalar sistemas de detección de gases en continuo para medir el LEL (lower explosive limit -límite inferior de explosividad-) en todas aquellas dependencias de la planta en las que se puedan generar o acumular este tipo de gases.
- En caso de activación de los sistemas de detección del LEL, se deberá proceder de la siguiente forma: parada de máquinas, no voltear, no arrastrar la pala y activación de los sistemas de ventilación forzada.
- En caso de detectarse la presencia de gases explosivos o pérdidas, se deberá activar el plan de emergencia de las instalaciones.

Accidentes causados por seres vivos

Entre los residuos pueden aparecer roedores u otros animales que podrían ocasionar mordeduras o picaduras a los trabajadores.

- Establecer un plan de limpiezas periódicas de las instalaciones.
- Cuando se detecte la presencia de roedores se deberá comunicar a los responsables de la planta para que puedan adoptar las medidas oportunas.
- Cuando sea necesario, se realizarán tratamientos de control de plagas en las instalaciones de la planta (desratización, etc.).

Atropellos o golpes con vehículos

Debido a la constante circulación de camiones que vierten los residuos o cargan el compost final y de la pala cargadora y volteadora, ya sea por dimensiones insuficientes, una deficiente iluminación o una incorrecta señalización.

- Limitar y señalizar la velocidad de circulación de los vehículos en función de las zonas.
- Habilitar vías específicas para la circulación de peatones.
- Utilizar ropa de alta visibilidad.

Exposición a agentes químicos

Durante el proceso de compostaje se pueden generar distintos agentes químicos que pueden pasar al ambiente de trabajo (amoníaco, ácido sulfhídrico, metano, compuestos orgánicos volátiles), por lo que debe realizarse una evaluación específica del riesgo de exposición a

agentes químicos en la planta y, en función de los resultados obtenidos, establecer las medidas de prevención y protección necesarias según el Real Decreto 374/2001 sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo.

Exposición a agentes biológicos

Aunque los trabajadores no manipulan de forma intencionada agentes biológicos, pueden estar expuestos a estos agentes debido a su posible presencia en los residuos que se reciben y por el propio proceso de compostaje.

- Realizar una evaluación específica del riesgo de exposición a agentes biológicos en la planta y, en función de los resultados obtenidos, establecer las medidas de prevención y protección necesarias, según el Real Decreto 664/1997 sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- Establecer un plan de mediciones periódicas de este tipo de agentes.
- Instalación de un sistema de ventilación que garantice la adecuada renovación del aire en toda la planta.
- Establecer un plan de mantenimiento periódico preventivo de los sistemas de ventilación de la planta.
- Utilizar mascarillas con filtro FFP3 para acceder al interior de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) DOMINGO, J. L. Y SCHUHMACHER, M.
Exposición a contaminantes químicos y biológicos a través del compost elaborado con la fracción orgánica de RSU. Riesgos sobre la salud.
Residuos, N° 57: 72-77 (2002).
- (2) GADEA, E., GUARDINO, X. Y SOLANS, X.
Prevención de riesgos laborales en la gestión de residuos. Clasificación y actividades.
NTP N° 675 - Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (2004).
- (3) MARTH, E., REINTHALER F., SCHAFFLER K. ET AL.
Occupational health risks to employees of waste treatment facilities.
Ann Agric Environ Med, 4: 143-147. (1997).
- (4) POULSEN, O. M., BREUM, N., EBBEHOJ N. ET AL.
Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes.
The Sci Total Environ. 168: 33-56 (1995).
- (5) TOLVANEN, O., NYKÄNEN, NIVUKOSKI, U. ET AL.
Occupational hygiene in Finnish drum composting plant.
Waste Manag, 25: 427-433. (2005).

Agentes biológicos: glosario

Agents biologiques: glosaire

Biological agents: glossary

Redactora:

Ana Hernández Calleja

Licenciada en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Esta nota técnica de prevención pretende proporcionar a los profesionales de la prevención de riesgos laborales una herramienta que les facilite la comprensión de algunos conceptos y términos ligados al ámbito de la exposición profesional a agentes biológicos. Dada la amplitud del tema, en este glosario no se incluirán conceptos y términos generales de la higiene industrial, disciplina en la que se enmarca la evaluación de riesgos por agentes biológicos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Ácido Desoxirribonucleico (ADN). Ácido nucleico formado por nucleótidos en los que el azúcar es desoxirribosa, y las bases nitrogenadas son adenina, timina, citosina y guanina. El ADN codifica la información para la reproducción y funcionamiento de las células y para la replicación de la propia molécula de ADN. Constituye el material genético de las células. Forma los cromosomas.

Ácido Ribonucleico (ARN). Ácido nucleico formado por nucleótidos en los que el azúcar es ribosa, y las bases nitrogenadas son adenina, uracilo, citosina y guanina. Actúa como intermediario de las instrucciones genéticas codificadas en el ADN. Se encuentra en el núcleo y en el citoplasma de las células. Tiene un papel esencial en la síntesis de las proteínas.

ARN mensajero (mARN). Molécula de ARN transcrita del ADN que contiene la información genética necesaria para codificar una proteína determinada.

ARN de transferencia (tARN). Tipo de ARN encargado de transportar los aminoácidos a los ribosomas durante el proceso de síntesis proteica.

Actinomicetos. Grupo de bacterias Gram positivo de aspecto bacilar o filamentosos que según el medio de desarrollo forman bacilos aislados o largos filamentos con aspecto de micelio fúngico. Ejemplos: *Actinomyces*, *Nocardia*, *Actinomadura*, *Dermatophilus*.

Actividad agua (a_w). Expresión de la disponibilidad relativa del agua en una materia. Se define como la relación entre la presión de vapor de agua de un material y la del agua destilada a la misma temperatura. El valor de a_w oscila entre 0 y 1, los valores bajos indican que el agua está fuertemente ligada al material y en consecuencia menos disponible. Este valor es importante para determinar la tasa de crecimiento de los microorganismos. Las bacterias precisan a_w de 0,91, los hongos, de por lo menos 0,70. En términos generales, no se observa desarrollo microbiano cuando el valor de a_w es inferior a 0,60.

Actividad con intención deliberada de manipular agentes biológicos. Actividades laborales en las que el agente biológico forma parte esencial del proceso de trabajo. Trabajo con agentes biológicos mediante su cultivo o concentración. Ejemplos: Industrias biotecnológicas, Investigación o Laboratorios de diagnóstico microbiológico.

Actividad sin intención deliberada de manipular agentes biológicos. Actividades laborales en las que el trabajo no comporta la manipulación del agente biológico, pero dada la naturaleza del mismo puede existir exposición. Ejemplos: Contacto con animales y/o sus productos, Asistencia sanitaria, Eliminación de residuos. (Ver lista indicativa en Anexo I del RD 664/1997) sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo).

Adenosín trifosfato (ATP). Molécula formada por una purina (adenina), un azúcar (ribosa) y tres grupos fosfatos unidos por enlaces de alta energía. Es la molécula que interviene en todos los intercambios de energía que ocurren en las células. Durante los procesos catabólicos, o de degradación, se libera energía que se almacena en los enlaces fosfato del ATP. Durante los procesos anabólicos, o de síntesis, para los que se precisa energía, la molécula de ATP se hidroliza, liberando la energía contenida en sus enlaces.

Aerobio. Organismo que crece en presencia de oxígeno.

Aflatoxinas. Micotoxinas producidas por especies de hongos del género *Aspergillus*, sobre todo por: *Aspergillus flavus* y por *Aspergillus parasiticus*. La exposición a estas sustancias se asocia a daño hepático y renal, mutagénesis, teratogénesis, carcinogénesis, inmunosupresión y citotoxicidad.

Agar. Sustancia mucilaginoso extraída de algas marinas. Componente básico de los medios de cultivo sólidos empleados para el cultivo y aislamiento de microorganismos.

Agente Biológico. Microorganismos, con inclusión de los genéticamente modificados, cultivos celulares y endoparásitos humanos, susceptibles de originar cualquier tipo de infección, alergia o toxicidad. (Artículo 2 RD 664/1997).

Agente biológico, grupo 1. Aquél que resulte poco probable que cause enfermedad en el hombre.

Agente biológico, grupo 2. Aquél que puede causar una enfermedad en el hombre y puede suponer un peligro para los trabajadores, siendo poco probable que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Agente biológico, grupo 3. Aquél que puede causar una enfermedad grave en el hombre y presenta un serio peligro para los trabajadores, con riesgo de que se propague a la colectividad y existiendo generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Agente biológico, grupo 4. Aquél que causando una enfermedad grave en el hombre supone un serio peligro para los trabajadores, con muchas posibilidades de que se propague a la colectividad y sin que exista generalmente una profilaxis o un tratamiento eficaz.

Alergeno. La sustancia que desencadena una reacción alérgica. (Ver antígeno).

Aminoácido. Molécula formada por un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH₂) libres, con un radical o cadena lateral característico de cada uno. Existen aproximadamente unos 20 aminoácidos distintos.

Anabolismo. Conjunto de reacciones bioquímicas mediante las que se construyen nuevas moléculas. Son reacciones que requieren energía que es aportada por la oxidación del Adenosín trifosfato (ATP).

Anaerobio. Microorganismo que se desarrolla en ausencia de oxígeno. El término anaerobio "estricto" u "obligado" indica que únicamente pueden crecer en ausencia de oxígeno. El término anaerobio "facultativo" indica que puede adaptarse y crecer en presencia de oxígeno.

Antibiótico. Literalmente destructor de la vida. Término que comprende todas las sustancias antimicrobianas independientemente de su origen, ya sean derivadas de microorganismos (bacterias, hongos, etc.), de productos químicos sintéticos o de ingeniería genética.

Anticuerpo. (También llamado inmunoglobulina). Complejo proteínico fabricado por los linfocitos B para neutralizar o destruir un antígeno. Se combinan específicamente con un antígeno para neutralizar toxinas, aglutinan bacterias o células, y precipitan los antígenos solubles. El anticuerpo tiene una estructura complementaria con una parte de la molécula del antígeno mediante la cual se fija a él haciendo así posible que el sistema inmune lo reconozca y reaccione con él.

Antígeno. Sustancia extraña al organismo (microbio, célula desconocida, sustancia química, etc.) que al entrar en el organismo produce una respuesta inmunitaria (formación de anticuerpos) por parte de los linfocitos B. La mayor parte de los antígenos son proteínas o proteínas combinadas con polisacáridos.

Antiséptico. Agente químico que mata o inhibe el crecimiento microbiano, pero que no es dañino para los tejidos humanos.

Asepsia. Estéril. Una condición libre de gérmenes, infección y/o cualquier forma de vida.

Asintomático. Que no presenta síntomas o indicios de enfermedad.

Autoclave. Aparato para esterilizar, que destruye microorganismos a altas temperaturas utilizando vapor a presión.

Bacilo. Bacteria de forma cilíndrica o de bastoncillo.

Bacteria. Son organismos procariotas. Están constituidos por una célula que contiene los dos tipos de ácido nucleico. Su ADN se encuentra organizado en un cromosoma circular disperso en el citoplasma que contiene muy pocas estructuras u orgánulos útiles para su desarrollo. Entre ellos los ribosomas encargados de la síntesis de las proteínas. Las bacterias pueden disponer de hasta tres envueltas: la membrana citoplasmática, la pared bacteriana y la cápsula.

Bacteria Gram negativo. Bacteria que frente a la tinción de Gram queda coloreada con un ligero tinte rosado. En este tipo de bacterias la pared celular contiene relativamente poco peptidoglicano, pero presenta una membrana externa compuesta por lipopolisacárido, lipoproteína y otras macromoléculas complejas.

Bacilos Gram negativo. En esta categoría se incluye un amplio rango de especies. Se pueden considerar dos subcategorías: entéricas (*Escherichia coli*) y no entéricas (*Pseudomonas aeruginosa*)

Cocos Gram negativo. No son frecuentes en el ambiente. Buena parte de los componentes de este grupo se consideran patógenos.

Bacteria Gram positivo. Bacteria que frente a la tinción de Gram queda coloreada con un tinte azul - violáceo. En este tipo de bacterias la pared celular está formada principalmente por peptidoglicano y carece de la membrana externa de las bacterias Gram negativas.

Bacilos Gram positivo. Son los considerados contaminantes ambientales. Algunas especies son patógenas con efectos severos. Ejemplos de este grupo serían los géneros: *Corynebacterium* y *Bacillus*.

Cocos Gram positivo. Son los componentes habituales de la flora de la piel y mucosas. Estas bacterias están consideradas como patógenos oportunistas. Ejemplos de este grupo serían los géneros: *Streptococcus*, *Staphylococcus* y *Micrococcus*.

Bactericida. Con capacidad para matar bacterias.

Bacteriófago. Virus que infecta bacterias, en muchos casos la infección supone la lisis celular.

Bacteriostático. Con capacidad para inhibir el crecimiento bacteriano, pero sin matar las bacterias.

Bioaerosol. Partículas aerotransportadas de origen biológico (vivo o muerto) que incluye: microorganismos, sus fragmentos, toxinas, sustancias y partículas generadas por todas las variedades de seres vivos.

Biocida. Un producto químico que es tóxico para los microorganismos.

Bioseguridad. Políticas, reglas y procedimientos adoptados para garantizar una adecuada protección de la salud y seguridad de los trabajadores, de la población y del medioambiente, contra situaciones en las que pueda existir exposición a agentes biológicos.

Biotechnología. Toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos en usos específicos.

Cabinas de Seguridad Biológica (CSB). Sistema de extracción localizada del aire caracterizado por la dinámica de flujo en su interior y los elementos de depuración del aire que lo hacen idóneo para el manejo de agentes biológicos y/o agentes químicos, por ejemplo, la preparación de fármacos citostáticos. En función de esas características se distinguen diferentes tipos.

CSB Clase I. Ofrece protección al trabajador, al ambiente, pero no protege el producto manipulado en su interior. El aire entra a través de la abertura frontal de trabajo y es extraído completamente (al exterior o al mismo local), previa depuración a través de filtros absolutos (HEPA).

CSB Clase II. Ofrece protección al trabajador, al ambiente y al producto. Estas cabinas tienen una abertura frontal con flujo de entrada de aire para la protección del trabajador, flujo laminar de aire estéril (filtro HEPA) para la protección del producto y extracción del aire depurado (filtro HEPA)

para la protección del ambiente. Se distinguen diferentes tipos en función de las proporciones de aire que son reutilizados, de si los conductos y plenos contaminados se encuentran a presión negativa o rodeados de conductos y plenos a presión negativa. Estas características hacen que algunos tipos puedan ser utilizados, además de para el manejo de agentes biológicos, para el manejo de compuestos químicos volátiles tóxicos y radionucleótidos volátiles.

CSB Clase III. Ofrece protección al trabajador, al ambiente y al producto. Este tipo de cabinas están completamente cerradas, la manipulación es a través de guantes de goma. El aire es introducido en la cabina tras su depuración (filtros HEPA); el aire extraído es tratado, generalmente, con dos filtros absolutos. La introducción de los materiales y equipos se realiza a través de un cajón con doble puerta que debe ser descontaminado entre usos.

Cabinas de flujo laminar horizontal. Ofrecen protección al producto exclusivamente. El aire estéril (filtro HEPA) proviene de la parte posterior de la cabina atraviesa el espacio de trabajo en régimen de flujo laminar horizontal y sale por la abertura frontal hacia el trabajador.

Cápside. Cubierta proteica de un virus.

Cápsula. Capa de grosor variable bien estructurada y adherida a la célula, formada por polisacáridos, proteínas o ambos. (Ver también glicocálix). Su presencia determina la adhesión de las bacterias a las superficies (biocapa), constituye una barrera de protección contra la fagocitosis y los anticuerpos e impide la desecación y la acción de otros agentes. Actúa como barrera de difusión ante algunos antibióticos.

Catabolismo. Conjunto de reacciones bioquímicas encargadas de descomponer las macromoléculas en moléculas más pequeñas. Son reacciones que liberan energía que es acumulada en el ATP.

Célula. La unidad estructural más pequeña de los seres vivos capaz de funcionar de forma independiente. En términos generales, dispone de núcleo, citoplasma y diversos orgánulos. Está rodeada por una membrana semipermeable.

Cepa. En microbiología, conjunto de virus, bacterias u hongos que tienen el mismo patrimonio genético.

Cilio. Estructuras filamentosas y cortas que confieren motilidad a la célula en medio líquido.

Cito. (Prefijo) Célula.

Citoplasma. Líquido del interior de la célula. Su base es similar a un gel en el que se ubican los diferentes componentes celulares, excluyendo el núcleo. En el caso de las procariontas, contiene: ribosomas, plásmidos, cromosoma, enzimas, vitaminas, nutrientes, iones, gases, desechos y agua.

Clamidiás. Grupo de bacterias de tamaño pequeño, forma esférica, Gram negativo. Son parásitos intracelulares obligados. La razón estriba en que no producen ATP (adenosín trifosfato) en cantidad suficiente, debiéndolo tomar de las células hospedadoras.

Coco. Bacteria esférica.

Colonia. Población de bacterias que puede observarse macroscópicamente y que crecen en un medio sólido. Todos los individuos proceden de una sola bacteria y son el resultado del crecimiento exponencial.

Colonización. Multiplicación de un microorganismo después de su adherencia a los tejidos de un organismo hospedador o a otras superficies.

Complemento. Complejo de proteínas en el suero sanguí-

neo que interacciona secuencialmente con complejos antígeno-anticuerpo específicos.

Contención. Conjunto de medidas, generalmente físicas, destinadas a impedir el escape o liberación al ambiente de trabajo y/o al medio ambiente, de los agentes biológicos desde sus contenedores primarios.

Contención (nivel de). Grado de exigencia en el cumplimiento de las medidas de contención requeridas para el trabajo en instalaciones en las que se manipulen (cultiven y/o concentren) agentes biológicos. El RD 664/1997, establece tres niveles: 2, 3 y 4. En términos generales, para manipular agentes biológicos del grupo 2, las instalaciones deben cumplir con lo exigido por el nivel 2 de contención. Cuando se trate de agentes del grupo 3, el nivel exigido será el 3 y cuando se trate de agentes del grupo 4, el nivel requerido para las instalaciones será el nivel 4 de contención.

Crecimiento exponencial. Fase del crecimiento de un microorganismo en la que el número de células se dobla en un período de tiempo fijo.

Cromosoma. Elemento genético que contiene los genes esenciales para la función celular. Los procariontas tienen típicamente un solo cromosoma. Los eucariotas tienen varios cromosomas cada uno formado por una molécula lineal de ADN y con numerosas proteínas básicas a su alrededor.

Cromosoma bacteriano. El ADN se presenta como una doble cadena circular y cerrada de manera covalente y sin proteínas.

Cultivo. Crecimiento de microorganismos o células vivas en un medio artificial controlado.

Cultivo celular. El resultado del crecimiento *in vitro* de células obtenidas de organismos multicelulares. (Artículo 2 del RD 664/1997).

Cultivo puro. Cultivo que contiene un único tipo de microorganismo. Se obtiene tras varios aislamientos sobre medio sólido.

Desecación. Deshidratación.

Desinfección. Término genérico que se refiere al conjunto de operaciones destinadas a eliminar o reducir el número de agentes infecciosos en cualquier instrumento, superficie o material, por medios físicos o químicos. El proceso de desinfección no asegura la muerte de todas las formas de microorganismos, por ejemplo, las esporas bacterianas. La desinfección no proporciona los mismos márgenes de seguridad que se asocian a los procesos de esterilización.

Desinfectante. Agente que mata microorganismos, pero que puede ser también dañino para los tejidos humanos.

Ecología. Estudio de las relaciones entre los organismos y su ambiente.

ELISA (ensayo de inmunoabsorción ligado a una enzima). (*ELISA, Enzyme linked immunoabsorbent assay*) Inmunoensayo que usa anticuerpos específicos para detectar antígenos o anticuerpos en fluidos biológicos. Los complejos que se forman se observan mediante enzimas asociados al anticuerpo. Añadiendo sustrato al complejo enzima-anticuerpo-antígeno se obtiene un producto coloreado.

Endo. (Prefijo). En el interior.

Endospora. Célula diferenciada que se forma en el interior de las células de algunas bacterias Gram positivas y que

es extremadamente resistente al calor y a otros agentes perjudiciales.

Endotoxina. Nombre genérico de los lipopolisacáridos. Sustancias que forman parte estructural de la pared celular de las bacterias Gram negativas. La sustancia se libera con la división celular. Sus propiedades tóxicas se mantienen incluso tras la muerte de la bacteria. La inhalación de esta sustancia puede causar la activación de los macrófagos y de otras células pulmonares provocando la inflamación de los tejidos. Otros síntomas relacionados son: fiebre, tos y otros síntomas respiratorios.

Entérico. Relativo a los intestinos.

Enzima. Catalizador, generalmente una proteína, que induce o acelera reacciones o grupos de reacciones bioquímicas específicas.

Eosinófilo. Tipo de leucocito. Su número aumenta con las alergias, el asma y las infecciones.

Ergosterol. Componente lipídico de la pared celular de los hongos.

Especie. Categoría taxonómica. Cada uno de los grupos en que se divide un género de acuerdo con las características morfológicas. Unidad básica de clasificación biológica que se define como grupo de organismos que presentan las mismas características genéticas y/o fisiológicas, capaces de entrecruzarse y de producir descendientes fértiles.

Espirilo. Bacilos curvados formando una espiral.

Espora bacteriana. Estructura formada por algunas especies de bacterias Gram positivo. Es una célula altamente diferenciada cuyas características le confieren gran resistencia ante el medio ambiente y agentes nocivos. En ambientes hostiles sufre cambios estructurales y metabólicos que dan lugar a una célula interna en reposo, la endospora, que puede ser liberada como una espora. Son altamente resistentes a la desecación, calor, luz ultravioleta y agentes químicos bactericidas. Ejemplos: *Clostridium*, *Bacillus*.

Espora fúngica. Término general utilizado para designar estructuras de reproducción de los hongos. Las esporas pueden permanecer en reposo durante largos períodos de tiempo, incluso años.

Estéril. Libre de organismos vivos y de formas resistentes de vida.

Esterilización. Tratamiento que mata todos los organismos vivos, incluidas las esporas bacterianas, presentes en un material.

Esterilizante. Agente físico o químico que destruye toda forma de vida incluido un elevado número de esporas bacterianas.

Estricto. Obligado. Referido a un factor ambiental, que siempre es necesario para el crecimiento.

Eucariota. Célula u organismo que contiene, además de otros orgánulos, un núcleo (verdadero) rodeado por una membrana unitaria.

Exotoxina. Toxina liberada extracelularmente.

Facultativo. Indica que un organismo es capaz de crecer tanto en presencia como en ausencia de un factor ambiental.

Fago. Ver bacteriofago.

Fagocito. Célula del cuerpo capaz de ingerir y digerir partículas extrañas.

Fagocitosis. Proceso por el que un organismo engloba otras sustancias u organismos destruyéndolos. El proce-

so ocurre por la emisión de pseudópodos (prolongaciones del citoplasma) que van rodeando la partícula hasta encerrarla completamente en una vacuola, o cavidad rodeada por membrana plasmática, que queda en el citoplasma de la célula. La destrucción del elemento extraño se produce por la acción de los enzimas contenidos en otros orgánulos citoplasmáticos, los lisosomas.

Fase de latencia. Período posterior a la inoculación de una población y previo al crecimiento.

Fase estacionaria. Período durante el ciclo de crecimiento de una población en el que no hay modificación neta en el número de individuos.

Fase exponencial. Período en el que el crecimiento del número de individuos de una población es exponencial.

Fermentación. Conversión biológica anaeróbica (sin oxígeno) de las moléculas orgánicas, generalmente hidratos de carbono, en alcohol, ácido láctico y gases, mediante la acción de ciertas enzimas producidas por levaduras, hongos o bacterias. *En industria:* Proceso microbiano a gran escala.

Fermentador. Organismo que lleva a cabo el proceso de fermentación. *En industria:* Gran recipiente utilizado para el cultivo de microorganismos a gran escala, para obtener algunos productos de valor comercial. Muchos procesos que se realizan en un fermentador son procesos aeróbicos, y por consiguiente no son fermentaciones en sentido estricto.

Filtro absoluto (HEPA, High-Efficiency Particulate Air). Filtro que presenta una eficacia de retención de, al menos, un 99,97% frente a partículas de 0,3 µm de diámetro. Normalmente el aerosol de ensayo es el dioctil ftalato (DOP).

Fisión binaria. El método por el cual se reproducen las bacterias. La molécula de ADN se replica, obteniéndose dos moléculas de ADN. Posteriormente se duplican las estructuras de la célula y, finalmente, se divide en dos células idénticas, cada una de las cuales contiene una copia exacta del ADN de la célula original.

Flagelo. Órgano filamentosos y delgado de muchos organismos unicelulares. Confiere movilidad por rotación.

Flora microbiana. Conjunto de microorganismos típicos un ecosistema. En el cuerpo, por ejemplo, la flora gastrointestinal o la bucofaríngea.

Flujo laminar. Flujo de aire no turbulento. La masa de aire se mueve en una dirección, con idéntica velocidad a lo largo de líneas paralelas.

Fosfolípido. Lípido que contiene un grupo fosfato y dos cadenas de ácidos grasos unidos a un esqueleto de glicerol.

Gen: Fragmento de ADN portador de la información que las células utilizarán para realizar una función específica.

Género. Grupo taxonómico de especies relacionadas. En la nomenclatura científica, el género es el primer término, por ejemplo: *Mycobacterium tuberculosis*, *Mycobacterium bovis*. En el ejemplo se muestran dos especies de un mismo género (*Mycobacterium*).

Glócalix. Cubierta de grosor variable formada por polisacáridos, proteínas o ambos. Recibe este nombre cuando su estructura no está bien definida y su adhesión es débil. (Ver cápsula).

Glóbulos blancos: También llamados leucocitos. Existen cinco tipos principales de glóbulos blancos, que funcionan de forma conjunta constituyendo el principal mecanismo de defensa del cuerpo: neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos y basófilos.

(1→3)-β-D-glucano. Compuesto de la pared celular de los hongos, de determinadas bacterias y de algunas plantas. Afecta al sistema inmune y actúa de forma sinérgica con las endotoxinas.

Glúcidos. Hidratos de carbono. Azúcares. Sacáridos. Compuestos utilizados como fuente de carbono.

Grupo de riesgo, criterio de clasificación. Valoración del riesgo intrínseco de un agente biológico. El criterio de clasificación de un agente biológico en uno de los cuatro grupos es que causen infección en personas sanas.

Hábitat. Lugar de residencia de un organismo en la naturaleza.

Helmintos. Gusanos. Son organismos pluricelulares con ciclos vitales complejos y con diversas fases en su desarrollo, implicando, en ocasiones, diferentes hospedadores.

Hifa. Unidad anatómica y de crecimiento de los hongos.

Hongos. Organismos eucariotas, aerobios. Se alimentan de materia orgánica y no dependen de la luz para obtener energía. Presentan paredes celulares rígidas. Se presentan en dos formas: unicelulares o Levaduras y pluricelulares o mohos u hongos filamentosos. En este caso, el crecimiento se produce por división celular, las nuevas células permanecen unidas formando estructuras cilíndricas y ramificadas denominadas hifas. El conjunto de hifas se denomina micelio. La multiplicación es principalmente asexual, aunque algunos grupos también presentan reproducción sexual.

Hospedador (huésped). Organismo capaz de sustentar el crecimiento de un microorganismo.

Impactación. Principio de captación de bioaerosoles. Consiste en retirar del aire, gracias a la acción de la inercia o de la fuerza centrífuga, las partículas a las que pueden ir asociados agentes biológicos. Los soportes de captación más frecuentes son: filtros, soluciones líquidas isotónicas o medios de cultivo sólido.

Incubación. Cultivo de microorganismos bajo condiciones favorables para su desarrollo.

Infección. Crecimiento de un organismo dentro de otro. Algunas infecciones desembocan en enfermedad. En infecciones aparentes o manifiestas, la persona infectada presenta signos externos de enfermedad. En infecciones inaparentes no hay signos externos que muestren que un agente infeccioso a entrado en un organismo.

Infección nosocomial. Infecciones asociadas a intervenciones médicas o quirúrgicas. Infecciones adquiridas en hospitales u otros centros sanitarios.

Infección oportunista. Infección ocasionada por un microorganismo que normalmente no afectaría a personas sanas, pero que es capaz de causar enfermedad en hospedadores susceptibles, es decir, en personas que por alguna razón están inmunocomprometidos.

Infeccioso, agente. Organismo con capacidad de propagar la enfermedad.

Infecciosas, enfermedades. Enfermedades causadas por microorganismos patógenos que pueden ser transmitidos entre humanos o desde los animales a los humanos, por diferentes métodos.

Infestación. Invasión del organismo humano por un organismo no microscópico, normalmente ectoparásitos, por ejemplo: pulgas, piojos, garrapatas, etc.

Ingeniería Genética. Conjunto de técnicas utilizadas para modificar el material genético de un organismo vivo, a tra-

vés de la introducción de uno o más genes provenientes de otra especie o de origen artificial o mediante la manipulación o recombinación genética de sus propios genes.

Inmune. Resistente a la enfermedad.

Inmune, respuesta. Reacción del sistema inmune frente a la invasión de cuerpos extraños.

Inmune, sistema. Conjunto de células especializadas, tejidos y órganos encargados de la defensa del organismo. El desarrollo de la defensa se denomina respuesta inmune que implica la producción, entre otros, de anticuerpos.

Inmunidad. Protección contra microorganismos patógenos. La presencia de anticuerpos en sangre determina el grado de inmunidad.

Inmunización. Vacunación u otro procedimiento por el que se induce la protección (inmunidad) contra una infección.

Inmunocomprometido. Cualquier condición en la que el sistema inmune funciona de forma anormal o incompleta. Estas condiciones son más frecuentes durante la niñez, la vejez y en personas bajo un intenso tratamiento con fármacos o sometidos a radioterapia.

Inmunodeficiencia. Situación en la que el sistema inmune no funciona completamente.

Inmunoglobulinas. Anticuerpos encontrados en sangre y otros fluidos biológicos. Son producidos por las células del sistema inmune. Su función es ligarse a las sustancias reconocidas como antígenos. Existen cinco clases de anticuerpos: la inmunoglobulina G (IgG) se sintetiza en respuesta a la invasión de microorganismos; IgM es el anticuerpo que primero aparece al inicio de la respuesta inmune, su función principal es activar el complemento; IgA es el anticuerpo predominante en secreciones tales como saliva, lágrimas, respiratorias, etc., su función es localizar a los antígenos; IgE es el anticuerpo implicado en la alergia y contra otros agentes patógenos, en especial parásitos; IgD es el anticuerpo encargado de la identificación de los antígenos para facilitar la fagocitosis.

Inmunohistoquímica. Un tipo de ensayo en el que se pone de manifiesto la presencia de antígenos específicos mediante el uso de colorantes fluorescentes o de enzimas marcadoras.

Inmunosupresión. Disminución o caída de la inmunidad provocada por enfermedades o fármacos.

Inmunoterapia. Estimulación artificial del sistema inmune para tratar o luchar contra las enfermedades.

In vitro. Fuera del organismo vivo. Ocurre en un ambiente artificial, por ejemplo, en un tubo de ensayo o cultivo de laboratorio.

In vivo. En el organismo vivo. Ocurre dentro de un ambiente natural.

Inóculo. Material usado para iniciar un cultivo microbiano.

Larva. Uno de los estados de desarrollo en el ciclo vital de diversos organismos (helminthos y artrópodos).

Levaduras. Hongos unicelulares, redondeados u ovoides que se reproducen por brotes o yemas. Muchos de ellos responsables del proceso de fermentación.

Leucocitos. Glóbulos blancos.

Leucopenia. Disminución en el recuento normal de leucocitos (glóbulos blancos) en la sangre.

Limpieza. Eliminación física de restos y suciedad de materiales y/o superficies por medio de cualquier procedimiento (fregado, aspirado) con agua y detergentes, surfactantes y agua.

Linfocito. Glóbulo blanco de la sangre que interviene en la formación de anticuerpos o en la respuesta inmunológica de la célula.

Linfocitos B. Derivan de las células progenitoras de la médula ósea y maduran hasta convertirse en células plasmáticas, que secretan anticuerpos.

Linfocitos T. Se forman cuando las células progenitoras migran desde la médula ósea hacia el timo, donde se dividen y maduran. Los linfocitos T son los responsables de coordinar la respuesta inmune mediada por células, así como de funciones de cooperación para que se desarrollen todas las formas de respuestas inmunes, incluida la diferenciación de linfocitos B, productores de anticuerpos, durante la respuesta inmunitaria humoral.

Lípido. Cualquiera de un grupo de componentes orgánicos, incluyendo las grasas, los aceites, ceras, esteroides y los triglicéridos. Son insolubles en agua pero solubles en solventes orgánicos no polares. Con los carbohidratos y las proteínas, constituyen el material estructural principal de las células vivas.

Lipopolisacárido (LPS). Sustancias integrantes de la pared celular de las bacterias Gram negativas y que son liberadas durante la multiplicación y/o la lisis bacteriana. Son macromoléculas complejas, termoestables cuya porción polisacárido, el polisacárido O, es antigénica y puede utilizarse para identificar cepas y especies de bacterias, en tanto que la porción lipídica, el lípido A, forma parte integral de la membrana (endotoxina) y es tóxica para los humanos y animales.

Lisado de amebocitos del *Limulus* (LAL). Ensayo *in vitro* para la detección y cuantificación de endotoxinas bacterianas.

Lisis. Rotura de las células debida a mecanismos internos o externos.

Macrófago. Células con un solo núcleo que están en los alvéolos de los pulmones y en los tejidos del cuerpo; responsables de fagocitar y destruir pequeñas partículas inhaladas por la persona.

Manipulación Genética. Formación de nuevas combinaciones de material genético por inserción de moléculas de ácido nucleico obtenidas fuera de la célula, en el interior de cualquier virus, plásmido bacteriano u otro sistema vector.

Mastocitos. Células tisulares unidas a vasos sanguíneos por todo el cuerpo y que contienen gránulos ricos en heparina e histamina que intervienen en el proceso de inflamación.

Medio de cultivo. En microbiología, solución nutritiva usada para el cultivo de microorganismos. Existen diferentes tipos de medios que en función de su composición pueden variar desde los básicos o universales a altamente selectivos o diferenciadores. Los primeros son los que permiten el crecimiento de un amplio rango de microorganismos. Los medios selectivos contienen alguna sustancia que inhibe el crecimiento de ciertos microorganismos y permite el crecimiento de otros. Los medios diferenciadores son aquellos que permiten el crecimiento de varios microorganismos, pero que contienen ingredientes que producen diferencias en la apariencia de algunos de ellos.

Membrana celular (membrana citoplasmática). Barrera permeable de la célula, que separa el citoplasma del medio ambiente. Doble capa constituida por fosfolípidos y proteínas. Sus funciones son la permeabilidad selectiva y transporte de solutos, la liberación de enzimas, la presentación de receptores, etc.

Memoria inmunitaria. Capacidad de producir rápidamente grandes cantidades de células inmunitarias específicas tras la exposición a un antígeno previamente conocido.

Mesófilo. Organismo que vive en un rango de temperatura próximo a la de los animales homeotermos, generalmente con una temperatura óptima de crecimiento entre 25 y 40°C.

Micelio. Conjunto de hifas. Cuerpo vegetativo del hongo que crece sobre el sustrato y a través del cual se absorben los nutrientes.

Micoplasma. Bacterias que carecen de pared celular por lo que presentan una gran flexibilidad y variedad de formas.

Micosis. Infecciones causadas por hongos.

Micotoxinas. Metabolitos secundarios tóxicos producidos por los hongos filamentosos bajo condiciones especiales de crecimiento.

Microorganismo. Toda entidad microbiológica, celular o no, capaz de reproducirse o de transferir material genético. (Artículo 2 RD 664/1997).

Mohos. Hongos filamentosos.

Monocito. Tipo de leucocito que ingiere y destruye microorganismos invasores. Los monocitos se encuentran en la sangre, cuando penetran los tejidos, se convierten en macrófagos.

Neutrófilo. Leucocito polimorfonuclear. Es el principal fagocito en la sangre. Trabajan conjuntamente con los macrófagos en la destrucción de los elementos extraños, tras lo cual mueren, dando origen al pus.

Núcleo. Estructura celular rodeada por una membrana propia de los organismos eucariotas que contiene el material genético (ADN) organizado en cromosomas.

Nucleótido. Monómero de ADN. Compuesto por un azúcar, una base nitrogenada y un grupo fosfato.

Nutriente. Sustancia que la célula toma de su ambiente y que utiliza en reacciones catabólicas o anabólicas.

Organismos Modificados Genéticamente (OMG). Cualquier organismo cuyo material genético ha sido modificado de una manera que no se produce de forma natural en el apareamiento (multiplicación) o en la recombinación natural.

Organismos Transgénicos. Animal o planta en el que se ha introducido un gen perteneciente a otra especie. La alteración del contenido genético tiene como objetivo que la especie modificada adquiera unas propiedades que por ella misma no posee.

Orgánulos. Estructuras subcelulares que realizan determinadas funciones; generalmente están rodeadas por membranas y se las encuentra en las células eucariotas, por ejemplo, mitocondrias, ribosomas, lisosomas, etc.

Parásito. Organismo que vive en, con o sobre otro organismo nutriéndose de este último. No necesariamente causa enfermedad. Generalmente, hace referencia a protozoos y a helmintos.

Pared celular. Envuelta rígida de bacterias, hongos, algas y plantas. Se localiza en el exterior de la membrana plasmática. Da forma y protege los contenidos de la célula. En bacterias Gram positivo está constituida mayoritariamente por peptidoglicano. En las bacterias Gram negativo, la pared está formada por dos membranas y una delgada capa de peptidoglicano; en su membrana externa se encuen-

tran los lipopolisacáridos (LPS). En los hongos el componente mayoritario es la quitina.

Patogenicidad. Se refiere a los mecanismos de infección y desarrollo de la enfermedad. (Ver virulencia)

Patógeno. Productor o causante de enfermedad.

Péptido. Cadena corta de aminoácidos.

Peptoglicano. Capa rígida y delgada de la pared celular bacteriana, compuesta por N-acetilglucosamina, ácido N-acetil murámico y algunos aminoácidos. También llamado mureína.

Percutáneo. Penetra a través de la piel.

Plásmido. Pequeños fragmentos circulares de ADN. Algunos contienen secuencias de ADN que codifican para genes de resistencia a varios antibióticos o que determinan la virulencia o transmiten información sobre rutas bioquímicas.

Polímero. Molécula orgánica compuesta por varias unidades o monómeros.

Polipéptido. Grupo de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos.

Polisacárido. Molécula formada por la unión de sacáridos (azúcares).

Portador. Persona o animal que hospeda organismos infecciosos pero no muestra síntomas de la enfermedad. Un portador es un foco potencial de infección.

Portal. Lugar por el que un agente infeccioso entra en el organismo.

Prión. Partícula proteica carente de ácido nucleico que ha sido reconocido como causante de diversas enfermedades neurodegenerativas, por ejemplo: el *scrapie* (temblor de las cabras), la enfermedad de Creutzfeldt-Jakob o la encefalopatía espongiiforme bovina. Es una forma anómala de una proteína del sistema nervioso que es menos soluble en agua y más resistente a la degradación enzimática que la forma normal.

Procarionota. Célula u organismo que carece de núcleo y otros orgánulos rodeados por membranas, generalmente con su ADN en una única molécula circular.

Profiláctico. Tratamiento, generalmente inmunológico o quimioterapéutico, diseñado para proteger a un individuo del futuro ataque de un patógeno.

Profilaxis. Medidas que se toman para impedir la aparición y propagación de enfermedades.

Proteína. Macromolécula compuesta por una o varias cadenas de aminoácidos ordenados específicamente según la secuencia de nucleótidos contenidos en el gen que codifica la proteína. Las proteínas son necesarias en muy diversas funciones, por ejemplo: la estructura, funcionamiento y regulación de las células, tejidos y órganos; cada proteína tiene una única función. Los anticuerpos, los enzimas o las hormonas son ejemplos de proteínas.

Protozoos. Microorganismos eucarióticos unicelulares que carecen de pared celular. Pertenecen al reino animal. Su tamaño oscila entre 2 mm y 200 mm. La mayor parte son móviles. Su reproducción, asexual o sexual, puede ser sencilla, por escisión binaria, o compleja presentando diversas fases de desarrollo.

Psicrófilo. Organismo capaz de crecer a bajas temperaturas, con una temperatura óptima de crecimiento <15°C.

Quiste. Forma inmóvil resistente, recubierta por una doble membrana. Formados por Protozoos.

Radioinmunoensayo. Prueba inmunológica que utiliza antígenos o anticuerpos radiactivos para la detección de antígenos o anticuerpos unidos a éstos.

Reacción en cadena de la polimerasa (PCR,—*Polymerase Chain Reaction*). Método para amplificar *in vitro* una secuencia específica de ADN mediante ciclos repetidos de síntesis, usando cebadores específicos y ADN polimerasa.

Recurrente. Que vuelve a ocurrir o a aparecer, especialmente después de un intervalo. Hace referencia a síntomas o enfermedades.

Reservorio. Animales, personas o medios donde los agentes biológicos pueden crecer y que, bajo ciertas condiciones, pueden convertirse en fuentes o focos de infección.

Ribosoma. Partícula citoplasmática compuesta por ARN ribosómico y proteína que forma parte de la maquinaria de síntesis de proteínas de la célula.

Rickettsias. Bacterias aerobias, Gram negativo, parásitos intracelulares obligados. Son causantes de enfermedades infecciosas transmitidas por aerosoles, agua y alimentos contaminados y a través de mordeduras, rasguños y/o picaduras de insectos (pulgas y garrapatas).

Sacárido (azúcar). Hidrato de carbono, generalmente con cinco o seis átomos de carbono.

Saprofito. Microorganismo que se nutre de materia orgánica muerta.

Septicemia. Infección de la sangre causada por microorganismos.

Seroconversión. Aparición de anticuerpos detectables en suero sanguíneo como resultado de una infección o inmunización.

Serología. Estudio *in vitro* del suero sanguíneo en búsqueda de antígenos y anticuerpos.

Serotipo. Población *antigénicamente* distinta de una especie de *microorganismo* infeccioso que se diferencia de otra subpoblación por medio de pruebas serológicas.

Susceptible. Persona o animal que no posee resistencia frente a un agente infeccioso.

Sustrato. Sustancia que utiliza un microorganismo para crecer.

Taxonomía. Disciplina biológica que se ocupa de la clasificación de los seres vivos, es decir, de su nomenclatura y ordenamiento en taxones. En rango decreciente, los taxones básicos son: Reino, Filo, Clase, Orden, Familia, Género y Especie.

Termófilo. Organismo que crece a temperaturas elevadas, normalmente a partir de los 45°C.

Tiempo de generación. Tiempo necesario para que una población se duplique.

Tinción de Gram. Técnica de coloración diferenciadora que permite catalogar a las bacterias como positivas o negativas en función de su capacidad de retener (positivo) o no (negativo) un colorante (cristal violeta).

Título. En inmunología, medida de la cantidad de anticuerpos. En virología, concentración de partículas víricas activas.

Toxinas. Sustancias, generalmente proteínas o lipopolisacáridos, que causan daños específicos en el hospedador.

Toxoide. Toxina modificada que ha perdido su actividad, pero que es capaz de inducir la formación de anticuerpos.

Transgénesis o Transgenia. Conjunto de procesos que permiten la transferencia de un gen a un organismo receptor (llamado transgénico), que generalmente puede transmitirlo a su descendencia.

Unidad Formadora de Colonia (UFC). Unidad en que se expresa el número de microorganismos cultivables. Una unidad formadora de colonia puede originarse de un único microorganismo, del agregado de varios microorganismos o de uno o varios microorganismos unidos a una partícula. El número de colonias desarrolladas puede depender de las condiciones de cultivo.

Vacuna. Sustancias que contienen parte de los antígenos de un agente infeccioso. Su administración induce una respuesta inmune pero no la enfermedad, y ofrece protección contra la infección provocada por dicho agente.

Vacunación. Inoculación de patógenos inactivos o debilitados en un organismo para prevenir la enfermedad.

Vector. Agente, generalmente un insecto u otro animal, que puede transportar patógenos de un hospedador a otro.

También, elemento genético capaz de incorporar ADN y hacer que éste se replique en otra célula.

Vehículo. Fuente inanimada de patógenos que infectan a gran número de individuos, por ejemplo, los alimentos o el agua.

Viable. Vivo, capaz de reproducirse.

Virulencia. Grado de patogenicidad de un agente infeccioso.

Virus. Entidad no celular que aunque puede sobrevivir extracelularmente durante periodos de tiempo variables, es un parásito obligado, es decir, solo es capaz de replicarse en el interior de células vivas específicas, pero sin generar energía ni ninguna actividad metabólica. Los componentes permanentes de los virus son ácido nucleico (ADN o ARN, de una o de dos cadenas) envuelto por una cubierta proteica llamada cápside.

Virus latente. Virus presente en una célula, pero que aún no causa un efecto detectable.

Virus oncogénicos. Virus con capacidad de inducir la formación de tumores.

Zoonosis. Enfermedades infecciosas o parasitarias que se transmiten de forma natural desde animales vertebrados a los seres humanos.

Exposición laboral a agentes químicos: requisitos de los procedimientos de medición

Exposition professionnelle aux agents chimiques: exigences des modes opératoires de mesurage
Occupational exposure assessment to chemical agents: requirements of procedures for the measurement

Redactores:

Antonio Martí Veciana

Ldo. en Ciencias Químicas y Farmacia

Xavier Guardino Solá

Dr. en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

En la presente Nota Técnica de Prevención, que sustituye a la NTP 583:2001, se exponen los aspectos más importantes de la nueva versión de la norma UNE-EN-482:2007 Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de contaminantes químicos.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

La norma UNE-EN-482: 2007, *Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos de medición de agentes químicos* especifica los requisitos generales de los procedimientos para la determinación de la concentración de los agentes químicos en los lugares de trabajo, es decir, el método analítico, aplicables a todo tipo de procedimiento, sea cual sea la naturaleza química o estado físico del agente, independientemente del método de toma de muestra y análisis empleado y a todo el proceso, incluyendo la toma de muestra, el transporte y el almacenamiento y el análisis y también a los equipos de lectura directa.

A continuación se revisa esta norma, ampliándose los aspectos de la misma que se consideran de interés, para disponer del conjunto de requerimientos necesarios para la correcta determinación de agentes químicos en aire.

2. DEFINICIONES

Se exponen las definiciones contenidas en la norma, algunas de las cuales se hallan también en la Nota Técnica de Prevención (NTP) 547, ya que son necesarias para la correcta interpretación de algunas cuestiones que se tratan más adelante. También se incluyen las de los Límites de Exposición Profesional (LEP) y las relacionadas con la clasificación de materia particulada por tamaño de partícula.

Agente químico: Todo elemento o compuesto químico, por sí sólo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o como es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no de modo intencionado y se haya comercializado o no.

Condiciones de repetibilidad: Condiciones en las que los resultados de ensayo independientes se obtienen utilizando el mismo método, aplicado a muestras de ensayo idénticas, en el mismo laboratorio, por el mismo operador, utilizando el mismo equipo en intervalos de tiempo cortos.

Condiciones de reproducibilidad: Condiciones en las que los resultados se obtienen utilizando el mismo método, aplicado a muestras de ensayo idénticas, en diferentes

laboratorios, con diferentes operadores, utilizando equipos diferentes.

Incertidumbre aleatoria: Incertidumbre asociada a los errores aleatorios.

Incertidumbre no aleatoria: Incertidumbre asociada a los errores sistemáticos.

Incertidumbre de la toma de muestra; u_s : Incertidumbre combinada del procedimiento de toma de muestra incluyendo, cuando sea pertinente, las contribuciones de volumen de aire muestreado, de la eficacia de muestreo, del almacenamiento y del transporte de la muestra, cuando éste sea aplicable.

Incertidumbre analítica; u_a : Incertidumbre combinada del procedimiento analítico incluyendo, cuando sea apropiado, las contribuciones de la recuperación analítica, variabilidad analítica interferencias, calibración, deriva de respuesta del instrumento y corrección del blanco.

Incertidumbre de medida: Incertidumbre asociada al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mesurando.

Incertidumbre típica: Incertidumbre del resultado de una medición, expresado en forma de una desviación típica.

Incertidumbre típica combinada; u_c : Incertidumbre típica del resultado de una medición, cuando el resultado se obtiene a partir de los valores de otras magnitudes, igual a la raíz cuadrada positiva de una suma de términos, siendo éstos las varianzas o covarianzas de estas otras magnitudes, ponderadas en función del resultado de la medida con la variación de dichas magnitudes.

Factor de cobertura; k : Factor numérico utilizado como multiplicador de la incertidumbre típica combinada para obtener la incertidumbre expandida. Los valores típicos del factor están entre 2 y 3.

Incertidumbre expandida; U : Cantidad que define un intervalo en torno al resultado de una medición y en el que se espera encontrar una fracción importante de la distribución de valores que podrían ser atribuidos razonablemente al mesurando.

Mesurando: Magnitud particular sujeta a medición.

Sesgo: Desviación coherente del valor medido respecto del valor de la característica de la calidad del aire (con-

centración de un agente químico en el aire) o del valor de referencia aceptado (valor certificado de un material de referencia, la concentración de una atmósfera de ensayo patrón, o el valor diana de una comparación interlaboratorios).

Tamaño de partícula: La norma UNE-EN 481:1995 *Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles*, define el convenio para el muestreo como la especificación que debe alcanzar el instrumento de muestreo para cada una de las 5 fracciones de interés distintas en relación a su capacidad de penetración en el sistema respiratorio humano y que se relacionan a continuación. La representación gráfica de las fracciones inhalable, torácica y respirable, como porcentajes del aerosol total, se incluye en la figura 1.

- **Fracción inhalable:** La fracción másica del aerosol total que se inhala a través de la nariz y la boca.
- **Fracción extratorácica:** La fracción másica de las partículas inhaladas que no penetran más allá de la laringe.
- **Fracción torácica:** La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe.
- **Fracción traqueobronquial:** La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran más allá de la laringe, pero que no pueden penetrar en las vías respiratorias no ciliadas.
- **Fracción respirable:** La fracción másica de las partículas inhaladas que penetran en las vías respiratorias no ciliadas.

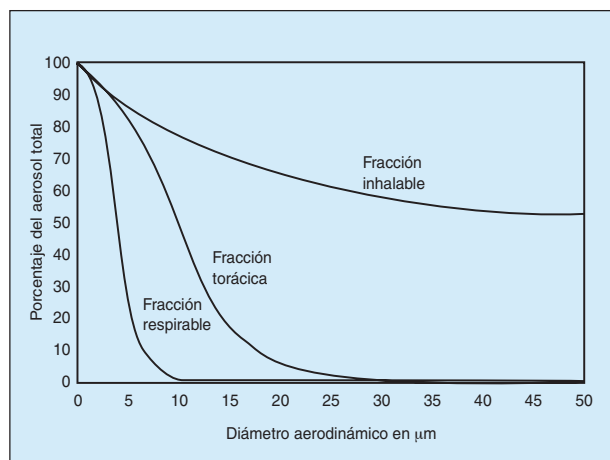


Figura 1. Convenio para las fracciones inhalable, torácica y respirable como porcentaje del aerosol total

Tiempo de ponderación: Periodo de tiempo para el que el procedimiento de medida proporciona un valor único.

Valor límite de exposición laboral: Límite de la medida ponderada en función del tiempo de la concentración de un agente químico en el aire en la zona de respiración del trabajador con relación al período de referencia especificado. Para mayor concreción, ver las definiciones de Valores LEP.

- La mayor parte están establecidos para periodos de referencia de 8 h, aunque también pueden establecerse para periodos más cortos o para desviaciones puntuales de la concentración.
- Los valores para gases y vapores se expresan en términos independientes de la temperatura y la presión del aire, en ml/m^3 (ppm, V/V) y, en términos dependientes de estas variables en mg/m^3 , para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa.

- Los valores límite para la materia particulada están dados en mg/m^3 o múltiplos para las condiciones ambientales reales (temperatura, presión) en el lugar de trabajo.
- Los valores límite para las fibras están dados en fibras/m^3 o $\text{fibras}/\text{cm}^3$ para las condiciones reales del lugar de trabajo.

El objetivo de emplear distintas unidades para distintos estados o formas de los agentes químicos en el aire es que expresen, de la manera más directa posible, su capacidad de efecto adverso. En el caso de las fibras, el efecto adverso está asociado al número de fibras inhaladas, por ello las unidades son $\text{fibras}/\text{cm}^3$. En los gases y vapores el efecto adverso está asociado al número de moléculas que penetran en el organismo, empleándose los ppm, ya que los ppm (v/v) son proporcionales al número de moléculas de gas o vapor presentes en el aire. En el caso de la materia particulada, este planteamiento (que implicaría emplear como unidad mmoles/m^3) está muy supeditado por otros dos factores: el tamaño de la partícula y su solubilidad en agua.

Valores LEP: Son los límites de exposición profesional (LEP) para agentes químicos adoptados por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), publicados desde 1999 y recomendados para su aplicación en los lugares de trabajo por la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (CNSST). Se definen los siguientes tipos de valores.

- **Valor límite ambiental - Exposición diaria (VLA-ED):** Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED), definido como 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. 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 semanales, durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud. Este valor no debe ser superado en la exposición diaria. Cuando se trate de un agente químico con un periodo de inducción largo o bien existan variaciones sistemáticas entre distintas jornadas, puede resultar aceptable una valoración de base semanal.
- **Valor límite ambiental - Exposición de corta duración (VLA-EC):** Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC), definido como la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, 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, en la lista de Valores Límite. Este valor no debe ser superado por ninguna exposición corta a lo largo de la jornada laboral.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE MEDICIÓN

Se clasifican en función del objeto de la medición a realizar, de acuerdo con la estrategia de medición expuesta en la norma UNE-EN-689: 1996. *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 medición*, así como otros 2 escenarios, citados en la mencionada norma, que implican una combinación de estos diferentes objetos de las mediciones.

Mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo

Son mediciones para obtener información cuantitativa aproximada sobre los niveles de exposición, para decidir si existe un problema de exposición y, en el caso de que exista, evaluar su posible gravedad. Pueden utilizarse también para determinar si la exposición está claramente por debajo o por encima del valor límite de exposición laboral.

Mediciones de evaluación inicial de la concentración en el tiempo o en el espacio

Se utilizan para:

- Proporcionar información sobre las probables pautas de la concentración de los agentes químicos en el aire.
- Identificar los lugares y periodos de exposición elevada.
- Proporcionar información sobre la localización e intensidad de las fuentes de emisión.
- Estimar la eficacia de la ventilación o de otras medidas técnicas.

Mediciones de comparación con los valores límite de exposición laboral y mediciones periódicas

Las medidas comparativas con los valores límite se utilizan para obtener resultados, de precisión y exactitud conocida, de la concentración media de un agente químico en el aire que puede ser inhalado por el trabajador.

Las mediciones periódicas se utilizan para determinar si las condiciones de exposición han cambiado desde su comparación con los valores límite o si las medidas de control continúan siendo eficaces. Dado que la composición de la atmósfera y las condiciones ambientales del lugar de trabajo habrán sido investigadas durante la evaluación de la exposición laboral, pueden ser adecuados, para las mediciones periódicas, procedimientos con menor selectividad.

Anexo A Informativo de la Norma

- *Mediciones en el caso más desfavorable.* Las mediciones para la evaluación aproximada en el tiempo y/ o en el espacio son capaces de identificar claramente los episodios en los que ocurren las exposiciones más altas, debidas, por ejemplo, a ciertas actividades laborales. Los periodos de toma de muestra pueden seleccionarse de manera que incluyan estos episodios, denominándose entonces muestreo en el caso más desfavorable, que, acotado en periodos de 15 minutos coincide con la determinación de exposiciones cortas (EC) indicadas en el documento *Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España del INSHT.*
- *Mediciones en un punto fijo.* Pueden ser utilizadas para comparar con los valores límite si los resultados son representativos de la concentración de exposición. En otras situaciones, la tarea inicial de medida es la misma que en el caso de las fuentes de emisión y el seguimiento posterior deberá consistir en mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo o mediciones periódicas.

OBJETO DE LA MEDIDA	REQUISITOS DEL PROCEDIMIENTO DE MEDIDA
Evaluación inicial de la concentración ponderada en el tiempo	<ul style="list-style-type: none"> • selectividad adecuada al agente químico; • tiempo de muestreo menor o igual al periodo de referencia del VL; • un intervalo de medida que incluya el valor límite; • una incertidumbre expandida que se ajuste a la finalidad de la medición.
Evaluación inicial de la concentración con el tiempo o en el espacio	<ul style="list-style-type: none"> • selectividad adecuada al agente químico; • un tiempo de muestreo corto (≤ 5 min ó ≤ 15 min, según sean variaciones de la concentración en el tiempo o en el espacio); • un intervalo de medida que se ajuste al objeto de la medición; • una incertidumbre expandida que se ajuste a la finalidad de la medición.
Mediciones de comparación con los valores límite y mediciones periódicas	<ul style="list-style-type: none"> • no ambigüedad, en el intervalo de medida específico y en los resultados de la concentración del agente químico que se está midiendo; • selectivas, con información adecuada sobre la naturaleza y magnitud de cualquier interferencia; • tiempo de ponderación igual al tiempo de muestreo, que debe ser menor o igual al periodo de referencia del VL; • intervalo de medida que cubra de 0,1 a 2 veces el VL para medidas a largo plazo y de 0,5 a 2 veces el VL para las de corta duración; • los requisitos de la incertidumbre expandida que figuran en Tabla 2; • el transporte y el almacenamiento de las muestras, cuando sea apropiado, debe llevarse a cabo de modo que se mantenga la integridad física y química; • los efectos de las condiciones ambientales sobre el funcionamiento del método deben ser ensayadas en condiciones de laboratorio, mientras que los demás (ambigüedad, selectividad, incertidumbre, etc.) en las condiciones que sea probable encontrar en el lugar de trabajo. • los procedimientos de medida deben estar redactados según la Norma ISO 78-2, conteniendo toda la información necesaria para llevar a cabo el procedimiento de medida (ver NTP 547:2000); • el resultado final debe expresarse en las mismas unidades que el VL; • además deben cumplirse los requisitos adicionales, indicados en otras Normas, según el tipo de procedimiento y los equipos de medida.

TABLA 1. Requisitos de funcionamiento de los procedimientos de medida

Periodo de referencia	Intervalo de medida	Incertidumbre expandida relativa
corta duración (p.e. 15 min)	0,5 a 2 veces el VL	≤ 50 %
larga duración	0,1 a < 0,5 veces el VL	≤ 50 %
larga duración	0,5 a 2 veces el VL	≤ 30 %

TABLA 2. Requisitos de la incertidumbre expandida para mediciones de comparación con los VL y mediciones periódicas.

Volumen aire muestreado	Muestreo activo (con bomba)	<ul style="list-style-type: none"> • medida del caudal (calibración del medidor de caudal y lectura del medidor) • estabilidad del caudal de la bomba. • tiempo de muestreo
	Muestreo pasivo (por difusión)	<ul style="list-style-type: none"> • velocidad de captación • tiempo de muestreo
Eficacia de muestreo	Métodos con bomba para gases y vapores	<ul style="list-style-type: none"> • influenciada por P, H, T del aire, la C y el caudal. • se puede estimar con los componentes de la recuperación del método
	Métodos por difusión para vapores	<ul style="list-style-type: none"> • velocidad de captación y tiempo de muestreo
	Métodos de muestreo de aerosoles	<ul style="list-style-type: none"> • incertidumbre muestreadores ensayados: varía según se determine en función del tamaño de partícula o por comparación con un muestreador de referencia (ver Anexos A y B, Norma UNE-EN 13205:2002)
Almacenamiento y transporte	Almacenamiento de la muestra	<ul style="list-style-type: none"> • ensayos en el laboratorio (de inmediato y después del periodo máximo especificado en el método)
	Transporte de la muestra	<ul style="list-style-type: none"> • en el caso de los aerosoles asociada a pérdida de material
Recuperación analítica	Para gases y vapores	<ul style="list-style-type: none"> • materiales de referencia certificados (CRM). • atmósferas de ensayo de gases • comparaciones interlaboratorios. • muestras de ensayo replicadas
	Para partículas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> • materiales de referencia certificados (CRM) o compuestos puros • comparaciones interlaboratorios. • muestras de ensayo replicadas
	Estimación datos de repetibilidad	<ul style="list-style-type: none"> • precisión analítica: patrones de calibración • concentración patrones de calibración • función de calibración (regresión lineal) • dilución disoluciones muestra (si se aplica) • deriva de respuesta del instrumento
Variabilidad analítica	Estimación datos de reproducibilidad intralaboratorio	<ul style="list-style-type: none"> • varianza analítica • concentración de la disolución patrón. • dilución disoluciones muestra (si se aplica) • deriva de respuesta del instrumento. • sustracción del blanco (cuando se aplique)

TABLA 3. Principales fuentes de incertidumbre - aleatoria y no aleatoria- para estimar o calcular la incertidumbre del método de medición

De este modo puede plantearse la estimación de la exposición de distintos trabajadores que ocupan un puesto físico de trabajo de manera consecutiva.

- *Mediciones de picos de corta duración.* Las mediciones de la evaluación inicial de la variación de la concentración en el tiempo pueden detectar picos de corta duración. Estas mediciones se pueden completar con mediciones de evaluación inicial de la concentración media ponderada en el tiempo y si se trata de mediciones de exposición, compararse con los valores límite de corta duración.

4. REQUISITOS DE FUNCIONAMIENTO

Los requisitos de funcionamiento de los procedimientos para la medida de agentes químicos son más o menos rigurosos según cual sea el objeto de la medición. Ver Tabla 1.

5. MÉTODOS DE ENSAYO

La incertidumbre expandida se estima a partir de los resultados obtenidos utilizando el procedimiento de medi-

da, de acuerdo con los ensayos descritos en las normas europeas específicas para el tipo de procedimiento o equipo.

Los métodos de ensayo para la comprobación previa de los procedimientos de medida se basan en distintos protocolos, entre los cuales los más conocidos son: en España, los del INSHT, y en Estados Unidos, los del National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH).

Se llevarán a cabo mediciones, como mínimo, a las concentraciones correspondientes a los límites inferior y superior del intervalo de medida específico (ver Tabla 2) y, al menos, a otra concentración intermedia. Deberá estudiarse la influencia de las interferencias y los parámetros ambientales, por ejemplo, la velocidad y la dirección del viento o la orientación del equipo de muestreo.

Para calcular la incertidumbre expandida, expresada en porcentaje, es necesario:

- Especificar el mesurando.
- Identificar todas las fuentes de incertidumbre posibles.
- Cuantificar la incertidumbre de la toma de muestra aleatoria (u_{sr}) y la no aleatoria (u_{srr})
- Cuantificar la incertidumbre analítica aleatoria (u_{ar}) y la no aleatoria (u_{arr})
- Calcular la incertidumbre típica combinada (u_c)
- Calcular la incertidumbre expandida (U) (factor de cobertura $k=2$)

Cuando los procedimientos de medida consten de varias etapas independientes, una alternativa es ensayar individualmente cada una de ellas y calcular la incertidumbre expandida relativa del procedimiento de medida

combinando adecuadamente las incertidumbres de todas las etapas independientes.

En la Tabla 3 se resaltan las principales fuentes de incertidumbre, aleatoria y no aleatoria, asociadas a la toma de muestras y análisis, en la ejecución del procedimiento para la medida de agentes químicos en la atmósfera de los lugares de trabajo.

Para estimar o calcular la incertidumbre de cada uno de los componentes de la incertidumbre expandida consultar la Guía ENV 13005 y el Anexo C informativo de la propia Norma UNE-EN 472:2007 en el que se dan orientaciones y valores en función de las muchas variables que puede presentar el método de medición (por ejemplo: muestreo con bomba o muestreo pasivo, tipo de medidor de caudal y escala, método para gases y vapores, o aerosoles, tipo de recuperación analítica, variabilidad analítica, etc.).

6. INFORME DE VALIDACIÓN

Para cada procedimiento de medida ensayado se debe elaborar un informe de validación que incluya, como mínimo, las condiciones de ensayo, los resultados y el grado de conformidad del procedimiento con respecto a este documento y otras normas pertinentes, europeas o internacionales.

Debe consultarse los procedimientos de gestión de la calidad que se apliquen en el laboratorio, concretamente, la norma UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 "Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración", que especifica con detalle, entre otros muchos aspectos, la composición adecuada del informe (analítico) del ensayo. Ver también la NTP 547.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) NORMA UNE-EN 481:1993. Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosol.
- (2) NORMA UNE-EN 689:1996. 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 medición.
- (3) NORMA UNE-EN 13205:2002. Atmósferas en el lugar de trabajo. Evaluación del funcionamiento de los instrumentos para la medición de concentraciones de aerosoles.
- (4) NORMA UNE-EN ISO/IEC 17025:2005. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.
- (5) NORMA UNE-EN 482:2007. Atmósferas en el lugar de trabajo. Requisitos generales relativos al funcionamiento de los procedimientos para la medida de agentes químicos.
- (6) ENV 13005:1999. Guía para la expresión de la incertidumbre en las medidas.
- (7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España.
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Madrid, 2008.
- (8) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Evaluación de riesgos por agentes químicos. El método analítico: aspectos básicos. NTP 547-2000.
- (9) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Evaluación de riesgos por agentes químicos. Guía para la selección y utilización del método analítico. NTP 548-2000.

- (10) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Evaluación de riesgos por agentes químicos. Principales fuentes de métodos analíticos. NTP 637.
- (11) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Bombas de muestreo personal para agentes químicos (I): Recomendaciones para su uso y selección. NTP 777.
- (12) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO.
Bombas de muestreo personal para agentes químicos (II): verificación de las características técnicas. NTP 778.

Descripción y elección de dispositivos de anclaje

*Dispositifs d'ancrage. Description et choix
Anchor devices. Description and election*

Redactor:

José M^a Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

La presente NTP está destinada a informar sobre las diferentes clases de dispositivos de anclaje previstos para la conexión de los equipos de protección individual contra caídas y orientar su elección según el tipo o lugar de trabajo. La elección del dispositivo adecuado para cada situación de trabajo se considera básica para que el mismo se realice con la máxima seguridad.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

Complementada por las NTP 893 y 843.

1. INTRODUCCIÓN

Existen seis clases de dispositivos de anclaje que están descritos por la norma UNE-EN 795:1997 y su modificación UNE-EN 795/A1:2001.

Para cada clase de los dispositivos de anclaje se recogen diferentes tipos disponibles, aunque no se trata de una lista exhaustiva.

Cada uno de los diferentes dispositivos de anclaje será desarrollado por una NTP específica.

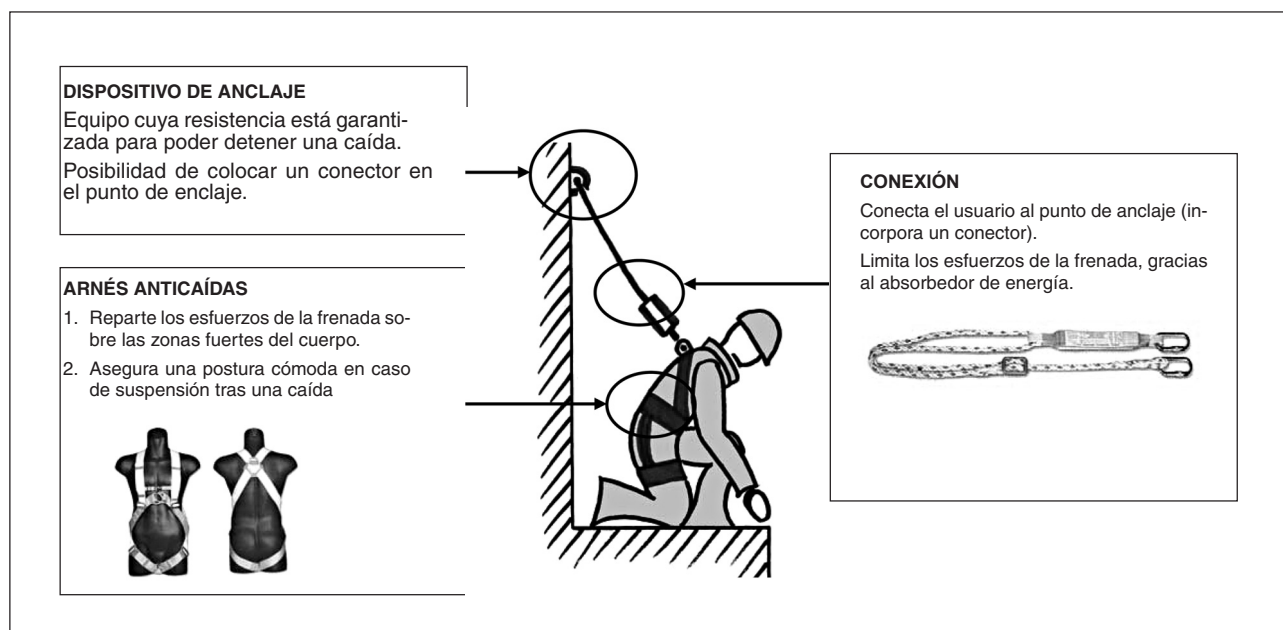
No se consideran dispositivos de anclaje los elementos que constituyen los equipos de protección individual contra caídas de altura recogidos por las normas UNE-EN 353.1 y UNE-EN 353.2. Los equipos descritos por las normas anteriormente citadas están destinados a dete-

ner una posible caída, principalmente en desplazamientos verticales efectuados manualmente, y son denominados dispositivos anticaídas deslizantes sobre líneas de vida verticales.

2. DISPOSITIVOS DE ANCLAJE. DEFINICIONES

La norma **UNE-EN 795:1997**, define:

- **Dispositivo de anclaje** es un conjunto de elementos o serie de elementos o componentes que incorporan uno o varios puntos de anclaje. La norma recoge seis clases, A1, A2, B, C, D y E. Ver Fig.1.
- **Punto de anclaje** es un elemento al que puede estar sujeto un equipo de protección individual contra caídas. Ver Fig. 1.



- **Anclaje estructural** es un elemento o conjunto de elementos fijados a una estructura de forma permanente al que es posible sujetar un dispositivo de anclaje o un equipo de protección individual contra caídas, tales como anclajes mecánicos o químicos (con certificación CE según ETAG 001), tornillería, remaches, etc.

Los dispositivos de anclaje de las clases A, C y D no están incluidos en el ámbito de aplicación del R.D. 1407/1992 (transposición de la Directiva 89/686/CEE) por lo que no se consideran EPI y no pueden llevar marcado CE.

Al contrario, los dispositivos de anclaje de las clases B y E están incluidos en el ámbito de aplicación del R.D.1407/1992 sobre EPI en transposición de la Directiva 89/686/CEE, por lo que se consideran EPI. Así pues, deben llevar marcado CE y folleto informativo y estarán sometidos a los demás requisitos del RD. 1407/1992 que les sean aplicables.

3. CLASES Y CARACTERÍSTICAS SEGÚN UNE-EN 795:1997

La norma define seis clases de dispositivos de anclaje cuyas características se describen a continuación.

Clase A1

Son dispositivos de anclaje diseñados para ser fijados, mediante un anclaje estructural sobre superficies verticales, horizontales o inclinadas, tales como paredes, columnas, techos, tejados o cualquier sitio de una estructura. Ver Fig. 2.

Su diseño debe permitir conectar un EPI contra caídas mediante el conector adecuado y compatible, de tal manera que no se pueda desconectar involuntariamente.

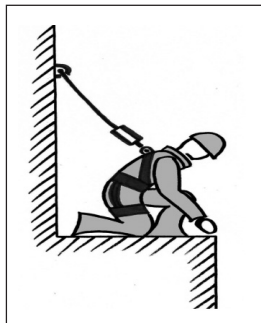


Figura 2. Dispositivo de anclaje de clase A1 anclado en una superficie vertical

El dispositivo de anclaje, debe tener una resistencia superior a 10 kN en la dirección en la que se aplicará la fuerza en caso de caída (comprobada por ensayo sobre un modelo en laboratorio o por cálculo).

En la figura 3 se pueden ver diversos tipos de dispositivos de anclaje de clase A1 fijados mediante un anclaje estructural.

El dispositivo de anclaje de clase A1 puede ser utilizado en la mayoría de los casos de trabajos en altura; sin embargo, deberá tenerse en cuenta que este dispositivo proporciona un punto de anclaje fijo, por lo que la movilidad del operario estará limitada por la conexión utilizada entre el arnés anticaídas y el dispositivo de anclaje.

En el ejemplo de la figura 1, la conexión empleada es un absorbedor de energía con elemento de amarre incorporado (UNE-EN 355), siendo en este caso la longitud de dicho equipo la condición que restringe el desplazamiento del operario.

Igualmente puede efectuarse la conexión utilizando un dispositivo anticaídas retráctil (UNE EN 360) o un dispositivo anticaídas deslizante (UNE EN 353)

Clase A2

Son dispositivos de anclaje que responden a los mismos requisitos que la Clase A1, pero cuyo diseño permite una fijación sobre tejados inclinados. Ver Fig. 4.

Su diseño debe permitir conectar un EPI contra caídas mediante el conector adecuado y compatible, de tal manera que no se pueda desconectar involuntariamente.

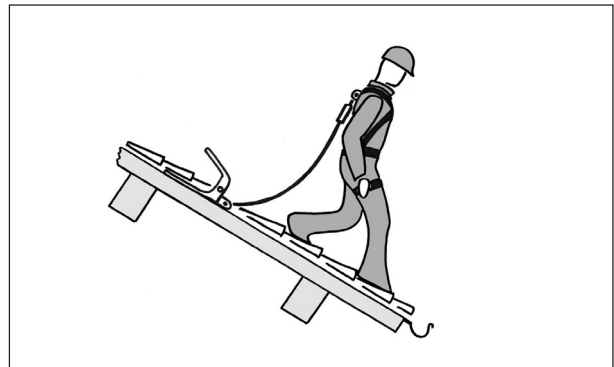


Figura 4. Dispositivo de anclaje sobre un tejado inclinado

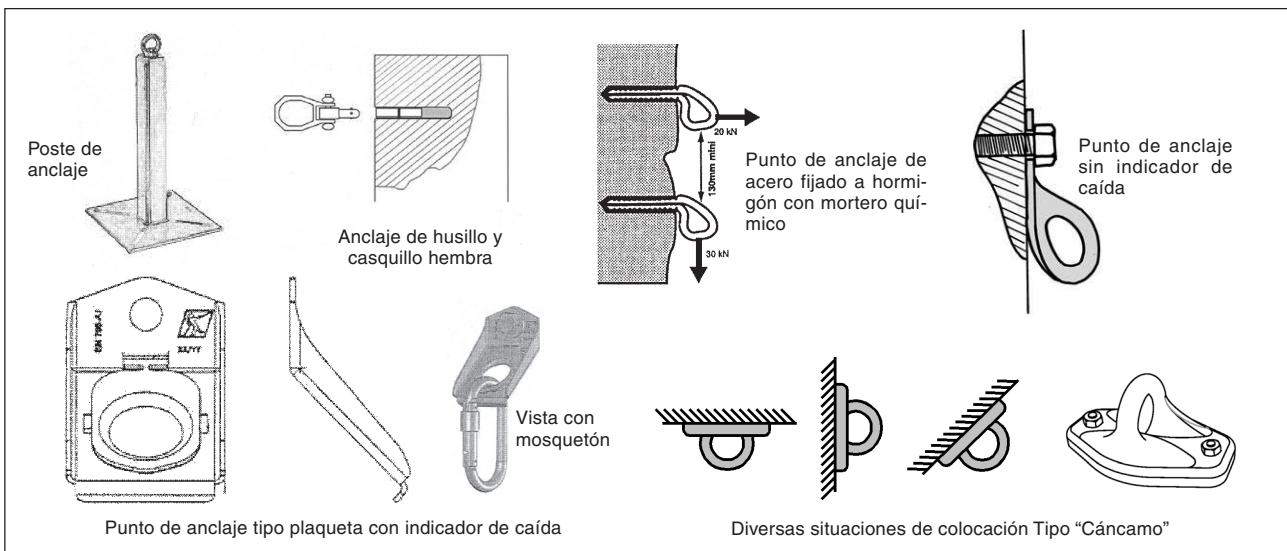


Figura 3. Ejemplos de tipos de dispositivos de anclaje de clase A1

El dispositivo de anclaje, debe tener una resistencia superior a 10 kN en la dirección en la que se aplicará la fuerza en caso de caída (comprobada por ensayo sobre un modelo en laboratorio o por cálculo).

Existen diversos tipos en el mercado de eficacia contrastada. En la Figura 5 se puede observar un sistema.

La principal aplicación de este tipo de anclaje es en tejados inclinados

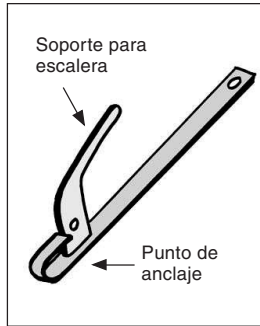


Figura 5. Detalle de un dispositivo de anclaje para cubiertas inclinadas

Clase B

Son dispositivos de anclaje provisionales y transportables.

Su diseño debe permitir conectar un EPI contra caídas

mediante el conector adecuado y compatible, de tal manera que no se pueda desconectar involuntariamente.

El dispositivo de anclaje debe tener una resistencia superior a 10 kN en la dirección en la que se aplicará la fuerza en caso de caída (comprobada por ensayo sobre un modelo en laboratorio o por cálculo).

Siendo clasificado como EPI, debe llevar el marcado CE y un folleto informativo del fabricante.

Existen diversos tipos de dispositivos de anclaje provisionales transportables según las aplicaciones tales como el de marco de puerta, el de estructuras tubulares, el trípode, abrazadera de lazo (cuerda, cable, banda textil), el anclaje de viga, etc. Ver Fig.6.

Las aplicaciones son en pozos y cubas, techos y falso techos, perfiles metálicos, limpieza de cristales, dispositivos para puertas. Se suele utilizar en los casos en los que se quiere evitar el impacto estético de un dispositivo de anclaje permanente. En la figura 7 se pueden ver dos aplicaciones prácticas.

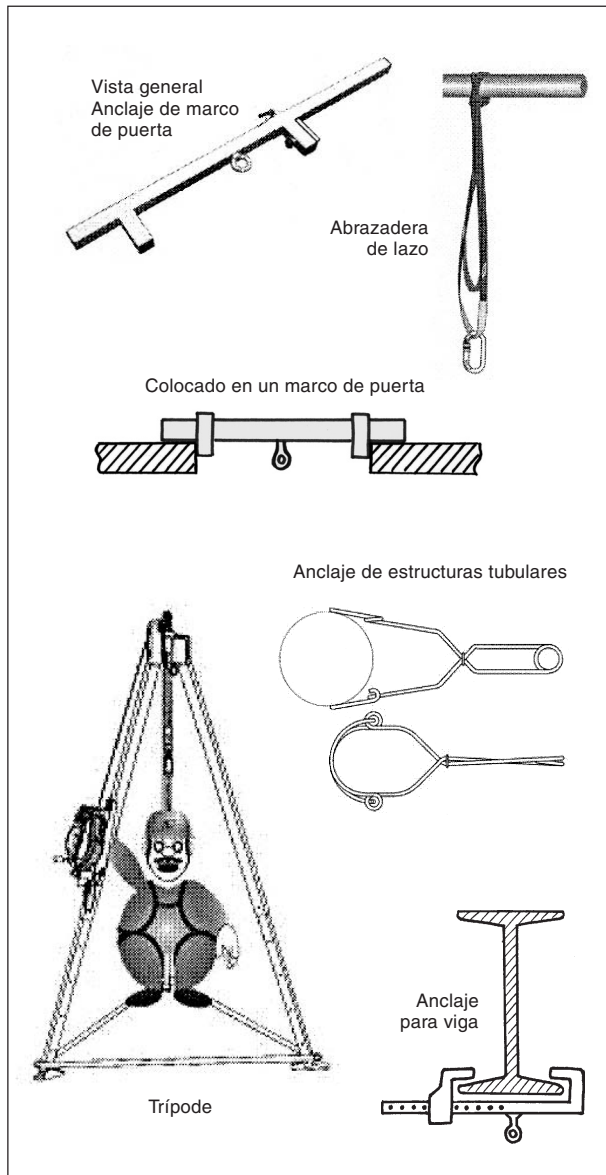


Figura 6. Tipos de dispositivos de anclaje provisionales transportables

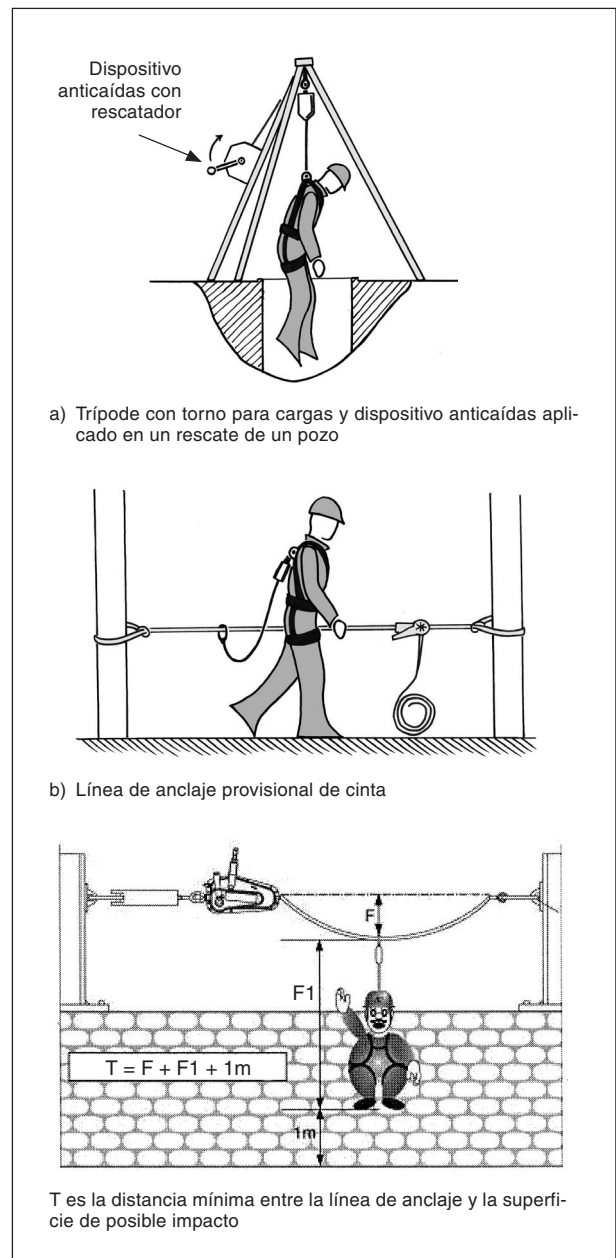


Figura 7. Aplicaciones de dispositivos de anclaje provisionales y transportables

Clase C

Se trata de una línea flexible, hecha con cable metálico o de fibras sintéticas, situada entre anclajes de extremidad fijados mediante un anclaje estructural. El EPI contra caídas se conecta directamente a la línea flexible o mediante un carro provisto de un punto de anclaje, utilizando para ello un conector adecuado y compatible. Según la longitud de la línea, puede ser necesario el uso de anclajes intermedios (soportes intermedios de dicha línea) para disminuir la tensión y flecha que experimenta la línea en una caída.

Su objetivo es asegurar a los operarios en los trabajos en altura con una gran libertad de circulación. Ver Fig. 8

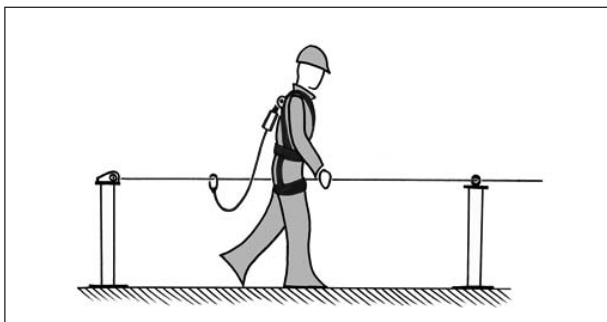


Figura 8. Línea de anclaje flexible horizontal

Los requisitos principales que deben cumplir estos dispositivos son:

- Angulo respecto a la horizontal $\leq 15^\circ$
- Todas las piezas y componentes deben resistir el doble del esfuerzo previsto (factor de seguridad 2)
- Debe respetarse la altura mínima requerida libre de obstáculos. Ver Fig. 9.

El diseño de la línea debe ser tal que permita desplazar-

se por toda la zona de trabajo de forma que el operario recorra toda línea estando conectado en todo momento.

Pueden ser:

- Con uno o varios vanos
- Con o sin dissipador de energía
- Unidireccionales o con cambios de dirección
- Circulares o ramificadas
- Para uno o varios operarios

En la figura 9 se pueden ver todos elementos del dispositivo y la terminología utilizada que sirve para diseñar y calcular la misma.

Su aplicación es en todos los lugares donde el operario deba desplazarse horizontalmente o necesita una libertad de movimiento importante tales como cubiertas, fachadas, puentes-grúa/carril de rodadura, etc.

Clase D

Se trata de una línea rígida horizontal, hecha con un rail metálico (acero o aluminio), por la que desliza un carro. El EPI contra caídas se conecta a una línea rígida mediante un carro provisto de un punto de anclaje utilizando para ello un conector adecuado y compatible. La línea debe disponer de topes en los extremos. Ver Figura 10.

El dispositivo de anclaje, debe tener una resistencia superior a 10 kN. en la dirección en la que se aplicará la fuerza en caso de caída (comprobada por ensayo sobre un modelo en laboratorio o por cálculo).

Sus aplicaciones son las mismas que las líneas flexibles, aunque suelen utilizarse en sitios donde es posible la fijación a una estructura situada por encima del puesto de trabajo (techo, cubierta, marquesina). A menudo es utilizado para mantenimiento de trenes, muelles de descarga de cisternas, hangares, instalaciones para revisiones aeronáuticas, etc.

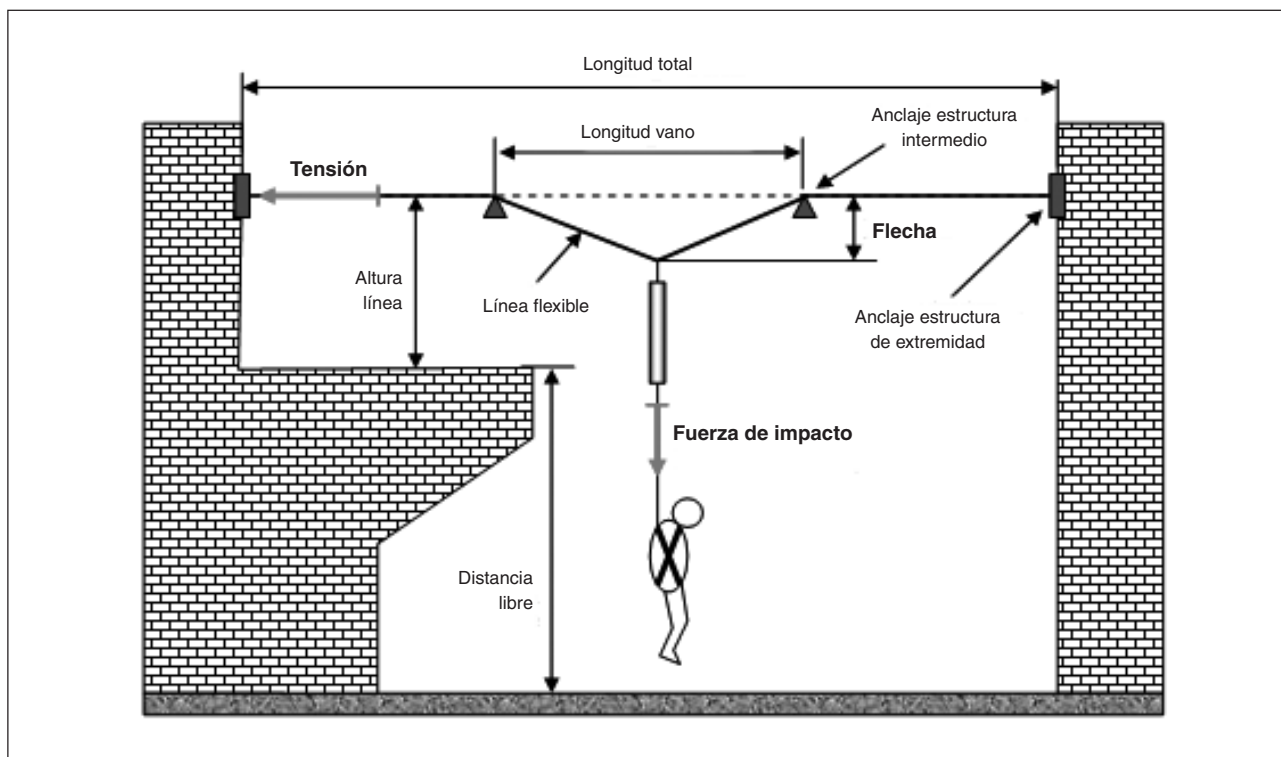


Figura 9. Terminología utilizada en las líneas de anclaje flexibles horizontales

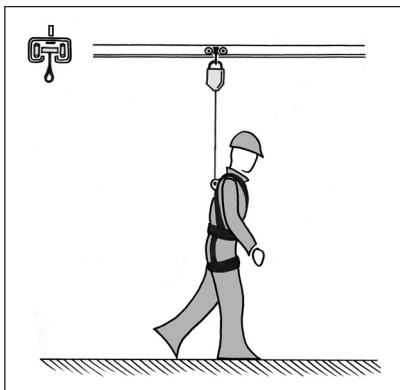


Figura 10. Línea de anclaje rígida horizontal con carro

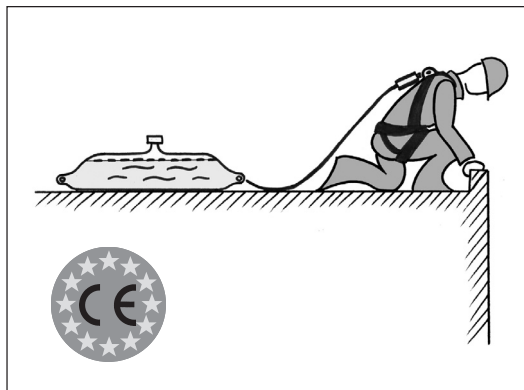


Figura 11. Dispositivo de anclaje de peso muerto. Distancia de seguridad

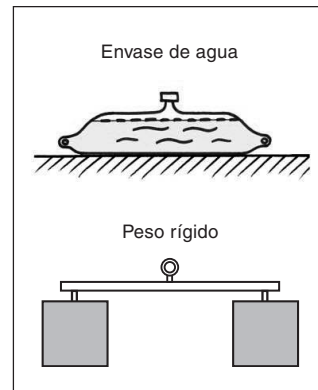


Figura 12. Tipos de dispositivos de anclaje de peso muerto

Clase E

Son dispositivos de anclaje de “peso muerto”, utilizables sobre superficies horizontales que retienen la caída gracias a su propio peso (inercia y rozamiento). Ver Fig. 11 y 12 Siendo clasificado como EPI, debe llevar el marcado CE y un folleto informativo del fabricante.

Los requisitos principales que deben cumplir estos dispositivos son:

- Debe estar situado a una distancia superior a 2,5 m del borde (lugar de riesgo de caída).
- La superficie donde se utilicen no deberá desviarse de la horizontal mas de 5°

- No se podrá utilizar en caso de helada o riesgo de helada.

Los tipos existentes se muestran en la figura 12. Las aplicaciones son en terrazas y azoteas planas y en general en cualquier sitio plano suficientemente grande que permita respetar la distancia reglamentaria del borde.

4. CLASES Y APLICACIONES

La descripción de las clases y sus aplicaciones a distintas situaciones de trabajo se pueden ver en la Tabla 1.

NORMA	DISPOSITIVOS DE ANCLAJE					
	795-A1	795-A2	795-B	795-C	795-D	795-E
SITUACIONES DE TRABAJO *						
Cubiertas / Tejados Inclinados	○	●		●	●	
Cubiertas / Azoteas planas	●			●	●	●
Puentes grúa	●			●	●	
Caminos de rodadura	○			●	●	
Fachadas, exteriores de edificios	●			●	●	
Edificio en construcción	●			●	○	●
Grúas / Grúas torres	●			●	○	
Pozos, hornos, interiores de silos	●					
Silos exterior	●			○		○
Descarga cisternas, Trabajos sobre trenes	○			●	●	
Góndola de eólicos	●			●		
Torres de eólicos	○					
Panel publicitario	●			●	●	
Torres de telecomunicación	○					
Torres eléctricas	○					
Cintas transportadoras	●			●	●	
Maquinaria elevada	●			○	●	
Alas de avión	●			○	●	

Tabla 1. Tipos de dispositivos de anclaje y sus aplicaciones

● Utilización apropiada ○ Utilización apropiada pero no habitual

5. OTRAS RECOMENDACIONES

Respecto a la *resistencia de la estructura* es importante tener en cuenta el material base y su estado, en el cual se instala el anclaje siguiendo las instrucciones del fabricante. En general se seguirán las recomendaciones de carácter informativo relativas a la instalación recogidas en el Anexo A de la norma UNE-EN 795.

Respecto a la *señalización* de un dispositivo de anclaje, un panel de información recordando la obligación del uso

de EPI certificados debe siempre acompañar cualquier dispositivo de anclaje (cuando esté instalado de forma fija y permanente). Además, este panel proporciona los datos generales de la instalación e informa al usuario que el instalador garantiza que el dispositivo cumple con los requisitos de la norma.

Utilización

Para cada clase de estos dispositivos el usuario deberá cumplir con las instrucciones del fabricante.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **R.D. 773/1997**, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- (2) **R.D. 1407/1992**, de 20 de noviembre, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual y modificaciones sucesivas.
- (3) **Resolución de 25 de abril de 1996**, de la Dirección General de Calidad y Seguridad Industrial, por la que se publica a título informativo, información complementaria establecida por el R.D. 1407/1992.
- (4) **UNE-EN 795-1997**. Protección contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y ensayos
- (5) **UNE-EN 795:1997/A1:2001**. Protección contra caídas de altura. Dispositivos de anclaje. Requisitos y ensayos.
- (6) **ETAG 001**. Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for use in concrete
- (7) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía orientativa para la selección y utilización de EPI contra caídas de altura
Madrid, INSHT. 2000
- (8) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual
Madrid, INSHT. 1999

EMPRESAS COLABORADORAS

- TRACTEL IBERICA, S.A.
- WÜRTH ESPAÑA, S.A.
- CABLES Y ESLINGAS, S.A.
- IGENA S.A.
- GAMESYSTEM

Transparencia y condiciones de trabajo (I)

*Transparence et conditions de travail
Transparency and Working Conditions*

Redactores:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Ricardo Vyhmeister Bastidas
Ingeniero en Organización Industrial

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Diversos son los modelos que en la actualidad hacen referencia a una gestión integrada de sistemas en las organizaciones, incorporando junto a la optimización de factores productivos y tecnológicos, la atención a la seguridad y salud en el trabajo, la protección ambiental y en general los intereses de los diferentes actores de la sociedad y del mercado, los cuales condicionan también la rentabilidad y competitividad empresarial. La globalización, con una importante reducción de costes fabriles y de transporte, unida al consiguiente dinamismo en los mercados; la importante reducción del ciclo de vida de los productos; y el alto nivel de diferenciación en los mismos; ha provocado, entre otros motivos, el aumento de las presiones por la obtención de productos y servicios enmarcados dentro de estándares que requieren, además de una calidad convencional, la consideración de elementos de valor social y medioambiental. Los consumidores no sólo demandan que los productos y servicios respondan a estándares de calidad, coste y plazo, sino que también reclaman que los procesos que los han hecho posibles se desarrollen en condiciones aceptables, o sea, respetando la dignidad de los trabajadores y preservando los recursos naturales, con nulos o mínimos daños ambientales. Es decir, la búsqueda de lo que se podría denominar, una "calidad integral" de productos y procesos: un nuevo concepto de calidad que ha de facilitar también un consumo cada vez más responsable, acorde con valores universales. Ello no surge sólo desde la perspectiva mercantil, como una reacción de los mercados hacia productos de mayores atributos diferenciadores de los de la competencia, sino que también lo propician, asociados a las mismas presiones sociales, los avances reglamentarios y los códigos sociales de buenas prácticas; por ejemplo, el advenimiento de compromisos para un equilibrio conciliador entre trabajo, vida familiar y ocio que la salud laboral debiera hacer posible.

Pero, a pesar de los avances que se están generando con celeridad en nuestra sociedad, queda mucho camino por recorrer para que los ciudadanos dispongan de información transparente para poder tomar decisiones racionales y acertadas en la elección de productos y servicios de consumo y con ello contribuir de manera trascendente en el desarrollo de una nueva cultura empre-

sarial. No obstante, el proceso es imparable a pesar de las limitaciones aún existentes y de los ciclos de reorientación económica que pueden afectar en la reorientación de prioridades e intereses empresariales en el corto plazo. La propia competencia y la libertad que conllevan las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones a disposición de asociaciones de consumidores, organizaciones no gubernamentales, ONG's y ciudadanos en general, abren paso en sociedades democráticas, avanzadas, a nuevos mecanismos de control basados precisamente en la objetividad y transparencia de la información.

La demanda de mayor transparencia afecta a todos los ámbitos de la gestión y por supuesto, tanto en el sector público como privado. En el entorno financiero, la transparencia de las sociedades ha sido uno de los ámbitos preferentes de actuación, con acciones por parte de las Administraciones, que han estado continuamente mejorando su regulación. Se está constatando que hay un comportamiento más eficiente de los mercados cuanto mayor sea el flujo de información que circula. Así por ejemplo, en EE.UU, la ley Sarbanes Oxley, de 2002, obliga a las compañías cotizadas a informar en tiempo real sobre los hechos relevantes para su actividad, así como a *colgar* en su página *web* las transacciones accionariales entre los gestores y los principales accionistas. En España son la Ley 26/2003 de Transparencia y las normas de la Comisión Nacional del Mercado de Valores de 2004, las que fuerzan a las empresas cotizadas a dar un mínimo de información en su sitio de Internet: los estatutos sociales, el reglamento de la junta general y del consejo de administración, el informe anual, etc. En muy pocos años se ha dado un salto cualitativo en la información que las medianas y grandes empresas suministran, pasando de una información sesgada en papel a una información más rica y sistematizada. Incluso, algunas empresas van más allá de lo que la reglamentación les exige, dando cuenta de los informes de analistas, bancos de inversión y agencias de calificación sobre la marcha de la empresa, tal como aconsejan las buenas prácticas de gobierno corporativo.

También el nuevo marco reglamentario sobre prevención de riesgos laborales aporta sustanciales avances al respecto. El propio proceso de información y consulta a trabajadores basado en principios de transparencia es

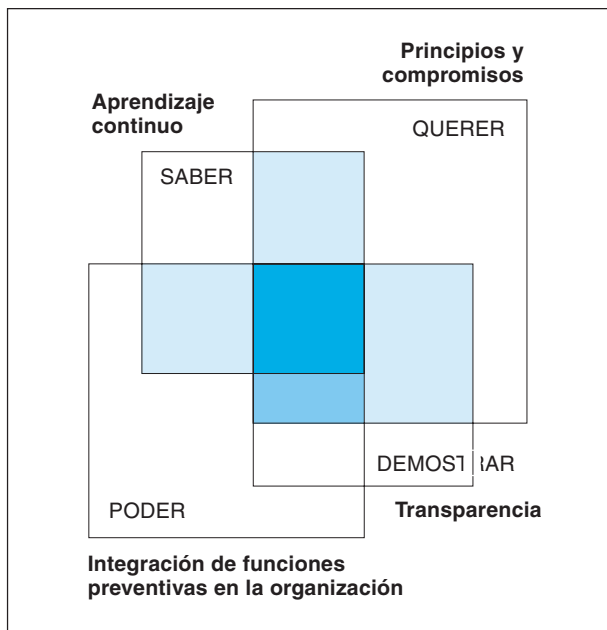


Figura 1. Cuatro condicionantes de la eficacia preventiva

esencial para lograr confianza y en consecuencia, eficacia del sistema preventivo, evitando caer en formalismos burocráticos. No se trata de cumplir estrictamente lo reglamentado, sino de hacerlo de la mejor manera posible con la colaboración de los trabajadores para que todos actúen de manera segura y responsable y, como no, se impliquen en el proyecto empresarial, siempre que éste sea honesto.

Con visión empresarial se debiera siempre tener presente que, lo que se haya de hacer tiene tanta importancia como la forma de hacerlo para alcanzar los beneficios esperados. Para que cualquier acción preventiva que implique la participación de los trabajadores genere los resultados previstos, además de *querer* hacerla bien, *poder* disponer de los medios necesarios y *saber* realizarla, hay que *demostrar* en todo momento que responde a los intereses de la empresa y de los trabajadores. Mediante tal demostración se materializa uno de los aspectos fundamentales de la transparencia que ha de reforzar comportamientos positivos de todos los miembros de la organización. Tales comportamientos están en gran medida condicionados por la percepción de los trabajadores del interés real de los mandos por sus condiciones de trabajo. No obstante, no se trata de pregonar a los cuatro vientos lo que se hace. Precisamente la transparencia planteada en sus justos términos, significa facilitar que la información precisa y necesaria esté a disposición de sus destinatarios de manera sencilla y natural, sin pretender hacer méritos, ni cansar.

En la Fig. 1 se muestra la interrelación entre lo que se acaba de exponer, el *querer*, el *poder*, el *saber* y el *demostrar*, que condicionan su parte común, traducible en eficacia del sistema, lamentablemente limitada. Cada uno de estos condicionantes está materializándose respectivamente a través de la política de empresa, con sus principios y compromisos; su integración en la organización; el aprendizaje permanente, y finalmente, la transparencia de las decisiones y actuaciones.

En general, cuando se discute sobre el rol que debe tener la empresa en el marco de este nuevo sistema productivo responsable, aparece el concepto de Sostenibilidad, pese a que este término viene asociado más bien a sus dimensiones medioambientales. Dentro del mismo, se reconocen principios generales en los cuales

se basa la gestión de la empresa para la pervivencia empresarial y su andadura hacia la excelencia. Estos principios son: la Ética (*Ethics*), que debiera impregnar la esencia de toda decisión y acción, las Buenas Prácticas de Gobierno (*Governance*), las Relaciones de Negocio (*Business Relationships*), el Retorno Financiero para la inversión y el desarrollo socio-económico, el Valor de Productos y Servicios, las Condiciones de Trabajo unidas a las Prácticas de Empleo, la Protección del Medio Ambiente, y la Transparencia. Estos principios son los que suelen aparecer en los distintos esquemas de normalización de los Sistemas de Gestión Empresariales (Epstein, M. J. & Roy, M.-J., 2003).

A modo de ejemplo, el modelo EFQM de Excelencia empresarial establece nueve criterios que divide en resultados y agentes facilitadores. Los agentes facilitadores responden a los elementos de liderazgo, política y estrategia, personas de la organización, alianzas y recursos, y procesos; mientras que los resultados responden a lo obtenido ante la organización, los clientes, las personas y la sociedad. Surgido de este modelo se muestra el esquema gráfico de la Figura 2, destacándose que Transparencia y Ética empresarial son una especie de divisores entre dos áreas claramente identificables: Aquella que se relaciona con la acción de la empresa frente a su entorno, o lo que podemos denominar genéricamente la Acción responsable; y aquella que tiene relación directa con el beneficio obtenido por la organización y que no se limita solo a lo monetario, sino que también contempla los incrementos del capital intelectual, que han de representar los respectivos beneficios para la organización. Pensemos que el principal activo de una organización está formado por un conjunto de intangibles, también medibles: el valor de una marca, la reputación de una organización, la fidelidad de los clientes, la capacidad innovadora, las competencias de los trabajadores, su satisfacción e implicación en el proyecto empresarial, etc.

2. TRANSPARENCIA Y RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL

De acuerdo al Social Economic Council (2001), la Responsabilidad Social Empresarial (RSE) incorpora dos elementos: (i) Un suficiente enfoque por parte de la empresa en su contribución a la prosperidad pública en el largo plazo, y (ii) La relación con sus grupos de interés y la sociedad en su conjunto. Este último punto es de especial interés frente al concepto de transparencia, dado que tal relación implica una comunicación de acciones y resultados, y tanto la forma como el contenido de tal comunicación conlleva un valor intrínseco que ha de redundar en la calidad de tal relación.

La responsabilidad empresarial tiene una trascendente dimensión social y comunitaria. Tal responsabilidad deriva de una afirmación fundamental: la firma existe para proveer bienes y servicios necesarios y mejorar calidad de vida de la comunidad. Esta mejor calidad de vida implica, entre otras acciones, que los trabajadores compartan decisiones relacionadas con sus condiciones de trabajo. Este rol de decisión implica, en términos de Geller (2000), que se potencien y gestionen las competencias de los trabajadores: es decir, que éstos dispongan de la necesaria información para que puedan también tomar decisiones responsables sobre su propio trabajo y sus resultados.

La empresa socialmente responsable se enmarca en una red de relaciones basadas en la confianza, la cual es uno de los denominados "recursos morales", que en el marco de la empresa corresponden a aquellos elementos o re-

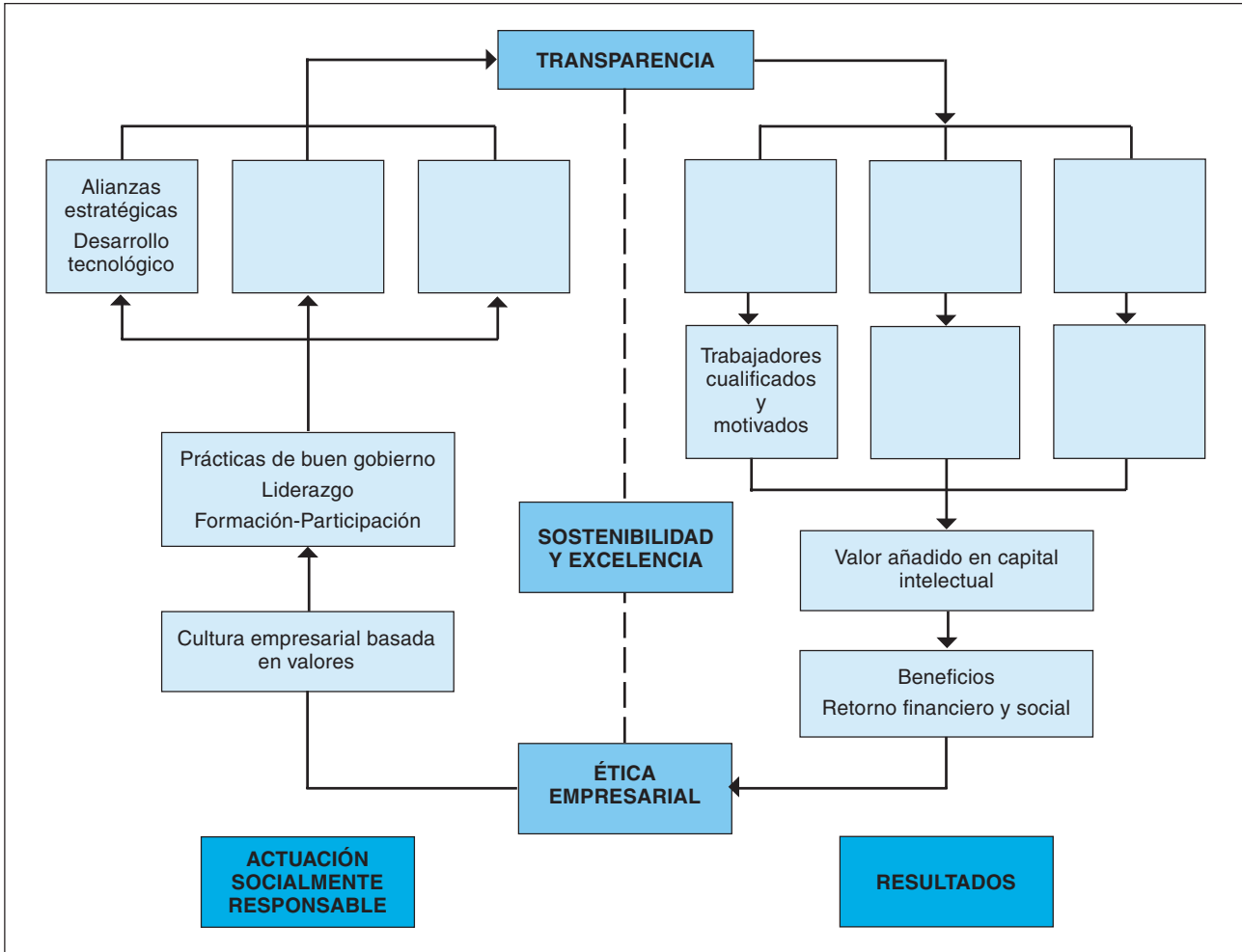


Figura 2. Sostenibilidad y excelencia empresarial a través de una acción socialmente responsable y sus resultados

cursos que permiten regular los comportamientos organizativos, entendiendo que ni las leyes ni los mercados son suficientes para hacerlo. La importancia de este concepto radica en que las relaciones sociales son estables cuando se mantiene este valor. De acuerdo a García-Marzá (2004), “la falta de confianza tiene su origen en las malas prácticas empresariales, en las consecuencias sociales y económicas, muchas veces físicas, como en el caso de los accidentes laborales, de una torpe gestión empresarial orientada al beneficio a corto plazo de un grupo de interés determinado”. En este sentido, confianza y transparencia cobran un valor equivalente.

Mientras que los principios y buenas prácticas de gobierno se relacionan con elementos de gestión interna, el principio de transparencia se focaliza sobre el desvelamiento de información a los grupos de interés de la empresa internos y externos, denominados todos ellos *stakeholders*. La experiencia empresarial muestra evidencias cada vez mayores sobre el impacto que la transparencia tiene en el desarrollo de las organizaciones. Cada día son más los inversionistas que exigen conocer en profundidad el uso que se le da a sus recursos, dado que también han sido más los ejemplos de grandes corporaciones que se han desplomado por prácticas deshonestas. Por contrapartida, mayores suelen ser los beneficios en las empresas responsables, como así lo demuestra, por ejemplo, el Dow Jones Sustainability Index. Ello está relacionado con la mayor sensibilidad crítica de los mercados y consumidores frente a productos cuyas prácticas de empleo, de condiciones de trabajo y de producción, sean inadecuadas, si bien, los mecanismos de

control actuales no son aún suficientemente eficaces o en ocasiones inexistentes. Ante ello, la transparencia se está convirtiendo cada vez más en un requisito para que una empresa pueda operar en condiciones competitivas. Respecto del nuevo papel de la empresa ante la sociedad, diversos estudios afirman que en las actuales circunstancias, los ciudadanos estarían dispuestos a pagar un poco más por productos y servicios con especiales valores añadidos sociales y medioambientales frente a otros que no los tuvieran. Al menos, con la información suficiente, los criterios de decisión habrían de ser siempre más racionales. La mayor dificultad radica en cómo los poderes públicos pueden también con efectividad contribuir en apartar del mercado a quienes producen en condiciones aún impropias.

Las empresas, debido a la inmediatez de la información, ya no disfrutan de una cuota considerable de confianza en cuanto a que sus acciones sean en principio y *de facto* correctas, ni tampoco disfrutan, por motivos similares, de lugares donde ocultarse. La experiencia muestra que cualquier esfuerzo corporativo por esconder datos perjudiciales, repercute en un mayor volumen de información sobre éstos por parte de los observadores. De acuerdo a Steger (2000), deberían realizarse esfuerzos en dos direcciones: Primero, estandarizar definiciones, formatos, medidas e indicadores de desempeño. Dada su actual diferencia, las propuestas medioambientales, los informes y las declaraciones son difíciles de contrastar. Y en segundo lugar, para ganar aceptabilidad, debería existir una evaluación por parte de terceros sobre las memorias de resultados y las declaraciones públicas.

El año 2001, la Comisión de las Comunidades Europeas publicó el “Libro Verde: Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas”. En este documento, aparecen importantes consideraciones frente al concepto de transparencia que es necesario destacar. Al hacer referencia a la Responsabilidad Social Empresarial, RSE, se señalaba que “Numerosos factores impulsan estos avances: (...) La transparencia de las actividades empresariales propiciada por los medios de comunicación y las modernas tecnologías de información y comunicación”. La publicación señala que aunque tales iniciativas “no constituyen códigos de conducta de obligado cumplimiento, en el caso de las directrices de la OCDE están apoyadas por la voluntad de los gobiernos que las han suscrito, en fomentar su cumplimiento por parte de las empresas (...). El cumplimiento de las normas fundamentales de la OIT (libertad de asociación, abolición del trabajo forzado, no discriminación y supresión del trabajo infantil) es un componente esencial de dicha responsabilidad social”. También la Comisión estableció criterios específicos en materia de credibilidad de los códigos éticos. Un control en el que participen los interesados es importante para garantizar su credibilidad

El Libro verde señala además una tendencia emergente hacia tomar como modelos experiencias privadas en esta materia, que permitan mostrar cuáles son las alternativas que existen, sobre todo para las pequeñas empresas. El texto expone que la Unión Europea debería considerar la publicación anual de una lista de las mejores empresas europeas. En esta misma línea cabe citar el proyecto europeo “Best places to work” que ofrece anualmente un listado de las mejores empresas que voluntariamente deciden participar y que se basa fundamentalmente en la opinión de sus trabajadores.

Finalmente, en materia medioambiental la Comisión reconoció que, por lo general, “las etiquetas sociales y ecológicas —que conllevan la garantía de que en la fabricación de los productos no ha habido explotación o abusos— suelen adolecer de falta de transparencia y sus afirmaciones no son objeto de verificación independiente. A diferencia del etiquetado relativo al contenido o que incluye advertencias de seguridad, la información no puede verificarse probando el propio producto. Para ser creíbles, las etiquetas sociales y ecológicas requieren un control continuo de los lugares de trabajo efectuado con arreglo a normas acordadas.”

Uno de los mecanismos para hacer transparentes los esfuerzos en RSE es mediante el *benchmarking*, o el contraste de tales esfuerzos con otras experiencias o políticas (Graafland, J. J.;Eijffinger, S. C. W. & Smid Johan, H., 2004). La mejor forma de realizar tal comparación es mediante la creación de índices específicos que puedan medir la evolución interna de la empresa en términos objetivos en el tiempo, así como su equivalencia respecto de otras compañías. La publicación de tales indicadores habría de poder reforzar la reputación de la empresa e incrementar sus ventajas competitivas. La simplicidad y la sistematización son dos de las principales aportaciones de un sistema de indicadores, ya que hace posible juzgar el desempeño de la RSE en el tiempo a través de unos pocos índices, y ello es indudablemente una ventaja para que los agentes sociales puedan disponer de una perspectiva más clara y objetiva en sus actuaciones.

Autores como Epstein & Roy (2003) proponen algunas acciones para implementar los principios de sostenibilidad en el marco de la RSE. En particular, sobre transparencia, recomiendan:

1. Establecer las metas de responsabilidades empresariales a través de evidencias objetivas

2. Informar a los trabajadores y otros *stakeholders* sobre cualquier no conformidad material y significativa respecto de las políticas corporativas y los resultados de las auditorías y análisis internos
3. Proveer información que sea relevante para alcanzar los objetivos futuros de la compañía
4. Otorgar información adecuada y precisa sobre operaciones manuales. En particular, se otorgan las advertencias apropiadas, las características de los ingredientes y explicación del uso adecuado de los materiales
5. Implementación de sistemas para evaluar la calidad y cantidad de la información. Los desvelamientos de información, sea esta voluntaria o reglamentaria habrían de ser siempre en formatos y lenguajes que permitan una comunicación clara y comprensible por el grupo de *stakeholders*.

¿Cómo puede la organización responder de forma coherente a este escrutinio externo? ¿Cómo puede informar sobre sus acciones en las dimensiones sociales, de forma objetiva y centrada en sus objetivos? La pregunta debe hacerse desde la perspectiva de cómo la empresa puede exhibir sus resultados, para lo cual existen tres mecanismos complementarios. El primero, es el conocido mecanismo de normalización o de certificación. Luego está el mecanismo de los informes periódicos, sean memorias o documentos que se ciñen a una estructura predefinida. Por último está el mecanismo de la declaración pública de principios y acciones.

La normalización y certificación

Una de las estrategias que están siendo adoptadas para poder informar del estado de los sistemas de la organización, es el del modelo de certificación o de contraste respecto a una norma o estándar de referencia. Esta estrategia ha venido cobrando fuerza desde el surgimiento de la necesidad por parte de las empresas de que se otorgase una certificación independiente sobre su adecuación a estándares de calidad, partiendo de las conocidas normas ISO 9000. El mercado reaccionó rápidamente de forma positiva y hoy es difícil, por no decir imposible, competir con éxito en ciertos mercados sin una certificación en materia de calidad.

Tanto las presiones sociales, como los propios elementos que se comenzaron a entender alrededor del concepto de calidad, provocaron la aparición de una necesidad similar de certificación de los sistemas de gestión medioambientales. Los modelos de certificación tendieron rápidamente a que también fuese una entidad externa la que evaluase el nivel de adecuación a este estándar, y es en este sentido que está siendo ampliamente adoptado el modelo propuesto por la norma ISO 14001 de Medio Ambiente y, EMAS (Sistema Comunitario de Gestión y Auditorías Medioambientales) a nivel europeo, este último con un mayor compromiso de mejora continua y de transparencia ante la sociedad, al exigir la publicación de una declaración medioambiental.

Lo mismo ha estado ocurriendo respecto de los sistemas de prevención de riesgos laborales, tanto a nivel reglamentario como a través de la especificación OHSAS 18001. Esta última, de aplicación voluntaria como las otras normas internacionales, ha sido aprobada por organismos de normalización de diferentes países (AENOR en España). Su actualización más reciente es del año 2007, avanzándose con ella en el proceso de integración.

La realidad de las empresas en su posibilidad de certificación es muy variada, tanto por su tamaño como por su

complejidad, así como por el coste que el proceso pueda llegar a significar. Tampoco hay que ver en la certificación la garantía de la Calidad (en mayúsculas), algo propio de una filosofía de vida y de comportamientos en todos los ámbitos de la empresa. Se trata del cumplimiento de unos determinados requisitos mínimos en determinados procedimientos que se suponen claves. Habría que velar desde las entidades certificadoras y los órganos que controlan la calidad de sus actuaciones, que la certificación no sea vista por los empresarios como algo superficial y de mera fachada para estar en el mercado.

Sin embargo, la evolución de lo que se conoce como integración de los sistemas de gestión ha continuado avanzando con directrices facilitadoras de la unificación. Al respecto se dispone en España de la norma UNE 66177:2005 sobre Integración de Sistemas. No obstante, a pesar de las ventajas de los sistemas integrados de gestión, es importante que mantengan su identidad, especialmente por el carácter reglamentario que ampara en su origen al sistema de prevención de riesgos laborales.

Sumado a lo anterior, las organizaciones se están enfrentando a la necesidad de incluir en tales esquemas de certificación elementos que escapan al alcance de las materias de calidad, medioambientales o de condiciones de trabajo, y que se inscriben en un mayor alcance social del quehacer organizacional. Esto es lo que se ha venido denominando Responsabilidad Social Empresarial, RSE, para lo cual se han elaborado una diversidad de modelos, tanto a nivel local como internacional, que permitan certificar que las decisiones y acciones de la empresa consideran ciertas características mínimas. Sin embargo, no existe en la actualidad un único sistema de certificación. Hay que citar en España la mayor aplicación de la norma SA 8000:2001 y la SGE 21:2005 de Forética (Foro para la Evaluación de la Gestión Ética), ambas certificables. La primera, es una norma global sobre el comportamiento ético empresarial, de origen norteamericano. Cuenta en la actualidad con cerca de 1000 organizaciones certificadas en más de 40 países, e integra en su modelo la revisión de elementos que relacionan de un modo casi natural los principios de derechos humanos y del trabajo reconocidos internacionalmente, en diversos criterios: Trabajo infantil, Libertad de Asociación y Derecho a Negociación Colectiva, Discriminación, Horarios Laborales, Remuneración, Sistemas de Gestión, Planificación, Control de subcontratas y proveedores, y Comunicación. En este último párrafo, la norma establece como criterio que "La compañía establecerá y mantendrá procedimientos para comunicar regularmente a todas las partes interesadas datos y otra información relativa al cumplimiento de los requerimientos de este documento. Entre otros aspectos, esta información incluirá detalle de los resultados de las revisiones realizadas por la administración de la empresa y de las actividades de monitoreo." (Social Accountability International, 2001). Por su parte, la norma española SGE 21: 2005, para la evaluación de la gestión ética y socialmente responsable en las organizaciones, se estructura en 9 Áreas de Gestión y cada una de ellas en los valores éticos aplicables. Tiene su origen en el año 1999, en donde un amplio número de profesionales, empresas, académicos y ONG crearon un Foro multidisciplinar, donde todos sus socios colaboran en el fomento de una gestión responsable. Es necesario señalar que se encuentra aún en elaboración el estándar ISO 26000 sobre RSE, que está previsto ser publicado en forma de guía no certificable en el año 2010. También el Parlamento español ha promovido el desarrollo voluntario de esta materia.

Las memorias anuales

Otro mecanismo de transparencia frente al escrutinio externo de los procesos y resultados corporativos corresponde a la elaboración de informes periódicos o memorias AI principio se ha estado centrando mayormente en el ámbito medioambiental.

La empresa es un ente creador de valor. Es necesario rescatar que no sólo crea valor económico, sino que lo hace en las tres dimensiones conocidas como "Las tres P" o la "Triple P Bottom Line": *Profit* (Beneficio y su contribución al desarrollo), *People* (Personas y su dimensión social), *Planet* (Planeta y su dimensión ecológica). La auditoría por un ente independiente y solvente de tal informe integrador es vital para garantizar su credibilidad.

El *Global Reporting Initiative*, GRI (en su versión del 2006 conocida como G3), es el modelo que está implantándose de manera generalizada. Se trata de un conjunto de pautas para la publicación de memorias corporativas, entendiéndolas como balances socioeconómicos. Aunque no es en sí una declaración de principios, ni un código deontológico, tiene la ventaja de que ofrece una metodología que facilita la estructuración de la información apuntando a una mejora en los procesos de toma de decisiones. En tal sentido, demanda la adecuación de los sistemas a estándares específicos. Así, las memorias que se desarrollen en este esquema comportan el desarrollo de indicadores y la comunicación específica frente a protocolos técnicos y elementos de sostenibilidad.

Las declaraciones públicas

Por último, una tercera estrategia para poder informar o hacer transparente la acción empresarial hace referencia a las declaraciones públicas o compromisos de políticas en determinados ámbitos. Aunque esto puede entenderse desde la perspectiva de la planificación estratégica y por lo tanto, como elemento esencial de todo sistema de gestión, es importante considerar que para algunas organizaciones el compromiso con determinadas declaraciones puede transformarse en un activo que trasciende la estrategia corporativa y se transforma en un capital a gestionar.

Dentro de los esquemas de Responsabilidad Social Empresarial, cabe destacar el *Global Compact*, iniciativa del que fuera Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas, Kofi Annan, que establece diez principios (el décimo principio ha sido incorporado más recientemente, haciendo referencia a la corrupción), agrupados en tres marcos: los Derechos Humanos, los Estándares laborales y el Medioambiente (Organización de las Naciones Unidas, 2003). El mecanismo de desarrollo de este pacto, es a través del informe periódico de las organizaciones sobre sus informes financieros, de sostenibilidad, de comunicación y de acción social. En sí, la asunción del Pacto Global por una empresa representa, además de unos compromisos genéricos, la obligación de desarrollar un plan de acción propio para el cumplimiento de objetivos específicos anuales, que se habrán de controlar y poder transmitir a los interlocutores sociales. España es uno de los países con mayor implantación de dicho Pacto.

Cabe mencionar otro tipo de declaraciones públicas como la generada en la industria química a nivel internacional, denominada en nuestro país: "Compromiso de Progreso" (Responsible Care), por el cual, las industrias que lo asumen, a través de sus respectivas asociaciones se comprometen a seguir comportamientos responsables en su actividad, entre ellos los de seguridad y salud en el trabajo y protección del medio ambiente. Para ello

han de generar una información definida y transparente entre las propias empresas y entre éstas y su entorno social.

3. TRANSPARENCIA INTERNA DEL SISTEMA PREVENTIVO

La reglamentación sobre prevención de riesgos laborales encaja dentro de lo que se podría denominar la transparencia “regulada”, ya que se obliga a transmitir por parte de las empresas información específica a grupos de interés determinados, como los trabajadores, las empresas colaboradoras, proveedores o subcontratas y a la autoridad laboral, por destacar a los más significativos. En el caso de la reglamentación sobre accidentes graves emanada de la Directiva 96/82/EC (Seveso II), las exigencias de transparencia son aún mayores en algunos aspectos, ya que las empresas afectadas por el uso de un volumen de determinadas sustancias químicas peligrosas deben elaborar informes de seguridad y planes de emergencia de acuerdo a unos requisitos establecidos, demostrando haber adoptado las medidas de seguridad necesarias y entregárselos a las autoridades competentes para obtener la autorización de la actividad. La transparencia de información se extiende además a los municipios afectados para adecuar la implantación de las instalaciones a los Planes de Ordenación Urbana y coordinar los planes de emergencia.

Veamos en este apartado de manera sintetizada una serie de consideraciones en relación a la optimización de la transparencia en la aplicación de algunos de los elementos más significativos del sistema preventivo, a partir de lo que la reglamentación laboral ya establece. Pero también la proyección externa del sistema preventivo es del todo necesaria, tanto como mecanismo facilitador de la cooperación y coordinación interempresarial, como vía para la difusión de una cultura preventiva en la sociedad, contribuyendo, como no, a mejorar la imagen y reputación de la empresa. Las auditorías reglamentarias o voluntarias de los sistemas preventivos habrían de contribuir internamente a mejorar su eficacia y externamente a proyectar ejemplaridad en este campo.

El diseño del sistema. Los procedimientos

El sistema preventivo está conformado por una serie de elementos clave en tres ámbitos: la organización preventiva, la evaluación de riesgos y la planificación preventiva. Esto con una finalidad esencial, lograr su eficacia a través de una plena integración de la prevención en todas las funciones y actividades empresariales, es decir, en el sistema de gestión empresarial. Las auditorías reglamentarias y voluntarias constituyen otro elemento importante del sistema en vistas a su mejora continua. Dado que el principal destinatario del sistema preventivo son los trabajadores para asegurar sus debidas condiciones de seguridad y salud en el trabajo, es obvia la importancia de la transparencia de las actuaciones en pro de tal objetivo. Esta transparencia debería iniciarse mediante la participación de los trabajadores o de sus representantes en el propio diseño del sistema, así como en su seguimiento y control.

La reglamentación incide esencialmente en la “información y consulta a los trabajadores” de las principales acciones preventivas (evaluación de riesgos, planificación, formación, auditorías, etc.), así como de sus resultados, como principales mecanismos de transparencia del sistema. Además, los órganos formales de la prevención, representativos de los trabajadores, delegados de Pre-

vencción y Comités de Seguridad y Salud en el trabajo, tienen derechos a participar en la acción preventiva y a ser informados y consultados de manera especial.

Dadas las dificultades que puedan generarse en tal proceso de información y consulta es necesario disponer de procedimientos documentados para que la transparencia se produzca en los términos deseados y acordados. Tengamos en cuenta que los procedimientos son elementos indispensables para lograr nuevos hábitos en las actuaciones esperadas y más cuando en el proceso intervienen varias personas de unidades diferentes de la organización. Los registros correspondientes serán los garantes de que se ha realizado lo demandado. Pero los procedimientos por sí mismos no garantizan que lo realizado se ha hecho de manera óptima. En materia de prevención de riesgos laborales, dada la especial incidencia perseguida sobre los comportamientos, es necesario cuidar los aspectos emocionales de la comunicación. Aunque estén bien diseñados formalmente, los procedimientos son sólo los instrumentos para una finalidad deseada, debiendo aplicarse a través de una participación activa y comprometida, no rutinaria, y apoyada en la mayoría de ocasiones de una comunicación oral. Ésta última suele ser la mejor manera de transmitir lo que realmente se quiere, logrando que la percepción sea la esperada.

El plan de prevención

Según establece el Cap. I Art. 2 del Reglamento de Servicios de Prevención, “el Plan de Prevención es la herramienta a través de la cual se integra la actividad preventiva de la empresa en su sistema general de gestión”. Debiendo ser “conocido por todos sus trabajadores”. Constituye un documento esencial del sistema que recoge de manera descriptiva y sintetizada sus principales elementos. En base a esto, los representantes de los trabajadores debieran participar en la elaboración del Plan. Con dificultad habrá de aceptarse algo que afecta y en lo que no se ha participado. Una vez aprobado, el Plan debiera llegar a los trabajadores de una manera directa y personalizada. Poco útil será ponerlo simplemente a disposición de los trabajadores en un lugar determinado. Así, debiera llegar a manos de los trabajadores mediante documento escrito o accesible informáticamente, dotado de sencillez, claridad y valor pedagógico para ser fácilmente asumido. Pero, debe ir acompañado de las explicaciones necesarias por parte de la dirección o mandos directos. Con ello se generará el compromiso necesario por ambas partes: mandos y trabajadores, y se pondrá a su disposición un mecanismo de compromiso mutuo y autocontrol. De la misma manera, la Memoria anual de lo realizado debiera también estar a disposición de todos los trabajadores de manera ágil.

La evaluación de riesgos y la planificación preventiva

La evaluación de riesgos y la planificación preventiva son los dos instrumentos fundamentales para el desarrollo del Plan de Prevención. La evaluación de riesgos debe ser realizada considerando las opiniones del personal afectado por los diferentes riesgos, habida cuenta que suelen ser quienes mejor conocen las circunstancias en que realizan su trabajo y los efectos adversos del mismo. Por ello, la comunicación entre evaluadores y personal afectado por la evaluación debe ser lo suficientemente ágil y transparente. Habida cuenta de que la evaluación de riesgos debe ser revisada y actualizada ante determinadas situaciones, es necesario que los responsa-

bles de las unidades afectadas lo sepan y actúen en consecuencia poniéndolo en conocimiento de quienes deban efectuar la nueva evaluación. En empresas medianas o grandes puede ser necesario un procedimiento documental al respecto.

La planificación preventiva, fruto de la evaluación de riesgos, representa la fijación de medidas preventivas a implantar por las personas responsables en los plazos debidos, así como de las actividades preventivas de información, formación y de control. Como en todo proceso de planificación es necesaria la existencia de los correspondientes cronogramas para el seguimiento y control de las actuaciones a realizar, teniendo conocimiento, tanto el personal afectado por las mejoras como los encargados de ejecutarlas, de los resultados. El Servicio de Prevención debiera cuidar de establecer los mecanismos adecuados al respecto, tanto sobre los cometidos realizados como sobre sus logros. La implantación de cualquier actividad preventiva requiere de un cuidado proceso por etapas. Se inicia con el diseño y elaboración del procedimiento a seguir, con la información y consulta a los representantes de los trabajadores y la conveniente participación del personal afectado, su aprobación y posterior validación y divulgación, para proceder finalmente a su implantación tras las correspondientes acciones informativas y formativas. La transparencia debe formar parte de todas estas etapas para lograr la plena asunción de todos los procedimientos preventivos por todo el personal implicado, los cuales deben estar, igualmente que el Plan, accesibles a sus usuarios en un lugar próximo y fácilmente identificable.

La información y formación de los trabajadores

Constituyen actividades esenciales para que los comportamientos sean en todo momento los debidos. Para garantizar que tales acciones sean acordes a lo establecido en un marco de transparencia, es muy recomendable que la información de los riesgos y las medidas preventivas y la formación, sean realizadas con la implicación de los mandos, como una función preventiva propia de su cargo. Difícilmente éstos podrán controlar el cumplimiento de medidas preventivas y con ello asumir el nivel de integración de la prevención que la propia reglamentación establece si no participan tanto en el proceso informativo como formativo de sus trabajadores. La disposición de fichas resumen por puesto de trabajo o tareas de los principales riesgos y medidas preventivas a adoptar facilitará tal cometido a los mandos y al mismo tiempo habrá de permitir que tales documentos sean localizados en lugar visible y determinado, de la misma forma que otros instructivos de calidad del trabajo.

El flujo de información debe ser bidireccional. Los mandos tienen cometidos clave a realizar, pero los trabajadores tienen también mucho que aportar. No deben existir reparos a que los trabajadores comuniquen peligros y situaciones deficitarias en la empresa, sino todo lo con-

trario. Son verdaderas oportunidades de mejora que se deben estimular, generando un clima de transparencia y confianza.

En cuanto a la formación, cabe destacar la necesidad de que sea una acción planificada, en la que se determinen las necesidades, y el propio proceso se realice de acuerdo a los requisitos establecidos, evaluándose la eficacia de lo realizado. Debiera existir un mecanismo de acreditación interna, bien conocido por todo el personal que pudiera verse afectado para la utilización de equipos de trabajo que encierren peligros o la realización de tareas también consideradas peligrosas, que garantice que el personal dispone de la formación necesaria. La transparencia de información unida a los procedimientos documentales ayudará enormemente a cumplir lo establecido. Las instrucciones escritas de trabajo, como apoyo de las acciones formativas y a su vez como recordatorios, son también un instrumento valioso para una mejor eficacia docente en el desarrollo de tareas peligrosas, especialmente cuando éstas sean complejas u ocasionales. El propio trabajo y las actividades preventivas asociadas (investigación de incidentes-accidentes, revisiones periódicas, etc.) debieran contribuir al aprendizaje continuado en el lugar de trabajo. Por ello, es vital que se genere el marco de comunicación y diálogo entre mandos y trabajadores. Los mandos, con el nivel de competencia necesario, han de entender que asumir la formación de sus trabajadores, no es solo una obligación; es también la mejor manera de reforzar su liderazgo.

Las auditorías del sistema

Las auditorías voluntarias y reglamentarias son un elemento imprescindible para consolidar un sistema que como tal debe estar basado en la mejora continua. Si bien es cierto que la auditoría del sistema representa un coste para la empresa, ya que requiere la dedicación puntual de personal competente, dotado de la independencia necesaria, no deja de ser la única garantía de que las actuaciones e inversiones preventivas se aplican correctamente y son eficaces. En realidad, la exigencia de auditorías en nuestro marco reglamentario de prevención está plenamente inspirada en los sistemas de calidad. Además, al haber estado mayormente en manos de los Servicios de Prevención Ajenos (SPA), el desarrollo de la Prevención en nuestro país en empresas pequeñas y medianas, la incorporación de las auditorías para verificar la integración de la prevención como una obligación de éstos, así como las auditorías reglamentarias como una obligación de las entidades acreditadas independientes de los SPA, son actuaciones indispensables para evaluar y con ello lograr la eficacia demandada. La importancia de tales actividades requiere que estén dotadas de total transparencia, partiendo de la información y consulta a los representantes de los trabajadores, su participación en el proceso y la comunicación de resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BESTRATÉN, M., BENITA M.R.
Nivel de «Salud» y calidad de la empresa - el modelo de auditoría EFQM actualizado
NTP-556. Notas Técnicas de Prevención. Barcelona. INSHT. 2003
- (2) BESTRATÉN, M., PUJOL, L.
Responsabilidad Social de las Empresas
NTP-643 y NTP-644. Notas Técnicas de Prevención. Barcelona. INSHT. 2004

- (3) BRIGHAM, E.F., GAPENSKI L.C., EHRHARDT M.C.
Financial Management: Theory and Practice
9th edn, Orlando, FL.: Dryden Press. (1999).
- (4) COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS
Libro Verde: Fomentar un marco europeo para la responsabilidad social de las empresas. (2001).
http://ec.europa.eu/employment_social/soc-dial/csr/pdf/098-ACA_GESES_Spain_020108_es.pdf
- (5) EPSTEIN, M.J., ROY M.J.
Improving Sustainability Performance: Specifying, Implementing and Measuring Key Principles
Journal of General Management 29:1, 15. (2003).
- (6) GARCÍA-MARZÁ, D.
Ética Empresarial: Del diálogo a la confianza
Madrid: Trotta. (2004).
- (7) GLOBAL REPORTING INITIATIVE. (2002).
Sustainability Reporting Guidelines
http://www.epeat.net/Docs/GRI_guidelines.pdf
- (8) GRAAFLAND, J.J., EIJJFINGER S.C.W., SMIDJOHAN H.
Benchmarking of Corporate Social Responsibility: Methodological Problems and Robustness.
Journal of Business Ethics 53:1, 137-52. (2004).
- (9) HILL, R.P., STEPHENS D., SMITH I. (2003).
Corporate Social Responsibility: An examination of individual firm behavior
Business and Society Review 108:2 339-64.
- (10) PUJOL, L., BESTRATÉN, M.
Condiciones de trabajo y códigos de conducta
NTP-693. Notas Técnicas de Prevención. Barcelona. INSHT. 2006
- (11) RONDINELLI, D., BERRY M. (2000).
Citizenship in Multinational Corporations: Social Responsibility and Sustainable Development
European Management Journal 18:1 70-80.
- (12) SOCIAL ACCOUNTABILITY INTERNATIONAL. (2001).
Social Accountability 8000 Standard (SA8000)
<http://www.oei.es/salactsi/rtsc8000.pdf>
- (13) STEGER, U. (2000).
Environmental Management Systems: Empirical Evidence and Further Perspectives
European Management Journal 18:1 23-37.
- (14) VYHMEISTER BASTIDAS, RICARDO (2005)
Transparencia y condiciones de trabajo. Trabajo final del Máster de Prevención de Riesgos Laborales.
Universidad Politécnica de Catalunya.

Cementos óseos: prevención de la exposición a sus componentes durante su preparación

Ciments osseux: prévention de l'exposition à leurs composants pendant sa préparation
Orthopaedic bone cements: exposure's prevention to their components during its preparation

Redactoras:

M. Gracia Rosell Farrás
Ingeniero Técnico Químico

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

M. José Méndez Liz
Licenciada en Ciencias Químicas
SERVICIO DE PREVENCIÓN DEL
HOSPITAL CLÍNIC DE BARCELONA

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El llamado "cemento óseo protésico" que se utiliza en ortopedia y odontología es una resina acrílica cuya función es asegurar la fijación de la prótesis al tejido óseo receptor. Son utilizados en operaciones tales como el reemplazo de cadera, de rodilla y de hombro, en vertebroplastia y prótesis dental, para llenar los espacios entre el metal de la prótesis y la cavidad que ha sido preparada para su inserción. En el mercado hay cementos con diferentes presentaciones, de 20 g, 40 g, 50 g y 60 g y viscosidades, alta, baja y extra-baja, la elección de las cuales depende del tipo

de aplicación. Su composición puede variar en función del tipo de cemento. En la Tabla 1 se detallan sus componentes principales.

El cemento óseo se prepara a partir de dos componentes, un líquido que contiene el monómero y el polímero en polvo, que comercialmente pueden presentarse en diferentes formatos.

En la presente nota técnica de prevención se describen los principales riesgos asociados a la exposición a metacrilato de metilo, componente mayoritario y más volátil, durante la aplicación de los cementos óseos (ver tabla 2), el procedimiento para su determinación ambien-

LÍQUIDO	POLVO
Metacrilato de metilo: monómero (98 %)	Polimetilmetacrilato: polímero
Dimetil-p-toluidina: agente acelerador de la reacción necesario para que la mezcla se produzca en un tiempo adecuado (1,5%)	Peróxido de benzoilo: agente catalizador; altera o retarda la velocidad de reacción
Hidroquinona: inhibidor de la reacción; estabiliza la mezcla (0,0075%)	Sulfato de bario: componente que permite la radiopacidad del cemento

Tabla 1. Composición del cemento óseo

PROPIEDADES Y UNIDADES	VALORES
Nº CAS (Chemical Abstract Service Number)	80-62-6
Estado físico	Líquido incoloro
Punto ebullición, °C	100
Densidad, g/ml, a 20 °C	0,944
Presión de vapor, mm Hg a 20°C	29
Olor	Acre, afrutado
Nivel olfativo, ppm (mg/m ³)	0,049 (0,2)
Peso molecular, g/mol	100,1
Fórmula	CH ₂ = C(CH ₃)-COOCH ₃

Tabla 2. Propiedades físico químicas y otras informaciones del metacrilato de metilo

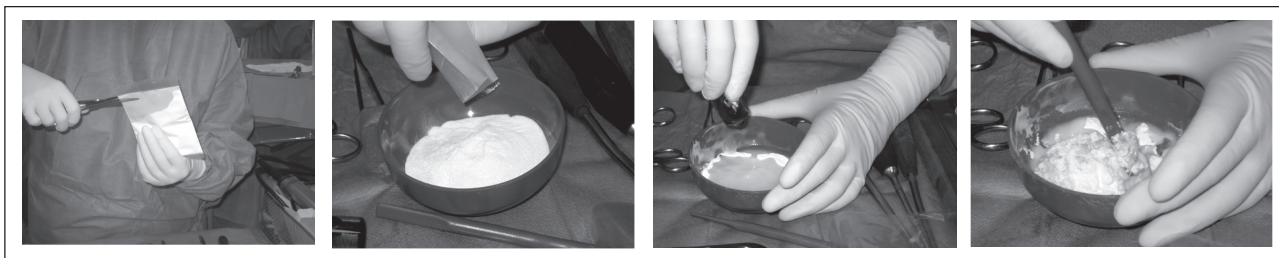


Figura 1. Procedimiento de preparación en abierto

tal, las medidas preventivas a tomar para su eliminación o minimización y los equipos de protección adecuados. También se detallan los riesgos asociados a otros componentes del cemento.

2. MANIPULACIÓN Y TÉCNICAS DE PREPARACIÓN DEL CEMENTO ÓSEO

La preparación del cemento consiste en mezclar los dos componentes produciéndose una reacción de polimerización exotérmica con un desprendimiento de calor importante que puede llegar a alcanzar los 100 °C en el centro de la masa del polímero. Es, por tanto, durante este proceso cuando se generan una mayor cantidad de vapores potencialmente tóxicos y nocivos que pueden ser inhalados directamente por el instrumentista y demás personal presente en el quirófano, si no se toman las medidas adecuadas.

Existen diferentes sistemas para la preparación de estos cementos: recipientes abiertos, sistemas diseñados para el control de emisiones cuando se realiza la mezcla y el proceso de fraguado y sistemas cerrados que permiten el control de emisiones durante toda la manipulación de los componentes.

En el primer caso la preparación se realiza de forma manual mediante un recipiente mezclador abierto y una espátula. Los componentes del cemento se añaden al recipiente y se mezclan sin ningún tipo de tapa, cierre u otra precaución (figura 1).

En el segundo caso, el control de los vapores durante la mezcla y fraguado del cemento se realiza mediante un recipiente que dispone de conexión al vacío para evacuar el volumen de aire del sistema durante la mezcla y fraguado. El sistema dispone de una tapa con una pala mezcladora y manivela. Los componentes del cemento se añaden al recipiente, se cierra con la tapa y se conecta al vacío y el cemento se mezcla dentro del recipiente girando la manivela (figura 2). Existe también un modelo de aplicación en sistema cerrado, empleando una jeringa o pistola (figura 3).



Figura 2. Sistema con evacuación de gases



Figura 3. Aplicación sistema cerrado (pistola)

El sistema cerrado permite la mezcla de los 2 componentes sin emisión de vapores.

La duración total del proceso es de alrededor de 15 minutos. El procedimiento a seguir viene determinado por el tipo de aplicación y el criterio del traumatólogo, así como de la temperatura ambiental del quirófano y de la forma de almacenamiento del cemento.

3. EFECTOS TÓXICOS Y PERSONAL EXPUESTO

El metacrilato de metilo es una sustancia irritante para el sistema respiratorio y a concentraciones elevadas puede provocar irritación de las vías inhalatorias, mareos, cefaleas y efectos anestésicos. Es también irritante para los ojos y sensibilizante para la piel. El efecto más citado de la exposición repetida es el narcótico (anestésico), así como el de la irritación ocular si las concentraciones son elevadas. Si el componente líquido entra en contacto con ellos hay que lavarlos con abundante agua. También pueden presentar una reacción adversa con las lentes de contacto.

La aparición de dermatitis de contacto en individuos sensibles no es rara. No están descritos efectos cancerígenos, teratógenos, mutagénicos ni de toxicidad reproductiva.

Están expuestos a metacrilato de metilo cirujanos, enfermeras y demás personal de los quirófanos de traumatología y especialmente la persona que realiza la preparación del cemento óseo.

4. CLASIFICACIÓN Y VALORES LÍMITE AMBIENTALES

El metacrilato de metilo está considerado (Real Decreto 363/1995) tiene asociadas las frases R 11-37/38-43 que indican que es un producto fácilmente inflamable, irritante de las vías respiratorias y la piel y posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

Los límites de exposición profesional para agentes químicos en España del año 2008 le asignan al metacrilato de metilo un VLA-ED de 50 ppm (208 mg/m³) y un VLA-EC de 100 ppm (416 mg/m³) con la notación **sen** de sensibilizante cutáneo.

5. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

La determinación de metacrilato de metilo en aire puede llevarse a cabo mediante tubos adsorbentes que permiten medir la concentración existente en el margen de los valores habituales. En la tabla 3 se describen las características de diferentes métodos.

MÉTODO	NIOSH, N° 2537	OSHA, N° 94	TUBO DETECTOR DRÄGER METACRILATO 5/A
Captador (cantidad)	XAD-2 (400 mg/200 mg).	Carbón activo (coco)	Resina+Pd-complejo de molibdato
Toma de muestra	Bomba personal	Bomba personal	0.4 L/min. ^B
Inhibidor	Hielo seco	4-ter-butilcatecol	NP
Caudal, L/min	0,01 a 0,05		NP
Volumen, L, min/max	1L (100 ppm) / 8 L		
Desorción	Sulfuro de carbono	Tolueno	
Técnica analítica	CG con FID ^A	CG con FID ^A	Reacción colorimétrica amarillo → azul
Columna	Capilar, de sílice fundida 35% difenil-65% dimetil polisiloxano o equivalente de 30m x 0,53 mm DI, 3 µm de espesor de capa.	Capilar SPB-1 de 60m x 0,32 mm DI y 4 µm de espesor de capa	
Temp. Inyección °C	250	250	
Temp. Detector °C	300	300	
Temp. Columna °C	100	100	
Exactitud, %	± 12,6	±5,8	No descrita
Límite de detección, mg	0,01	0,02	No descrito
Margen de trabajo, mg/m ³	193 a 725	No descrito	30,8 a 615

^A CG con FID, cromatógrafo de gases equipado con un detector de ionización de llama

^B El fabricante indica un volumen total de aire de 20 emboladas a 0,1 L/embolada, lo cual requiere un tiempo aproximado de 5 minutos por muestreo y equivale a un caudal promedio de 0,4 L/min.

Tabla 3. Métodos para la determinación de metacrilato de metilo en aire

6. NIVELES DE CONTAMINACIÓN

En determinaciones de metacrilato de metilo realizadas por el INSHT en diferentes quirófanos de traumatología siguiendo el método analítico NIOSH, n° 2537 se han determinado concentraciones entre 0,5 y 2,5 mg/m³ (0,1 y 0.6 ppm) en muestras ambientales alejadas del lugar de la preparación del cemento, y concentraciones entre 1,50 y 200 mg/m³ (0,4 y 50 ppm) en muestras personales tomadas al instrumentista del quirófano. El tiempo de toma de muestras fue de 15 minutos, que es el tiempo que dura aproximadamente la preparación del cemento. Estos resultados indican, como es lógico, que la persona que realiza la preparación del cemento es la más expuesta.

7. MEDIDAS PARA PREVENIR LA EXPOSICIÓN

El metacrilato de metilo es volátil e inflamable. El quirófano debe tener ventilación apropiada y el componente líquido y sus vapores no deben quedar expuestos a las llamas abiertas.

Medidas preventivas de tipo general y colectivo

1. Utilizar preferentemente sistemas de preparación cerrados.
2. Disponer de protocolos de trabajo seguros, que minimicen la evaporación del metacrilato. Por ejemplo, durante la preparación en abierto colocar en el recipiente primero el polvo y a continuación el líquido.
3. Colocar un sistema de extracción localizada lo más cerca posible de la zona de preparación.

4. Llevar a cabo un control periódico de la ventilación del quirófano.

5. Realizar una gestión adecuada de los residuos, colocándolos en bolsas cerradas para evitar la evaporación del metacrilato residual (figura 4).



Figura 4. Recogida de residuos

Medidas de protección personal

1. Gafas protectoras de montura integral que ofrezcan protección frente a salpicaduras, polvo y aerosoles.
2. Guantes adecuados. Los más recomendables son los de nitrilo. En caso de que se utilice doble guante de látex, se recomienda cambiarlos una vez realizada la preparación.
3. Mascarilla respiratoria con filtro adecuado para disolventes orgánicos y materia particulada.
4. El personal que lleve lentes de contacto no debe estar cerca ni implicado en la preparación del cemento óseo.

Medidas a tomar en caso de liberación accidental

1. Absorber la sustancia derramada con material absorbente (sólido o tejido) y eliminarlo siguiendo las ins-

trucciones existentes sobre gestión de residuos del hospital.

2. Lavar el lugar del derrame con agua y detergente.
3. En caso de contacto con la piel y ojos lavar con agua abundante.

8. OTROS COMPONENTES DE LOS CEMENTOS ÓSEOS

El cemento óseo, tal como se muestra en la tabla 2, además del metacrilato de metilo, lleva otros componentes que, aunque se encuentran a concentraciones mucho más bajas, el trabajador también puede estar expuesto. Los que por sus características y toxicidad requieren especial atención se detallan a continuación.

Hidroquinona (nº CAS 123-31-9)

Su concentración en el componente líquido es aproximadamente del 0,002%. Los límites de exposición profesio-

nal para agentes químicos en España del año 2008 asignan a la hidroquinona un VLA-ED de 2mg/m³ con la notación **sen** de sensibilizante cutáneo.

Peróxido de benzoilo (nº CAS 94-36-0)

Es un componente del polvo de los cementos óseos. No tiene asignado un valor límite de exposición profesional. Por inhalación puede producir tos y dolor de garganta, y, caso de contacto, enrojecimiento de la piel y ojos. El contacto prolongado puede producir sensibilización de la piel.

Medidas de protección

Dado el bajo nivel de concentración de estas sustancias en el cemento óseo y que el tiempo de exposición es corto (15 minutos) se considera que las medidas que se consideran adecuadas para la prevención de la exposición a metacrilato de metilo también lo son para el control del riesgo a estas sustancias.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) NIOSH
Manual of Analytical Methods, 4th ed., Cincinnati Ohio 2003
Methyl and ethyl methacrylate: Method 2537
- (2) OSHA
Analytical Methods Manual 2nd ed. Salt Lake City UT, 1990
Methyl and ethyl methacrylate. Method 94
- (3) LESLIE J. UNGERS, et al.
Comparison of Sampling and Analytical Methods Used During the Preparation of Methyl Methacrylate Bone Cements.
Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2006, **3**: 351-357
- (4) LESLIE J. UNGERS, et al.
Control of methyl methacrylate during of preparation of orthopedic bone cements.
Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2007, **4**: 272-280

NOTA:

Se agradece la colaboración y asesoramiento del Equipo de Enfermeras Quirúrgicas de los Quirófanos de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital Clínico de Barcelona en la elaboración esta NTP.

Riesgo biológico: prevención de accidentes por lesión cutánea

Risque biologique: prevention d'accidents par blessure cutané
Biological risk: prevention of accidents by cutaneous injury

Redactoras:

Angelina Constans Aubert
Ingeniero Técnico Químico

Rosa M^a Alonso Espadalé
Lda. en Ciencias Biológicas

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

El objetivo de esta NTP es facilitar información relacionada con los dispositivos de seguridad, distintas técnicas y procedimientos de trabajo a los trabajadores sanitarios que puedan estar expuestos a pinchazos por agujas u otros instrumentos cortopunzantes, con el fin de evitar el contagio de enfermedades infecciosas producidas por patógenos contenidos principalmente en la sangre.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El riesgo biológico es uno de los más frecuentes al que se ve sometido el personal sanitario por lo que es de vital importancia minimizarlo estableciendo medidas de protección tanto colectivas como individuales, además de procedimientos de trabajo adecuados. Dentro de estos riesgos, las lesiones producidas por agujas u otros elementos punzantes (pinchazos, cortes, rasguños, etc.) son los que producen mayor preocupación entre el colectivo afectado. Este tipo de lesiones pueden provocar infecciones graves e incluso mortales por contagio de los patógenos contenidos en la sangre, como son: el virus de la hepatitis B (VHB), el virus de la hepatitis C (VHC) o el virus de la inmunodeficiencia humana adquirida (VIH), el virus que causa el SIDA. El VHB es el causante de la infección más común transmitida por sangre y la única de las tres infecciones virales citadas, para la cual existe vacuna. La exposición laboral a los patógenos contenidos en la sangre debido a los accidentes es un serio problema, aunque evitable en muchas ocasiones.

Como exposiciones accidentales a agentes biológicos, se incluyen todos los accidentes en los que se ha producido una inoculación de sangre o de otros líquidos biológicos durante el trabajo, ya sea en forma de inoculación percutánea a través de pinchazos o cortes, en contacto con mucosas, con piel dañada o no intacta.

Hay que tener en cuenta que la mayoría de exposiciones no ocasionan una infección ya que el riesgo de la cual depende de varios factores como los que se citan a continuación:

- El patógeno implicado.
- El tipo de exposición.
- La cantidad de sangre de la exposición.
- La cantidad de virus contenido en la sangre en el momento de la exposición.

El riesgo de transmisión después de un accidente varía según sea el tipo de virus:

- Para el VHB si el paciente fuente es Hepatitis B antígeno de superficie (HBsAg)-positivo y Hepatitis Be antígeno (HBeAg)-positivo, el riesgo de transmisión varía entre 37%-62%. Si el paciente fuente es (HBsAg)-positivo y (HBeAg)-negativo el riesgo de transmisión varía entre 23%-37%.
- Si el paciente fuente es VHC positivo, el riesgo de transmisión es aproximadamente 1.8% (rango 0%-7%).
- Si el paciente fuente es VIH positivo, el riesgo de transmisión es aproximadamente 0.3% después de exposición percutánea y 0.09% después de exposición a mucosas.

La dirección, los responsables de los distintos servicios o el propio servicio de prevención son los encargados de evaluar el riesgo y adoptar las medidas adecuadas para minimizarlo. En primer lugar, mediante el establecimiento de las Precauciones Estándar (PE), combinación y desarrollo de las Precauciones Universales y las de Aislamiento de Sustancias Corporales. Las PE establecen que toda sangre humana o fluido biológico así como cualquier material que pueda transmitir infección debe considerarse infeccioso. Debido a que todos los pacientes pueden ser potenciales portadores de patologías que se transmiten por vía parenteral, las PE deben aplicarse ante cualquier tipo de paciente, en todo momento y en cualquier ámbito de atención de la salud. Las PE consisten en la utilización de equipos de protección individual (guantes, protecciones faciales, etc.), lavado de manos, utilización de contenedores rígidos para material punzante, el seguimiento de un procedimiento normalizado en manipulación de muestras y de un protocolo en la atención de los pacientes.

La prevención primaria es la medida más efectiva para

prevenir las infecciones mencionadas anteriormente, la adopción de las PE, el uso de instrumentos con dispositivos de seguridad y la utilización de protecciones (por ejemplo los guantes), son medidas fundamentales para prevenir el riesgo de infección por pinchazo o corte.

2. MEDIDAS PREVENTIVAS

Cualquier trabajador que esté en contacto con agujas o cualquier instrumento cortopunzante corre el riesgo de lesionarse y entre ellos se incluye el personal de enfermería, los trabajadores de laboratorio, los médicos, el auxiliar de enfermería y los empleados de la limpieza. Los distintos estudios realizados muestran que un 38% de las lesiones percutáneas ocurren durante su uso y un 42% después del mismo y antes de desechar el instrumento.

El medio más efectivo para prevenir la transmisión de patógenos de la sangre es evitar los pinchazos con agujas, el accidente más numeroso, reduciendo al máximo el uso de agujas, utilizando instrumentos con dispositivos de seguridad y mediante la formación del personal en el uso de prácticas seguras para el manejo de las agujas y otros elementos cortopunzantes. Entre las medidas preventivas más importantes a realizar está la evaluación, selección e implementación de dispositivos más seguros.

Aunque se utilizan muchos tipos de agujas y elementos cortopunzantes en la atención de los pacientes, distintos estudios demuestran que sólo algunos tipos están vinculados a la mayor parte de las lesiones, dependiendo en parte del dispositivo y de su diseño. La mayoría de los accidentes ocurren cuando se manipulan agujas huecas o los equipos de extracción compuestos por aguja y tubo de vacío y, sobretudo, cuando las agujas están conectadas a un tubo flexible (tipo mariposa) y las conectadas a tubos intravenosos, a veces difíciles de colocar en el contenedor de residuos a prueba de pinchazos y por ello representan otro tipo de peligro de lesión. También son relevantes los accidentes causados por material quirúrgico y por la rotura de cristales, especialmente en los laboratorios.

Los riesgos se pueden relacionar con las características del instrumento, pero la mayor parte de las lesiones por pinchazos están relacionadas con malas praxis de trabajo como: volver a encapsular las agujas, transferir de un recipiente a otro un fluido corporal (transferir sangre de una jeringa a un tubo) y no eliminar los instrumentos cortopunzantes en un recipiente adecuado. Es evidente que dejar las agujas u otros instrumentos cortantes en el lugar de trabajo pueden producir lesiones.

3. MATERIALES O DISPOSITIVOS DE BIOSEGURIDAD

Como material o dispositivos de bioseguridad se entienden, aquellos equipos e instrumentos que eliminan o disminuyen el riesgo de sufrir una exposición accidental. Los factores que contribuyen a que un dispositivo sea seguro, se resumen brevemente a continuación.

- El equipo no tiene aguja.
- El dispositivo de seguridad forma parte integral del mismo.
- El dispositivo funciona preferiblemente de forma pasiva (no requiere activación por parte del usuario).
- Si es necesaria la activación por parte del usuario, el dispositivo de seguridad debe poderse accionar con

una sola mano, permitiendo que ambas manos estén protegidas de contacto con la parte cortopunzante.

- El usuario puede verificar fácilmente si la función de seguridad está activada mediante un sonido o con un cambio de color.
- La función de seguridad no puede ser desactivada y sigue proporcionando protección, aún después de su desecho.
- El instrumento funciona de manera fiable y en cualquier tamaño.
- El instrumento es práctico y fácil de usar.
- El instrumento permite tratar al paciente de manera efectiva y segura.

La dirección, los responsables de los servicios o el propio servicio de prevención son los encargados de seleccionar el material, valorando los diferentes sistemas de seguridad existentes en el mercado. Es conveniente poder ensayar previamente el material, de cara a escoger el idóneo en cada caso.

Algunos de los instrumentos de seguridad disponibles se comentan a continuación.

Jeringas y equipos de inyección

- *Sin aguja o inyecciones a chorro*, el medicamento se inyecta bajo la piel sin aguja, se usa la fuerza del líquido bajo presión para romper la piel.
- *Aguja retráctil*, se activa con una sola mano tras realizar la inyección, normalmente presionando el émbolo de la jeringa quedando la aguja encerrada dentro la misma jeringa. (Figura 1)



Figura 1. Jeringa con aguja retráctil

- *Funda protectora*, jeringa de seguridad de dos piezas con cubierta protectora, con un cilindro protector de seguridad, dicho cilindro se desliza quedando la aguja completamente cubierta una vez utilizada. (Figura 2)



Figura 2. Jeringa de dos piezas, con cilindro protector de seguridad

- *Protección tipo bisagra*, después de la inyección el mecanismo se activa con una sola mano, presionando hacia delante con el dedo índice o pulgar, toda la aguja queda protegida al quedar cubierta completamente tanto el bisel como el cuerpo de la aguja. El mecanismo de seguridad se confirma con un "clic" y una vez activado es irreversible. (Figura 3)

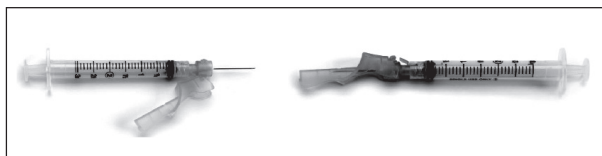


Figura 3. Aguja con protección tipo bisagra

Extracción de sangre

- Para extracción múltiple de sangre, en tubos de vacío, con aguja retráctil, ésta es retirada en el portatubos de aspiración (vacío), después de ser usada. (Figura 4)



Figura 4. Portatubos de vacío con aguja retráctil

- Para extracción múltiple de sangre, en tubos de vacío, con aguja con protección tipo bisagra, descrita en el apartado anterior. (Figura 5)

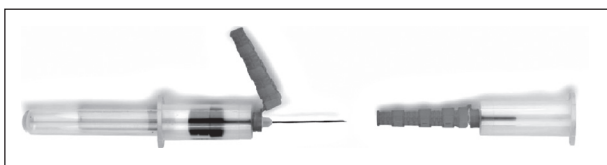


Figura 5. Portatubos de vacío con aguja de seguridad tipo bisagra

- Los equipos de aguja con aletas (palomilla) con dispositivo de seguridad, están diseñados para extracción de sangre en venas difíciles y también para la canalización de vías venosas periféricas. Dispone de un dispositivo de seguridad que es activado por el usuario y protege toda la aguja hasta la punta después de la inserción. Pueden también estar montadas para extracción múltiple en tubos de vacío. (Figura 6)

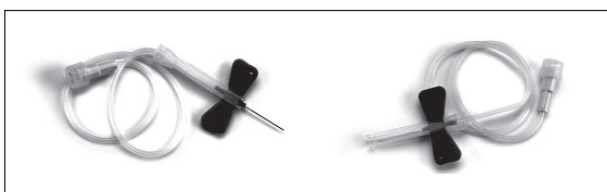


Figura 6. Aguja con aletas con dispositivo de seguridad

- Aguja de extracción de sangre de punta roma, después de ser usada la aguja, una cánula de punta roma avanza automáticamente más allá de la punta de la aguja antes de retirar esta de la vena.

Otros sistemas de seguridad

- Aguja de punta roma, que se utilizan mayoritariamente en la preparación de medicación ya que se ha comprobado que existe un riesgo asociado de punción accidental del personal sanitario al preparar la medicación y cargar la jeringa, las agujas de punta roma se utilizan también en suturas.
- Lanceta para punción capilar con sistema de seguridad tipo retráctil, este tipo de lancetas aumenta la confianza del personal usuario evitando accidentes por pinchazo y su reutilización, reduciendo al mismo tiempo el dolor del paciente.
- Bisturí con dispositivo de seguridad, una vez utiliza-

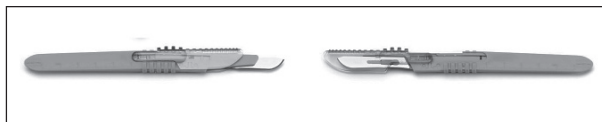


Figura 7. Bisturí con dispositivo de seguridad

do se desliza una cubierta quedando totalmente cubierto y sin poder ser reutilizado. (Figura 7)

- *Catéteres intravenosos periféricos de seguridad.* Catéter intravenoso con un mecanismo que protege la punta de la aguja para evitar punciones accidentales después de la colocación del catéter. El mecanismo de seguridad se activa tras la inserción al extraer la aguja, existen varios sistemas quedando ésta cubierta por un fuelle y la aguja por un protector, otro sistema de seguridad es el de un sistema retráctil.
- *Catéteres sin aguja para sistemas de goteo intravenoso,* ejemplo, cánula sin punta para ser utilizadas en puertos perforados previamente y conectores con válvulas que aceptan tubos intravenosos de extremos cónicos (tipo Luer).
- *Contenedor de objetos punzantes.* Los objetos cortopunzantes se colocarán en contenedores rígidos resistentes a la punción. Los contenedores nunca se llenarán hasta el límite a fin que no sobresalgan dichos objetos.

Las figuras que representan los instrumentos de seguridad son reproducciones de un cartel de soporte del "Workbook for Designing, Implementing, and Evaluating a Sharps Injury Prevention Program" del CDC (Centres for Disease Control and Prevention).

4. MEDIDAS POSTERIORES A UNA EXPOSICIÓN

Una vez que ha ocurrido la exposición hay que realizar la prevención secundaria, a fin de intentar evitar el desarrollo de la infección. Dicha prevención empieza por la limpieza y desinfección de la herida, la profilaxis posexposición, el registro y la notificación del accidente, el estudio serológico del trabajador y del paciente fuente y por último los consejos pertinentes. La finalidad de la prevención secundaria es la de evitar la seroconversión.

Todos los centros sanitarios deben disponer de protocolos escritos de actuación en caso de una exposición de riesgo y de profesionales encargados de la atención urgente del trabajador expuesto. En caso contrario debe establecerse un servicio de referencia e indicarse en el protocolo del centro.

Cuando el paciente fuente es conocido, hay que investigar si en su historial clínico o en sus analíticas recientes existen los resultados de los marcadores de las infecciones por VHB, VHC y VIH. Si no se dispone de esta información hay que realizar, previa autorización, una analítica urgente para determinar si es portador de alguno de estos virus realizando el HBsAg, el Anti-VHC y el anti-VIH. Si el paciente fuente no colabora, se tratará como si la fuente fuese desconocida, valorándose de forma individualizada el riesgo que la fuente fuera portadora de los virus VHB, VHC o VIH y ofrecerle a la persona expuesta el seguimiento y tratamiento posexposición, informándole de los riesgos y beneficios de dichas medidas.

Cuando la fuente es desconocida o ha dado positivo en alguno de los virus del VHB, VHC o VIH, el CDC en las

“Guidelines for the Management of Occupational Exposures to HBV, HCV, and HIV and Recommendations for Postexposure Prophylaxis” (2001) recomienda hacer el seguimiento de después de la exposición en cuatro pasos.

Primer paso, después de la exposición con un objeto cortopunzante, o bien en las salpicaduras en mucosas, la atención inmediata es:

- Lavar la herida y la piel con agua y jabón.
- En mucosas, enjuagar con agua abundante o solución salina y por un tiempo prolongado (10-15 minutos) en forma de arrastre.
- No aplicar agentes caústicos, o inyectar antisépticos o desinfectantes dentro la herida.

Segundo paso, determinar el riesgo asociado con la exposición.

Exposiciones con riesgo de transmisión de exposición

- Pinchazos percutáneos.
- Exposición de membranas mucosas.
- Exposición de piel no intacta.
- Mordisco con exposición de sangre de otra persona.

Sustancias con riesgo de transmisión de infección

- Sangre.
- Fluidos conteniendo sangre visible.
- Fluidos potencialmente infecciosos (semen, secreciones vaginales, y fluidos cerebroespinal, sinovial, pleural, peritoneal, pericardial y amniótico) o tejidos.
- Concentrado de virus.

Determinar el estado infeccioso de la fuente

- Presencia de HBsAg.
- Presencia de anticuerpos de VHC.
- Presencia de anticuerpos de VIH.
- En fuentes desconocidas, evaluar la probabilidad de exposición como fuente de alto riesgo de infección para VHB, VHC o VIH.

Determinar la susceptibilidad de la persona expuesta

- Estado de vacunación de la hepatitis B.
- Si el resultado de la vacunación del VHB es desconocido, determinar el estado de inmunización.
- Anticuerpos de VHC y ALT (Alanina aminotransferasa).
- Anticuerpos de VIH.

Tercer paso administrar la profilaxis posexposición en los accidentes con riesgo de infección.

Frente al VHB

- Administrar la profilaxis posexposición tan pronto sea posible, preferiblemente dentro las 24 horas.
- No administrar profilaxis en mujeres embarazadas.

Frente al VHC

- La profilaxis posexposición no está recomendada.

Frente al VIH

- Iniciar la profilaxis posexposición pocas horas después de la exposición (si es posible dentro las 2 horas).
- Ofrecer el test de embarazo a todas las mujeres en edad fértil si desconoce si está embarazada.
- Buscar la consulta de un experto si se sospecha de resistencia viral.
- Administrar profilaxis posexposición durante 4 semanas si ésta es tolerada.

Cuarto paso. Aconsejar a las personas expuestas pedir consejo médico para la valoración de posibles enfermedades agudas que pueda presentarse durante el seguimiento.

Exposiciones a VHB

- Test de anti-HBs 1-2 meses después de la última dosis de la vacuna si sólo se ha suministrado la vacuna.
- El seguimiento no está indicado si la persona expuesta es inmune a VHB o ha recibido HBIG (inmunoglobulina hepatitis B) en profilaxis postexposición.

Exposiciones a VHC

- Hacer la prueba de anti-VHC y ALT 4-6 meses después de la exposición.
- Hacer la prueba del RNA (ácido ribonucleico) del VHC a 4-6 semanas si se desea un diagnóstico precoz de VHC.
- Confirmar repetidas veces con el reactivo anti-VHC EIAs (inmuno ensayo enzimático) con test complementario.

Exposiciones a VIH

- Evaluar las personas expuestas que toman profilaxis posexposición dentro las 72 horas después de la exposición y controlar la toxicidad de las drogas como mínimo 2 semanas.
- Hacer la prueba de anti-VIH como mínimo 6 meses después de la exposición (ejemplo: basal, 6 semanas, 3 meses y 6 meses).
- Realizar la prueba del anticuerpo VIH por enfermedades compatibles con síndrome retroviral agudo (fiebre, dolores musculares, erupción cutánea, dolores musculares, cansancio, malestar o adenopatías).
- Aconsejar a las personas expuestas a usar las precauciones para prevenir la transmisión secundaria durante el periodo de seguimiento. Este consejo es también aplicable a las exposiciones de VHB y VHC.

En todas las exposiciones hay que ofrecer ayuda psicológica si ésta es necesaria, ya que el impacto emocional de una lesión por pinchazo puede ser severo y prolongado.

Declaración y registro de la exposición accidental

El trabajador debe estar informado de la importancia de la declaración del accidente, tanto legal como clínicamente, de cómo y a quién se debe declarar. Es necesario informar a quién deben dirigirse para su atención inmediata, recibir el tratamiento y hacer el seguimiento adecuado para cada caso.

Todos los centros sanitarios deben disponer de profesionales designados para la atención urgente del trabajador expuesto.

La Ley 14/1986, General de Sanidad, en su artículo 8, considera que es fundamental la realización de estudios epidemiológicos, debiendo tener como base un sistema organizado de información sanitaria. Igualmente la Ley 31/1995, sobre Prevención de Riesgos Laborales, insiste en tal implantación para poder elaborar mapas de riesgos laborales y estudios epidemiológicos; por consiguiente, es importante que exista un registro de las exposiciones accidentales a los materiales biológicos con las características del accidente. Hay que anotar también las vacunas administradas, la profilaxis posexposición y los resultados de las determinaciones practicadas, tanto la basal como las del seguimiento. El Servicio de Prevención o la Dirección establecerán un sistema de notificación y registro de los accidentes. Asimismo, en el Real Decreto 664/1997, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo, en su artículo 11, apartado 4 especifica que “Se comunicará a la autoridad laboral y sanitaria todos los casos de enfermedad o fallecimiento que se hayan identificado como resultantes de una exposición profesional a agentes biológicos”.

El registro debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- Fecha de la lesión.
- Tipo y marca del dispositivo involucrado.
- Departamento o área de trabajo donde ocurrió el accidente.
- Explicación de cómo ocurrió el accidente.

Todos estos datos pueden ser utilizados para:

- Analizar la frecuencia de las lesiones.
- Identificar los dispositivos y procedimientos de alto riesgo.
- Identificar las lesiones que pueden ser prevenidas.
- Evaluar la eficacia de los nuevos dispositivos de seguridad.

Un ejemplo de informe de exposición accidental a sangre u otros fluidos biológicos se halla representado en la figura 8.

SERVICIO DE PREVENCIÓN: INFORME DE EXPOSICIÓN ACCIDENTAL POR CORTE O PINCHAZO		
Nombre:		
Apellidos:		
Fecha exposición: Hora:		
Categoría laboral: Unidad de trabajo:		
Años de actividad profesional: Situación laboral:		
Lugar donde ha ocurrido la exposición:		
Objeto que ha causado la exposición:		
Nombre del instrumento: Marca:		
¿El instrumento tenía dispositivo de seguridad?		
La lesión ocurrió antes o durante de la activación del dispositivo de seguridad:		
El dispositivo de seguridad falló después de ser activado: Sí <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		
El dispositivo de seguridad fue activado inadecuadamente:		
Tipo de exposición: Cutánea: <input type="checkbox"/> Mucocutánea: <input type="checkbox"/>		
Tipo de fluido (identificar):		
Parte del cuerpo donde ha ocurrido la lesión:		
Señale en esquema:		
Pinchazo o corte, profundidad de la herida:		
En mucosa o piel, volumen aproximado del contaminante (grande o pequeña):		
¿El estado de la piel está intacta?:		
¿Se conoce el estado serológico de la fuente?		
Protección o barrera que se utilizaba en el momento de la lesión:		
La lesión ha ocurrido		Durante el uso del instrumento: <input type="checkbox"/>
		Después del uso, antes de desecharlo: ... <input type="checkbox"/>
		Durante o después de desecharlo: <input type="checkbox"/>
	Otros:	
¿Disponía de un contenedor rígido para el material punzante?: Sí <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		

Figura 8. Informe de exposición accidental por corte o pinchazo

5. FORMACIÓN E INFORMACIÓN

El Real Decreto 664/1997, en su artículo 12 establece que el empresario adoptará las medidas adecuadas para que los trabajadores y sus representantes sean informados sobre cualquier medida relativa a la seguridad y la salud. Del mismo modo el empresario tomará medidas para que reciban una formación suficiente y adecuada.

Todos los centros sanitarios y otros organismos donde se trabaje con fluidos biológicos y objetos cortopunzantes deben disponer de programas de formación para todo el personal, con protocolos escritos de actuación en caso de exposición.

Hay que formar al personal expuesto en la prevención de exposiciones accidentales en las distintas actividades de riesgo. Dicha formación debe darse en el momento de la incorporación al lugar de trabajo, de forma periódica y siempre que se introduzca cualquier cambio en los instrumentos.

Todos los trabajadores deben estar informados del posible riesgo de transmisión de infecciones a través de la sangre y otros fluidos biológicos en las exposiciones accidentales.

Asimismo los trabajadores deben conocer las distintas medidas de prevención como son: el seguimiento de las precauciones estándar, utilización de los equipos de protección individual (EPI) y la de promover técnicas de trabajo más seguras.

Informar sobre la actuación en caso de exposición accidental y de la inmunización de la hepatitis B.

6. RECOMENDACIONES

Evaluar, seleccionar e implementar dispositivos más seguros es la actividad más importante del servicio de prevención para prevenir los accidentes por pinchazos con agujas u otros elementos cortantes.

La seguridad tiene que empezar en el mismo lugar de trabajo, implicando y cada vez en mayor medida, tanto a los propios centros sanitarios como a los trabajadores de la salud, contemplando a los productos sanitarios también bajo el aspecto de la seguridad.

Cuando se introduzcan o implementen los instrumentos nuevos de seguridad hay que retirar los equipos convencionales, para evitar la tendencia al uso de estos últimos.

Se recomienda la vacuna contra el VHB para todos los trabajadores de la sanidad, a menos que sean inmunes debido a una exposición previa, dicha vacuna ha demostrado ser altamente efectiva para los trabajadores expuestos. Sin embargo, en la actualidad no existe vacuna para el VHC ni para el VIH.

El personal expuesto al riesgo descrito deben concienciarse de que un accidente biológico es una urgencia médica y hay que iniciar cuanto antes el protocolo posexposición.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC)
Workbook for Designing, Implementing, and Evaluating a Sharps Injury Prevention Program
2004
- (2) CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC).
Updated U.S. Public Health Service. Guidelines for the Management of Occupational Exposures to HBV, HCV, and HIV and Recommendations for Postexposure Prophylaxis
2001
- (3) CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC).
Exposure to Blood. What Healthcare Personnel Need to Know
Department of Health & Human Services, 2003
- (4) CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION (CDC).
Guideline for Isolation Precautions Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings
2007
- (5) NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH. (NIOSH).
Alert: Preventing Needlestick Injuries in Health Care Settings
NIOSH Publication No. 2000-108, 1999
- (6) AMERICAN NURSES ASSOCIATION (ANA).
Needlestick Prevention Guide. Safe needles save lives
2002
- (7) CAMPINS MARTI, M., HERNANDEZ NEVARRETE, M. J., ARRIBAS LLORENTE, J. L., et al.
- Estudio y Seguimiento del Riesgo Biológico en el Personal Sanitario**
Grupo de Trabajo Epinetac; 2005
- (8) HERNANDEZ NEVARRETE, M. J., CAMPINS MARTI, M., MARTINEZ SANCHEZ, E. V., et al.
Exposición ocupacional a sangre y material biológico en personal sanitario. Proyecto EPINETAC 1996-2000
Med. Clin. (Barc), 122 (3): 81-6; 2004.
- (9) MOUNTAIN PLAINS AIDS, Education & Training Center.
A Quick Guide to Postexposure Prophylaxis in the Health Care Setting. PEP STEPS
University of Colorado Health Sciences Center. Denver, Colorado. 2006.
- (10) SUSSAN Q. WILBURN, BSN, MPH, GERRY EIJKEMANS, MD.
La prevención de pinchazos con agujas en el personal de salud.
Int. J. Occup. Environ Health, 10 : 451-456 ; 2004.
- (11) LEY 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad.
- (12) LEY 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- (13) REAL DECRETO 664/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos durante el trabajo.
- (14) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO (INSHT)
Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición a agentes biológicos
INSHT, Madrid, 2001

Calzado para protección individual: especificaciones, clasificación y marcado

Chaussures de sécurité: Specifications, classification et marquage
Safety Footwear: Specifications, classification and marking

Redactora:

Antonia Hernández Castañeda
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE
MEDIOS DE PROTECCIÓN

Esta Nota Técnica ofrece una visión general de los distintos tipos de calzado destinado a la protección individual, sus componentes y especificaciones, así como su clasificación y marcado. Complementa la NTP 773 "Equipos de protección individual de pies y piernas. Calzado. Generalidades".

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. TIPOS Y CLASES DE CALZADO

En una primera clasificación básica se distinguen tres tipos de calzados:

- *Calzado de seguridad:* calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan dar lugar a accidentes, está equipado con tope de seguridad para proteger la parte delantera del pie (dedos), diseñado para ofrecer protección contra el impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de, al menos, 200 J y contra la compresión cuando se ensaya con una carga de, al menos, 15 kN.
- *Calzado de protección:* calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan originar accidentes, equipado con tope de seguridad para proteger la parte delantera del pie (dedos), diseñado para ofrecer protección contra el impacto cuando se ensaya con un nivel de energía de, al menos, 100 J y contra la compresión cuando se ensaya con una carga de, al menos, 10 kN.
- *Calzado de trabajo:* calzado que incorpora elementos para proteger al usuario de riesgos que puedan dar lugar a accidentes. No garantiza protección contra el impacto y la compresión en la parte delantera del pie.

A su vez, dependiendo del material de fabricación, se distinguen dos clasificaciones:

- *Clasificación I:* calzado fabricado con cuero y otros materiales, excluidos calzados todo de caucho o todo polimérico.

- *Clasificación II:* calzado todo de caucho (por ejemplo, completamente vulcanizado) o todo polimérico (por ejemplo, completamente moldeado).

Cualquiera de los tres tipos, con las dos clasificaciones posibles, tienen una serie de prestaciones que les permiten ofrecer protección frente a diversos riesgos.

2. REQUISITOS BÁSICOS

Se entiende por "requisitos básicos" aquellos que deben satisfacer todos los equipos y sin los cuales no pueden cumplir sus funciones de protección.

En la tabla 1 se indican los requisitos básicos aplicables a los calzados de seguridad, de protección y de trabajo según sean de clasificación I o de clasificación II.

El marcado que asegura el cumplimiento de los requisitos básicos, independientemente de que los calzados sean de categoría I o II, es el siguiente:

Calzado de seguridad: **SB**

Calzado de protección: **PB**

Calzado de trabajo: **OB**

Requisito	Tipo de calzado			Clasificación	
	Seguridad	Protección	Trabajo	I	II
Diseño	X	X	X	X	X
Resistencia de la unión corte/suela	X	X	X	X	
Protección de los dedos:					
Resistencia al impacto	X	X	–	X	X
Resistencia a la compresión	X	X	–	X	X
Longitud interna de los topes	X	X	–	X	X
Corrosión de los topes	X	X	–	X	X
Estanqueidad	X	X	X	–	X
Características ergonómicas	X	X	X	X	X
Empeine:					
Espesor	X	X	X	–	X
Resistencia al rasgado	X	X	X	X	–
Resistencia a la tracción	X	X	X	X	X
Resistencia a la flexión	X	X	X	–	X
Permeabilidad y coeficiente de vapor de agua	X	X	X	X	–
pH	X	X	X	X	–
Hidrólisis	X	X	X	–	X
Contenido de cromo VI	X	X	X	X	–
Forro ¹ :					
Resistencia al rasgado	X	X	X	X	–
Resistencia a la abrasión	X	X	X	X	–
Permeabilidad y coeficiente de vapor de agua	X	X	X	X	–
pH	X	X	X	X	–
Contenido de cromo VI	X	X	X	X	–
Lengüeta ¹ :					
Resistencia al rasgado	X	X	X	X	–
pH	X	X	X	X	–
Contenido de cromo VI	X	X	X	X	–
Suela:					
Espesor de suelas sin resaltes	X	X	X	X	X
Resistencia al rasgado	X	X	X	X	–
Resistencia a la abrasión	X	X	X	X	X
Hidrólisis	X	X	X	X	X
Fuerza de unión entre las capas ¹	X	X	X	X	X
Resistencia a los hidrocarburos	X	X	–	X	X

¹ Estos requisitos sólo se aplican cuando estas partes están presentes

Tabla 1. Requisitos básicos

3. REQUISITOS ADICIONALES

Además de los mencionados anteriormente, pueden ser necesarios requisitos adicionales dependiendo de los riesgos que estén presentes en el lugar de trabajo.

En la tabla 2 se presentan los requisitos adicionales para el calzado de seguridad, calzado de protección y calzado de trabajo, según sean de clasificación I o de clasificación II.

4. MARCADO

Cada ejemplar de calzado certificado conforme a las normas armonizadas debe estar clara y permanentemente marcado con lo siguiente:

- talla;
- marca de identificación del fabricante;
- designación de tipo del fabricante;
- año de fabricación y, al menos, trimestre;
- el número y año de la norma europea armonizada utilizada para el examen CE de tipo;
- los símbolos de la tabla 3 correspondientes a la protección ofrecida.

Para simplificar el marcado se han establecido categorías que recogen las combinaciones de requisitos básicos y adicionales más comúnmente utilizadas. Estas categorías son las que se muestran en la tabla 4.

Además de los símbolos señalados en las tablas anteriores hay que considerar un marcado adicional en los tipos de calzados que se relacionan en los apartados siguientes.

Requisito	Tipo de calzado			Clasificación	
	Seguridad	Protección	Trabajo	I	II
Resistencia a la perforación	X	X	X	X	X
Propiedades eléctricas					
Calzado conductor	X	X	X	X	X
Calzado antiestático	X	X	X	X	X
Calzado eléctricamente aislante	X	X	X	X	X
Resistencia a ambientes agresivos					
Aislamiento del calor	X	X	X	X	X
Aislamiento del frío	X	X	X	X	X
Absorción de energía del tacón	X	X	X	X	X
Resistencia al agua	X	X	X	X	X
Protección del metatarso	X	X	-	X	X
Protección del tobillo	X	X	X	X	X
Penetración y absorción de agua	X	X	X	X	-
Resistencia al corte	X	X	-	X	X
Resistencia al calor por contacto	X	X	X	X	X
Resistencia a los hidrocarburos	-	-	X	X	X
Resistencia al corte por sierra de cadena	X	-	-	X	X
Calzado para bomberos	X	-	-	X	X
Resistencia a productos químicos					
Calzado resistente a productos químicos	X	X	X	X	X
Calzado con alta resistencia a productos químicos	X	X	X	X	X

Tabla 2. Requisitos adicionales

REQUISITOS		SÍMBOLO
Requisitos básicos	Calzado de seguridad	SB
	Calzado de protección	PB
	Calzado de trabajo	OB
Requisitos adicionales	Resistencia a la perforación	P
	Propiedades eléctricas	
	Calzado conductor	C
	Calzado antiestático	A
	Calzado eléctricamente aislante	I (Véase figura 1)
	Resistencia a ambientes agresivos	
	Aislamiento del calor	HI
	Aislamiento del frío	CI
	Absorción de energía del tacón	E
	Resistencia al agua	WR
	Protección del metatarso	M
	Protección del tobillo	AN
	Penetración y absorción de agua	WRU
	Resistencia al corte	CR
	Resistencia al calor por contacto	HRO
	Resistencia a los hidrocarburos ¹	FO
Resistencia al corte por sierra de cadena accionada a mano	Véase figura 2	
Calzado para bomberos	Véase figura 3	
Calzado resistente a productos químicos	Véase figura 5	

¹ Este requisito sólo es opcional en el calzado de trabajo, para el calzado de seguridad y el calzado de protección es un requisito básico, por lo que el correspondiente marcado sólo podrá aparecer en el calzado de trabajo.

Tabla 3. Símbolos empleados en el marcado

Clasificación	CATEGORÍAS		
	Calzado de seguridad	Calzado de protección	Calzado de trabajo
I	SB sólo requisitos básicos	PB sólo requisitos básicos	OB requisitos básicos más uno de los requisitos adicionales de la tabla 2
	S1 Talón cerrado Antiestático Absorción de energía del tacón	P1 Talón cerrado Antiestático Absorción de energía del tacón	O1 Talón cerrado Antiestático Absorción de energía del tacón
	S2 S1 Penetración y absorción de agua	P2 P1 Penetración y absorción de agua	O2 O1 Penetración y absorción de agua
	S3 S2 Resistencia a la perforación Suela con resaltes	P3 P2 Resistencia a la perforación Suela con resaltes	O3 O2 Resistencia a la perforación Suela con resaltes
II	S4 Antiestático Absorción de energía del tacón	P4 Antiestático Absorción de energía del tacón	O4 Antiestático Absorción de energía del tacón
	S5 S4 Resistencia a la perforación Suela con resaltes	P5 P4 Resistencia a la perforación Suela con resaltes	O5 O4 Resistencia a la perforación Suela con resaltes

Tabla 4. Categorías según la combinación de requisitos básicos y adicionales

Calzado eléctricamente aislante

Este calzado se clasifica en dos clases eléctricas, según la tensión nominal de la instalación en la cual o en cuya proximidad se vaya a trabajar:

- Clase 00, para utilización en instalaciones cuya tensión nominal es como máximo 500 V c.a. o 750 V c.c.;
- Clase 0, para utilización en instalaciones cuya tensión nominal es como máximo 1.000 V c.a. o 1.500 V c.c.

El marcado de este calzado debe incluir lo siguiente:

- el símbolo de un doble triángulo (véase la figura 1);
- clase eléctrica (00 o 0). Cuando se utilice un código de colores, el color del doble triángulo debe ser marrón claro (beis) para la clase 00 o rojo para la clase 0;
- número de serie o lote;
- mes y año de fabricación.

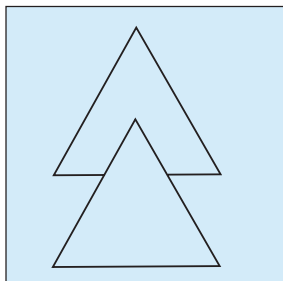


Figura 1. Pictograma para el calzado eléctricamente aislante

Además, cada unidad de calzado debe tener una banda o espacio destinado a anotar la fecha de puesta en servicio, la fecha de verificación o la fecha de cada inspección periódica

Calzado resistente al corte por sierra de cadena accionada a mano

Este tipo de calzado se clasifica según cuatro niveles de protección: nivel 1, nivel 2, nivel 3 y nivel 4, según la velo-

cidad de la cadena con la que el calzado se haya ensayado. Corresponde al nivel 1 el menor grado de protección y al nivel 4 el mayor grado de protección.

El calzado debe llevar una etiqueta, de al menos 30 mm x 30 mm, colocada en un lugar visible en el exterior del calzado, con el pictograma que se muestra en la figura 2 junto con el grado de protección ofrecido.



Figura 2. Pictograma para el calzado con resistencia al corte por sierra de cadena

Calzado para bomberos

Existen tres tipos de calzados para ser utilizados por bomberos:

Tipo 1: para operaciones de rescate en general, para extinción de incendios, para la intervención en la extinción de incendios que supongan fuego con combustibles vegetales tales como bosques, cultivos, plantaciones, pasto o tierras de cultivo.

Tipo 2: para operaciones de rescate de incendios, extinción de incendios y conservación de bienes en edificios, estructuras cerradas, vehículos, recipientes u otros bienes que estén involucrados en un incendio o situación de emergencias.

Tipo 3: para situaciones de emergencia con materiales peligrosos que entrañen la emisión o potencial emisión al ambiente de sustancias químicas pe-



Figura 3. Pictograma para el calzado para bomberos

ligeros que puedan causar muerte, daño a las personas o daño a los bienes o al medio ambiente. Adecuado también para operaciones de rescate de incendios, para la extinción de incendios y conservación de bienes dentro de aviones, edificios, estructuras cerradas, vehículos, recipientes u otros bienes que estén involucrados en un incendio o situación de emergencia.

Este calzado para bomberos no está incluido en los equipos de protección individual especiales para ser utilizados en situaciones de alto riesgo.

El calzado debe llevar una etiqueta, de al menos 30 mm x 30 mm, colocada en un lugar visible en el exterior del calzado, con el pictograma que se muestra en la figura 3.

En la esquina inferior derecha lleva la letra F que irá seguida de un número que indica el tipo de calzado para bombero de que se trata (1, 2 o 3) y de una letra que especifica las propiedades eléctricas del calzado (A: antiestático, I: eléctricamente aislante o S: suela con alta resistencia eléctrica); en el caso de calzado para bombero de tipo 1 podrá llevar, además, la letra P que indica que el calzado ofrece protección frente a la perforación.

Calzado resistente a productos químicos

Se distinguen dos tipos:

- calzado resistente a productos químicos, que puede estar fabricado con cuero, caucho o materiales poliméricos;
- calzado con alta resistencia a productos químicos, que no debe estar fabricado con cuero.

En ambos casos la protección se limita a los productos químicos especificados por el fabricante.

El calzado resistente a productos químicos debe estar marcado con el pictograma que indica *Instrucciones de uso* (véase la figura 4), no es obligatorio que esté marcado con el pictograma que indica *Protección frente a productos químicos*, pero en caso de que así fuera debe ser el que se muestra en la figura 5.

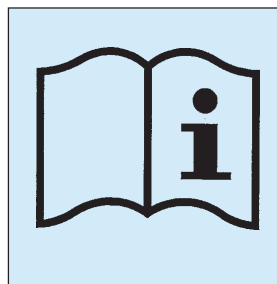


Figura 4. Instrucciones de uso

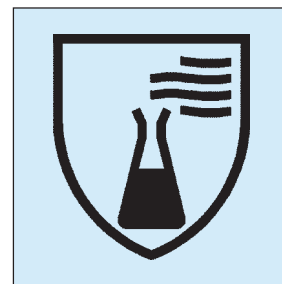


Figura 5. Pictograma para el calzado resistente a productos químicos

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Norma UNE-EN 20344:2005.
Equipos de protección personal. Métodos de ensayo para calzado.
- (2) Norma UNE-EN 20345:2005.
Equipo de protección individual. Calzado de seguridad.
- (3) Norma UNE-EN 20346:2005.
Equipo de protección personal. Calzado de protección.
- (4) Norma UNE-EN 20347:2005.
Equipo de protección personal. Calzado de trabajo.
- (5) Norma UNE-EN 17249:2005.
Calzado de seguridad resistente al corte por sierra de cadena.
- (6) Norma UNE-EN 13832-1:2007.
Calzado protector frente a productos químicos. Parte 1: Terminología y métodos de ensayo.
- (7) Norma UNE-EN 13832-2:2007.
Calzado protector frente a productos químicos. Parte 2: Requisitos para el calzado resistente a productos químicos en condiciones de laboratorio.
- (8) Norma UNE-EN 13832-3:2007.
Calzado protector frente a productos químicos. Parte 3: Requisitos para el calzado con alta resistencia a productos químicos en condiciones de laboratorio.
- (9) Norma UNE-EN 15090:2007.
Calzado para bomberos.
- (10) Norma UNE-EN 50321:2000.
Calzado aislante de la electricidad para trabajos en instalaciones de baja tensión.

Evaluación de la exposición laboral a aerosoles: el muestreador personal IOM para la fracción inhalable

Évaluation de l'exposition professionnelle a aérosols: L'échantillonneur personnel IOM pour la fraction inhalable
Occupational exposure assessment to aerosols: IOM personal sampler for the inhalable fraction

Redactor:

Antonio Martí Veciana

Lcdo. en Ciencias Químicas y Farmacia

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En el mercado existe una amplia variedad de muestreadores para captar la fracción inhalable de los aerosoles. Aunque no se dispone todavía de un muestreador personal que pueda considerarse plenamente satisfactorio para cualquier situación ambiental posible, la mayor parte suelen tener un comportamiento aceptable, en relación a los criterios exigidos. Una relación de muestreadores que pueden satisfacer los requerimientos de las normas UNE-EN 481 (1) y UNE-EN 13205 (2) se pueden encontrar en la Guía CEN/TR 15230 (3), o también consultando el CR-03/2006 (4) o la NTP 764 (5), en que se recomienda que los potenciales usuarios de los muestreadores consulten las referencias bibliográficas y evalúen el muestreador seleccionado para verificar su comportamiento en las condiciones ambientales en las que se pretenda usar.

El muestreador personal IOM es uno de los muestreadores de la fracción inhalable que potencialmente puede satisfacer los requerimientos de las normas indicadas. Es muy utilizado en América y en Europa, especialmente en el Reino Unido y, frecuentemente, se ha escogido como muestreador de referencia en los estudios comparativos con otros muestreadores. Juntamente con otros muestreadores, como el PGP-GSP 3,5 y el CIP10-I, es de los que mejor cumple la convención de muestreo de la fracción inhalable.

En esta NTP se trata de forma monográfica del muestreador personal IOM, indicándose sus características principales, variedades (según el material de fabricación y combinaciones de los componentes), condiciones de muestreo, comportamiento ambiental y analítico derivado de la influencia de la humedad en la pesada del cassette de plástico, etc. Asimismo se exponen los resultados obtenidos en los ensayos llevados a cabo, en un laboratorio de análisis ambiental del INSHT (6), con objeto de conocer el comportamiento gravimétrico del muestreador en función de las condiciones ambientales y estimar su fiabilidad analítica.

2. CARACTERÍSTICAS DEL MUESTREADOR IOM

Este muestreador personal para la fracción inhalable del aerosol, fue desarrollado por D. Mark and y J.H. Vincent en el Institute of Occupational Medicine (IOM) de

Edimburgo, Reino Unido, en 1986 y fabricado por la firma SKC.

El modelo estándar está constituido por una cabeza o cuerpo de plástico de color negro (material conductor para disipar las cargas eléctricas y prevenir las estáticas), que contiene un portafiltros o cassette de plástico, también de color negro, reutilizable, en el que se ubica un filtro de 25 mm de diámetro, cuya naturaleza puede variar según sea el procedimiento analítico posterior a aplicar (fibra de vidrio GF/A, PVC 0,8 ó 5,0 μm , ésteres de celulosa AA 0,8 μm , policarbonato 0,8 μm o teflón 0,5 μm).

Es un muestreador ligero y cómodo de usar (ver Figura 1), cuyo orificio de captación tiene 15 mm de diámetro, e incorpora una cubierta o tapón de goma para facilitar la integridad de la muestra durante su transporte y almacenamiento.

Existen 3 modalidades de muestreador IOM, según la naturaleza del material de fabricación y las combinaciones de sus componentes:

- **Muestreador IOM totalmente de plástico** (peso aproximado 20 g): con cabeza y cassette o portafiltros de plástico (peso de la unidad -cassette+filtro-: ~1,2 g).
- **Muestreador IOM mixto** (peso aproximado 23 g): con cabeza de plástico y cassette o portafiltros de acero inoxidable (peso de la unidad -cassette+filtro-: ~ 4-5 g).
- **Muestreador IOM totalmente de acero inoxidable** (peso aproximado 125 g): con cabeza y cassette o portafiltros de acero inoxidable (peso de la unidad -cassette+filtro-: ~4-5 g).

Los cassettes de plástico y metálicos se presentan en las Figuras 2 y 3.



Figura 1. Muestreador IOM de plástico



Figura 2. Cassette de plástico



Figura 3. Cassette de acero inoxidable

Todas las modalidades de cassette pueden incorporar un clip (ver Figura 4) que protege el conjunto de la unidad -cassette+filtro-, durante el transporte y almacenamiento, una vez extraída de la cabeza o cuerpo del IOM.

Existe también otra variante de muestreador IOM que posibilita muestrear simultáneamente la fracción respirable y la fracción inhalable de los aerosoles mediante la incorporación de un disco de espuma de poliuretano al portafiltros (ver Figura 5).

La diferencia de pesada, entre antes y después de la captación, del conjunto cassette-filtro-espuma corresponde a la fracción inhalable y la del conjunto cassette-filtro (sin el disco de espuma) a la fracción respirable (4) (7) (21).



Figura 4. Clip de transporte



Figura 5. Muestreador IOM multifracción

3. ASPECTOS AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL MUESTREADOR IOM

Los principales aspectos que pueden afectar la eficacia de captación de la fracción inhalable con el muestreador IOM son la dirección del aire, la velocidad del aire y el tamaño de las partículas.

Dirección del aire

Puede tener lugar una sobrevaloración de las partículas de mayor tamaño cuando la dirección del viento coincide con la dirección de aspiración (0°), y una infravaloración cuando la orientación del viento es de 90° y 180° respecto a la dirección de aspiración (4)(8).

Velocidad del aire

El mejor comportamiento tiene lugar a bajas velocidades de aire, inferiores a 1 m/s, siendo la velocidad óptima alrededor de los 0,5 m/s, velocidad considerada habitual en ambientes interiores sin corrientes de aire. Su eficacia de captación tiende a decrecer cuando la velocidad del aire aumenta, y también a velocidades muy bajas (4)(8-9).

Tamaño de las partículas

Las partículas de mayor tamaño son las más afectadas por las variaciones de la velocidad del aire. El muestreador IOM, al tener un orificio de entrada bastante amplio (15 mm de diámetro), puede facilitar la pene-

tración de partículas grandes (superiores a $100 \mu\text{m}$) por proyección (fenómeno que puede ser significativo, por ejemplo, en las exposiciones a polvo de madera, en molturaciones y chorreados, etc.), o también facilitar la deposición pasiva de partículas. En ambos casos, la captación de estas partículas conllevaría una sobrevaloración de la concentración ambiental (10-11).

4. ASPECTOS RELATIVOS A LA TOMA DE MUESTRAS DEL MUESTREADOR IOM

Eficacia de captación

Los estudios de la eficacia de captación del muestreador IOM en el laboratorio indican una buena conformidad con el convenio de la fracción inhalable para velocidades del aire entre 0,5 m/s y 1 m/s (4) (9). Su comportamiento es relativamente independiente de la velocidad del aire para partículas con un diámetro aerodinámico de hasta $75 \mu\text{m}$, aunque a velocidades del aire bajas, presentan una desviación positiva con respecto al convenio de la fracción inhalable.

El IOM es uno de los muestreadores que mejor cumple el convenio de muestreo de la fracción inhalable, conjuntamente con otros muestreadores (4-5), como el PGP-GSP 3,5 (muy utilizado en Alemania), o el CIP10-I (muy utilizado en Francia). El IOM es también uno de los tres muestreadores recomendados por el Health and Safety Laboratory (HSE), Reino Unido, para fracción inhalable: método MDHS 14/3 (12).

En sentido opuesto, conviene recordar que el clásico cassette de poliestireno de 37 mm (tradicionalmente utilizado para muestrear aerosoles bajo el antiguo concepto de "aerosol total, polvo total o partículas totales") no está recomendado para la toma de muestra de la fracción inhalable de aerosoles, ya que no cumple con el convenio de dicha fracción. Ello se ha puesto de manifiesto en numerosos ensayos comparativos con muestreadores de la fracción inhalable, en especial con el muestreador IOM, en los que se ha observado que dicho cassette infravalora esta fracción (4) (8-9) (13-16).

Condiciones de la toma de muestras

El aire a muestrear es aspirado a través del orificio circular, de 15 mm de diámetro, del muestreador, conectado a una bomba personal ajustada a un caudal de $2,0 \pm 0,1$ l/min. El muestreador dispone de un adaptador (ver Figuras 6 y 7), fácil de utilizar, que posibilita la calibración de la bomba de muestreo, previamente conectada al muestreador provisto de la unidad de muestreo (cassette+filtro).

En la captación las partículas se depositan en el interior del cassette provisto de un filtro de 25 mm, cuya naturaleza puede variar (fibra de vidrio, PVC, etc.) en función del



Figura 6. Adaptador IOM

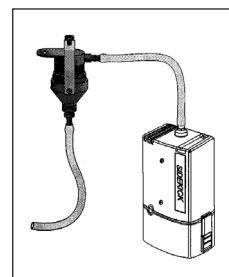


Figura 7. Conexión calibración bomba

Equipo de muestreo	Material	Orificio(Ø)	Caudal(lpm)	Filtro(mm)	Fracción del aerosol
IOM	Plástico, o acero inoxidable	15 mm	2,0	25	Inhalable (*)

(*) Equipo con opción de captar simultáneamente la fracción respirable del aerosol

Tabla 1. Principales características del muestreador IOM para la fracción inhalable

tipo de análisis posterior a efectuar, teniendo especial atención, como ya se indicó anteriormente, a no sobrealimentar la muestra, debido a la captación de partículas con tamaño superior al convenio de la fracción inhalable.

El volumen de muestreo recomendado para la captación de la fracción inhalable, y posterior determinación gravimétrica de la materia particulada, puede variar en función del VLA establecido para el aerosol y del límite de detección o fiabilidad gravimétrica del laboratorio que efectúe el análisis. Por ejemplo, para la determinación de las *partículas (insolubles o poco soluble) no especificadas de otra forma*, con un VLA de 10 mg/m³, el volumen de muestreo adecuado es de 100 a 200 litros de aire, que, para un caudal establecido de 2 l/min, equivale a un tiempo de muestreo de 50 a 100 minutos.

Transporte y almacenamiento

Una vez instalado el cassette conteniendo el filtro en el cuerpo del muestreador IOM, así como una vez finalizado el muestreo, debe acoplarse inmediatamente al orificio del muestreador un tapón de goma adaptable, suministrado con el equipo, que sella el orificio y lo protege de partículas de polvo, durante su transporte y almacenamiento. Tal como se ha indicado anteriormente, una vez terminada la captación, también puede extraerse del muestreador IOM la unidad -cassette+filtro- e incorporarla a un clip de transporte para su mejor protección, transporte y almacenamiento (ver Figura 4).

5. ANÁLISIS GRAVIMÉTRICO DE LA FRACCIÓN INHALABLE

Problemática analítica

Al pesarse filtro y cassette conjuntamente todas las partículas que han penetrado a través del orificio de entrada forman parte de la muestra y son pesadas en el análisis, ya sea porque estén recogidas sobre el filtro, depositadas en las paredes o, incluso, desprendidas. Este sistema tiene la ventaja de eliminar la manipulación del cassette al no tener que extraerse el filtro del mismo para efectuar su pesada. En cambio la repetibilidad de las pesadas de la unidad -cassette+filtro-, cuando el cassette es de plástico, no es buena debido a la absorción de vapor de agua por parte de éste. Al respecto se han publicado diversos estudios (17-18), en los que se indica que, si bien la masa del filtro es estable, las pesadas de la unidad cassette+filtro pueden presentar variaciones del orden de 0,5 mg e incluso hasta de 1 ó 2 mg. Por otra parte, cuando estos cassettes se colocan en un desecador, la pérdida de masa suele ser sustancial, pero sin llegar a conseguirse una masa estable o recuperarse el valor inicial. La utilización de "muestras blanco", expuestas a las mismas condiciones de humedad, resulta indispensable para la corrección posterior de los resultados.

En otro estudio (19) también se señala que se requiere un largo tiempo de acomodación del cassette de plástico

a la humedad de la habitación de balanzas después de la toma de muestras (entre 15 y 20 días para una pesada correcta). Se recomienda almacenarlo en el área de balanzas una semana antes de la prepesada y una después del muestreo. En mediciones de polvo utilizando el muestreador IOM con cassette de plástico (20), se han encontrado valores de reproducibilidad del 25% (2σ) con filtros de fibra de vidrio y del 13 % (2σ) con filtros de PVC. Si bien los filtros de PVC presentaron una mayor repetibilidad, la reproducibilidad fue similar para ambos tipos de filtro.

La sustitución del cassette de plástico por uno de acero inoxidable (17-18) elimina los problemas de estabilidad de la pesada y sus variaciones de masa en las pesadas resultan poco apreciables. Su utilización es recomendada siempre que interese reducir la imprecisión de las mediciones, en general por debajo de los 0,05 mg. En el apartado 6 se exponen los resultados de un estudio comparativo, llevado a cabo en el INSHT, con ambos tipos de cassette, distintos tipos de filtro y de condiciones ambientales (6).

Metodología del análisis gravimétrico

La determinación gravimétrica de la fracción inhalable captada con el muestreador IOM se lleva a cabo por diferencia de pesadas de la unidad -cassette+filtro-, antes y después de la captación. Como ya se ha indicado anteriormente, al pesarse conjuntamente el filtro y el cassette todas las partículas que han penetrado a través del orificio forman parte de la muestra y también son pesadas. Para ello se requiere disponer de una balanza analítica con una resolución, como mínimo, de 0,01 mg y una precisión de ± 0,01 mg.

Las principales recomendaciones para la manipulación de los cassettes son la utilización siempre, de guantes y pinzas adecuadas para la colocación de los filtros en los mismos, así como, para la transferencia de la unidad -cassette+filtro- al plato de la balanza, en la prepesada y en la pesada.

En el caso de utilizar cassette de plástico, es importante equilibrar o estabilizar el conjunto cassette+filtro en un ambiente de humedad controlada durante varios días (no en un desecador), así como incluir en cada lote de muestras a analizar varias "muestras blanco".

Para la limpieza de los componentes del muestreador IOM (21) se recomienda proceder como sigue:

- Desmontarlos y colocarlos en un baño ultrasónico con agua y un agente humectante. También pueden limpiarse con la ayuda de un disolvente, como el alcohol isopropílico.
- Los anillos de goma del muestreador IOM, deben limpiarse por separado, utilizando solamente agua (nunca disolventes).
- Para la limpieza debe utilizarse papel suave, libre de hilos, o un pincel de púas suaves y esperar a que estén completamente secos.

6. FIABILIDAD DE LAS DETERMINACIONES GRAVIMÉTRICAS DEL MUESTREADOR IOM

A la vista de los problemas descritos en la bibliografía debido a la falta de repetibilidad y de fiabilidad de las pesadas del muestreador IOM con cassette de plástico, a causa de la fácil absorción de humedad, se llevó a cabo un estudio en el INSHT (6), con el objeto de conocer esta influencia y estudiar, como posible alternativa, la sustitución del cassette de plástico por el de acero inoxidable. Se exponen a continuación, de forma sintetizada los resultados obtenidos y la metodología adoptada derivada del estudio llevado a cabo para estimar la fiabilidad de las determinaciones gravimétricas de la fracción inhalable captada con el muestreador IOM (ver Tabla 3).

Ensayos experimentales

Se estudió la *repetibilidad* y la *reproducibilidad* de las pesadas del muestreador IOM, con cassette de plástico y de acero inoxidable, utilizando filtros de 25 mm de diámetro de varias naturalezas, utilizados para la captación y análisis de la materia particulada (partículas no clasificadas de otra forma, polvo de sílice, polvo de madera, polvos metálicos, etc.) en las condiciones ambientales del área de balanzas del laboratorio. Asimismo también se estudió, comparativamente, el comportamiento del cassette de plástico, estabilizado en una cámara de humedad controlada y en las condiciones ambientales del laboratorio.

En todas las pesadas se anotó la humedad y la temperatura del área de la balanza y la variación estadística de estas condiciones se calculó con una probabilidad del 95% (2σ). Cada ensayo, o condición a estudiar, se realizó por duplicado y los resultados estadísticos se calcularon globalmente para el conjunto de los dos tipos de cassette, con una probabilidad del 95% (2σ) y del 99% (3σ).

Resultados

Repetibilidad de las pesadas

La repetibilidad de la pesada del muestreador IOM, tanto con el cassette de plástico, como de acero inoxidable, fue similar, con independencia de la naturaleza del filtro ensayado (fibra de vidrio, PVC, ésteres de celulosa o teflón), situándose, en el conjunto de los ensayos realizados, entre los 53 μg y 44 μg para el cassette de plástico (3σ), y entre los 33 y 25 μg (3σ) para el cassette de acero inoxidable; si bien, en todos los casos, la pesada con el cassette de acero inoxidable resultó más repetible.

Reproducibilidad de las pesadas en una cámara de humedad controlada y en las condiciones ambientales del laboratorio

La reproducibilidad de las pesadas del muestreador IOM a lo largo del tiempo (15 días), obtenida con el cassette de plástico y los filtros ensayados (fibra de vidrio, PVC y ésteres de celulosa) estabilizados en una cámara de humedad o bien en las condiciones ambientales del laboratorio, fue muy parecida [226 μg y 230 μg (3σ) respectivamente], por lo que se desestimó la utilización de la cámara de humedad controlada en ensayos posteriores para mejorar la reproducibilidad.

Reproducibilidad de las pesadas con cassette de plástico y de acero inoxidable en las condiciones ambientales del laboratorio

La comparación de la reproducibilidad de las pesadas del muestreador IOM, obtenida a lo largo de 3 semanas, con

cassette de plástico y con cassette de acero inoxidable, provistos de filtros de distinta naturaleza y estabilizados en las condiciones ambientales del propio laboratorio, puso claramente de manifiesto el mejor comportamiento gravimétrico del cassette de acero inoxidable frente al de plástico, cerca de ocho veces más reproducible (ver Tablas 2 y 3), con independencia de la naturaleza del filtro ensayado, excepto para de los ésteres de celulosa, conocidos por su comportamiento más hidrófilo.

Reproducibilidad global (3σ)	Cassette de plástico	Cassette de acero inoxidable
Fibra de vidrio	$\pm 341 \mu\text{g}$	$\pm 42 \mu\text{g}$
PVC	$\pm 352 \mu\text{g}$	$\pm 47 \mu\text{g}$
Teflón	$\pm 326 \mu\text{g}$	$\pm 43 \mu\text{g}$
Ésteres celulosa	$\pm 505 \mu\text{g}$	$\pm 265 \mu\text{g}$

Tabla 2. Reproducibilidad de la pesada del IOM: cassette de plástico y de acero inoxidable

Conclusiones

- La repetibilidad gravimétrica del muestreador IOM no se ha visto afectada significativamente por el tipo de cassette o la naturaleza del filtro ensayado; no obstante, con cassette de acero inoxidable las pesadas son más repetitivas en todos los tipos de filtros ensayados.
- La reproducibilidad de la pesada del muestreador IOM a lo largo del tiempo, si se utiliza con cassette de plástico, se ve afectada negativamente cuando las variaciones de humedad ambiental son apreciables; en cambio utilizando el cassette de acero inoxidable, se ve muy poco afectada.
- La utilización del muestreador IOM para la captación de la fracción inhalable de aerosoles, utilizando cassette de acero inoxidable, se considera justificado por la excelente reproducibilidad que muestran sus pesadas en condiciones ambientales variables, a pesar de que su coste económico sea superior (del orden de 5 veces), aunque, también, en parte, compensado por la mayor duración de la vida de dicho material. La utilización del cassette de plástico puede considerarse aceptable para captaciones en las que se prevea una cantidad importante de partículas en la muestra (del orden de 2 mg o más) y siempre utilizando varios blancos para control.
- La metodología general establecida en los laboratorios del INSHT, tras los estudios y resultados obtenidos, recomienda la utilización del muestreador IOM con cassette de acero inoxidable y filtro de fibra de vidrio, si solo se precisa la determinación gravimétrica, o bien filtros de otra naturaleza, como de PVC 0,8 ó 5,0 μm o teflón 0,5 μm , si así lo requiere la metodología analítica posterior. En cualquier caso el conjunto -cassette-filtro- debe ser estabilizado en el área de balanzas, un mínimo de 48 h, antes de la captación (prepesada) y tras la captación (pesada).
- La incertidumbre de la determinación gravimétrica de la fracción inhalable con el muestreador IOM, con cassette de acero inoxidable y filtro de fibra de vidrio, se estima $\leq \pm 35 \mu\text{g}$, con una probabilidad del 95%, ó $\leq \pm 50 \mu\text{g}$, con una probabilidad del 99%; siendo factible el uso de otros filtros, como PVC o teflón (de una incertidumbre similar). En cambio, para la determinación gravimétrica, con cassette de plástico y los filtros mencionados, la incertidumbre estimada es $\leq \pm 250 \mu\text{g}$ (2σ) ó $\leq \pm 350 \mu\text{g}$ (3σ).

FILTRO (25 mm)	FIBRA VIDRIO	PVC	ÉSTER DE CELULOSA	TEFLÓN
Fabricante	GF/A Whatman	MILLIPORE 0,8 µm	MILLIPORE 0,8 µm	MILLIPORE 0,5 µm
Referencia	1820025	PVC082500	AAWP02500	FHLP02500
Balanza Sartorius R200D (apreciación 10 µg)	σ (teórico) $\leq \pm 20$ µg	σ (teórico) $\leq \pm 20$ µg	σ (teórico) $\leq \pm 20$ µg	σ (teór.) $\leq \pm 20$ µg
Nº de unidades (cassette-filtro) ensayadas	2	2	2	2 (1)
Nº de pesadas/ensayo	10	10	10	10
Duración ensayos de repetibilidad	15-20 minutos	15-20 minutos	15-20 minutos	15-20 minutos
Duración ensayos de reproducibilidad	3 semanas	3 semanas	3 semanas	3 semanas
MUESTREADOR IOM: CASSETTE DE PLÁSTICO				
REPETIBILIDAD [Temperatura media lab.: 25,4 °C \pm 0,4 °C (2σ) ; Humedad relativa media lab.: 53,8 \pm 1,2% (2σ)]				
2 σ global (95%) (n=2 cassettes)	29 µg	31 µg	30 µg	35 µg
3 σ global (99%) (n=2 cassettes)	44 µg	47 µg	45 µg	53 µg
REPRODUCIBILIDAD [Temperatura media lab.: 23,1 °C \pm 1,6 °C (2σ) ; Humedad relativa media lab.: 31,9 \pm 24,2 % (2σ)]				
2 σ global (95%) (n=2 cassettes)	227 µg	235 µg	336 µg	209 µg
3 σ global (99%) (n=2 cassettes)	341 µg	352 µg	505 µg	313 µg
MUESTREADOR IOM: CASSETTE DE ACERO INOXIDABLE				
REPETIBILIDAD [Temperatura media lab.: 24,8 °C \pm 0,2 °C (2σ) ; Humedad relativa media lab.: 28,4 \pm 0,6% (2σ)]				
2 σ global (95%) (n=2 cassettes)	17 µg	23 µg	25 µg	24 µg
3 σ global (99%) (n=2 cassettes)	25 µg	35 µg	38 µg	35 µg
REPRODUCIBILIDAD [Temperatura media lab.: 23,1 °C \pm 1,4 °C (2σ) ; Humedad relativa media lab.: 31,8 \pm 24,2% (2σ)]				
2 σ global (95%) (n=2 cassettes)	28 µg	32 µg	176 µg	29 µg
3 σ global (99%) (n=2 cassettes)	42 µg	47 µg	265 µg	43 µg

Tabla 3. Repetibilidad y reproducibilidad gravimétrica del muestreador IOM

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Norma UNE-EN 481:1995
Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles.
- (2) Norma UNE-EN 13205: 2002
Evaluación del funcionamiento para la medición de concentraciones de aerosoles.
- (3) TECHNICAL REPORT. CEN/TR 15230:2005
Workplace atmospheres-Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions.
- (4) INSHT
Toma de muestras de aerosoles. Muestreadores de la fracción inhalable de materia particulada.
Criterios y Recomendaciones. INSHT. CR-03/2006.
- (5) MARTÍ, A.
Evaluación exposición laboral a aerosoles (II). Muestreadores personales de las fracciones del aerosol.
INSHT. Nota Técnica de Prevención. NTP 764.
- (6) MARTÍ, A.
Fiabilidad de los análisis gravimétricos del muestreador IOM en la evaluación de la fracción inhalable de los aerosoles.
INSHT. CNCT. Documento interno. ITB/30.08.
- (7) MARTÍ, A.
Evaluación exposición laboral a aerosoles (III). Muestreadores de la fracción torácica, respirable y multifracción.
INSHT. Nota Técnica de Prevención. NTP 765.

- (8) LI SHOU-NAN et al.
Evaluation of six inhalable aerosol samplers.
Am. Ind. Hyg. J., 2000, 61 (july/august), 506-516.
- (9) KENNY, L.C. et al.
A collaborative european study of personal inhalable aerosol sampler performance.
Ann. Occup. Hyg., 1997, 41 (2), 135-153.
- (10) BARON, P.A.
Factors affecting aerosol sampling.
NIOSH. Manual of Analytical Methods, fourth ed., third supplement, 2003, 184-207.
- (11) LIDEN G. et al.
Workplace validation of a laboratory evaluation test of samplers for inhalable and “total dust”.
J. Aerosol Sci., 2000, 31, 191-219.
- (12) HEALTH and SAFETY LABORATORY
General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust.
HSE. Method MDHS 14/3 (2000).
- (13) DEMANGE, M. et al.
Field comparison of 37-mm closed-face cassettes and IOM samplers.
Appl. Occup. Environ. Hyg., 2002, 17 (3), 200-208.
- (14) TEIKARI, M. et al.
Laboratory and field testing of particle size-selective sampling methods for mineral dusts.
Am. Ind. Hyg. J., 2003, 64 (may/june), 312-318.
- (15) HARPER, M and B.S. MULLER
An evaluation of total inhalable samplers for the collection of wood dust in three wood products industries.
J. Environ. Monit. 2002, 4 (5), 648-656.
- (16) WERNER, M.A. et al.
Investigation into the impact introducing workplace aerosol standards based on the inhalable fraction.
Analyst, 1996, 121 (september), 1207-1214.
- (17) SMITH, J. et al.
Laboratory investigation of the mass stability of sampling cassettes from inhalable aerosol samplers.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1998, 59 (august), 582-585.
- (18) SHOU-NAN LI and LUNDGREEN Dale A.
Weighing Accuracy of samples collected by IOM and CIS Inhalable samplers.
Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 1999, 60, 235-236.
- (19) LIDEN G. and G. BERGMAN
Weighing imprecision and handleability of the sampling cassettes of de IOM sampler for inhalable dust.
Ann. Occup. Hyg., 2001, 45 (3), 241-252.
- (20) STACEY, P. et al.
Accuracy and Repeatability of Weighing for Occupational Hygiene Measurements : Result from an Inter-laboratory Comparison.
Ann. Occup. Hyg. 2002, 46 (8), 691-699.
- (21) SKC
Operating Instructions. IOM Personal Sampler and IOM Sampler with MultiDust.

Planes de trabajo con amianto: orientaciones prácticas para su realización

*Orientations pratiques pour la réalisation des travaux avec de l'amiant
Practical guidance for working plans with asbestos*

Redactores:

Asunción Calleja Vila
Licenciada en Ciencias Químicas

Santos Hernández Carrascosa
Ingeniero Técnico en Química Industrial
CENTRE DE SEURETAT I SALUT
LABORAL DE BARCELONA

Asunción Freixa Blanxart
Licenciada en Ciencias Químicas

CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO

Esta NTP sustituye a la NTP 543 y su objetivo es orientar en la elaboración de los planes de trabajo que legalmente se requieren para las actividades con amianto sometidos a la aprobación de la autoridad laboral correspondiente, de acuerdo al RD 396/2006, y complementa la NTP 796. Se exponen de forma práctica y con detalle los contenidos de un plan de trabajo para operaciones de retirada de materiales con amianto, trabajos con amianto o con materiales que lo contengan. En una NTP posterior se incluirán algunos casos prácticos con las operaciones más habituales en este tipo de trabajo

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El uso de amianto ha sido muy extenso debido a sus propiedades fisicoquímicas, que le proporcionan, entre otras, las siguientes características: gran resistencia al fuego, aislante térmico y acústico, resistencia a los álcalis y ácidos, tixotropante y gran procesabilidad. Por ello, se ha venido utilizando en la construcción, como protección contra el fuego en estructuras metálicas, en paneles acústicos y calorifugados de tuberías, en la fabricación de baldosas y suelos, en placas decorativas de falso techo, como fibrocemento en placas onduladas, planas y tuberías, en pinturas, asfaltos y masillas, etc. Además de este amplio uso en la construcción, el amianto se ha utilizado como aislante en barcos, vagones de trenes, aviones, centrales térmicas y nucleares, en electrodomésticos, en calderas y tuberías y en multitud de aplicaciones. Esta amplitud de uso alcanza al mobiliario urbano, como se puede observar en la figura 1.



Figura 1. Mobiliario urbano de fibrocemento

Algunas variedades de amianto, principalmente el crisotilo o amianto blanco, pueden tejerse lo que ha dado lugar al uso de tejidos de amianto en cortinas ignífugas, trajes aislantes, mangueras para extinción de incendios, guantes y otros.

Actualmente el amianto se pueda encontrar formando parte de los materiales del edificio, estructuras, aparatos o instalaciones, de acuerdo con los usos que históricamente se han dado del mismo.

Se requiere un plan de trabajo de amianto, aprobado previamente por la Autoridad Laboral, cuando se precise realizar trabajos de derribo, rehabilitación, mantenimiento, reparación y aquellas otras operaciones que impliquen la manipulación de los materiales con amianto descriptos o que impliquen riesgo de desprendimiento de fibras de amianto por la existencia y proximidad de materiales de amianto.

2. TIPOLOGIA DE PLANES DE TRABAJO

La tipología de los planes de trabajo depende, por un lado, de si se trata de actuaciones referidas a una sola operación o de carácter general y, por otro, del tipo de material (friable o no) sobre el que se va a trabajar.

Plan de trabajo específico para una operación

Para trabajos programables y de duración variable, especialmente en demoliciones, retirada de amianto o de materiales que lo contengan en edificios, estructuras, maquinaria, equipos e instalaciones, desguace de navíos, etc.

Plan de trabajo de carácter general

Para operaciones de corta duración con presentación irregular o no programables con antelación, particularmente en los casos de mantenimiento y reparación, se podrá sustituir la presentación de un plan de trabajo para cada operación por un plan de trabajo de carácter general, referido al conjunto de estas actividades, en el que se contengan las especificaciones a tener en cuenta en el desarrollo de las mismas. No obstante, dicho plan deberá ser actualizado si cambian significativamente las condiciones de ejecución.

Trabajos sobre material poco friable

- **Fibroceamento:** retirada de placas de fibrocemento de cubiertas exteriores o de paredes pluviales, retirada de depósitos, bajantes, tuberías, losetas, etc. Hay que tener en cuenta que si la manipulación del fibrocemento requiere necesariamente la rotura del mismo como único método de trabajo, se debe dar al mismo la consideración de material friable y trabajar como tal.
- **Otros:** manipulación de placas de falso techo o suelos de PVC reforzados con amianto.

Trabajos sobre material friable

- **Calorifugados:** reparación de tuberías de agua caliente o retirada del material aislante con amianto.
- **Aislantes:** trabajos de mantenimiento en turbinas de centrales eléctricas o desmantelamiento de las instalaciones.
- **Ignifugaciones:** operaciones de reparación en estructuras metálicas ignifugadas o en su entorno, rehabilitación de edificios ignifugados.
- **Fibroceamento:** trabajos sobre material poco friable que por su presentación hace necesaria la rotura del mismo, por ejemplo placas de fibrocemento adheridos a hormigón, material de fibrocemento muy degradado. Ver figura 2.

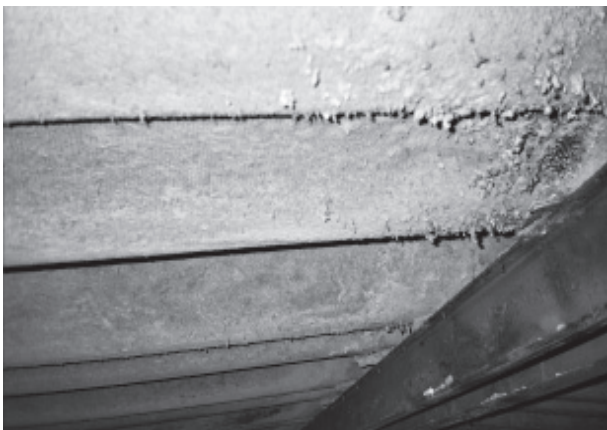


Figura 2. Placas de fibrocemento muy degradadas asimilables a material friable

3. ORIENTACIONES PRÁCTICAS PARA LA REALIZACIÓN DE UN PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo para actividades con riesgo de exposición a amianto debe prever las medidas que sean necesarias para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores que vayan a llevar a cabo estas operaciones y debe tener el siguiente contenido:

Datos generales de identificación

Título del plan de trabajo, donde se indicará la actividad a realizar, el tipo de material sobre el que se trabajará, y una breve indicación de su ubicación; por ejemplo: retirada de placas de fibrocemento de una cubierta, retirada de cordón de amianto de un horno, retirada de amianto proyectado de estructura metálica u otros.

- Tipo de plan; específico, sucesivo del plan (indicar la referencia) o plan de carácter general.

- Identificación de la empresa que realizará los trabajos (ha de ser la misma que la que presenta el plan) con dirección, número de teléfono, correo electrónico y número de fax; para facilitar la notificación.
- Autoría del plan de trabajo. Ha de incluir un especialista en Higiene Industrial, para realizar la evaluación de riesgos según se indica en el artículo 5 del RD 396/2006.
- Número de Inscripción en el Registro de Empresas con Riesgo de Amianto (RERA) de la empresa que presenta y ejecuta el plan.
- Identificación del promotor/constructor que contrata a la empresa que presenta el plan.

Descripción del trabajo a realizar con especificación del tipo de actividad que corresponda.

Se describirá el trabajo a realizar; por ejemplo:

- Retirada de: cubiertas, pared pluvial, depósitos, calorifugados, juntas de estanqueidad, amianto proyectado sobre una estructura metálica, amianto proyectado sobre la cara interior de una cubierta de fibrocemento.
- Trabajos de reparación y retirada de material con amianto en una caldera, en una red de distribución de aguas municipales.
- Cualquier otro que impliquen riesgo de desprendimiento de fibras de amianto por la existencia y proximidad de materiales de amianto, por ejemplo trabajos de reparación de instalaciones eléctricas en una superficie con amianto proyectado, ver figura 3.

Hay que explicar si son trabajos de retirada de todo el material con amianto o son trabajos de mantenimiento y reparación sobre materiales de amianto o en las proximidades del mismo; si se trata de trabajos previos a un derribo o es una sustitución y en ese caso si hay trabajadores o maquinaria o elementos que requieran un aislamiento específico; si se trata de trabajos con residuos u otros.

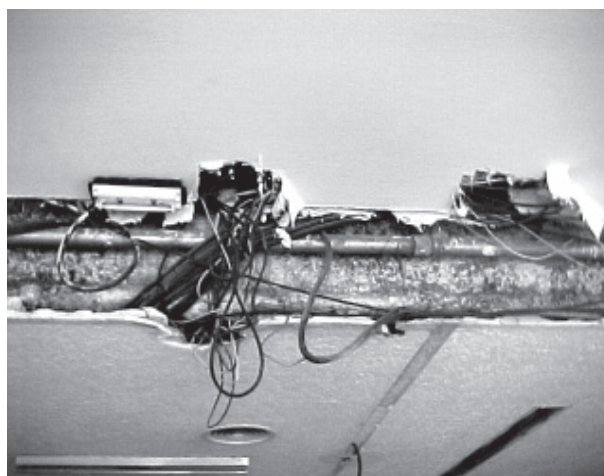


Figura 3. Instalaciones diversas sobre amianto proyectado

Tipo de material a intervenir

Indicando si es friable o no friable, y en su caso la forma de presentación del mismo en la obra, indicando las cantidades que se manipularán de amianto o de materiales que lo contengan.

Tipo de material a intervenir indicando si es friable o no friable

- Friable: amianto proyectado, cartón amianto, calorifugados, paneles aislantes, fibrocemento muy deteriorado o que se debe romper, otros.
- Poco friable: fibrocemento, amianto-vinilo, otros.

Forma de presentación del mismo en la obra

Se ha de indicar la forma de presentación del material, en la medida en que ello afecte al procedimiento de trabajo y a las medidas de prevención que correspondan. Por ejemplo, para cubiertas de fibrocemento se ha de especificar el tipo de anclaje y tipo de estructura sobre la que está montada, también si están libres de cualquier recubrimiento o aislamiento y en caso contrario explicar que tipo de recubrimiento, aislamiento u otros hay. (por ejemplo: adheridas a hormigón o cemento, tipo sándwich, recubiertas de tela asfáltica, con aislamiento de poliuretano proyectado al interior, etc.).

Se indicará el estado del material sobre el que se trabaje (por ejemplo: sin deterioro visible, parcial o totalmente deteriorado).

Cantidades que se manipularán de amianto o de materiales que lo contengan

Dar aquellas dimensiones que sean más descriptivas en función de los trabajos a realizar. Ejemplo, m² para cubiertas o paredes pluviales y número de naves; longitud y diámetro en tuberías, superficie afectada por el amianto proyectado, unidades de depósitos y volumen de los mismos, etc. Conviene adjuntar planos, esquemas y fotos que faciliten la identificación de los trabajos.

Ubicación del lugar en el que se habrán de efectuar los trabajos

Dirección del lugar donde se realizan los trabajos indicados en el plan, y de su entorno: nave aislada, una sección o planta dentro de un edificio, etc. Conviene adjuntar plano, esquemas y fotos que faciliten la identificación de la ubicación de los trabajos.

Fecha de inicio y la duración prevista del trabajo

Indicar la fecha de inicio prevista o estimada de los trabajos. Como este dato no se conoce con precisión, dado que dependerá, entre otras, de la fecha en que se obtenga la aprobación del plan, se comunicará a la autoridad laboral la fecha real de los trabajos.

Se especificará el número de horas o días de trabajo previstos indicando la jornada de trabajo diaria. Esta duración se refiere a los trabajos descritos en el plan, por lo que no se debe confundir con la duración de todos los trabajos que se deban realizar. Por ejemplo en un derribo, se dará la duración de los trabajos de retirada de los materiales de amianto, y no la prevista para toda la demolición.

Se puede dar el caso que los trabajos descritos en el plan no puedan realizarse de forma continuada sino por fases. Ello debe estar indicado en el plan y las razones que lo justifiquen. Así mismo, se deberá comunicar a la autoridad laboral la fecha real de cada fase y su duración, en los plazos y con los medios que el plan establezca.

Relación nominal de los trabajadores implicados directamente en el trabajo o en contacto con el material conteniendo amianto

Se ha de indicar, para cada trabajador de la empresa que participe en los trabajos descritos en el plan, además del nombre y apellidos, documento de identificación correspondiente (DNI, NIE...), nº de la Seguridad Social, categorías profesionales, oficios y experiencia y acreditar documentalmente la formación e información según el contenido indicado en los artículos 13 y 14 del RD 396/2006. La relación de trabajadores se ha de confirmar o, en su caso cambiar en la comunicación del inicio de los trabajos, o durante el desarrollo de los mismos si procede.

No se pueden contratar trabajadores de ETT en operaciones con amianto. La reglamentación sobre trabajos en actividades de especial peligrosidad para los que las ETT no podrán celebrar contratos de puesta a disposición, cita expresamente los agentes cancerígenos, entre los que obviamente se halla el amianto. Véase el RD 216/99, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de empresas de trabajo temporal.

Se realizarán reconocimientos médicos iniciales y periódicos de los trabajadores, en los términos establecidos en el artículo 16 del RD 396/2006. Se adjuntará documento de aptitud para el trabajo a realizar expedido por el servicio médico correspondiente.

Procedimientos que se aplicarán y particularidades que se requieran para la adecuación de dichos procedimientos al trabajo concreto a realizar

Se establecerán los procedimientos de trabajo, atendiendo al principio preventivo de minimizar al máximo la emisión al ambiente de fibras de amianto o polvo que lo contenga o lo pueda contener. Se indicará la secuencia de operaciones a realizar, así como la forma en que se desarrollarán.

Es importante señalar que hay que establecer un procedimiento para cada uno de los objetivos establecidos en el plan, es decir si el plan abarca la retirada de placas, bajantes y depósitos de fibrocemento, el plan debe explicar el procedimiento de retirada de placas, el de retirada de bajantes y el de retirada de depósitos.

El procedimiento debe tener en cuenta las particularidades del método de trabajo que inciden sobre el riesgo. Por ejemplo, en el procedimiento de retirada de placas de fibrocemento será necesario tener en consideración las particularidades como pueden ser: placas libres de cualquier recubrimiento, placas con tela asfáltica adherida, placas con recubrimiento de poliuretano, placas adheridas a hormigón o cemento, otras situaciones.

Medidas preventivas contempladas para limitar la generación y dispersión de fibras de amianto en el ambiente y las medidas adoptadas para limitar la exposición de los trabajadores al amianto

Se adoptarán aquellas medidas precisas al objeto de eliminar o reducir la emisión de polvo, dando prioridad a las que se apliquen en el foco de emisión y las de tipo colectivo. Por ejemplo:

- Manipular el material con amianto el mínimo posible y con cuidado.
- Evitar la rotura del material con amianto.

- Evitar la dispersión de los materiales friables mediante técnicas de inyección con líquidos humectantes que penetren en toda la masa.
- Usar herramientas que generen la mínima cantidad de polvo, preferibles las manuales.
- Trabajar en húmedo, evitando la utilización de presión en la aplicación de agua que puedan provocar la dispersión de fibras.
- Trabajar con sistemas de extracción localizada de aire usando filtros de alta eficacia para partículas.

Equipos utilizados para la protección de los trabajadores, especificando las características y el número de las unidades de descontaminación y el tipo y modo de uso de los equipos de protección individual

Se debe describir:

- Tipo de equipo de protección respiratoria especificando las características del filtro. Para los trabajos con amianto el equipo de protección respiratoria debe disponer siempre de filtro contra partículas P3. Para operaciones en interiores con material friable se trabajará a presión positiva con aporte de aire, previamente filtrado con filtros tipo P3.
- La ropa de trabajo de protección química contra partículas, traje de tipo 5.
- Botas o polainas y guantes, que se elegirán en función de otros posibles riesgos, como resbalones, caída de objetos o cortes pinchazos.
- Instrucciones de uso de los equipos de protección individual

Se adoptarán, así mismo, todas aquellas medidas de seguridad requeridas, según las necesidades de cada caso.

Se describirán asimismo las unidades de descontaminación disponibles, explicando dónde están ubicadas respecto a la zona de los trabajos, de cuántas unidades están formadas y de qué equipos de filtración de aire y agua disponen, siendo recomendable adjuntar las características técnicas de los filtros.

Se debe describir el procedimiento de entrada y salida en las unidades de descontaminación y la secuencia de colocación y retirada de los EPI.

Medidas adoptadas para evitar la exposición de otras personas que se encuentren en el lugar donde se efectúe el trabajo y en su proximidad

Aquí, en lugar de describir las medidas para evitar la generación de polvo, debe describirse como se evitará la propagación de fibras a otros lugares.

Se describen a continuación algunas de estas medidas:

- Aislamiento de la zona de trabajo. Se puede hacer mediante recubrimiento con plástico y, si es necesario para el buen aislamiento de la zona de trabajo, se usará estructura desmontable recubierta de plástico o sistemas de confinamiento, del tipo glove-bag.
- Sistemas en depresión respecto del exterior de la zona de trabajo, con el objeto de impedir la salida de polvo con fibras de amianto fuera de la misma, dotados de filtros absolutos.
- Desconectar el sistema de aire acondicionado y cerrar las entradas y salidas del aire.
- El agua utilizada ha de ser filtrada antes de su vertido en la red general. Si bien no están establecidas unas

características específicas para estos filtros, la experiencia demuestra que el uso de filtros de tamaño de poro de hasta 5 micras es suficiente para la filtración del agua con un sistema de prefiltros adecuados.

Se documentarán adecuadamente las características de los equipos y materiales propuestos.

En la figura 4 se expone un ejemplo de un montaje para obtener el adecuado aislamiento de un trabajo con amianto.



Figura 4. Montaje para obtener el adecuado aislamiento de un trabajo con amianto consistente en la sustitución de una arandela de caucho - amianto de un motor

Medidas destinadas a informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que están expuestos y las precauciones que deban tomar

Especificar cómo se informa a los trabajadores de los riesgos del amianto y de las medidas adoptadas en el plan de trabajo para controlar los riesgos mencionados. El proceso de información seguido debe contemplar, básicamente, los puntos contenidos en el artículo 14 del RD 396/2006:

- Los riesgos potenciales para la salud debidos a una exposición al polvo procedente del amianto o de materiales que lo contengan.
- Las disposiciones contenidas en el citado RD y, en particular, las relativas a las prohibiciones y a la evaluación y control del ambiente de trabajo.
- Las medidas de higiene que deben ser adoptadas por los trabajadores, así como los medios que el empresario debe facilitar a tal fin.
- Los peligros especialmente graves del hábito de fumar, dada su acción potenciadora y sinérgica con la inhalación de fibras de amianto.
- La utilización y obligatoriedad, en su caso, de la utilización de los equipos de protección individual y de la ropa de protección y el correcto empleo y conservación de los mismos.
- Cualquier otra información sobre precauciones especiales dirigidas a reducir al mínimo la exposición al amianto.

Medidas para la eliminación de los residuos de acuerdo con la legislación vigente indicando empresa gestora y vertedero

Los residuos de amianto se recogerán separados del resto de residuos que se puedan generar. Se embalarán en recipientes cerrados que puede ser hechos con material plástico de suficiente resistencia mecánica, o big-

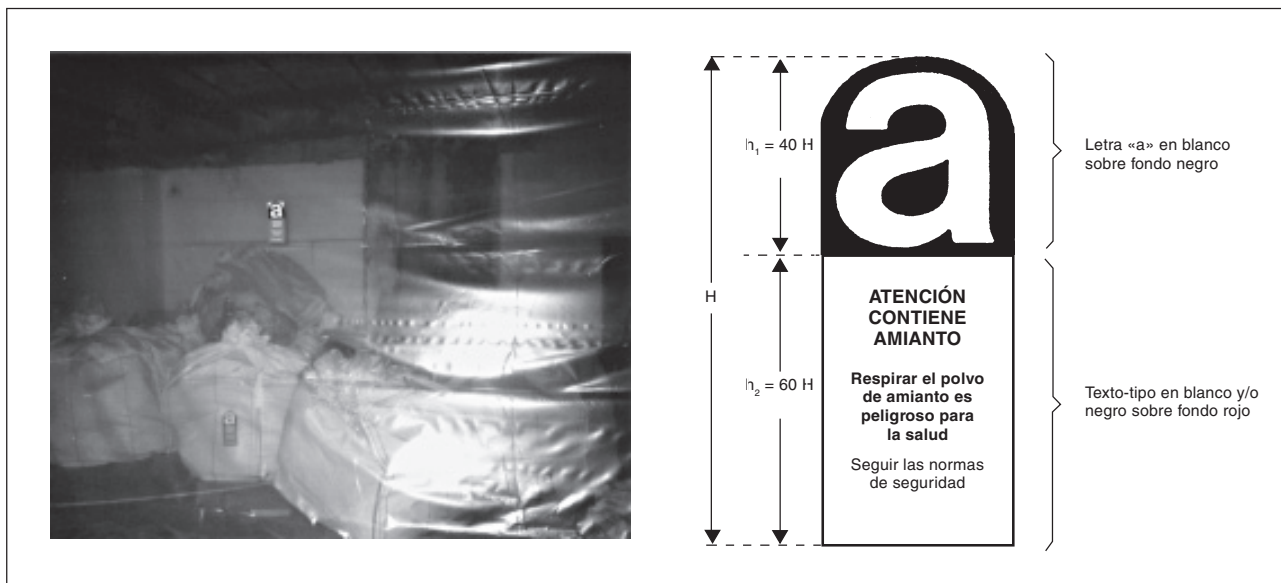


Figura 5. Embalaje de residuos de amianto y detalle de la etiqueta amianto

bags adecuados, evitando siempre la rotura del material, y se identificarán tal y como se especifica en el anexo II del RD 1406/89.

Todo el material desechable, tal como filtros, monos y mascarillas, se considerará residuos con amianto.

Todos los residuos con material de amianto tienen la clasificación de peligrosos según la lista europea de residuos publicada en la Orden MAM/304/2002. Tanto el transporte como el tratamiento de los mismos se realizarán de acuerdo con la normativa vigente (Ley 10/98 de Residuos). En la figura 5 se muestra un residuo de amianto adecuadamente embalado.

El plan ha de contener una estimación de la cantidad de residuo que se generará, las características del mismo y el método establecido para su recogida y almacenamiento temporal en la obra. Se adjuntará el documento de aceptación del residuo donde figurará la empresa gestora y vertedero, de acuerdo con la normativa vigente.

Recursos preventivos de la empresa indicando, en caso de que éstos sean ajenos, las actividades concertadas

Se identificará la persona que actúa como recurso preventivo y se acreditará su cualificación de nivel básico en PRL (50 horas).

Se ha de tener en cuenta las funciones de los mismos recogidas en el art. 32 bis de la Ley 54/2003 que modifica la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y la disposición adicional única del RD 604/2006 que modifica el RD 1627/1997. A efectos de la coordinación y cooperación empresarial, se deberá cumplir con lo especificado en el artículo 24 de la Ley 31/1995 y con lo dispuesto en el RD 171/2004,

Procedimiento establecido para la evaluación y control del ambiente de trabajo de acuerdo con lo previsto en el real decreto

El control del riesgo por inhalación de fibras de amianto se realizará principal y fundamentalmente mediante un buen diseño y una correcta aplicación de los procedimientos de trabajo.

Las primeras veces que se aplique un procedimiento de trabajo para materiales con amianto se evaluará el riesgo del mismo, con la información pertinente y la medición de la concentración de fibras de amianto en el aire del lugar de trabajo. El procedimiento de medición que se utilice será técnicamente fiable. Se usará preferentemente el método establecido por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de referencia MTA/MA-051 o cualquier otro método que de resultados equivalentes.

El resultado de la evaluación, obtenido después de varias tomas de muestras, indicará si el método de trabajo es aceptable o no, de acuerdo con la especificado en la Guía Técnica del RD 374/01 del INSHT - Apéndice 4 Método de evaluación de la exposición a agentes químicos por inhalación. Valoración por comparación con el valor límite ambiental de exposición diaria (VLA-ED) -.

Si el método es aceptable, se realizarán mediciones periódicas, obviando la medición de las concentraciones de fibras de amianto en el aire del lugar de trabajo para cada aplicación sucesiva del mismo; siempre y cuando no haya variaciones que justifiquen una nueva evaluación del procedimiento de trabajo.

La periodicidad de las evaluaciones de riesgos y controles de las condiciones de trabajo se determinará teniendo en cuenta, al menos, la información recibida de los trabajadores, y atendiendo especialmente a los factores que puedan originar un incremento de las exposiciones respecto a las inicialmente evaluadas.

Se especificará la estrategia de muestreo y el tipo de medición, indicando si se trata de mediciones que se realizan por primera vez, de control periódico o por modificaciones del procedimiento de trabajo, en este caso indicar las variables que se modifican.

Se indicará también cómo se realizan las mediciones previstas para el control de:

- la eficacia de los medios de protección colectiva, por ejemplo la eficacia de los filtros de los equipos de depresión en las burbujas,
- del ambiente de trabajo una vez acabados los trabajos de retirada de desamiantado.

La medición ha de ser fiable, se recomienda realizarla según el anexo E, apartado 2.3, del Método MTA/MA-051. Se destaca que es necesario medir la concentración de fibras en aire previamente a la retirada de todos los medios de protección utilizados para asegurar la limpieza total del área. Si bien existen criterios técnicos varios, a título orientativo, siguiendo los usados en otros países se puede considerar el valor de 0,01 f/cc como valor que si se supera debe dar lugar a continuar e intensificar las labores de limpieza. Ésta deberá realizarse por aspiración o por métodos húmedos con objeto de evitar la dispersión de las fibras y, siempre, sin retirar la burbuja.

Los datos de las evaluaciones se recogerán en el Anexo IV de RD 396/2006 y deberán remitirse, una vez ejecutados los trabajos afectados por el plan, a la autoridad laboral que lo haya aprobado, y se archivarán a la finalización de los trabajos conforme a lo especificado en el artículo 18 del RD mencionado.

4. CONCLUSIONES

En la gestión de los trabajos con materiales que contienen amianto, deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos básicos:

- El plan de trabajo es una declaración de intenciones de cómo la empresa que realizará los trabajos con amianto, protegerá la salud de sus trabajadores y las de otras personas que se encuentren en el lugar donde se efectúe el trabajo y en su proximidad.
- El plan deberá estar aprobado por la Autoridad Laboral en los plazos y términos indicados en el artículo 12 del RD 396/2006.
- Los trabajos se ejecutarán aplicando las especificaciones contenidas en el plan de trabajo aprobado por la Autoridad Laboral, y en la resolución administrativa de aprobación del mismo.
- El plan deberá ser conocido por todos los trabajadores, mandos y recurso preventivo que velará específicamente por el cumplimiento del mismo.

LEGISLACIÓN

- (1) Real Decreto 1406/89, de 10 de noviembre por el que se imponen limitaciones a la comercialización y al uso de ciertas sustancias y preparados peligrosos. BOE nº 278.
- (2) Real Decreto 108/1991 de 1 de febrero, sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto. BOE nº 53.
- (3) Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 269
- (4) Real Decreto 665/1997 de 12 de mayo sobre protección de los trabajadores frente los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE nº 124.
- (5) Ley 10/1998, de 21 de abril de Residuos. BOE nº 96.
- (6) Real Decreto 216/1999 de 5 de febrero sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de empresas de trabajo temporal. BOE nº 47.
- (7) Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre MAM por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. BOE nº 29
- (8) Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos. BOE nº 43.
- (9) LEY 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE nº 298
- (10) RD 171/2004 que modifica la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales. BOE nº 27
- (11) Real Decreto 396/ 2006, de 31 de marzo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto. BOE nº 86.
- (12) RD 604/2006 que modifica el RD 1627/1997. BOE nº127.
- (13) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición al amianto.
 Madrid. INSHT. 2008

Encofrado horizontal: protecciones individuales contra caídas de altura

Coffrage horizontal: Equipements de protection individuelle contre les chutes de hauteur
Horizontal Formwork: Personal protective equipments against falls from a height

Redactor:

José M^a Tamborero del Pino
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

La presente Nota Técnica de Prevención es la tercera de la serie sobre seguridad en encofrado horizontal y se refiere a las protecciones individuales.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. OBJETIVO

El objetivo de esta N.T.P. es describir diferentes sistemas de protección individual contra caídas de altura utilizados en diversos sistemas de encofrado en obra. Para ello se indican los factores de riesgo y las causas que los generan y se describen tres sistemas de protección individual.

2. DEFINICIONES

A los efectos de esta NTP definimos los distintos conceptos específicos contenidos en la misma.

Encofrado tipo mecano

Es un encofrado consistente en un mecano de acero, madera o aluminio de fácil montaje y adaptable a cualquier superficie, formando una base plana y resistente que permite la construcción de forjados planos de hormigón armado, macizados y aligerados. En ocasiones se podrá diseñar con sistemas de andamios como estructuras de sustentación.

Este sistema se aplica en la ejecución de edificios de varias plantas y también para plantas de grandes dimensiones, en las que sea conveniente hormigonar en varias fases, permitiendo un máximo aprovechamiento, pues sólo es necesario el material para encofrado de una planta y el apuntalado de una, dos o tres plantas más.

Encofrado de cabezal de caída

Es un encofrado ligero, habitualmente de paneles enmarcados en aluminio, orientado a la ejecución de forjados de losa maciza de gran superficie y buen acabado. El desencofrado se realiza a través de los cabezales de caída quedando únicamente estos elementos como material portante.

Encofrado de mesas

Es un encofrado destinado a la ejecución de grandes forjados de superficie regular y repetitiva donde el encofra-

do se monta al inicio de la obra y se traslada, sin desmontar, de una zona a otra de la misma.

Equipo de Protección Individual (EPI) contra caídas de altura

Equipo destinado a asegurar una persona a un punto de anclaje para evitar cualquier caída desde una determinada altura o para detenerla de forma segura.

Punto de anclaje

Elemento al que puede sujetarse un EPI contra caídas de altura.

Línea de anclaje

Línea flexible situada entre anclajes estructurales, a la que es posible sujetar un equipo de protección individual.

Arnés anticaídas

Dispositivo de prensión del cuerpo, destinado a parar las caídas. Puede estar constituido por bandas, elementos de ajuste, hebillas y otros elementos, dispuestos y ajustados de forma adecuada sobre el cuerpo de una persona, para sujetarla durante una caída y después de la parada de ésta.

Dispositivo anticaídas retráctil

Dispositivo anticaídas con una función de bloqueo automático y un sistema automático de tensión y de retroceso para el elemento de amarre, es decir, un elemento de amarre retráctil. Un elemento de disipación de energía puede ser incorporado al propio dispositivo.

Absorbedor de energía

Componente de un sistema anticaídas, que garantiza la parada segura de una caída de altura en condiciones normales de utilización.

Factor de caída

Es la altura de caída dividida por la longitud de la unión anticaídas.

3. RIESGOS Y FACTORES DE RIESGO

Los principales factores de riesgo asociados al montaje de encofrados horizontales son las caídas a distinto nivel debidas a:

- Trabajar junto al borde de forjado
- Existencia de huecos en forjado
- Rotura de bovedillas
- Arriostramiento horizontal deficiente
- Acceso a la superficie de trabajo deficiente o inexistente
- Protecciones perimetrales inexistentes o incompletas.
- Deslizamiento de la superficie encofrada por falta de enclavamiento.
- Colocación de los tableros de encofrado sin ir anclado a ningún punto
- Operaciones en perímetro de la obra, sin ir asegurado (colocación de tabicas, de barandas,...)

4. SISTEMAS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Los sistemas anticaídas pueden ser de perchas, con mástiles y de líneas de vida de bloque retráctil antiácida en pilares

Sistema anticaídas de perchas

Es una estructura metálica en forma de "L" invertida, que colocada en la cabeza de un pilar de hormigón, o en un pilar metálico, sirve como punto de anclaje para que un operario, equipado con un arnés, pueda trabajar de forma segura. En realidad, se trata de una solución preventiva, con factor de caída 0, pues la caída no llega a producirse. El sistema pivota respecto al eje central, permitiendo al operario cubrir una superficie circular alrededor del pilar variable en función de las dimensiones de los distintos componentes del sistema. Ver Fig.1

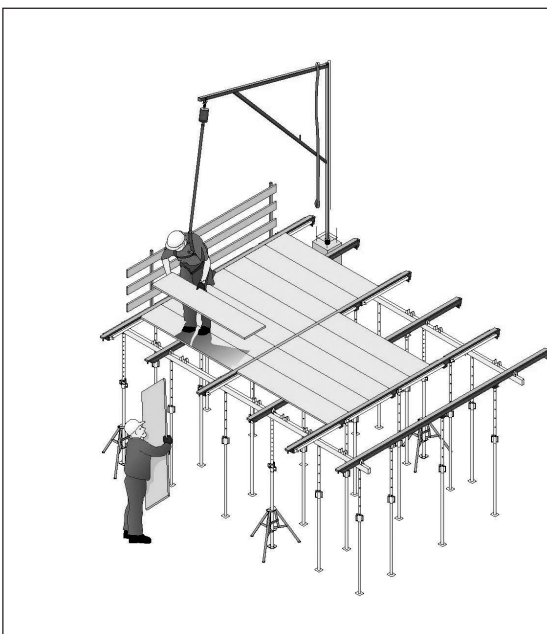


Figura 1. Sistema anticaídas de perchas

Aplicaciones

Sistema preventivo, especialmente útil en perímetros. Su utilización permite realizar con seguridad las operaciones de colocación de: tableros de encofrado, barandillas de seguridad, redes tipo horca, tabicas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el encofrado, en las que exista riesgo de caída en altura. El sistema se puede utilizar con cualquier tipo de arnés o eslinga, siempre y cuando lleven el marcado CE. Todos los elementos deben pasar los ensayos correspondientes, que avalen su eficacia y seguridad.

Fases de montaje

1. Estudio y decisión de los pilares en los que se van a colocar los tubos cónicos (en los pintados en azul, irían perchas, en los grises no hace falta). Ver Fig. 2

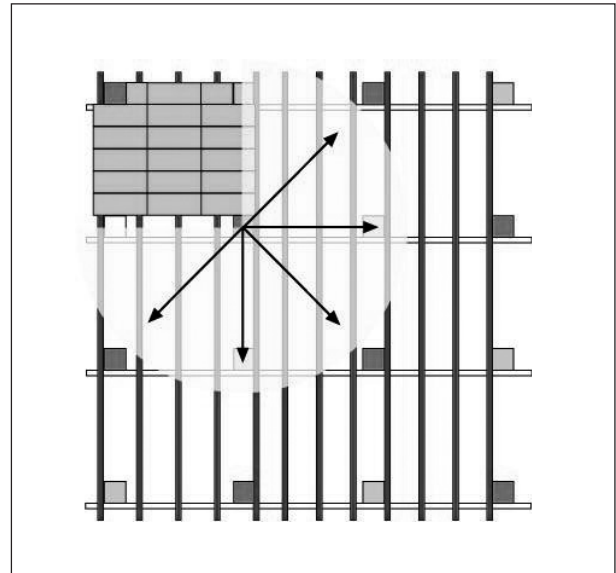
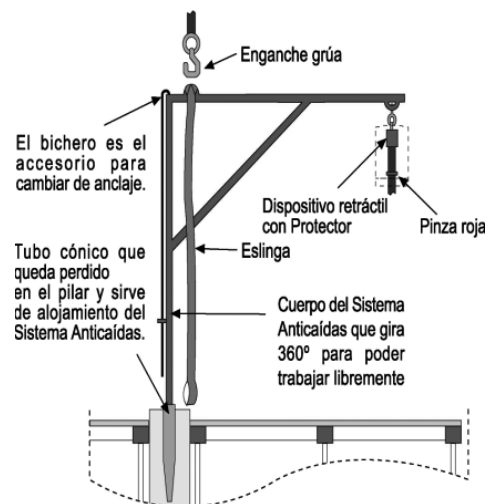


Figura 2. Distribución de los tubos cónicos en planta



- Inmediatamente después de hormigonar los pilares y centrado en la cabeza de los mismos, se coloca cada tubo cónico, dejando que sobresalga 5 cm. Con la ayuda de un accesorio llamado nivelador se garantiza que queda vertical. El pilar con el tubo perdido gana en resistencia. Ver Fig.3
- Cuando el hormigón haya alcanzado los 40 Kg/cm² colocaremos el sistema anticaídas con la grúa (conectando el enganche grúa a la eslinga del sistema anticaídas). Ver Fig.4

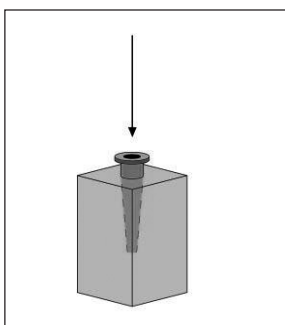


Figura 3. Detalle de la colocación del nivelador para nivelar el tubo cónico

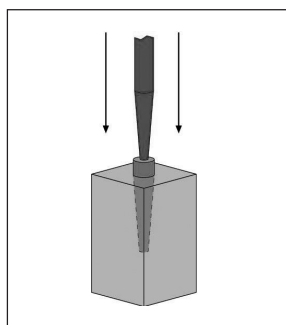


Figura 4. Colocación del sistema anticaídas en cada tubo cónico

- El operario equipado con un arnés ya puede, a partir de ese momento, anclarse al retráctil y trabajar con normalidad. Ver Fig.1.
- Complementariamente, cuando el operario deba cambiar de anclaje, no se soltará del primero hasta no estar sujeto a otro de forma que en ningún momento esté desprotegido. Ver Fig.5

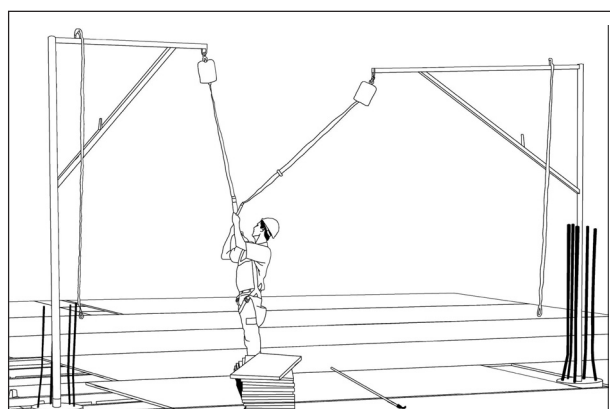


Figura 5. Operario anclado a dos sistemas anticaídas de perchas

Mantenimiento del sistema

Antes de su uso el sistema requiere revisar el estado del dispositivo retráctil, el arnés y la eslinga.

- Que no tengan cortes importantes ni deshilachaduras y que estén todos los componentes.
- En el caso del retráctil, éste debe bloquear al tirar la cinta con un golpe seco y además debe enrollarse y desenrollarse normalmente en toda su longitud.

Sistema anticaídas con mástiles

Es una estructura metálica en forma de "I", que colocada en la cabeza de un pilar de hormigón sirve junto con el cable de acero como anclaje para que un operario, equi-

pado con un arnés, pueda trabajar de forma segura. El sistema es una solución preventiva, pues la caída no llega a producirse. Ver Fig. 6

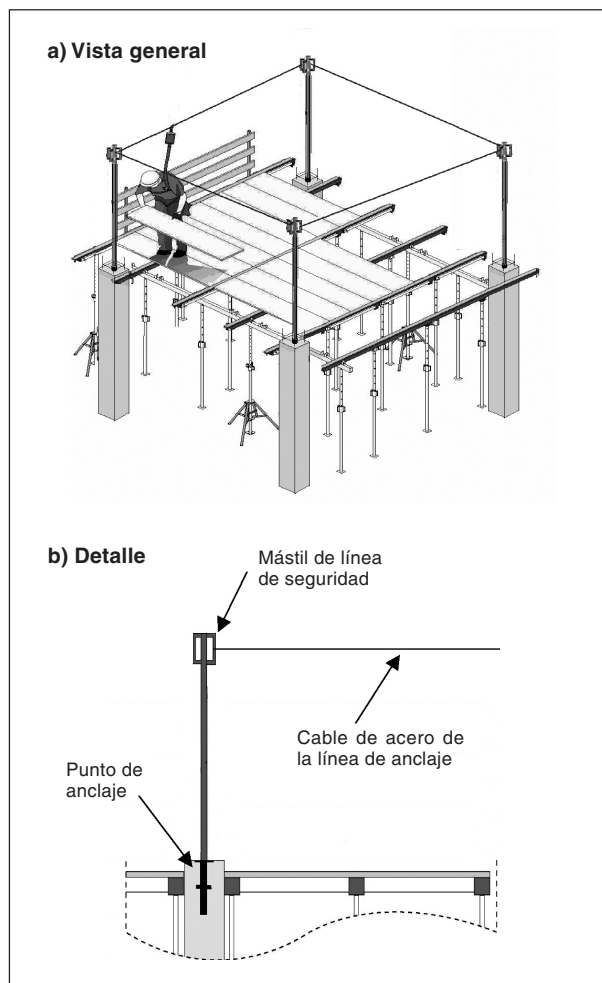


Figura 6. Sistema anticaídas con mástiles

Aplicaciones

Sistema preventivo, especialmente útil en perímetros. Su utilización permite realizar con seguridad las operaciones de colocación de: tableros de encofrado, barandillas de seguridad, redes de seguridad, tabicas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el encofrado, en las que exista riesgo de caída en altura.

El sistema se puede utilizar con cualquier tipo de arnés, eslinga, y anticaídas siempre y cuando lleven el marcado CE, y cumplan con las normativas vigentes de seguridad.

Todos los elementos deben pasar los ensayos correspondientes, que avalen su eficacia y seguridad.

Fases de montaje

- Decidir en que pilares se coloca el punto de anclaje (en negro). Los anclajes, se deben colocar con una luz máxima entre pilares de 10 metros. Ver Fig. 7.
- Justo después de hormigonar los pilares y centrado en la cabeza de los mismos, se coloca el punto de anclaje, hasta la placa de nivelación que tiene en la cabeza el punto de anclaje. El pilar con el punto de anclaje perdido gana de esta forma en resistencia. Ver Fig. 8.

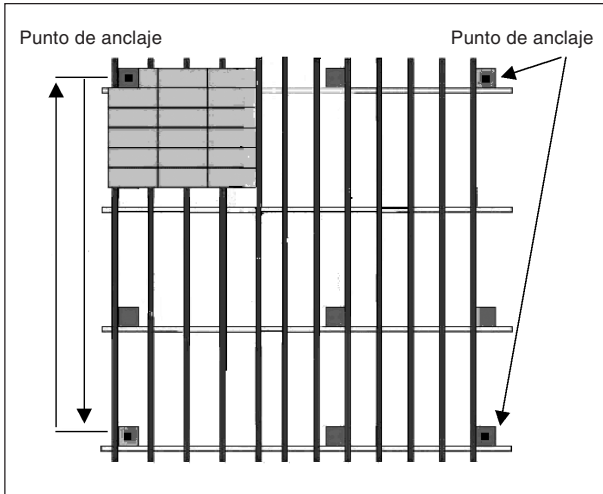


Figura 7. Pilares de montaje de los anclajes del sistema anticaídas con mástiles

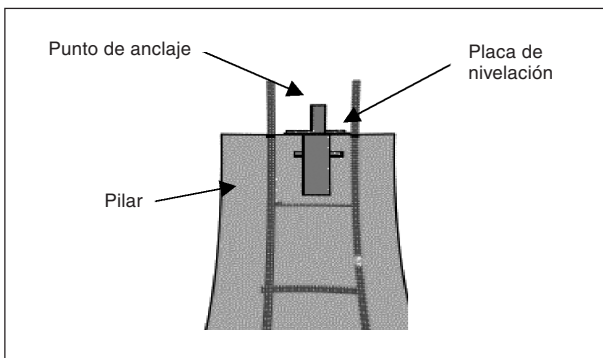


Figura 8. Detalle del punto de anclaje instalado sobre el pilar

3. Cuando el hormigón haya alcanzado los 40 Kg/cm² se colocan los mástiles manualmente introduciendo el mástil en el punto de anclaje y pasando el bulón de seguridad. Ver Fig. 9.

Una vez colocados los puntos de anclaje y los mástiles correctamente se procederá a la instalación del cable. El cable a utilizar debe de ser un cable con alma de acero con una sección mínima de 8 mm. El cable se pasa por el estribo superior y se tensa con

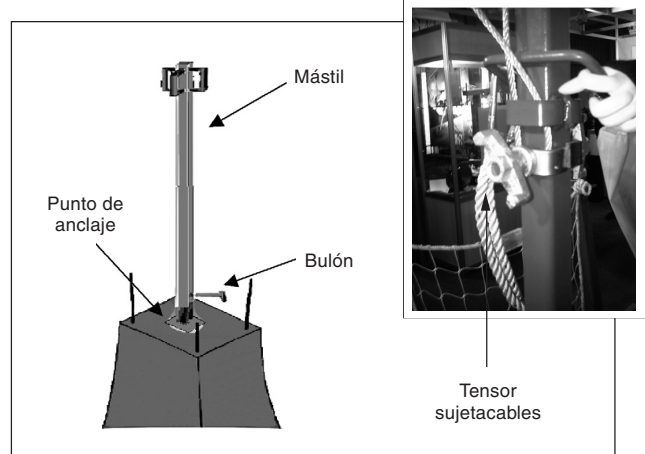


Figura 9. Montaje del mástil en el punto de anclaje y detalle del tensor sujetacables

el tensor ubicado en la mitad del mástil. Una vez pasado el cable por el tensor, con la ayuda de un martillo, se debe fijar el tensor. Ver Fig. 9.

4. El operario equipado con un arnés y un retráctil ya puede anclarse al cable y trabajar con normalidad. Ver Fig. 6 (a).

Mantenimiento del sistema

Antes de su uso el sistema requiere revisar el estado de los mástiles, retráctil, el arnés y la eslinga, verificando que no tengan cortes importantes ni deshilachaduras y que estén todos los componentes.

En el caso del retráctil, éste debe bloquear al tirar la cinta con un golpe seco y además debe enrollarse y desenrollarse normalmente en toda su longitud.

Sistema anticaídas de líneas de vida y bloque retráctil anticaídas en pilares

Es un sistema de líneas de vida horizontal portátiles, que colocadas en la ferralla de la cabeza de un pilar de hormigón, conectado junto con el bloque retráctil anticaídas sirve como anclaje para que un operario, equipado con un arnés, pueda trabajar de forma segura. El sistema es una solución preventiva, pues la caída no llega a producirse al retener el bloque retráctil anticaídas al operario. Fig. 10.

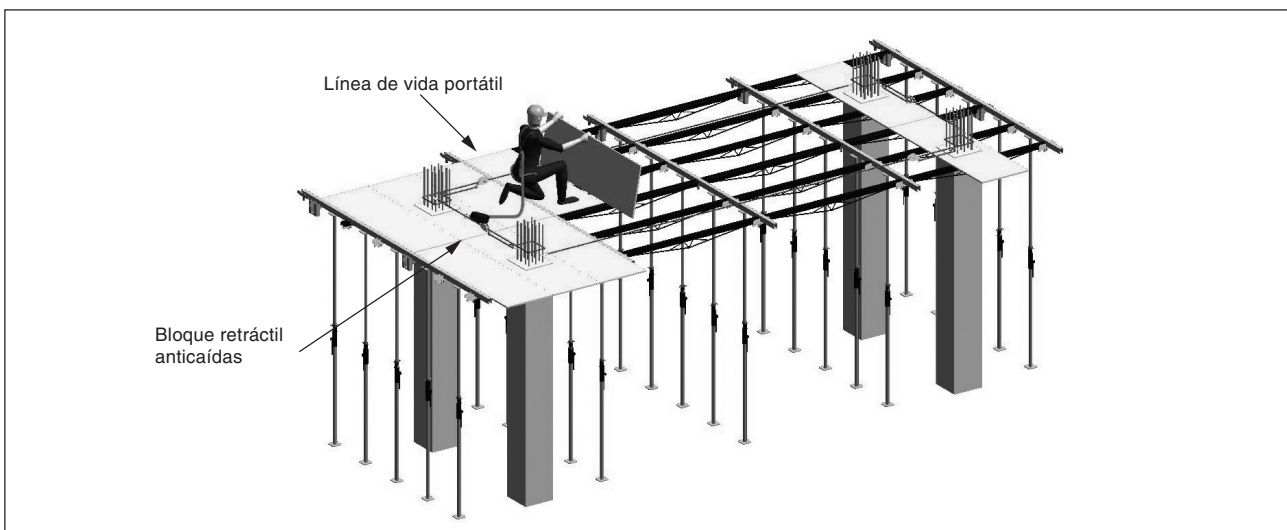


Figura 10. Vista general del sistema anticaídas de líneas de vida y bloque retráctil anticaídas en pilares

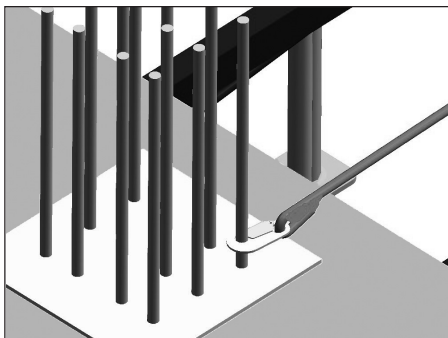


Figura 11. Conexión de línea de vida a ferralla

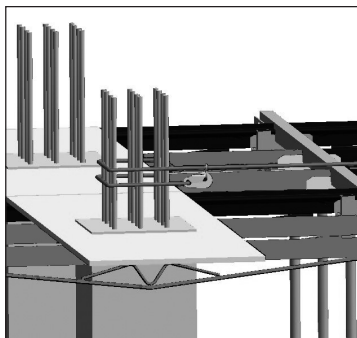


Figura 12. Variante de conexión de línea de vida a ferralla



Figura 14. Detalle de tensado con la carraca de vida a ferralla

Aplicaciones

Sistema preventivo, especialmente útil en perímetros y montaje de tableros, paneles y barandillas en encofrados horizontales. Su utilización permite realizar con seguridad las operaciones de colocación de: tableros de encofrado, barandillas de seguridad, redes de seguridad, tabicas de encofrado y en general todas aquellas situaciones relacionadas con el encofrado, en las que exista riesgo de caída en altura.

El sistema se puede utilizar con cualquier tipo de arnés, línea de anclaje horizontal portátil (según UNE EN 795 Clase C) y bloque retráctil anticaídas siempre y cuando lleven el marcado CE, y cumplan con las normativas vigentes de seguridad.

Todos los elementos deben pasar los ensayos correspondientes, que avalen su eficacia y seguridad.

Fases de montaje

1. Arriostrar el encofrado horizontal a los pilares realizando los remates: Con la ayuda de medios auxiliares reglamentarios, subir la línea de vida hasta la cabecera del pilar. Amarrar un extremo de la línea de vida al pilar (enrollar el extremo de la línea de vida al pilar realizando al menos una vuelta muerta y conectar el mosquetón sobre la línea de vida, o bien si el pilar cuenta con un punto de anclaje que pueda soportar los esfuerzos (anclaje o ferralla) conectar el mosquetón directamente a este punto, o bien abrazar el pilar con las cinchas de cinta y fijarla a la línea

de vida mediante conector). Tirar el otro extremo de la línea de vida por encima de la estructura del encofrado hasta el pilar donde se va a fijar el otro extremo de la línea de vida. Figuras 11 y 12.

La resistencia estática de los puntos de anclaje debe ser superior a 15 KN.

2. Ir al otro pilar y con la ayuda de un medio auxiliar normalizado (por ej. torre móvil), coger el extremo de la línea de vida que se ha lanzado en el paso anterior. Figura 13.

Amarrar el otro extremo de la línea de vida al pilar (enrollar el extremo de la línea de vida al pilar realizando al menos una vuelta muerta y conectar el mosquetón sobre la línea de vida, o bien si el pilar cuenta con un punto de anclaje que pueda soportar los esfuerzos (anclaje o ferralla) conectar el mosquetón directamente a este punto, o bien abrazar el pilar con las cinchas de cinta y fijarla a la línea de vida mediante conector).

Tensar la línea de vida con el tensor de carraca, haciendo el máximo de fuerza y dejando la línea de vida bien tensa. Figura 14

Se puede repetir el paso anterior hasta formar una cuadrícula de líneas de vida o bien hacer una línea de líneas de vida, desde las cuales se aborde el mayor área de protección posible.

La longitud de la línea de vida es variable hasta un máximo recomendable de 20 m., sin punto intermedio y sin ningún viraje.

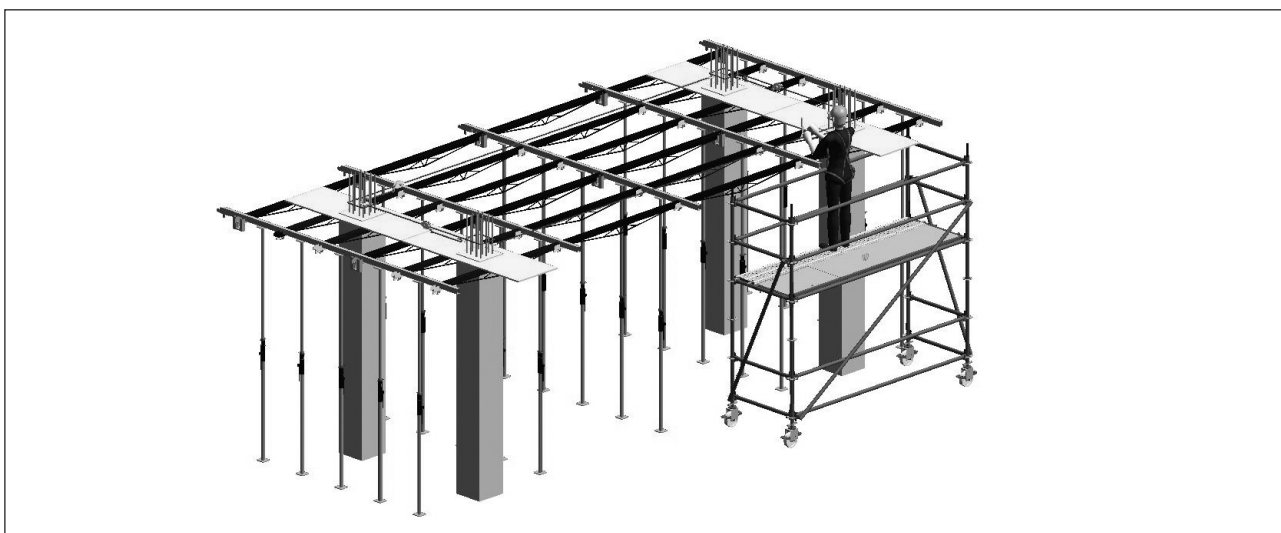


Figura 13. Tensado de línea de vida

3. A continuación se sube al encofrado con la ayuda de un medio auxiliar normalizado (por ej. torre móvil) en la zona del pilar con la línea de vida y se amarra el arnés al bloque retráctil anticaídas y éste a la línea de vida.

Se procede a poner los tableros o los paneles en la zona próxima al pilar, zona que servirá de almacén de tableros y/o paneles, para posteriormente proceder a su posicionamiento sobre la estructura del encofrado. Figura 15.

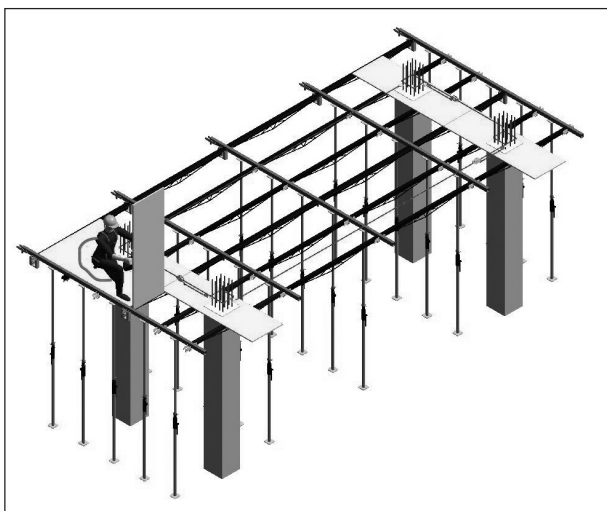


Figura 15. Colocación de los tableros iniciales.

Se procede a la colocación de tableros o paneles ordenadamente, hasta cubrir toda el área de protección de la línea de vida. Figura 16.

Se procede a repetir la instalación de la línea de vida en otra zona, o bien cambiar el amarre a otra línea de vida de la cuadrícula de líneas de vida, hasta completar la cubrición de paneles y/o tableros del área de protección de la estructura del encofrado horizontal.

4. Se colocan los pies de barandilla y los tubos de las barandillas superior e intermedia de los pies de barandilla, hasta conformar toda la protección perimetral de toda la estructura.

Se completan las barandillas con los rodapiés reglamentarios. Figura 17

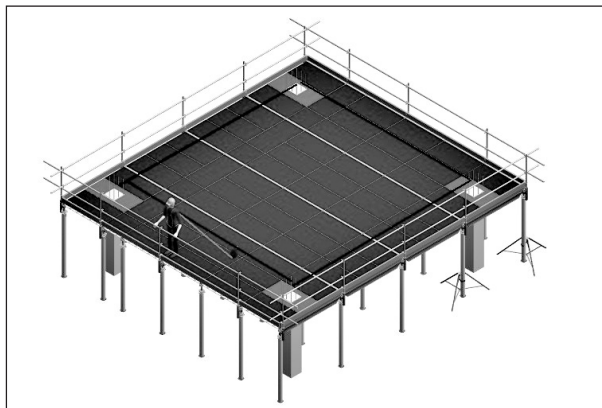


Figura 17. Colocación de pies de barandilla, tubos de las barandillas superior e intermedia y rodapiés

Mantenimiento del sistema

No utilizar el absorbedor de energía en estas instalaciones compuestas de la línea de vida y/o bloque retráctil anticaídas.

Antes de su uso el sistema requiere revisar el estado de las líneas de vida, bloque retráctil anticaídas, el arnés y los conectores.

- Que no tengan cortes importantes ni deshilachaduras y que estén todos los componentes.
- En el caso del retráctil, éste debe bloquear al tirar la cinta o cable con un golpe seco y además debe enrollarse y desenrollarse normalmente en toda su longitud.

5. LEGISLACIÓN

Ley 31/1995, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE.10.11.1995)

RD. 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción (BOE. 25.10.1997)

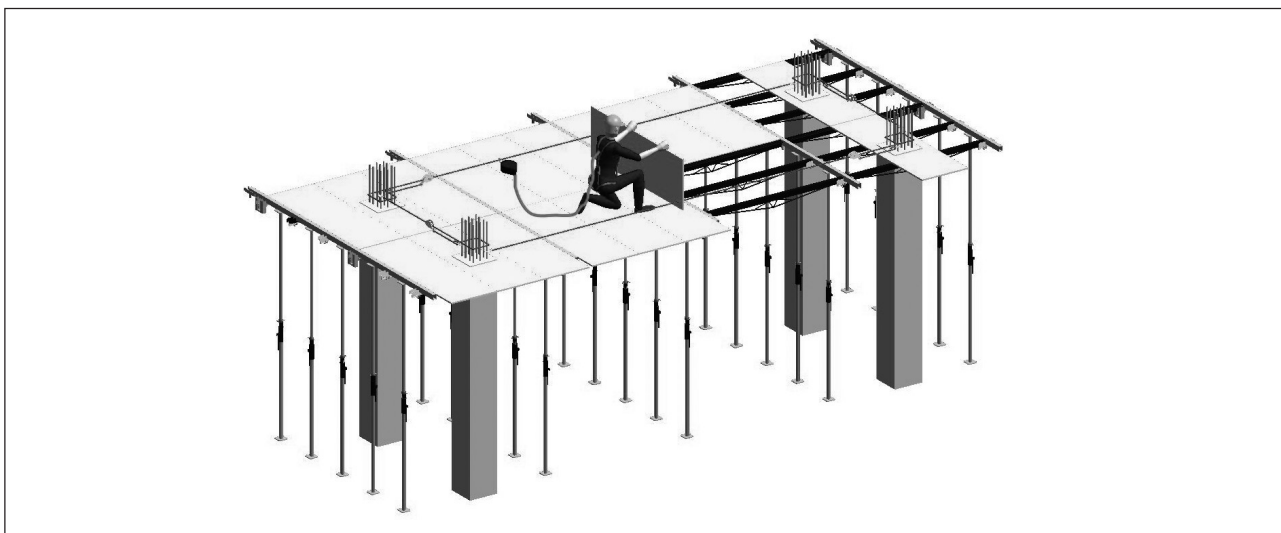


Figura 16. Consolidación de la cubrición.

RD. 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el RD. 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. (BOE.13.11.2004)

RD. 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE. 23.4.1997)

RD. 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (BOE. 12.6.1997)

RD. 1407/1992, de 20 de noviembre, por el que se regulan las condiciones para la comercialización y libre circu-

lación intracomunitaria de los equipos de protección individual. (BOE. 28.11.1992)

RD. 1215/1997 de 18 de Julio, sobre disposiciones mínimas en la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (BOE. 7.8.1997)

RD. 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. (BOE. 23.4.1997)

RD. 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. (BOE. 21.6.2001)

Resolución de 1 de agosto de 2007, de la Dirección General de Trabajo, por la que se inscribe en el registro y publica el IV Convenio Colectivo General del Sector de Construcción. (BOE. 17.8.2007)

BIBLIOGRAFÍA

- (1) UNE-EN 795:1997
Protección contra caídas de altura
Dispositivos de anclaje. Requisitos y ensayos
- (2) UNE-EN 795/A1:2001
Protección contra caídas de altura
Dispositivos de anclaje. Requisitos y ensayos
Nota: Esta norma complementa y modifica la anterior.
- (3) UNE-EN 341:1997
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Dispositivos de descenso
- (4) UNE-EN 353-1-2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Parte 1: Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje rígida.
- (5) UNE-EN 353-2-2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Parte 1: Dispositivos anticaídas deslizantes sobre línea de anclaje flexible
- (6) UNE-EN 354:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Elemento de amarre
- (7) UNE-EN 355:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Absorbedores de energía
- (8) UNE-EN 358:2000
Equipos de protección individual para sujeción en posición de trabajo y prevención de caídas de altura
Cinturón de sujeción y retención y componentes de amarre de sujeción
- (9) UNE-EN 360:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Dispositivos anticaídas retráctiles
- (10) UNE-EN 361:2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Arneses anticaídas
- (11) UNE-EN 362:2005
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Conectores

- (12) UNE-EN 363- 2002
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Sistemas anticaídas
- (13) UNE-EN 364: 1993
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Métodos de ensayo
- (14) UNE-EN 365:2005
Equipos de protección individual contra caídas de altura
Requisitos generales para las instrucciones de uso, mantenimiento, revisión periódica, reparación, marcado y embalaje.
- (15) UNE-EN 1004:2006
Torres de acceso y torres de trabajo móviles construidas con elementos prefabricados

Empresas colaboradoras:**ENCOFRADOS J. ALSINA, S.A.**

Polígono Industrial Plà d'en Coll
Camí de la Font Freda, 1
08110 MONTCADA I REIXAC (Barcelona)

ENCOFRADOS PREVITEC – CORTA

Ctra. Callús 91
08251 SANTPEDOR (Barcelona).

ULMA C y E, S. Coop.

Paseo Otadui, 3
20560 OÑATI (Guipúzcoa)

SISTEMAS TÉCNICOS DE ENCOFRADOS, S.A.

Polígono Industrial Can Magarola
C/ Octave Lecante, 59
08100 Mollet del Valles (Barcelona)

Transparencia y condiciones de trabajo (II): su contribución al liderazgo

*Transparence et conditions de travail (II): contribution au leadership
Transparency and working conditions (II): leadership contribution*

Redactor:

Manuel Bestratén Belloví
Ingeniero Industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

Este documento, que complementa a otro anterior con el mismo título, trata sobre algunos de los atributos esenciales del liderazgo en el trabajo, como resultado de la credibilidad y confianza que generan las decisiones y actuaciones basadas en la ética y la transparencia, aportándose ejemplos prácticos y un sencillo cuestionario de autoevaluación de tales atributos. Ello con la premisa de que son los trabajadores quienes realmente otorgan tal valioso reconocimiento.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

En tiempos no lejanos se concebía el liderazgo de directivos y mandos como algo consustancial con el éxito en los resultados empresariales, un éxito basado principalmente en el beneficio económico, aunque, eso sí, siempre dentro de la legalidad y sin generar escándalo alguno. El rápido enriquecimiento fue y sigue siendo en determinados círculos muestra fehaciente de éxito de directivos, algunos sin demasiados escrúpulos. Afortunadamente, hoy el liderazgo real de éxito ante la sociedad ha de conjugar resultados y credibilidad al mismo nivel, siendo la transparencia algo esencial que, además de hacerlo posible, es determinante en el desarrollo de personas y organizaciones. Evidentemente, nos estamos refiriendo a un liderazgo basado en el reconocimiento por el respeto y la confianza generada.

Pero el liderazgo no es tan solo cuestión de resultados y credibilidad, ha de ir asociado a un alto nivel de competencia para poder y saber dirigir personas, que se supone también competentes y demandan serlo cada vez más; a la laboriosidad en el trabajo y al respeto a valores éticos, y además, a la muestra de utilidad y visión de futuro de la actividad laboral, algo que se necesita en cualquier organización para dar sentido al trabajo y ofrecer un horizonte común a sus miembros. Tampoco el liderazgo se limita exclusivamente al personal con mando, aunque para éste sea vital. Cualquier buen profesional puede alcanzar tal reconocimiento moral ante sus compañeros si colabora con ellos y actúa bajo principios éticos y de excelencia en el trabajo. Sería entonces, si así lo demuestran sus competencias, candidato a un cargo de mayor responsabilidad en el colectivo del que forma parte. Una efectiva gestión por competencias debería asumir que solo puedan ocupar cargos directivos personas con determinado perfil profesional y un aceptable nivel de liderazgo, con capacidad de desarrollarse.

En nuestra sociedad se ha ido produciendo un incremento sustancial de la presión y las exigencias en el trabajo, como así lo demuestran las últimas Encuestas Nacionales de Condiciones de Trabajo, sin que ello se haya correlacionado en mejoras de productividad y competitividad. Los riesgos emergentes psicosociales, generadores del estrés, del agotamiento extremo, del acoso mo-

ral, de la apatía, o de la desmotivación por la inestabilidad y falta de expectativas laborales, latan cada vez con más fuerza, salvo que seamos capaces de innovar en la organización del trabajo con incrementos competenciales para enfrentarse a las situaciones de riesgo y por supuesto, con un nuevo liderazgo que permita minimizarlos y potenciar las inmensas capacidades de las personas para generar valor.

En este proceso contribuyen los cambios radicales sucedidos en la gestión empresarial por motivos diversos: la globalización, que ha puesto en evidencia los graves desequilibrios regionales y las injusticias que los amparan, lo que nos obliga a pensar en las repercusiones sociales y planetarias de nuestros actos cotidianos; los nuevos modelos de excelencia empresarial, en donde el liderazgo basado en valores es uno de sus aspectos esenciales a gestionar, y en especial la creciente exigencia de ciudadanos y consumidores por el respeto a valores éticos en todos los ámbitos y en particular en el mundo de los negocios. Tal vez los fracasos empresariales por actuaciones deshonestas han acelerado este proceso en tiempos de cambios e incertidumbre. En sociedades democráticas, exigencias cívicas y de competitividad van incorporando con mayor o menor éxito en las empresas los valores del diálogo, la participación y el respeto a las personas, indistintamente de su desempeño, y que solo un liderazgo transparente ha de hacer posible. Los líderes transparentes son los que fortalecen su credibilidad a través de la sinceridad, la honestidad, la humildad, el respeto a los compromisos y la asunción de un conjunto de comportamientos éticos. También es cierto que el liderazgo es el resultado de un prolongado esfuerzo y puede perderse solo por una grave actuación irresponsable. Pero solo con este tipo de liderazgo es posible construir y mantener centros de trabajo a la vez que productivos y eficientes, también humanos. El liderazgo es transparente o no es liderazgo.

El liderazgo es hoy una competencia profesional en alza que debería ser asumida y desarrollada en toda organización con voluntad de pervivencia. No porque uno sea un buen profesional en una materia está en condiciones de liderar con éxito todo proyecto sobre la misma y al equipo que lo ha de materializar. Dirigir a cualquier nivel en la actualidad y con los requisitos necesarios no es ta-

rea fácil, aunque resulte de vital importancia hacerlo para el desarrollo sostenible de las organizaciones. El liderazgo habría de ser exigido con un nivel mínimo de integración en las funciones de los mandos y desarrollado a través de formación específica y control. Esta Nota Técnica de Prevención pretende ofrecer de manera sencilla y clara, elementos de actuación que favorezcan este liderazgo transparente en el trabajo y que los mandos habrían de practicar en su quehacer cotidiano, aprovechando plenamente los avatares de cambios, incidencias o incluso crisis que acechan en cualquier esquina. Precisamente, las actuaciones entorno a las condiciones de trabajo - lo más próximo a las personas- son determinantes en la demostración fehaciente de lo que somos, sentimos y también de lo que perseguimos. Por ello, es una acertada estrategia cuidar todo lo relativo a este amplio campo del conocimiento, aprovechándolo también para mantener niveles aceptables de liderazgo de cualquier organización. Es proverbial que un buen capitán de navío demuestra realmente su competencia cuando está en medio de la tormenta; cuando el mar está en calma muchos pueden parecer buenos navegantes.

Con interés pedagógico se han clasificado los principales atributos del liderazgo transparente en cinco grupos (ver fig. 1), basados entorno a los siguientes valores que podríamos denominar las “**5 ESES**” del nuevo liderazgo, (nada tienen que ver con el conocido Programa de Orden y Limpieza): *la Sinceridad, la Serenidad, la Seriedad, la Sencillez y la Sensibilidad*. Tales atributos están a su vez profundamente imbricados. No obstante, la transparencia responsable no es algo simple, requiere conocer en cada momento su nivel óptimo y cómo aplicarla de la mejor manera posible para evitar conflictos y percepciones equívocas. Lo que a continuación se expone solo pretende facilitar la autorreflexión en el modo de actuar con los colaboradores, especialmente en lo relativo a sus condiciones de trabajo.

2. LIDERAZGO Y SINCERIDAD

La sinceridad posiblemente sea la expectativa más importante que las personas depositan en sus directivos para que éstos sean creíbles. Posiblemente de alguien

que nos ha engañado, nunca más volvamos a confiar. No existen verdades dichas a medias, solo hay verdades o mentiras y en todo momento habrá que optar por las primeras a costa de posibles riesgos e inconvenientes para uno mismo en el proceso de comunicación. También los silencios pueden ser engañosos al no dar estar dando una información o respuesta oportuna que se está esperando. La clave radica en qué decir y cómo decirlo para no mentir, aunque en determinadas circunstancias uno no pueda decir todo lo que sabe, porque no está autorizado para ello o no está en condiciones de hacerlo. Simplemente habrá que manifestarlo con claridad. La sinceridad tampoco exige una revelación total. Si un mando tiene conocimiento de algo y no puede ser completamente transparente, una respuesta sincera podría ser: “Lo se, pero ahora no puedo decirlo” o bien, “Me comprometo a ser sincero contigo pero necesito un tiempo de reflexión sobre este asunto antes de darte una respuesta”. Habría Incluso que ayudar en tal circunstancia a entender el por qué no se transmite una información en un determinado momento. La preservación de la confidencialidad requerida podrá ser entonces más fácilmente respetada e incluso apreciada.

La opinión manifiesta de un directivo o mando sobre cualquier aspecto que afecta a las condiciones de trabajo, cuando el afectado no ha participado en la decisión que de ello se derive es de entrada una situación anómala. Dos razones lo avalan, la primera porque resulta inaceptable el propio proceso sin la mínima participación, y segundo, que en principio una “opinión” es siempre discutible, y más cuando se parte de perspectivas de análisis diferentes. Por ello, es imprescindible garantizar el diálogo y cuidar de plantear ante cada decisión o razonamiento las evidencias objetivas que lo justifican. Ello habría de contribuir a fundamentar la sinceridad en las manifestaciones que comporten potenciales riesgos. No obstante, la opinión bien transmitida, en coherencia con los valores y códigos de conducta establecidos debería ser siempre bienvenida.

En la vida cotidiana suele haber una cierta tolerancia a lo que suelen denominarse “mentiras piadosas” con la falsa creencia de hacernos la vida más cómoda, optando por planteamientos formalistas. ¿Quién no lo ha hecho alguna vez? Pongamos algunos ejemplos. Un direc-

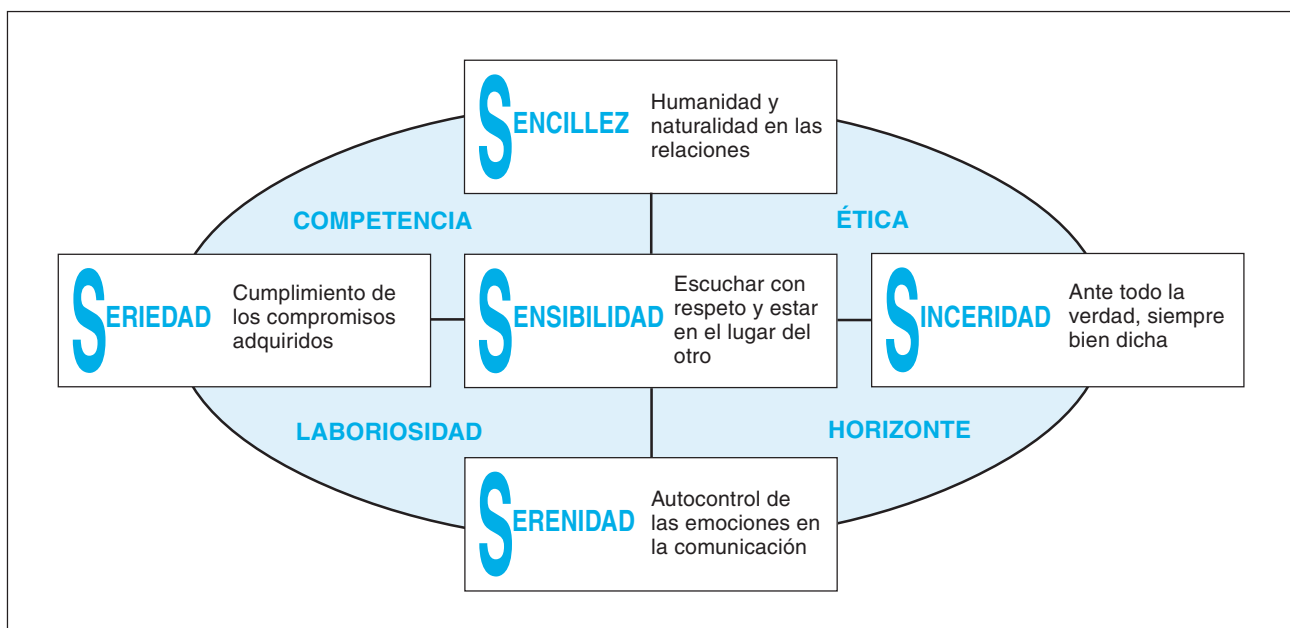


Figura 1. Los 5 atributos del liderazgo, fundamentados sobre la competencia, la ética, la laboriosidad y un horizonte común

tivo comunica a un trabajador y “viejo amigo” al encontrarse por la calle que tiene interés en verle con mayor tranquilidad y conversar, cuando el trabajador sabe perfectamente que no le va a llamar, porque ahora está “ocupado” en otras cosas. También el justificarse ante un trabajador de que no se le ha podido comunicar algo que se supone importante, o hacer algo con lo que se comprometió, con la falsa excusa de haber tenido reuniones u otros trabajos urgentes. No sería aceptable. Sí en cambio lo sería, reconocer el descuido y aprovechar para revisar los compromisos adquiridos para llevarlos a término en un plazo razonable. También en ocasiones abusamos tanto de falsas alabanzas como de falta de reconocimientos merecidos. Los elogios sinceros siempre serán agradecidos, y más cuando han representado esfuerzo en la actuación de nuestros colaboradores. Imaginemos que un operario acostumbrado a no usar un determinado equipo de protección personal o aplicar un determinado procedimiento, lo hace. Podría pensarse que tal vez no sea necesario decir nada, más, cuando era su obligación hacerlo. Pero no nos engañemos, si queremos que el trabajador siga progresando interiorizando nuevos hábitos y una actitud positiva, lo correcto sería que su mando reconociera con mesura sus logros.

En materia de riesgos laborales, sería un grave error ocultar cierta información para evitar falsas alarmas; por ejemplo, que se está utilizando un producto cancerígeno. Cuando el trabajador se entere por otra vía se sentirá engañado. En cambio, transmitir la información sobre la importancia del riesgo y las medidas preventivas frente al mismo, y de ser cierta, la búsqueda iniciada para encontrar un producto alternativo, facilitará comportamientos seguros y reforzará el valor de la sinceridad. En este campo, como en otros, disponer de procedimientos y cumplirlos para informar debidamente a las personas de todo lo que les afecta en su trabajo puede ayudar a actuar correctamente. En todo caso, no informar debidamente a los trabajadores de los riesgos a los que están expuestos en el trabajo y las medidas preventivas correspondientes es una prueba evidente de falta de sinceridad. Todo lo contrario sucede cuando un mando revisa sistemáticamente con un cuestionario de chequeo en mano los lugares de trabajo para evitar riesgos y adopta consecuentes medidas preventivas para corregirlos. Sobran palabras para demostrar su compromiso.

Crear una cultura sincera requiere compromisos formales desde la Dirección, pero también un esfuerzo esmerado y continuado en el día a día. Tiene que demostrarse visiblemente en las acciones y decisiones. Aunque a veces, ser demasiado directo pueda llegar a ser contraproducente. Antes de hablar ante un colectivo hay que pensar en como ser sincero sin herir. Cualquier decisión puede afectar positivamente a unos e inconscientemente de forma negativa en otros. El diálogo es lo único que puede llegar a clarificar posiciones y encontrar caminos coincidentes. La verdad tiene que facilitarse con tacto, o sea, con afecto y sensibilidad, y más cuando ésta comporte situaciones delicadas. Así, ante una situación problemática que atraviesa la empresa, como una grave crisis, si es debidamente compartida con todos sus miembros, fundamentándola en el diálogo y transmitiendo la voluntad de intentar salir de la misma con la colaboración abierta de directivos y trabajadores y no solo a costa de estos últimos, se puede generar un cambio positivo y radical de comportamientos que lleven a una eficaz reconducción de alternativas. Muchas experiencias en este sentido lo avalan. Lamentablemente, ¡cuán pocas situaciones de crisis son conducidas adecuadamente, aflorando los malos

entendidos o las intenciones perversas, que en el fondo no pueden esconderse! Cuando se deja a las personas desinformadas en la oscuridad, lo normal es que el vacío lo ocupen las propias interpretaciones o los rumores y el “virus” del desánimo se extienda.

3. LIDERAZGO Y SERENIDAD

Aunque para ser creíble a través de la transparencia se requiere transmitir las verdaderas opiniones y decisiones en lo relativo a los asuntos significativos de la empresa, no sería admisible hacerlo de manera inadecuada o irresponsable. Es precisamente en los momentos difíciles que se espera de los líderes que se comporten de manera serena y firme, manteniendo la compostura y calmando la situación para minimizar problemas e intranquilidades. La compostura no debería ser un dilema ante la supuesta efectividad de la decisión o actuación. Es difícil hoy ser efectivo, incluso a corto plazo, sin controlar la carga emocional asociada a nuestros actos. Tal vez deberíamos decirlo mejor, sin el control de las “reacciones” ante las emociones negativas del momento. Está asumido que la competencia emocional es determinante en el éxito del desempeño del personal con mando. Según las investigaciones de Goleman y otros, la inteligencia emocional –que se basa en autoconciencia, autogestión, conciencia social y habilidades sociales- es un ingrediente esencial en los buenos líderes.

Las emociones no son en absoluto negativas, sino todo lo contrario. No puede transmitirse ilusión en un proyecto o en cualquier causa, desde posiciones negativas, por justificadas que algunas puedan ser. Poner empeño, incluso pasión en la utilidad y trascendencia de nuestro trabajo facilitará el compartir expectativas, contagiando comportamientos positivos. También todos tenemos derecho a sentirnos unos días tristes o preocupados y mostrarlo. El problema radica en que las emociones en exceso pueden llegar a abrumar. Una euforia excesiva o un enfado importante, alzar la voz, expresiones corporales adversas o indiferentes, golpear en la mesa, y en general cualquier pérdida de control, distancian totalmente al interlocutor o espectador. ¡Cuan dañina puede resultar por ejemplo una descalificación verbal realizada bajo tensión, cuyos daños pueden llegar a ser irreparables! La aparente sensación de fuerza se convierte en verdadera debilidad ante los colaboradores, que en el mejor de los casos acabarán por tener lástima de quien no controle sus comportamientos y emociones. Precisamente la mayor victoria puede estar en el control de nuestros impulsos.

Las exigencias de creciente productividad en una sociedad urbana marcada por el tiempo que lo hace todo apremiante sin dejar en realidad tiempo para la reflexión y la serenidad, convierten en estresantes muchas de las actividades laborales. Para complicar más la situación, solo falta ver también a directivos acelerados y estresados para que el trabajo llegue a ser un verdadero agobio. Ver correr y actuar precipitadamente a un directivo va en contra de todo liderazgo al estar demostrando con ello su incapacidad en delegar y gestionar acertadamente. Precisamente la serenidad de los directivos es indispensable para facilitar a sus colaboradores que puedan priorizar sus actuaciones y la tranquilidad necesaria para ejecutarlas correctamente. No olvidemos que en un ambiente tenso o cuando una preocupación nos invade la posibilidad de errores en el trabajo se multiplica.

Ante un comportamiento reiteradamente negativo en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo y desde una posición de mando puede ser tentador para alguno dar

una reprimenda, pero preguntémosnos, ¿qué se va a lograr con ello?, ¿cambiará el comportamiento solo desde lo punitivo?, ¿reforzará la autoridad moral de quien reprime? Evidentemente, no; posiblemente poco exitoso y perdurable vaya a ser el logro. En cambio, destacar el comportamiento indebido para corregirlo desde la reflexión cuidada, el diálogo y la serenidad, habría de generar mejores resultados. Precisamente, no aprovecharse de la autoridad que confiere el cargo para rebajar al otro, aunque su comportamiento sea indebido, sin juzgar, pero sin dejar por ello de actuar con rigor y firmeza para corregirlo, refuerza la grandeza humana e indiscutiblemente el liderazgo.

Saber actuar correctamente en todo momento requiere de una buena higiene mental. Una reflexión atenta sobre nuestras virtudes y defectos a través de nuestros actos cotidianos ayudará en el autocontrol de aspectos negativos que están dentro de nosotros. El actuar con método y de manera no impulsiva ante las subidas emocionales habría de ayudar también en el proceso de comunicación.

Aunque las personas suelen huir de dar malas noticias, por diversidad de motivos más o menos evidentes, hacerlo bien no tendría por qué ser frustrante ni dañino para la moral y las relaciones humanas. Pongámonos en el lugar de quien las recibe y qué es lo que espera: que se las den con sinceridad por el responsable que corresponda, de manera directa, respetuosa y con consideración, sin endulzamientos, con calma, en el momento oportuno pero sin demora, y por supuesto, que se esté también dispuesto a escuchar. A veces para eludir el tener que dar una noticia no grata a quienes no actúan debidamente, incumplen una instrucción de trabajo o tienen un bajo rendimiento, se opta por demorarlo y centrarse más en quienes lo hacen de manera competente. Ello puede erosionar fácilmente la moral de los más eficientes y generar un mal ambiente de trabajo. Simplemente, por no haber sabido aislar y actuar a tiempo sobre los verdaderos responsables. Otras veces es el trabajador que evita comunicar a su mando directo una información no grata que está sufriendo en el trabajo por falta de confianza o por creer que tampoco va a ser resuelta. El dar buenas y malas noticias debe formar parte del trabajo cotidiano. Las supuestas malas noticias deberían convertirse en oportunidades de aprendizaje y mejora y por ello debería reconocerse su valor y agradecerse, actuando en consecuencia con diligencia para resolver la situación, dentro de lo posible. Cuando existe un problema se espera del líder que actúe con prontitud, ayudando a sus colaboradores a mejorar sus actuaciones y prestando atención en los puntos débiles que están en su origen.

4. LIDERAZGO Y SENCILLEZ

La sencillez y la naturalidad son cualidades esenciales que facilitan el acercamiento y la cooperación. Normalmente sabiduría y humildad/sencillez suelen ir asociadas. Tal vez cuanto más uno avanza en un campo del conocimiento con perspectiva global más consciencia tiene de sus limitaciones y puede entender mejor las causas de los desequilibrios e injusticias. La conciencia del principio de igualdad en el trato dignifica al ser humano. Mostrar tras la sencillez, la humanidad que tenemos dentro y permitir que quienes están cerca nos conozcan puede acortar la distancia en el proceso de comunicación, reforzando las relaciones de trabajo y creando credibilidad. En realidad no se puede confiar plenamente en una persona sin conocerla, sin saber lo

que siente y piensa, sin saber lo que realmente le es importante. La confianza surge ante los líderes cuando éstos son lo suficientemente transparentes para mostrarse a sí mismos en sus aspectos personales, expresando sus valores, sus creencias, sus orígenes y sus intereses. Con ello están reconociendo el acuerdo recíproco que se produce en toda relación. Para empezar, el ser accesibles, dirigirse a las personas por su nombre, saber rasgos esenciales de las mismas, tratarlas amablemente y no como subordinados, etc., constituyen una natural manera de relacionarse para poder liderar.

Pero ello no es fácil, pudiera parecer que en nuestra cultura hay que deslindar totalmente los aspectos personales, reservados a la intimidad, de los aspectos profesionales y de trabajo. Nuestra cultura occidental ha tendido a separar en exceso, razón y sentimientos, lo laboral por la dureza intrínseca que se supone comporta y lo extralaboral, más personal y placentero. En realidad todos los ámbitos se interrelacionan y el ser humano busca el equilibrio compensando carencias en un medio ayudándose del otro. Tanto satisfacciones como sinsabores van con nosotros a todas partes por más que queramos aislarlos.

En nuestra sociedad hay actualmente una búsqueda por la "autenticidad", viene a ser como un cierto reclamo de popularidad y que sugiere que uno habría de mostrarse tal como es, o sea, con libertad. Pero, como una moda en muchos ámbitos, empresarial, político, social,... las personas tratan de mostrarse más bien tal como los demás prefieren verlas. Es agradable ver a un rico empresario desayunar con los empleados, visitar lugares de trabajo interesándose por daños personales acontecidos, o viajar en transporte público aunque su lujoso deportivo esté en casa. Pero, no habría que confundir la sencillez y la naturalidad con la autenticidad simulada o ficticia, limitada solo a unos ámbitos visibles que son fáciles de descubrir. La verdadera autenticidad se basa en la coherencia entre lo que somos y como nos mostramos, en demostrar sinceridad de ser y aportar información personal mesurada que añada valor a las relaciones en el trabajo y al propio trabajo. La autenticidad no requiere tener que compartir información íntima, pero sí exige cierta madurez y autoconciencia para establecer los límites de la información personal a desvelar en función de cómo las diferentes personas hayan de percibirla. Pero en realidad, cuando las relaciones de trabajo son estrechas es el propio trabajo con las actividades y esfuerzos que compartimos lo que permiten identificarnos con celeridad y mostrarnos tal como somos.

A veces, de manera inconsciente, a medida que algunos ascienden en la escala social o jerárquica de la empresa, cuando sus responsabilidades sociales ante los trabajadores aumentan, contrariamente se distancian de ellos, incluso desentendiéndose de sus preocupaciones y sus condiciones de trabajo. Tal error de conducta viene motivado por factores diversos, como la dimensión de los nuevos retos a los que se enfrentan y que absorben su mente, el papel a veces nefasto de colaboradores inmediatos que entre adulaciones y diagnósticos subjetivos o parciales desvirtúan la realidad, aislando a muchos directivos, y por supuesto, el autoengaño o ceguera por entender, con visión global, la realidad compleja del funcionamiento de la empresa. Para evitarlo, se requiere buena dosis de autoconciencia, asumiendo la nueva función con la naturalidad y sencillez necesarias para mantenerse en contacto permanente con la realidad y quienes la conforman, lo que no debería confiarse exclusivamente a intermediarios.

5. LIDERAZGO Y SERIEDAD

Mantener los compromisos adquiridos y cumplir las promesas es evidentemente algo de importancia indiscutible para quien pretenda tener la confianza de quienes le rodean; ello por supuesto tanto a nivel personal como profesional. Pero ante la compleja realidad cambiante pueden surgir situaciones en las que no se sepa si es mejor romper el compromiso adquirido, posponerlo o incluso mantenerlo. Por ejemplo, imaginemos que en la planificación preventiva de un centro de trabajo se acordó realizar una determinada inversión para mejorar las condiciones ambientales de un lugar de trabajo, pero ha surgido un imprevisto que la condiciona. Reconsiderar la decisión de inversión puede llegar a justificarse e incluso aceptarse por quienes se ven perjudicados, pero si este modo de proceder no es aislado y se reitera, la credibilidad de los responsables quedará finalmente en entredicho. Evidentemente, no todos los compromisos tienen el mismo valor, hay promesas de un valor absoluto que deberían ser inquebrantables. Una actuación engañosa a expensas de los trabajadores podría ser grave. Por ejemplo, acordar un Plan de Prevención para integrar la prevención y luego demostrarse que no había existido un verdadero interés en llevarlo a término y que tras un esfuerzo de diálogo y consenso, se demuestra que todo se ha limitado a un formalismo burocrático. Quienes incumplen compromisos, aunque aparentemente sean de menor importancia, están emitiendo mensajes claros de informalidad y falta de seriedad. Un hábito de incumplimiento, como por ejemplo llegar tarde a ciertas reuniones de trabajo o demorarse sistemáticamente en la entrega de ciertos informes, transmite desinterés por lo que en las reuniones se trata o por los destinatarios y utilidad de dichos documentos. La justificación continuada no suele ser garantía de seriedad y credibilidad.

A veces los compromisos se dan por sobreentendidos a partir de los valores y principios que se asumen o proclaman, siendo implícitos. Por ejemplo, la confidencialidad de una información, como la salud de un trabajador expuesto a un riesgo, que sería grave quebrantarla; O imaginemos, que la Política de empresa contempla el compromiso por la mejora continua de productos, procesos y condiciones de trabajo y por otro lado, las sugerencias de los trabajadores no se atienden debidamente y no se ha establecido tampoco un procedimiento para favorecerlas y gestionarlas. Es obvio que en este caso, los actos no respaldan los valores declarados. Cuando los trabajadores detectan una contradicción entre las palabras de un líder y sus actos, la confianza y la moral se derrumban. ¿Qué se supone sucederá a la productividad y a la eficiencia en el trabajo?

Por todo lo expuesto, es esencial que los compromisos adquiridos o supuestamente percibidos puedan realmente llevarse a término. Da igual que los compromisos puedan parecer menos importantes ante otros de mayor peso. Lo importante es que alguien ha entendido que hemos dicho que vamos a hacer algo y que si no lo hacemos defraudaremos a esas personas. Puede ser crucial decir un NO razonado a tiempo ante una demanda en la que no hay garantías de poder cumplir. Aprender a decir NO en determinadas circunstancias es del todo necesario. También hay que establecer una comunicación clara para reducir falsas expectativas. Las declaraciones de buenas intenciones pueden resultar engañosas al interpretarlas el interlocutor como promesas. Desde luego, tampoco habría que asumir compromisos poco realistas que impliquen a otras personas en su materialización. Por ello, habría que empezar por escucharse a uno mismo antes de hablar y plantearse si puede haber compromisos implícitos en nuestras pa-

labras y si las actuaciones que hacemos y pretendemos hacer las respaldan.

Pero la seriedad no es solo algo individual y transmisible con el ejemplo. El directivo debe favorecer que este atributo se desarrolle también en sus colaboradores inmediatos y en toda la organización. La cultura del plazo es consustancial con la cultura del trabajo bien hecho. Tengamos en cuenta que el plazo de ejecución de nuestras tareas y nuestros compromisos es un principio básico de calidad, junto al cumplimiento de las especificaciones requeridas y el ajuste a los costes previstos. La dinámica grupal puede ayudar a formalizar la seriedad. La transparencia de la información en las reuniones de planificación y seguimiento de los compromisos asumidos mediante el empleo de indicadores también acordados, habría de estimular al cumplimiento individual y colectivo. La propia presión del grupo es tan fuerte o más que la propia exigencia del coordinador. En el campo de la prevención de riesgos laborales, tal dinámica grupal para lograr la implantación de un conjunto de actividades preventivas resulta esencial, al no entender todos de la misma manera la importancia de esta materia como valor estratégico de la empresa y al mismo tiempo benefactora de los intereses personales. Cuando alguien observa que otros buenos profesionales, líderes en su campo, actúan en coherencia a lo acordado y obtienen resultados, estará más predispuesto a mejorar su comportamiento e interiorizar el valor que genera la atención a las condiciones de trabajo. Solo habrá que esperar que acabe descubriéndolo por si mismo con el apoyo necesario.

Finalmente, no hay que confundir la seriedad aquí referida con ser excesivamente serio y formal en las relaciones. Es imprescindible que el sentido del humor surgido de manera natural no nos abandone ni en la vida personal ni en la vida profesional, aunque haya que ser cuidadoso, ya que no todos lo pueden interpretar de la misma forma. Tampoco hay que pretender ser gracioso. Todo será más grato y llevadero en un ambiente afable. Ayudar a que las personas se enriquezcan intelectual y humanamente de su trabajo, que disfruten al hacerlo, cuidando que la cordialidad impregne a los grupos de trabajo debería ser también uno de las aspiraciones del líder transparente. Compatibilizar seriedad y entusiasmo en un buen clima laboral puede ser una buena manera de neutralizar el estrés y ayudar a conseguir elevados niveles de eficiencia.

6. LIDERAZGO Y SENSIBILIDAD

Este atributo es posiblemente el que permite integrar a los anteriores para optimizarlos. Es el que da la verdadera dimensión y trascendencia a nuestras decisiones y actos al servicio de los demás. Un buen líder debería asumir que su función es también la de facilitar apoyo a sus colaboradores para que puedan realizar el trabajo de la mejor manera posible, estimulando los procesos de desarrollo profesional y la creatividad, con una actitud de servicio.

Bajo este atributo habría que considerar todo aquello que permite a las personas ser sensibles ante quienes puedan encontrarse en una situación adversa, sea real o potencial y obrar en la medida de sus posibilidades para evitarla o mitigarla. Precisamente es el término "empatía" el que integra conceptualmente tal capacidad de sentir ternura y pena por el daño ajeno, siendo un valor esencial y distintivo de la especie humana; aunque no todos lo sientan con la misma dimensión. Ello está en función primordialmente del afecto recibido en las primeras eta-

pas de la vida, pero también de la educación y de la evolución emocional en los ámbitos laboral y social, que es lo que va socializando las pautas de conducta para vivir respetando principios morales y valores sociales.

Lamentablemente, en nuestra sociedad existen personas que este sentimiento es muy bajo o incluso inexistente. Son personas, diríamos enfermas, que pueden resultar dañinas a su entorno al carecer de mecanismos que limiten sus impulsos egoístas, lo que les puede llevar a acosar moralmente o explotar a los otros en la medida de sus posibilidades. Su inteligencia y sutileza al servicio de sus intereses puede esconder tal falta de sensibilidad. Esperemos poder generalizar la aplicación de los debidos mecanismos de selección en las organizaciones para evitar a toda costa que personas de tales características lleguen a dirigir grupos humanos y actuar de manera incontrolada.

Pero veamos como los líderes habrían de desarrollar aspectos clave de tal atributo. Posiblemente lo primero sea mantener una disposición abierta a escuchar, ya sea para entender mejor las inquietudes de quienes nos rodean y sobre quienes tenemos responsabilidades morales, como para conocernos mejor a nosotros mismos. Muchas veces los directivos actúan sin preguntar, y no lo hacen, no tanto por un orgullo desmedido o porque no se sientan cómodos al pedir información, sino porque simplemente no le ven sentido. No están convencidos de que deseen saber las respuestas. También hay algo equívoco y contradictorio en quienes manifiestan que solicitan información continuamente y no la reciben; posiblemente su modo de preguntar no ha sido realista y no han generado la confianza suficiente a sus interlocutores. Habría que aplicar maneras adecuadas de recabar información: Manifestar en primer término el interés por las personas y sus condiciones de trabajo, anunciar el objetivo de preguntar con fines nobles de mejora, dar tiempo para pensar, mostrar interés por lo que funciona bien y por lo mejorable, etc. Tampoco se trata de generar continuamente listas exhaustivas de quejas. Pero la verdad es que, quienes no se muestren abiertos a escuchar están sujetos a vivir autoengañados en sus puntos ciegos.

Por otro lado, hay que hacer frente a las propias equivocaciones, ofensas, o daños no intencionados. Admitirlo con el razonamiento que lo ha originado y cuanto antes, es siempre mejor que tener que hacerlo más tarde y por obligación. Un tardío "lo siento" puede ser totalmente insuficiente. En cambio, mostrar una sincera empatía hacia el otro, disculpándose con dignidad y con pesar sería lo aceptable. Si no se pone el corazón, posiblemente no se perciba sinceridad. Desde luego, hay que aceptar que el disgusto generado es válido. Hablar claramente, expresar lo aprendido de la desagradable experiencia y pasar página, son muchas veces necesarios pasos a seguir.

Hay que poner también especial atención en lo que se dice. Resulta fácil y gratuito criticar al otro, cuando "*es de sabios callar*", como dice un viejo refrán. Hay que evitar a toda costa los comentarios destructivos, que son aquellos que no aportan ningún valor, ni ayudan a nadie a hacer mejor su trabajo. Debe pensarse antes de hablar de que los comentarios sobre terceros tienen algún tipo de valor o al menos son neutrales. Dado que los comentarios destructivos suelen ser graciosos, pueden encontrar fácilmente aliados con quienes compartirlos. Además, como se hacen muchas veces sin pensar, evitarlos exige disciplina y autocontrol. Desde luego, hacer comentarios sarcásticos, cínicos o malévolos es en el fondo destructivo para quien los hace. ¿Cómo vas a fiarte de alguien que te habla mal de otro? Posiblemente pienses que tal vez haga lo mismo luego contigo. Las perso-

nas que actúan de esta forma, aunque sea circunstancialmente, no generan confianza ni pueden asumir un liderazgo natural. Precisamente todos recordamos favorablemente a aquellos buenos profesionales que nunca les hemos visto murmurar o criticar. No obstante, es difícil escaparse de los chismes y la rumorología y combatirla, muchas veces generada intencionadamente por algunos. Solo la actuación decidida de los directivos podrá al menos controlarla. El sentido de oportunidad y anticipación es determinante para ello.

Existe también una tendencia natural a culpar siempre a alguien de los problemas. Por ejemplo, investigar accidentes de trabajo o incidentes con método, sería la única manera de poder paliar el efecto adverso de la búsqueda de culpabilidades, que sería totalmente contraproducente para generar compromiso y valor didáctico de la actividad. Los mandos habrían de mostrar interés por los trabajadores accidentados, visitándolos de inmediato y en su casa si es necesario. Son momentos especiales que hay que estar cerca del trabajador. Además, habrían de profundizar en la investigación para detectar causas primarias y organizativas, evitando limitarse a la detección de actos inseguros.

La búsqueda de culpas es una pobre característica del ser humano, que adquiere una especial dimensión en nuestra cultura occidental. Parece que culpando a otros de lo que en última instancia es nuestra responsabilidad nos liberamos y nos hace sentirnos mejor. Muchas veces ello llega a impregnar también la cultura de una organización, alimentada por el éxito a toda costa y recompensando los resultados sin promover una ética del trabajo. Primar la producción a costa de factores adversos a las condiciones de trabajo es algo demasiado frecuente que descalifica profesional y humanamente a quienes lo promueven, o incluso inconscientemente lo gestionan.

El aprecio y el respeto por las personas son valores esenciales de todo líder, pero vivir los valores, compartir la visión de empresa, facilitar el desarrollo personal ayudando a cada uno a encontrar su camino de éxito, reconocer positivamente a los trabajadores y gestionar eficazmente la actividad laboral bajo principios éticos y esquemas participativos, son tareas que demuestran el nivel de sensibilidad que hoy se demanda para crear empresas competitivas y humanas, empresas sostenibles que hagan posible otros modelos de crecimiento que nos liberen del agotamiento extremo de recursos y personas. Los líderes que muestran empatía no tienen porque hacer suyos los problemas de los trabajadores, pero sí sus sentimientos. Los éxitos compartidos saben siempre mejor y los sufrimientos se aminoran e incluso pueden llegar a ser provechosos.

7. CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN SIMPLIFICADA DE LOS ATRIBUTOS ESENCIALES DEL LIDERAZGO

El cuestionario que se presenta (ver fig. 2) pretende facilitar la autorreflexión sobre aspectos esenciales del liderazgo -basado en la transparencia- de personas que coordinan o dirigen grupos de trabajo y proyectos. Su valor es solo orientativo. Para su objetividad se requeriría efectuar una evaluación de 360 grados con la participación de colaboradores directos, compañeros de trabajo e incluso jefes superiores. Tampoco se trata de lanzar un estudio abierto de cómo los otros nos ven. Simplemente habría que seleccionar a un reducido, pero seleccionado grupo de personas competentes de nuestro entorno para obtener una información lo más fiable posible, y con el

SINCERIDAD		1 a 5
• Procura decir la verdad, sin ocultar información útil para los trabajadores, a pesar de sus consecuencias, evitando “mentiras piadosas” o distorsiones		<input type="checkbox"/>
• Cuida de informar puntualmente de todo aquello que puede afectar nocivamente a los trabajadores para adoptar las medidas preventivas pertinentes		<input type="checkbox"/>
• Dice la las cosas con tacto para no herir		<input type="checkbox"/>
• Demuestra un comportamiento ético y sincero en sus relaciones		<input type="checkbox"/>
• Fomenta la sinceridad en su entorno a través de sus palabras y sus comportamientos		<input type="checkbox"/>
	Valor promedio	<input type="checkbox"/>
SERENIDAD		
• Controla sus estados de ánimo para evitar transmitir intranquilidades o tensiones		<input type="checkbox"/>
• Evita cualquier daño o agresividad a través de sus palabras o sus actos		<input type="checkbox"/>
• Controla su estrés y el de sus colaboradores ordenando el trabajo, evitando solapamientos de tareas y mostrándose paciente y relajado		<input type="checkbox"/>
• Actúa con prudencia ante actuaciones de sus colaboradores que considera indebidas		<input type="checkbox"/>
• Transmite las buenas y malas noticias de manera positiva		<input type="checkbox"/>
	Valor promedio	<input type="checkbox"/>
SENCILLEZ		
• Muestra naturalidad en sus relaciones, siendo accesible y dispuesto a escuchar		<input type="checkbox"/>
• Encuentra tiempo para interesarse por las condiciones de trabajo de sus colaboradores y hablarlo, compartiendo inquietudes		<input type="checkbox"/>
• Promueve el diálogo y la cooperación en su ámbito de influencia y da buena muestra de ello.		<input type="checkbox"/>
• Se involucra y comparte momentos de alegría con sus colaboradores, tanto por motivos de trabajo como personales		<input type="checkbox"/>
• Cuida de dar un trato de igualdad a todo el mundo		<input type="checkbox"/>
	Valor promedio	<input type="checkbox"/>
SERIEDAD		
• Es cuidadoso en el cumplimiento de sus compromisos en los plazos acordados, sean de palabra o por escrito		<input type="checkbox"/>
• Es estricto en el respeto a los valores establecidos, dando ejemplo y exigiendo su cumplimiento.		<input type="checkbox"/>
• Comparte información transparente e indicadores de objetivos y desempeño con sus colaboradores, estimulando su cumplimiento		<input type="checkbox"/>
• Cuida de facilitar un ambiente cordial de trabajo sin menoscabo de la laboriosidad		<input type="checkbox"/>
• Contrae compromisos realistas y sabe decir NO cuando es necesario		<input type="checkbox"/>
	Valor promedio	<input type="checkbox"/>
SENSIBILIDAD		
• Está cerca de las personas en los momentos difíciles, mostrándose dispuesto a ayudar		<input type="checkbox"/>
• Evita buscar culpables ante los errores, mejorando los aspectos organizativos que los han facilitado		<input type="checkbox"/>
• Muestra aprecio e interés por las personas y sus inquietudes, dentro y fuera del trabajo		<input type="checkbox"/>
• Evita totalmente realizar comentarios destructivos o jocosos sobre otras personas		<input type="checkbox"/>
• Favorece el desarrollo personal y profesional de sus colaboradores, reconociendo sus logros		<input type="checkbox"/>
	Valor promedio	<input type="checkbox"/>
	Valor promedio global	<input type="checkbox"/>
ESCALA DE VALORACIÓN		
1. Se aprecian fallos notorios, por lo que se requiere mejorar sustancialmente.	3. Aceptable, muestra ciertas competencias al respecto.	
2. Ante alguna carencia producida de limitada importancia se requiere mejorar.	4. Notable, muestra una notoria competencia.	
	5. Excelente, va más allá de lo normalmente esperable.	

Figura 2. Cuestionario de autoevaluación simplificada de los atributos esenciales del liderazgo transparente

único objetivo de mejorar el liderazgo de las personas y de la organización a todos los niveles. O sea, en una primera instancia habría que responder según uno mismo cree que lo hace y en segunda instancia la opinión de lo que piensan los demás a fin de comparar. Los datos personales habrían de ser tratados con confidencialidad. Los procesos de feedback de 360 grados, aunque históricamente han sido muy útiles, solo constituyen una herramienta más para evaluar la efectividad general de la gestión, siendo más valiosos cuando son utilizados en combinación con otras medidas.

Cada uno de los aspectos analizados, redactados en positivo, se propone clasificarlos en cinco niveles, de acuerdo a la escala que se indica en la figura 2.

El objetivo primordial del cuestionario es cualitativo para detectar aspectos mejorables. No obstante, por adición de los puntajes de cada uno de los aspectos analizados en cada uno de los 5 atributos, pueden obtenerse porcentajes parciales y globales promedio de cumplimiento, como mecanismo de estímulo en su previsible evolución.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) JOHN P. KOTTER
Qué hacen los líderes
Barcelona, Deusto, 2003
- (2) FRANCES HESSELBEIN i otros
El líder del futuro
Barcelona, Deusto, 2003
- (3) DANIEL GOLEMAN, RICHARDS BOYATZIS Y ANNI McKEE
El líder resonante crea más
Barcelona, Plaza y Janés, 2002
- (4) ALEJO JOSÉ G. SISON
Liderazgo y Capital Moral
Madrid, McGraw-Hill /Interamericana de España, 2004
- (5) ALFONSO SILICEO, DAVID CASARES Y JOSÉ LUIS GONZÁLEZ
Liderazgo, Valores y Cultura Organizacional
México, McGraw-Hill, 1999
- (6) JUAN A. PÉREZ LÓPEZ
Liderazgo y Ética en la dirección de empresas: la nueva empresa del siglo XXI
Bilbao, Deusto, 1998
- (7) BARBARA PAGANO Y ELIZABETH PAGANO
Transparencia
Madrid, McGraw- Hill, 2004

Norma Básica de Autoprotección

*Basic norm of self-defence
Norme de base d'autodéfense*

Redactora:

Yolanda Iranzo García
Licenciada en Bioquímica

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

La publicación del Real Decreto 393/2007, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección de los centros, establecimientos y dependencias dedicados a actividades que puedan dar origen a situaciones de emergencia, obliga a ciertas entidades a realizar los Planes de Autoprotección con unos contenidos mínimos, y deroga la Orden de 29 de noviembre de 1984, por la que se aprueba el Manual de Autoprotección para el desarrollo del Plan de Emergencia contra Incendios y de Evacuación de Locales y Edificios.

En esta nota técnica de prevención, se presenta el marco normativo actual de la autoprotección y las emergencias basado en la Norma Básica de Autoprotección, destacando sus aspectos más relevantes, analizando las fases requeridas por esta norma para llevar a cabo la redacción del Plan de Autoprotección de acuerdo con el contenido mínimo que se exige en la misma, así como para garantizar la correcta implantación y efectividad del mismo. Finalmente se hace mención a aquellos aspectos más novedosos por la entrada en vigor de esta Norma Básica de Autoprotección.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El RD 393/2007, de 23 de marzo, por el que se aprueba la Norma Básica de Autoprotección (NBA), es una norma de ámbito estatal por la que determinadas empresas, o más bien los titulares de ciertas actividades, están obligados a organizar unos recursos materiales y humanos de la forma establecida en este RD, con el fin de responder eficazmente ante las situaciones de emergencia y garantizar así la seguridad y la salud de los trabajadores.

Dicha organización deberá plasmarse en un documento con unos contenidos mínimos, que se denomina Plan de Autoprotección (PA) y cuyos datos principales, deberán remitirse a un registro administrativo para su inscripción. Además, este PA deberá entregarse junto con los restantes documentos requeridos, para obtener las licencias permisos o autorizaciones necesarias para la apertura de una actividad económica, a la Administración competente. La NBA contempla no sólo la elaboración, sino también la implantación y el mantenimiento de estos Planes de Autoprotección.

Mediante el RD 393/2007 se da cumplimiento a lo establecido en la sección IV, del Capítulo I, del RD 2816/1982, de 27 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General de Policía de Espectáculos Públicos y Actividades Recreativas y asimismo, desarrolla los artículos 5 y 6 de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil, al recoger por una lado, un catálogo de las actividades que puedan dar origen a una situación de emergencia (en su Anexo I), y por otro, la obligación de los titulares de centros, establecimientos y dependencias o medios análogos donde se realizan estas actividades, de disponer de los medios necesarios para llevar

a cabo acciones de prevención de riesgos, alarma, evacuación y socorro, de acuerdo con las directrices básicas que proporciona la NBA.

También mediante el RD 393/2007 se deroga la Orden no vinculante de 29 de noviembre de 1984 del Ministerio del Interior por la que se aprueba el Manual de Autoprotección para el desarrollo del Plan de Emergencia contra Incendios y de Evacuación de Locales y Edificios, por lo que los PA se elaborarán siguiendo lo establecido en la NBA, aunque nada impide que se siga utilizando la referida Orden como base o guía para elaborar el documento, sobretodo cuando el PA ya existe en la empresa, completando su estructura y contenido con cada uno de los apartados que figuran en el Anexo II de la NBA.

Es importante hacer mención a la obligación de todo empresario de acuerdo con el artículo 14 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL), de garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio, en todos los aspectos relacionados con el trabajo, y por tanto también en las situaciones de emergencia, adoptando para ello y de acuerdo con el artículo 20 de esta Ley, las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente, en su caso, su correcto funcionamiento.

De esta forma, en las empresas que se encuentren dentro del ámbito de aplicación de la NBA, se dará cumplimiento a las exigencias de elaborar unas medidas de emergencia según el mencionado artículo 20 de la LPRL, mediante la elaboración e implantación del PA y

más concretamente mediante el capítulo 6 del PA denominado "Plan de actuación ante emergencias".

Con el fin de evitar posibles confusiones y dado que es frecuente el uso indistinto de los términos "emergencias" y "autoprotección" por parte de la población en general, en la presente NTP, nos referiremos a Medidas de Emergencias para hacer referencia al documento que emana del artículo 20 de la LPRL y Plan de Autoprotección al que emana de la NBA, y que a su vez engloba las Medidas de Emergencia. (Este criterio es el mismo que el que recogía la Orden de 29 de noviembre de 1984 antes aludida, ya que el Plan de Emergencias o documento nº 3, era uno de los cuatro documentos que formaban el Plan de Autoprotección).

2. ÁMBITO DE APLICACIÓN DE LA NBA

Antes de proceder a la elaboración del PA de una determinada empresa, es un requisito indispensable comprobar en primer lugar que ésta se encuentre dentro del ámbito de aplicación de la norma.

La NBA es de aplicación obligatoria a las actividades que aparecen en el Anexo I del RD. Esta obligación será:

- total, en el caso de las actividades recogidas en punto 2 del Anexo. Es decir, cumplirán con todo lo establecido en la NBA, o bien
- con carácter supletorio, en el caso de actividades que constan en el punto 1 del Anexo, las cuales ya disponen de una normativa sectorial específica. Es decir, se regirán por su propia normativa, pero además se aplicará la NBA en todos aquellos aspectos que no se encuentre regulados concretamente por dicha normativa, (por tanto cuando la empresa ya disponga de un PA al entrar en vigor la NBA, éste se completará con todos aquellos puntos del Anexo II que no se encuentren regulados por su normativa y que no estén contemplados en el PA existente).

Con el fin de exponer de una forma más sencilla el contenido y uso de este anexo, consideraremos unos ejemplos que se reflejarán en el diagrama que aparece en la figura 1:

- un hospital que cuenta con una dotación de 200 camas y que ya disponía de un PA a fecha de entrada en vigor de la NBA.
- un hospital que cuenta con una dotación de 200 camas de nueva creación tras la entrada en vigor de la NBA.

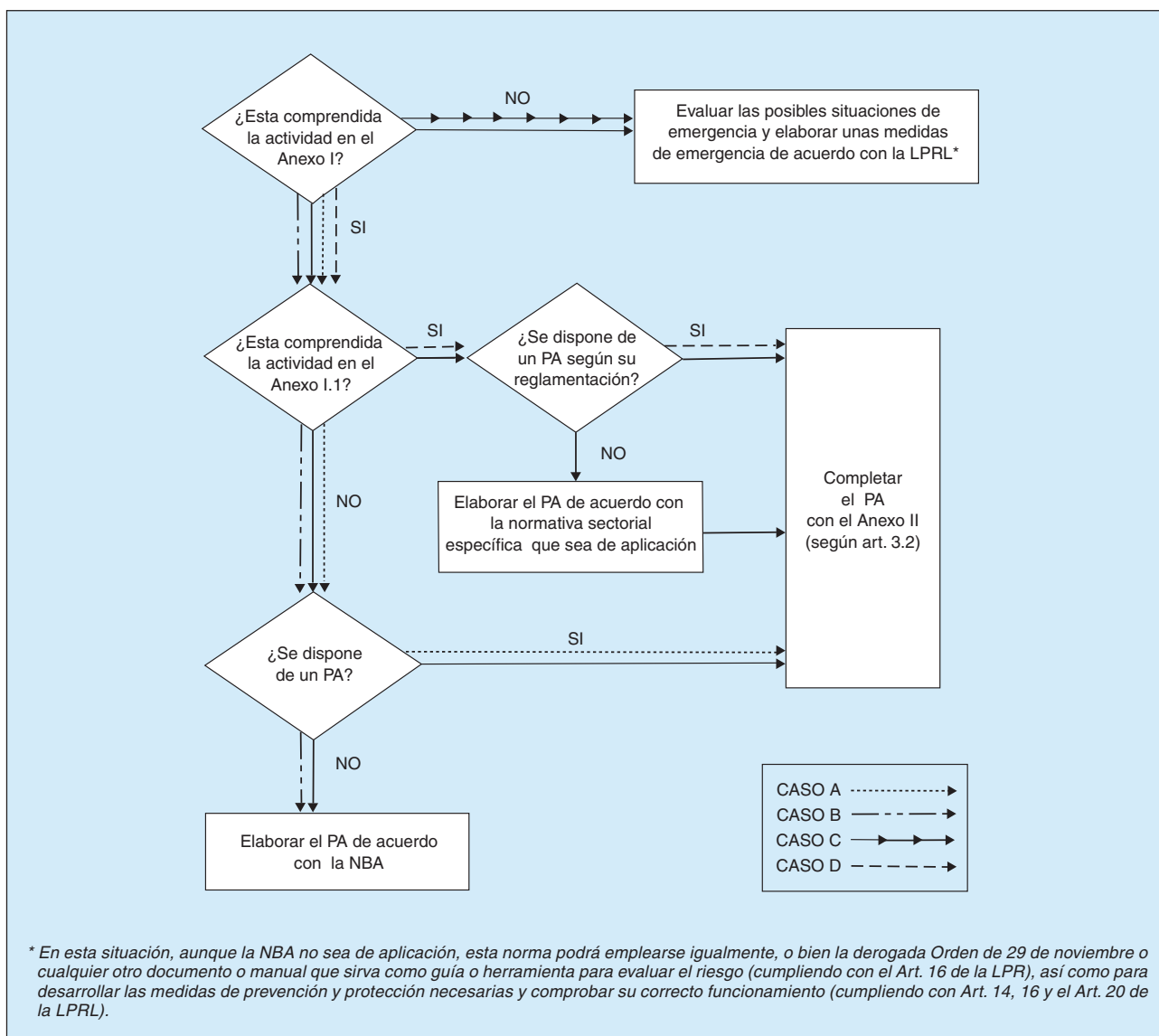


Figura 1: Diagrama de actuación en función de la aplicación del Anexo I de la NBA

- C. un hospital que cuenta con una dotación de 100 camas.
- D. una empresa que almacena óxido de etileno en una cantidad de 6 toneladas. En este caso la normativa sectorial de aplicación será el RD 1254/199 por el que se aprueban las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y la ITC MIE-APQ 2: Almacenamiento de óxido de etileno. *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.

No obstante, hay que tener presente que cualquier otra actividad no incluida en el Anexo I de la norma, es susceptible de solicitud por parte de las Administraciones Públicas competentes, de la elaboración e implantación del PA de acuerdo con la NBA.

En cada una de las posibles situaciones analizadas en el diagrama, las empresas deberán tener en cuenta además en referencia a la autoprotección y emergencias, lo establecido en la LPRL, en la normativa sectorial específica de aplicación, así como en la legislación autonómica y en las ordenanzas municipales sobre esta materia.

En el caso del ejemplo de los hospitales, se ha considerado que no disponen de normativa sectorial específica, de acuerdo con la clasificación que efectúa la NBA sobre las actividades con o sin reglamentación específica propia, sin perjuicio de la Orden de 24 de octubre de 1979 sobre protección antiincendios en los establecimientos sanitarios y las Normas Básicas de Edificación de los años 82, 91 y 96 respectivamente o el actual REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.

3. SECUENCIA DE ACTUACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA NBA

Las empresas afectadas por la NBA deberán elaborar e implantar un PA y llevar a cabo una serie de actuaciones. De acuerdo con la propia norma, una posible secuencia de actuación para alcanzar el cumplimiento de la misma y garantizar la eficacia del PA, puede ser la siguiente:

Designaciones

Deberá designarse por parte del titular de la actividad (entendiéndose como tal a efectos de esta norma, toda aquella persona física o jurídica que explote o posea el centro, establecimiento, espacio, dependencia o instalación donde se desarrollen las actividades):

- para la redacción del PA, a un técnico competente el cual deberá estar capacitado para decidir sobre aquellos aspectos relacionados con la autoprotección frente a los riesgos a los que esté sujeta la actividad
- para la gestión de las actuaciones encaminadas a la prevención y el control de riesgos, a una persona como responsable única (director del Plan de Autoprotección),
- para activar el plan de actuación (director del plan de actuación de emergencias) a otra persona para que active el plan y actúe según lo establecido en el mismo.

No obstante estas dos últimas figuras de dirección podrán asumirse por una misma persona, tal y como se deduce del propio texto de la NBA.

Recopilación de la documentación. Trabajo de campo

Se reunirá en una primera fase toda la documentación e información necesaria sobre las dependencias del centro en relación con las posibles situaciones de emergencia y con los medios y recursos disponibles para hacer frente a las mismas.

Para recopilar toda esta documentación (proyectos, planos, manuales, procedimientos, listado de medios de protección contra incendios, etc.) se realizarán cuantas visitas en las instalaciones se consideren convenientes.

En una segunda fase, una vez se han obtenido todos esta información se procederá a su estudio, comprobación, complementación, pasándose posteriormente a recabar y elaborar todos aquellos otros datos y documentos que no se dispongan y se concluya que son necesarios para la redacción del PA.

Gran parte de esta documentación pasaría a formar parte de los anexos del mismo PA, por lo es preferible para economizar recursos en un futuro, elaborarla e incorporarla en un formato que permita actualizarla cuando proceda.

Es conveniente que durante estas fases se mantengan reuniones con los responsables de las secciones, áreas, departamentos, etc. con el fin de obtener y analizar toda la información y documentación mencionada y poder definir posteriormente con mayor facilidad y eficacia, todas las posibles emergencias, las actuaciones y medidas a seguir en cada caso y el personal encargado de ello.

Elaboración del PA

Una vez se disponga de la información obtenida en las fases anteriormente descritas, puede procederse a la redacción del PA en un documento único, el cual dispondrá de la estructura y contenido del Anexo II. Para su elaboración se seguirán los criterios del apartado 3.3 de la NBA.

El contenido mínimo del PA será el siguiente:

1. Datos referentes a la empresa, tales como; denominación y ubicación de la actividad, identificación y localización de los titulares de la actividad y directores del PA y de actuación en emergencias.
2. Descripción de cada actividad y del medio en que se desarrollan mediante un resumen de las actividades, centros, usuarios, entorno, accesos, etc. Se adjuntarán los planos correspondientes.
3. En referencia a los posibles riesgos que puedan provocar situaciones de emergencia, se detallarán todos aquellos peligros susceptibles de producirlos o contribuir a que se originen, se analizarán y evaluarán teniendo en consideración las posibles personas afectadas ya sea de la actividad o ajenas a ésta. Se adjuntarán los planos correspondientes. (El cumplimiento de este punto viene recogido explícitamente también en el Art. 16 de la LPRL)
4. En referencia a las medidas y medios de autoprotección, se recogerán tanto los humanos (equipos humanos de emergencias) como los materiales (inventario de medios técnicos para la autoprotección) que sean necesarios para afrontar las posibles situaciones de emergencia, incluyendo aquellos que se dispongan por imperativo de disposiciones específicas en materia de seguridad, que les sean de aplicación a la empresa objeto del PA. Se adjuntarán los planos correspondientes.

5. Programa de mantenimiento preventivo tanto de las instalaciones de riesgo, como de las de protección, que estará debidamente documentados y reflejarán todas las operaciones de mantenimiento realizadas, así como las inspecciones de seguridad que se requieran.
6. Plan de actuación en caso de emergencias, en el que se prevé la organización de la respuesta ante situaciones de emergencias clasificadas, las medidas de protección e intervención a adoptar, y los procedimientos y secuencia de actuación para dar respuesta a las posibles emergencias de forma que se garantice la alarma, evacuación y socorro en cada situación. (El cumplimiento de este punto también viene recogido explícitamente en los Art. 14 y 20 de la LPRL)
7. Formas de notificación de la emergencia, coordinación y colaboración para la integración del PA en otros de ámbito superior.
8. Programas y actuaciones informativos y formativos y de adecuación de medios y recursos necesarios para proceder a la implantación del PA. (De acuerdo también con los Art. 18 y 19 de la LPRL)
9. Programas de reciclaje de formación e información, de sustitución de medios y recursos, de auditorías y de revisión de la documentación del PA, así como de simulacros para mantener la eficacia del PA y garantizar su actualización.

El informe se completará con los documentos siguientes; directorios de comunicación (Anexo I), formularios para la gestión de emergencias (Anexo II) y planos (Anexo III).

Una vez finalizado, el documento será suscrito por el titular de la actividad, si es una persona física, o por la persona que le represente, si es una persona jurídica.

Este PA y aquellos otros instrumentos de prevención y autoprotección impuestos por otra normativa aplicable, podrán fusionarse en un documento único cuando dicha unión permita evitar duplicaciones innecesarias de la información y la repetición de los trabajos ya realizados, siempre que se cumplan todos los requisitos esenciales de la NBA y del resto de las disposiciones normativas que sean de aplicación a la empresa.

Si en el momento de la entrada en vigor de la NBA ya estuvieran redactados estos instrumentos de prevención y autoprotección, deberán completarse con aquellos contenidos del Anexo II que no estuvieran contemplados en ellos. En los ejemplos vistos en la figura 1, este sería el caso de la empresa del apartado D.

Para llevar a cabo las actuaciones hasta aquí descritas, deberá tenerse presente lo establecido en el Art. 18 de la LPRL, en el que se regula la obligación del empresario de 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.

Asimismo se tendrá en cuenta, el Art. 33 de esta misma Ley, que hace referencia a la consulta que deberá realizarse con la debida antelación por parte del empresario, sobre la designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia, entre otras cuestiones.

Implantación y divulgación del PA

En esta fase, se deben establecer y llevar a cabo las pautas a seguir para garantizar la efectividad del PA redactado, además de designar aquella persona en quien recaerá esta responsabilidad.

Ello incluye programar y efectuar la provisión de medios y recursos necesarios según el PA ya sea de forma inmediata o en un plazo de tiempo determinado, que se reflejará en el correspondiente programa de dotación y adecuación de medios materiales y recursos el cual pasará a formar parte del PA.

Asimismo se adoptarán aquellas medidas necesarias para permitir el correcto funcionamiento del PA, considerando también a las personas ajenas a la misma que por su presencia puedan verse afectadas en una situación de emergencia, como la señalización y normas para la actuación de visitantes.

Para divulgar el PA y ser posible la implantación del PA deberá programarse:

- a) la información y formación a todo el personal, así como la información general del mismo a otros posibles afectados que sean ajenos a la empresa, tales como visitantes o contratados y subcontratados.

Es imprescindible para que el PA sea operativo que éste sea conocido por cualquier persona que pueda estar afectada ante una situación de emergencia. Para ello se podrá emplear como soporte hojas informativas, carteles con instrucciones, monitores (ordenador o televisor) con presentaciones, etc.

- b) la formación teórica y práctica específica para la capacitación de las personas que actúen activamente, tras haberse procedido a su designación según el PA.

La NBA establece que el personal al servicio de las actividades objeto de dicha norma, tendrá la obligación de participar, en la medida de sus capacidades, en el PA y asumir las funciones que les sean asignadas en dicho Plan.

Para facilitar esta divulgación, pueden elaborarse opcionalmente fichas recordatorias que reflejen de forma clara y sencilla las actuaciones a seguir en cada situación por parte de cada individuo, entregándose a cada uno la correspondiente, según las funciones que se le encomienden o las actuaciones que en cualquier caso deberá seguir.

Posteriormente y una vez se efectúe la implantación, deberá emitirse una certificación en la forma y contenido que establezcan los órganos competentes de las Administraciones Públicas.

Mantenimiento y actualización

Para garantizar la efectividad del PA en el tiempo, es necesario:

- llevar a cabo revisiones de los medios técnicos relacionados con el PA,
- posibilitar el reciclaje de la formación de los medios humanos,
- realizar la comprobación de la operatividad del PA mediante simulacros periódicos.

Es indispensable también someter el documento a una periódica actualización en base a las comprobaciones de su funcionamiento, nuevas situaciones originadas o variación de condiciones, experiencias y acontecimientos transcurridos desde su redacción o última modificación. Esta necesidad de actualización podrá ser detectada a través de las inspecciones y auditorías que se llevarán a cabo en el PA con el fin de analizar y evaluar su eficacia.

Por tanto, se establecerá un programa de actividades formativas periódicas para asegurar el mantenimiento de la formación teórica y práctica del personal asignado al

Plan de Autoprotección. A su vez, es importante contar con procedimientos para poder comprobar la efectividad de esta formación.

Se redactará también un programa de mantenimiento de los medios y recursos materiales y económicos necesarios, dada la necesidad de verificar que se encuentren en buenas condiciones para permitir su utilización y su sustitución en caso contrario, teniendo en cuenta lo establecido en el Real Decreto 1942/1993, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones de Protección contra Incendios.

En referencia a los simulacros, hay que resaltar su trascendencia en la implantación de un PA, ya que es un punto clave para pasar del documento a la acción, es decir de la teoría a la práctica, y por tanto evaluar la eficacia de la organización y las actuaciones establecidas para hacer frente a cada una de las posibles emergencias que puedan darse en la empresa.

Mediante los simulacros se podrán detectar deficiencias del PA, en la adecuación y el adiestramiento de los recursos humanos, dotación, ubicación y uso de los medios técnicos, efectividad de los procedimientos de actuación de todas las personas que puedan estar afectadas por una emergencia y su conocimiento, etc.

Estos ejercicios podrán abarcar todas las actuaciones previstas para una emergencia o parte de éstas, podrán afectar a toda la empresa o sólo a un departamento, local, área, etc. y se realizarán con una periodicidad mínima anual o menor de acuerdo con la normativa sectorial específica (por ejemplo en empresas que les sea de aplicación la MIE-APQ 8 de fertilizantes a base de nitrato amónico con alto contenido en nitrógeno, se realizarán al menos dos ejercicios anuales de prácticas de emergencias).

Antes de llevar a cabo un simulacro de acuerdo con su programación, se deberá informar a los órganos competentes en materia de Protección Civil de las Administraciones Públicas de la realización de dicho simulacro, con la debida antelación.

A la hora de realizar la programación es importante organizar simulacros que cubran las máximas combinaciones posibles respecto:

- al tipo de emergencia
- áreas y dependencias afectadas
- horarios y turnos
- con y sin la presencia de personas ajenas a la empresa
- etc.

Al finalizar un simulacro se reflejará en un documento la evaluación de los resultados obtenidos, con el fin de detectar errores o puntos débiles y proceder a la modificación de los mismos y por tanto mejorar el PA. Este documento de evaluación del simulacro estará firmado por el responsable del PA y se conservará por parte de la empresa a disposición de las Administraciones Públicas, junto con toda la información de las actividades de mantenimiento de la eficacia del Plan que se lleven a cabo.

El PA como todo documento vivo, se revisará y actualizará periódicamente, así como cuando se produzcan modificaciones significativas que le puedan afectar. La NBA establece que el PA se revisará con una periodicidad mínima no superior a tres años y teniendo en cuenta este criterio se establecerá una programación para su revisión.

El documento se actualizará constantemente introduciendo aquellas alteraciones en la empresa que puedan afectar al PA, con motivo de obras o reformas, nuevos

equipos, cambios en la plantilla, detección de deficiencias en el PA en base a los simulacros, auditorías u otras experiencias, aparición de nueva normativa de aplicación o cambios en la existente, etc.

Finalmente, para asegurar el mantenimiento de la eficacia y por tanto también la actualización del PA se requiere también de un programa de auditorías e inspecciones. Estas actividades, que incluirán entre otras la revisión de la documentación, visitas y entrevistas, van a permitir no sólo comprobar si la documentación que consta en el PA, es la legalmente exigida, está completa, es real, etc., si no también ayudar a mejorar el diseño del PA y la organización propuesta, valorar si los recursos disponibles son adecuados y suficientes, buscar alternativas y adecuaciones cuando se detecten necesidades o posibles mejoras y comprobar la corrección deficiencias detectadas.

Estas actividades de inspección y auditoría del PA se llevarán a cabo por la empresa, sin perjuicio de la realización de las auditorías referentes a todo el sistema de gestión de la prevención de riesgos laborales, tanto las denominadas auditorías externas, que deben pasar determinadas empresas por imperativo legal según Art. 30.6 LPRL y Cáp. V Reglamento Servicios de Prevención, como las denominadas auditorías o revisiones internas que opcionalmente realiza la propia empresa como autoevaluación para analizar y mejorar la prevención de riesgos laborales que están realizando.

Facilitar información referente al PA para su registro

El titular de la actividad objeto del PA, deberá informar sobre aquellos datos referentes al mismo que son relevantes para la protección civil y esta información deberá incluir como mínimo todos los puntos que constan en el Anexo IV de la NBA, tales como, datos de la actividad, del titular, del centro de trabajo y las instalaciones, su entorno, accesos, focos de peligro y dotación de los medios necesarios.

Se adjuntarán además los planos relacionados con dicha información, y todo ello se remitirá al órgano que se designe como encargado de su registro por parte de las comunidades autónomas o en el caso de actividades con normativa sectorial concreta, al que es establezca en dicha normativa.

La información que se facilite referente al PA permitirá su integración en otros Planes de Autoprotección de ámbito superior y en los planes de Protección Civil, cuando proceda.

Facilitar información referente a los cambios que afecten al PA

El titular de la actividad objeto del PA, deberá informar al órgano encargado de otorgar la licencia o permiso para ejercer la actividad, de las modificaciones en la actividad o instalaciones, que sean relevantes para la autoprotección (además de realizar la correspondiente actualización de su PA según se ha citado anteriormente). Dicho órgano de la Administración Pública, se regula en la legislación aplicable a la materia concreta a la que se refiera la actividad.

Finalmente la empresa también deberá prestar colaboración con las autoridades competentes de la Administración, en referencia a las normas de protección civil que le apliquen.

Como resumen, se recoge en el cuadro 1 las principales actividades de las fases detalladas para elaborar en PA, así como la frecuencia en que se deberán llevar a cabo.

ACTIVIDAD	FRECUENCIA
Designar: Técnico para la redacción PA, Director del PA, Director del plan de actuación de emergencias.	Inicialmente
Reunir la información necesaria para la redacción del PA (proyectos, planos, manuales, procedimientos, listado de medios de protección contra incendios, etc.)	Inicialmente
Visitas, inspecciones, reuniones para el estudio, comprobación, elaboración de la documentación necesaria para proceder a la redacción del PA	Inicialmente
Redacción del PA, preparar y adjuntar la documentación requerida en los anexos	Inicialmente
Aprobación por parte del titular de la actividad y consulta sobre la designación de los trabajadores encargados de las medidas de emergencia propuestos en el PA	Inicialmente
Programar y ejecutar las actividades para llevar a cabo la divulgación e implantación, incluida la información y formación referente al PA, a todos los posibles afectados y emitir la certificación correspondiente	Inicial y periódicamente
Programar los medios y recursos materiales y económicos necesarios y llevar a cabo su mantenimiento.	Inicial y periódicamente
Programar y realizar simulacros	Periodicidad mínima anual o menor de acuerdo con la normativa sectorial específica
Programar y realizar la revisión del PA*	Una periodicidad mínima no superior a tres años
Programar y realizar auditorías e inspecciones	Inicial y periódicamente
Facilitar información referente al PA a la Administración para su registro	Programar y realizar auditorías e inspecciones
Facilitar información referente a los cambios que afecten al PA a la Administración	Cuando se den cambios
Colaborar con las autoridades competentes de la Administración, en referencia a las normas de protección civil le sean de aplicación a la empresa.	Continuamente
* Hay que diferenciar estas revisiones programadas de las que se efectuarán de forma inmediata ante la existencia de cambios en la actividad, instalaciones, medios, personal, etc., que afecten a la operatividad del PA y por tanto se requiera la actualización del mismo.	

Cuadro 1. Principales actividades para elaborar un plan y su frecuencia.

4. ASPECTOS NOVEDOSOS DEL RD

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la NBA es el marco legal que establece la obligación de elaborar, implantar y mantener vigente y efectivo un PA en determinadas actividades empresariales, del que además detalla su contenido mínimo.

Ello ha supuesto la introducción de evidentes e importantes cambios en el concepto del documento que recoge las actuaciones en caso de emergencia, derivado de la Orden de 29 de noviembre de 1984 del Ministerio del Interior por la que se aprueba el Manual de Auto-protección para el desarrollo del Plan de Emergencia contra Incendios y de Evacuación de Locales y Edificios.

Si se compara la NBA con la citada Orden pueden apreciarse notables diferencias como las que se reflejan en el cuadro 2.

ORDEN 29-11-84	NBA
Manual Autoprotección	Plan Autoprotección
Aplicación voluntaria	Aplicación obligatoria
Aplicación a todas las empresas	Aplicación a actividades tasadas en el Anexo I
Integrado por cuatro documentos	Un único documento integrado por 9 artículos
Clasifica los planes emergencia según gravedad y disponibilidad recursos humanos y define a los diferentes equipos emergencia	Omite esta información

Cuadro 2. Diferencias relevantes entre la Orden 29-11-84 y la NBA.

Además de estas diferencias la NBA aporta numerosas novedades de entre las que destacan:

- Obligación de elaborar un PA para actividades temporales realizadas en las instalaciones de una empresa, que disponga de autorización para una actividad distinta de la que se pretende realizar e incluida en el anexo I (Art. 4.c).
- Posibilidad de fusionar en un documento único, el PA con otros documentos análogos, evitando así duplicaciones innecesarias (punto 3.2) o los PA de las actividades que compartan un mismo centro de trabajo (artículo 4.d y 4.e).
- En los centros donde existan empresas que efectúen alguna actividad sin ser propietarios del mismo (titular de actividad en régimen de alquiler, concesión o contrata), existe por parte de los titulares de la actividad la obligación de realizar, implantar e integrar sus respectivos planes con sus medios y recursos (Art. 4.f).
- Inscripción en un registro administrativo de los datos solicitados referentes al PA (artículo 5 y anexo IV).
- La obligación explícita del personal al servicio de las actividades, de participar en el PA y asumir las funciones que les sean asignadas en el mismo (punto 1.5).
- La especificación de que el PA será redactado y firmado por un técnico competente (punto 3.2)
- Emitir certificado de la implantación del PA (punto 3.5).
- Realización de simulacros con una periodicidad mínima anual, informando previamente a protección civil y conservando los informes de su correspondiente evaluación firmados por el responsable del PA (punto 3.6).
- Revisión del PA con una periodicidad no superior a tres años (punto 3.6).

Evaluación de posturas de trabajo estáticas: el método de la posición de la mano

*Evaluation of static working postures
L'évaluation des postures de travail statiques*

Redactor:

Alfredo Álvarez Valdivia
Ingeniero industrial

CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO

En esta NTP se presentan los métodos de evaluación de posturas de trabajo estáticas más relevantes y se detalla el método de evaluación de la postura de la mano, dejando la explicación del resto de métodos para futuras notas técnicas.

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

Existen situaciones de trabajo en las que una determinada postura debe mantenerse durante largos períodos de tiempo. Algunos ejemplos pueden ser el trabajo de operador de máquina, algunos trabajos en cadenas de montaje, trabajo con pantallas de visualización, etc.

La norma ISO 11226:2000 en el apartado 2.12 define postura de trabajo estático como aquella postura que se mantiene durante más de 4 segundos, en la que se pueden dar ligeras variaciones alrededor de un mismo nivel de fuerza generado por los músculos y otras estructuras corporales.

Al mantener una postura estática (contracción muscular isométrica), se dificulta el aporte sanguíneo al músculo y se dificulta la eliminación de los residuos generados.

Una postura inadecuada, una carga pesada y un excesivo tiempo durante el cual se mantiene la postura puede causar fatiga y trastornos músculo-esqueléticos. Con el fin de reducir la carga de trabajo estática, se debe actuar sobre alguno de los siguientes factores (Douwes et al. 1999):

- La mejora de la postura de trabajo, optimizando tanto el equipo como el espacio de trabajo.
- La disminución de la fuerza externa aplicada. Tanto la fuerza como la postura se pueden controlar a través de variables tales como la altura del plano de trabajo, los alcances y la fuerza requerida para operar un determinado dispositivo.
- La reducción del tiempo durante el cual se mantiene la postura así como la aplicación de pausas de descanso suficientes y adecuadamente distribuidas.

Existen distintos métodos para la evaluación de posturas estáticas. De entre ellos, los más relevantes son:

- Método de evaluación de la posición de la mano. Este método recomienda unos tiempos máximos que no deben superarse para mantener una determinada postura estando de pie. La clasificación de la postura se hace en función de la posición de la mano.
- Modelo WR. A diferencia del método anterior, el modelo WR pretende establecer recomendaciones en relación al descanso necesario para la recuperación de los músculos.

- ISO 11226:2000. Esta norma recoge algunas recomendaciones genéricas que tienen su origen en los dos métodos anteriores y las aplica a distintas partes del cuerpo: cuello, espalda, brazo, muñeca y pierna.

Definición de conceptos

Existen una serie de conceptos, comunes a los tres métodos mencionados, que es preciso definir y comprender antes de entrar en la explicación de cada uno de ellos.

Tiempo máximo sostenido

Una postura puede mantenerse durante un período limitado de tiempo. El tiempo máximo sostenido (MHT, del inglés *maximum holding time*) es aquel tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida (independientemente de si se está ejerciendo o no una fuerza externa), de forma continua y partiendo de una situación de descanso adecuado, hasta que se alcanza la situación de máxima molestia o malestar.

Teniendo en cuenta que el esfuerzo muscular es la fuerza o momento de fuerza que se necesita para mantener una postura dada, es plausible pensar que pueden darse infinitas combinaciones de posturas y esfuerzo muscular y, por este motivo, los datos existentes relativos al MHT son limitados. Es por tanto que, en las ocasiones en que sea necesario estimar la relación entre MHT y el esfuerzo muscular, se puede utilizar la siguiente expresión obtenida a través de los estudios de Rohmert, Björkstén y Jonson y Sjøgaard (Douwes et al. 1999).

$$\ln(\text{MHT}) = 8.65 - 2.14 \cdot \ln(\% \text{MVC})$$

Es decir, tal y como se muestra en la figura 1, existe una relación logarítmica entre MHT y el esfuerzo muscular expresado como porcentaje de la fuerza máxima que puede ser ejercida estando en la misma postura (MVC, del inglés *maximum voluntary contraction*). A medida que aumenta el esfuerzo muscular para adoptar una determinada postura, disminuye el tiempo durante el cual puede mantenerse dicha postura.

Otro concepto relacionado con el MHT es la capacidad de resistencia restante (REC, del inglés *remaining endurance capacity*). La REC es aquel tiempo durante el cual una postura puede ser mantenida después de un

período de esfuerzo muscular (figura 2). De forma informal puede pensarse como el tiempo complementario para alcanzar el 100% del MHT. Habitualmente se expresa como porcentaje del MHT.

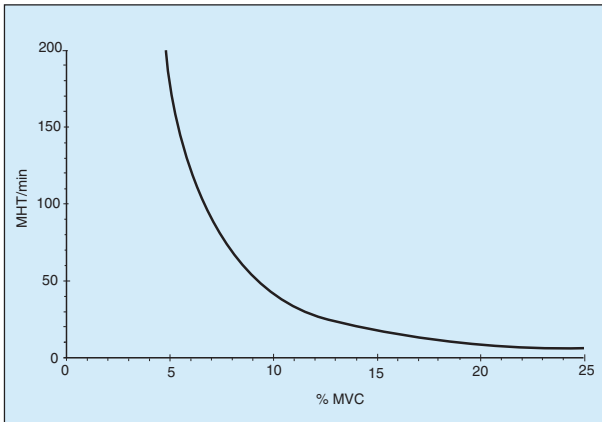


Figura 1. Tiempo máximo sostenido (MHT) en función del % MVC

En la figura 2 se muestra, de forma gráfica, el significado de la REC. Sea una postura que tiene un MHT de t_2 . Si la postura se mantiene hasta t_1 tal que $t_1 < t_2$ entonces la REC es la capacidad restante que corresponde al intervalo que va de t_1 a t_2 .

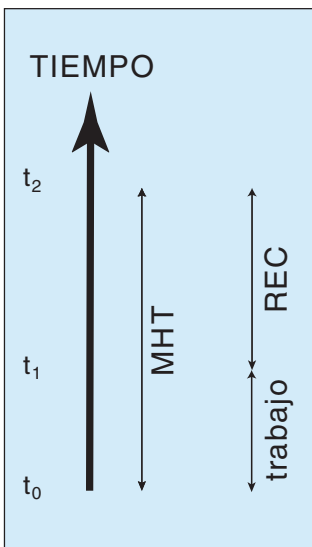


Figura 2. Relación entre MHT y REC

Por otro lado, existe una relación lineal entre el malestar medido mediante una escala de Borg (1998) y el tiempo medido como porcentaje del MHT (tabla 1).

Es decir, si se da un nivel 4 de malestar después de mantener una determinada postura durante 9 minutos, entonces dicho tiempo corresponde al 40% del MHT y, por lo tanto, el MHT es de 22.5 minutos. Además, en dicho instante, la capacidad restante es del 60% del MHT, pero si se realiza una pausa, entonces la REC aumentará tanto más cuanto más larga sea la pausa.

La elección de un nivel de molestia límite depende tanto de factores y criterios científicos como del acuerdo entre las partes interesadas. Algunos estudios proponen una división arbitraria de la escala de Borg en tres categorías, de forma que la puntuación media de un grupo de trabajadores se considera aceptable cuando toma valores comprendidos entre 1 y 3. En cambio, otros estudios muestran que cuando se permite al trabajador determinar la duración de una postura estática, en promedio dicha duración corresponde al 20% del MHT.

En esta NTP se tomará como referencia este último criterio: el tiempo máximo sostenido recomendado (MHTr) de una postura estática no deberá exceder del 20% del MHT de dicha postura, ya que se estima que cuando el nivel de molestia es de 2 (malestar ligero), según la escala de Borg, al menos el 50% de la población tendrá un nivel inferior a 2 y el 95% de la población tendrá un nivel inferior a 5 (fuerte malestar). En la práctica el

Tiempo (%MHT)	Capacidad de resistencia restante (%MHTr)	Malestar, molestia (escala de Borg)	
0 %	100 %	0	Inapreciable
10 %	90 %	1	Ligeramente perceptible
20 %	80 %	2	Ligero
30 %	70 %	3	Moderado
40 %	60 %	4	
50 %	50 %	5	Fuerte
60 %	40 %	6	
70 %	30 %	7	Muy fuerte
80 %	20 %	8	
90 %	10 %	9	
100 %	0 %	10	Extremadamente fuerte

Tabla 1. Relación entre el porcentaje de MHT y el malestar

MHTr, según este criterio, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{MHTr} = \frac{\text{MHT}}{5}$$

2. MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA POSICIÓN DE LA MANO

Este modelo realiza una clasificación de la postura en función de la posición de la mano (Miedma 1997). Según dicha clasificación, establece un valor máximo de MHTr. El método parte de la información recogida sobre el MHT obtenido a través de 7 estudios. En ellos, se dieron un total de 19 posturas diferentes, estando definidas, cada una de ellas, por dos parámetros:

- Altura del hombro (SH del inglés *shoulder height*): distancia vertical desde el suelo hasta el acromión (referencia 4.1.4 en ISO 7250:1996).
- Alcance máximo horizontal (AR del inglés *arm reach*): distancia horizontal desde una superficie vertical hasta el eje de agarre de la mano y apoyando la espalda contra dicha superficie vertical (referencia 4.4.2 en ISO 7250:1996).

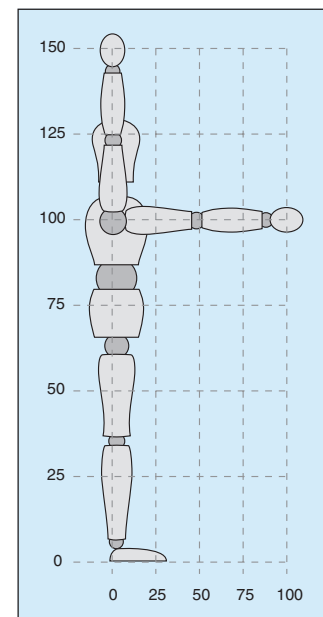


Figura 3. División del espacio en función de SH (ordenadas) y AR (abscisas)

Las 19 posturas surgen de la combinación de estos dos parámetros expresados en porcentaje, tal y como se muestra en la figura 3. La forma de clasificar las posturas según estos parámetros es a través del valor de SH y del valor de AR expresados en porcentaje. Por ejemplo, cuando el brazo está en posición vertical tal y como se muestra en la figura 3, dicha postura se etiqueta como 150/0

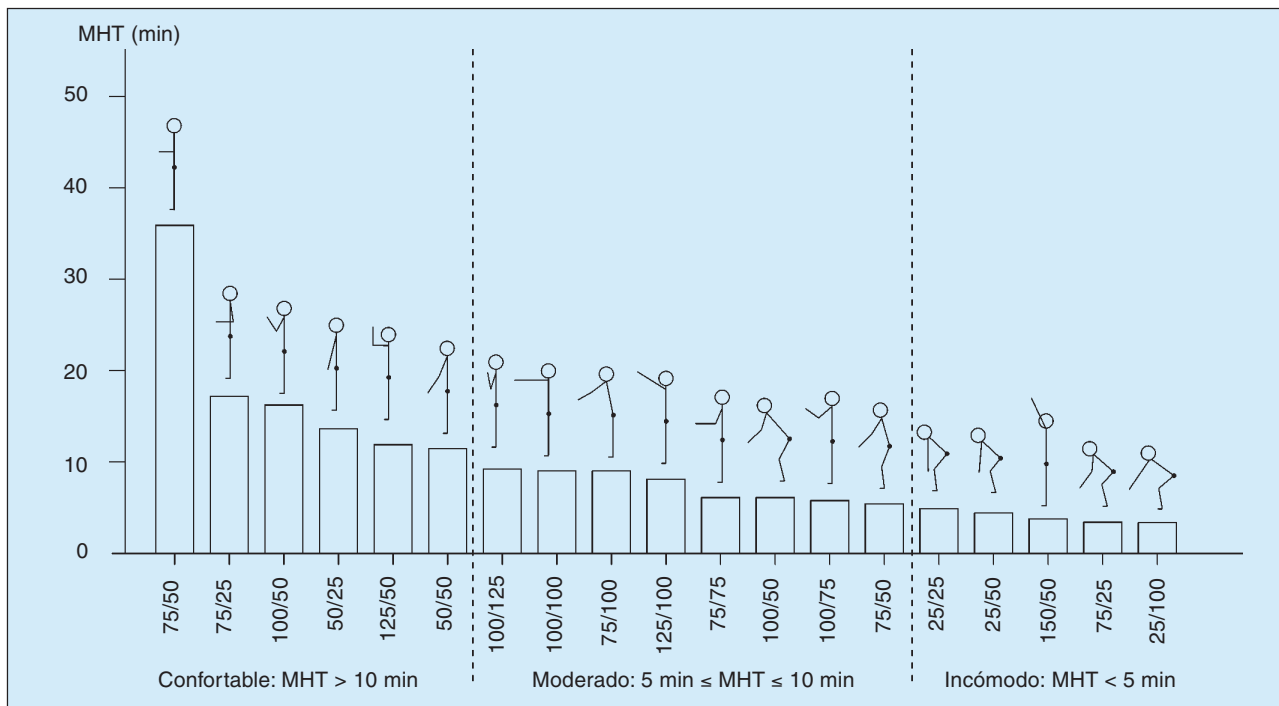


Figura 4. Tiempo máximo sostenido para las 19 posturas estudiadas

(la altura de la mano al suelo es el 150% de la altura del hombro mientras que el alcance horizontal es el 0% del alcance máximo horizontal), mientras que a la postura con el brazo en posición horizontal le corresponde la clasificación 100/100.

El método experimental es común a los 7 estudios: todos los participantes debían mantener la postura propuesta durante el máximo tiempo posible mientras se registraba el nivel de disconfort. En el instante en que se alcanzaba un valor de 10 en la escala de Borg; es decir, cuando se alcanzaba el máximo disconfort se consideraba que se había alcanzado el MHT y se registraba dicho instante. En la figura 4 se resumen los valores de MHT para las 19 posturas estudiadas.

Se observa que la postura 75/50 (figura 5) tiene el máximo valor de MHT, 35,7 minutos, mientras que la postura 25/100 tiene el valor mínimo, 2,7 minutos.

Las partes del cuerpo que presentan molestias dependen de la postura adoptada. En general, todos los sujetos (sanos) que adoptan la misma postura experimentan molestias en, aproximadamente, la misma zona del cuerpo. Aquellas posturas en las que la altura corresponde a 50% SH o inferior presentan molestias dorsolumbares y dolor de piernas. Cuando la altura es de 100% SH o inferior, las zonas críticas son los brazos y los hombros. En general, puede afirmarse que a medida que se aumenta la distancia de trabajo, aumentan las molestias de brazos y hombros.

Se puede hacer una clasificación de las 19 posturas en tres categorías arbitrarias: cómoda, moderada e incómoda (figura 4), que corresponden a valores de MHT altos, medios y pequeños respectivamente. El MHTr para cada categoría es el mínimo MHTr de las posturas de dicha categoría. De esta forma, se pueden definir las tres categorías de la siguiente forma (figura 6):

- Posturas cómodas: (50%, 75% 100% y 125% SH) y distancias cortas de trabajo (25% y 50% AR), a excepción de la postura 100/25. El MHTr es de 2 minutos.
- Posturas moderadas: son aquellas posturas con una altura de trabajo moderada (50%, 75%, 100% y

125% SH) y grandes distancias de trabajo (75% y 100% AR). El MHTr es de 1 minuto.

- Posturas incómodas: son todas aquellas posturas con valores extremos de altura de trabajo (25% y 150%). El MHTr es de 0 minutos y, por lo tanto, son posturas inaceptables.

No hay que interpretar el MHT o el MHTr como el tiempo durante el cual se puede mantener una postura y, a continuación, realizar una pausa en el trabajo ya que este método no pretende determinar el número de pausas de trabajo ni establecer la duración de las mismas. Como se trata de posturas estáticas, una vez se alcanza el valor de MHT o MHTr se puede alterar la postura de tal forma que las zonas afectadas puedan recuperarse. Es decir, debe producirse una recuperación del grupo muscular y articular afectado disminuyendo la carga de dicho grupo.

Las condiciones de aplicación del método vienen determinadas por las condiciones experimentales de los estudios en los que se basa. De esta forma, este método será adecuado para aquellas situaciones en las que concurren los siguientes supuestos:

- Posturas de pie
- Posturas sin fuerzas externas
- Posturas simétricas en el plano sagital
- Posturas en las que no se realizan pausas
- Aplicable a trabajadores jóvenes y sanos.

Debe tenerse en cuenta que en este método, la postura se determina en función de la posición de la mano. La consecuencia inmediata de este hecho es que puede darse una misma clasificación de la postura pero con diferentes valores de ángulo para rodillas, caderas, espalda, hombros y codos en diferentes sujetos. Esta simplificación en la clasificación de la postura conlleva una variación intraindividual importante en los valores de MHT.

Por otro lado, el método está desarrollado para posturas estáticas puras sin ningún tipo de movimiento corporal. En la mayoría de posturas de trabajo se dan pequeños cambios en las posturas y en las cargas, de forma que

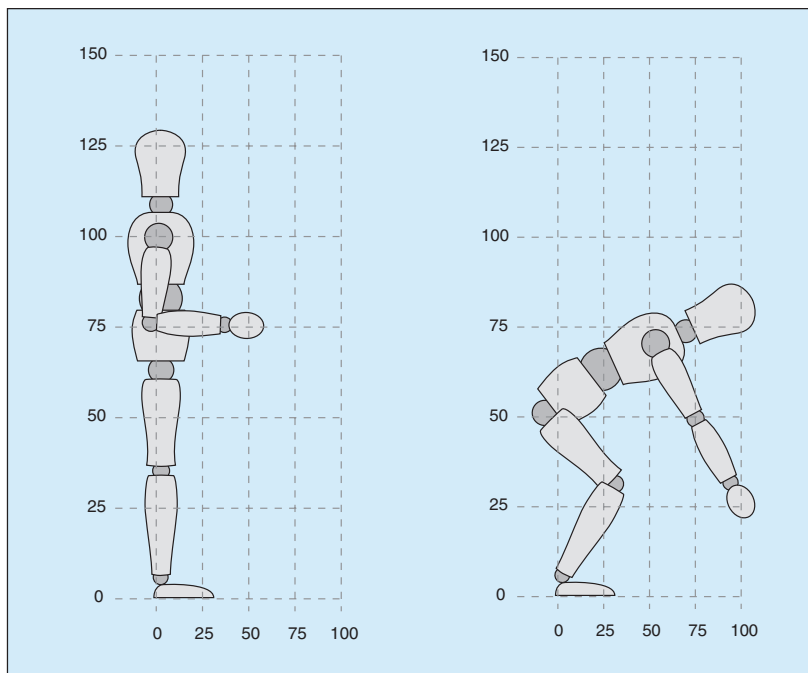


Figura 5. Postura 75/50 (izquierda) y postura 25/100 (derecha)

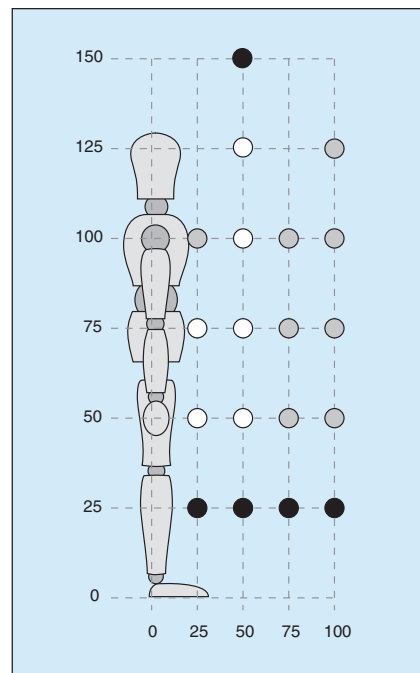


Figura 6. Clasificación de posturas:
○ cómodas ● moderadas ● incómodas

se pueden producir ligeras recuperaciones parciales. Otro factor común a muchas situaciones de trabajo es que existe un apoyo de determinadas extremidades corporales (mesas, repisas, apoyabrazos, etc.). Este apoyo supone una descarga de los músculos y articulaciones afectadas. Es por todo esto que puede suponerse que el MHT de una postura dinámica (o una postura en la que existe algún tipo de apoyo) es mayor que el MHT de la postura estática correspondiente.

Es posible comparar esta clasificación de posturas con la clasificación que se obtendría aplicando el método OWAS (Karhu et al. 1977) teniendo en cuenta la correspondencia entre ambas clasificaciones, mostrada en la tabla 2.

En general, los resultados obtenidos mediante la clasificación de MHT son más estrictos que los obtenidos mediante el método OWAS. No es, de hecho, un resultado extraño debido a las diferentes condiciones experimentales empleadas en cada uno de los métodos: el método

Categorías del método de la posición de la mano	Categorías de riesgo según el método OWAS
Posturas cómodas	1 (no se necesita intervención)
Posturas moderadas	2 (se requiere intervención en el futuro)
Posturas incómodas	3 (se requiere intervención pronto)
	4 (se requiere intervención inmediata)

Tabla 2. Relación entre el método de la posición de la mano y el método OWAS.

OWAS se basa en trabajadores de sexo masculino, dándose posturas más dinámicas y en condiciones de trabajo pesado con existencia de cargas externas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) BORG, G.
Borg's perceived exertion and pain scales
Estocolmo, 1998 Human Kinetics Publishers.
- (2) DOUWES, M., MIEDMA, M. C., DUL, J.
Methods based on maximum holding time for evaluation of working postures, The occupational ergonomics handbook
Boca Raton FL, CRC Press, 1999.
- (3) KARHU, O., KANSI, P., Y KUORINKA, L.
Correcting working postures in industry: A practical method for analysis
Applied Ergonomics, 8, 1977, 199-201.
- (4) ISO 7250:1996, Basic human body measurements for technological design.
- (5) ISO 11226:2000, Ergonomics - Evaluation of static working postures.
- (6) MIEDMA, M. C., DOUWES, M., DUL, J.
Recommended maximum holding times for prevention of discomfort of static standing postures
International Journal of Industrial Ergonomics, 19, 1997, 9-18.

Ergonomía y construcción: trabajo en zanjas

Ergonomics and building industry/construction: Work in trench excavation
Ergonomie et construction: Le travail en fossées

Redactores:

Silvia Nogareda Cuixart
Lda. Medicina y Cirugía

*CENTRO NACIONAL DE
CONDICIONES DE TRABAJO*

Francisco Muñoz Gómez
Diplomado Relaciones Laborales. Técnico CPA
ACSA SORIGUÉ

Colaboradores:

Juan Manuel Giraldo Villarroya
Técnico Intermedio de PRL

ACSA SORIGUÉ

Blai Valenzuela Collado
Enginyer Tècnic Industrial

ACSA SORIGUÉ

Las NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

1. INTRODUCCIÓN

El trabajo en construcción implica, normalmente, una actividad física importante, pero en el trabajo en zanjas la carga física es especialmente muy elevada, estando agravada por el trabajo en exteriores que implica unas condiciones termohigrométricas, a menudo, extremas. El tipo y el elevado número de las demandas físicas en este trabajo ayudan a explicar por qué las lesiones, los trastornos musculoesqueléticos y los accidentes por sobreesfuerzo de origen laboral ocupan un importante lugar en este sector.

Tras realizar un análisis de la accidentabilidad tanto en el 2006 como en el 2007 se constata que casi el 50% de los accidentes son sobreesfuerzos, estos debido a la manipulación de cargas y a las posturas adoptadas en los trabajos de excavación y colocación de tuberías en zanjas.

En esta Nota Técnica de Prevención, se analizan los riesgos en diferentes situaciones de trabajo como son:

- Trabajos en zanjas grandes
- Trabajos en zanjas medianas
- Trabajos en zanjas pequeñas

En el siguiente apartado se describen las tareas que se llevan a cabo en cada una de ellas así como las características principales de cada una. (Ver el resumen en las tablas 1 y 2).

2. DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS

Las tareas a realizar en las zanjas difieren considerablemente según las dimensiones de aquella, por lo que estudiaremos por separado las zanjas grandes, las medianas y las pequeñas.

Zanjas grandes. Trabajos de canalización

Son obras de ejecución de nuevas canalizaciones de tubería de la red de agua potable y que tienen un diámetro superior a 400 mm; también se tiene en cuenta, en este apartado, la instalación de todos sus elementos (válvulas, descargas, bocas de aire, etc.) así como la instalación de nuevas acometidas sobre la tubería instalada y el traslado de las existentes. En este proceso se incluye la conexión de la nueva tubería así como los servicios de movimientos de tierras, obra civil y la señalización, que sean necesarios.

Las brigadas que trabajan en este tipo de obra suelen estar formadas entre 4 y 6 operarios que realizan su jornada laboral de 8 horas, habitualmente de 8 a 17:00, con una hora de descanso para comer.

La profundidad media aproximada de las zanjas es de tres metros, lo que conlleva colocar la entibación de la misma en función del terreno.



Figura 1. Trabajo en zanjas grandes

	Grandes	Medianas	Pequeñas
Duración jornada	8	8	8
Operarios brigadas	6	4	3
Profundidad zanjas	de 3 a 5 mt. aprox.	de 1 a 3 mt.	1mt.

Tabla 1. Características generales según el tamaño de la zanja.

	Grandes	Medianas	Pequeñas
Excavación manual de catas	1 hora	2 horas	4 horas
Guía de maquinaria	2 horas	1 hora	
Soldaduras	2 horas		
Uso maquinaria (martillo neumático, compresor...)	2 horas	2 horas	2 horas
Manipulación de piezas no superiores a 4 metros			2 horas
Manipulación de materiales (tuberías, piezas, válvulas...)	1 hora	3 horas	

Tabla 2. Duración de las tareas según el tamaño de la zanja.

La obra se inicia con la apertura manual de catas para localizar los servicios previamente marcados por el técnico del radiodetector.

Los trabajos a realizar en este tipo de de zanjas son los de demolición con martillo neumático, corte de asfalto, excavación manual con pico y pala, guía de maquinaria, colocación de señalización, colocación de protecciones colectivas, embragado de tuberías, descarga de piezas, colocación de tuberías, empalmes mediante soldadura, relleno y compactado, pavimentación.

La duración habitual de los trabajos es aproximadamente de:

- Excavación manual de catas: 2 horas
- Guía maquinaria: 2 horas
- Uso maquinaria (martillo neumático, compresor...): 2 horas
- Soldaduras: 2 horas

Zanjas Medianas. Trabajos de canalización

Son obras de ejecución de nuevas canalizaciones de tubería de la red de agua potable de diámetro no superior a 400 mm; en este apartado se contempla la instalación de todos sus elementos (válvulas, descargas, bocas de aire...) así como la instalación de nuevas acometidas sobre la tubería instalada y traslado de las existentes. En este proceso se incluye la conexión de la nueva tubería a la existente así como los servicios de movimientos de tierras, obra civil y de señalización, que sean necesarios.

Las brigadas suelen estar formadas por 4 operarios que realizan su jornada laboral de 8 horas, habitualmente de 8 a 17:00, con una hora de descanso para comer.

La profundidad aproximada de las zanjas es de 1 metro con anchura de 60 cm.

La obra se inicia con la apertura manual de catas para localizar los servicios previamente marcados por el técnico del radiodetector.

Los trabajos a realizar en este tipo de de zanjas son los de demolición con martillo neumático, corte de asfalto, excavación manual con pico y pala, guía de maquinaria, manipulación de materiales (tubería, piezas, válvula, sacos) colocación de señalización, colocación de protecciones colectivas, montaje de piezas (tornillería), soldadura por termofusión, relleno y compactado, y pavimentación.

La duración media de los trabajos es aproximadamente de:

- Excavación manual de catas y canalización: 2 horas
- Manipulación de materiales (tuberías, piezas, válvula, sacos...) y trabajos de soldadura por termofusión: 3 horas
- Utilización maquinaria (martillo neumático, compactadora...): 2 horas
- Guía de maquinaria: 1 hora



Figura 2. Trabajo en zanjas medianas

Zanjas pequeñas (ramales y averías). Trabajos de acometidas

Son obras de ejecución de construcción de acometidas de la red de agua potable; en este apartado también están incluidas las tareas realizadas para llevar a cabo la instalación de ramales incluyendo los trabajos de obra civil y el montaje necesario.

Las brigadas suelen estar formadas por 3 operarios que realizan su jornada laboral de 8 horas, habitualmente de 8 a 17:00, con una hora de descanso para comer.

La profundidad aproximada de las zanjas es de 1 metro con una anchura de 60 cm.



Figura. 3. Trabajo en zanjas pequeñas

La obra se inicia con la apertura manual de catas para localizar los servicios previamente marcados por el responsable de la brigada mediante el localizador.

Los trabajos a realizar en este tipo de zanjas son los de demolición con martillo neumático, excavación manual con pico y pala, manipulación de materiales no superior a 4 m (tubería, piezas, válvula, sacos), trabajos de fibrocemento, colocación de señalización, colocación de protecciones colectivas, montaje de piezas (tornillería), relleno y compactado y pavimentación.

La duración de los trabajos es aproximadamente la siguiente:

- Excavación manual de catas: 4 horas
- Manipulación de piezas no superiores a 4 m: 2 horas
- Utilización maquinaria (martillo neumático, compactadora...): 2 horas

3. PRINCIPALES RIESGOS

Los principales riesgos que se encuentran en este tipo de trabajo son causa de trastornos musculoesqueléticos y pueden clasificarse en cuatro apartados que son los relacionados con las posturas, con la manipulación de cargas, con los sobreesfuerzos muscular y con la repetitividad de los movimientos.

- a) Posturas y movimientos: Incluyen aspectos relacionados con la postura de pie, la posición del tronco y de las extremidades superiores, la postura de rodillas o en cuclillas, el uso de las extremidades superiores, etc.
- b) Manipulación manual de cargas: Se refieren tanto al tipo de peso manejado como a las condiciones en las que se lleva a cabo la manipulación.
- c) Repetitividad y esfuerzos musculares: En este apartado se contemplan los sobreesfuerzos musculares y la repetitividad de las tareas en cuanto a duración de ciclo, a repetición de movimientos, etc.
- d) Entorno: también se han tenido en cuenta, dentro de los apartados anteriores, la influencia del entorno, las condiciones climáticas, etc.

Posturas

Dos de los principales factores de riesgo son, por un lado, la extensión o la hiperextensión de las extremidades superiores y, por otro lado, la torsión, inclinación, flexión e hipertensión del tronco. El resultado es que, en ambos casos, los músculos tienen que hacer trabajo ex-

tra con el fin de mantener la postura y aguantar el peso de los brazos.

En muchos ocasiones la falta de espacio no permite adoptar una postura confortable o adecuada para realizar la tarea lo que conlleva a una disminución en la fuerza que se puede realizar; ello da resultado que en estas situaciones haya un aumento de la fatiga muscular y un mayor desgaste biomecánico tanto de la columna vertebral como de las articulaciones.

Las tareas que se realizan en las zanjas en sí mismas y la falta de espacio suelen implicar que el trabajador tenga que adoptar posturas forzadas del cuello, es decir, extensión, flexión, inclinación y rotación del mismo que desemboca en una sobrecarga en la zona cervical y en la zona escapular.

Otra de las posturas forzadas que suelen adoptarse son las de rodillas y en cuclillas lo que conlleva una sobrecarga notable de las extremidades inferiores. Además, esta situación viene agravada por el roce de las extremidades inferiores con la superficie de trabajo bien sea pavimento o tierra.

A todos los aspectos anteriores de carga postural hay que sumar el tener que manipular herramientas u otro tipo de pesos lo que supone un agravante en la carga física del trabajador.

Manipulación manual de cargas

En este tipo de tareas es habitual la manipulación manual de todo tipo de cargas; algunas son pequeñas, pero se utilizan de forma continuada dando lugar a una fatiga muscular y biomecánica que, tras muchas horas de manipulación, puede llegar a ser muy considerable. Otras son pesadas y pueden llegar a ocasionar lesiones en la espalda, (principalmente a nivel dorsolumbar) tanto por el peso de la carga en sí como por las condiciones de manipulación de la misma: manipulación en posturas forzadas, con los brazos en alto o extendidos, cuando hay movimientos bruscos resultantes por ráfagas de viento, desniveles en el suelo, pavimento resbaladizo, caídas, etc.

El riesgo de padecer una lesión dorsolumbar, depende de varios factores, algunos asociados a la carga; otros, a las exigencias de la actividad, al entorno de trabajo y a las características personales tal como viene expresado en el anexo del Real Decreto 487/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbares, para los trabajadores y que a continuación se detallan.

Características de la carga

La manipulación manual de una carga puede presentar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

- Cuando la carga es demasiado pesada o demasiado grande.
- Cuando es voluminosa o difícil de sujetar.
- Cuando está en equilibrio inestable o su contenido corre el riesgo de desplazarse.
- Cuando está colocada de tal modo que debe sostenerse o manipularse a distancia del tronco o con torsión o inclinación del mismo.
- Cuando la carga, debido a su aspecto exterior o a su consistencia, puede ocasionar lesiones al trabajador, en particular en caso de golpe.

Esfuerzo físico necesario

Un esfuerzo físico puede entrañar un riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

- Cuando es demasiado importante.
- Cuando no puede realizarse más que por un movimiento de torsión o de flexión del tronco.
- Cuando puede acarrear un movimiento brusco de la carga.
- Cuando se realiza mientras el cuerpo está en posición inestable.
- Cuando se trate de alzar o descender la carga con necesidad de modificar el agarre.

Características del medio de trabajo

Las características del medio de trabajo pueden aumentar el riesgo, en particular dorsolumbar, en los casos siguientes:

- Cuando el espacio libre, especialmente vertical, resulta insuficiente para el ejercicio de la actividad de que se trate.
- Cuando el suelo es irregular y, por tanto, puede dar lugar a tropiezos o bien es resbaladizo para el calzado que lleve el trabajador.
- Cuando la situación o el medio de trabajo no permite al trabajador la manipulación manual de cargas a una altura segura y en una postura correcta.
- Cuando el suelo o el plano de trabajo presentan desniveles que implican la manipulación de la carga en niveles diferentes.
- Cuando el suelo o el punto de apoyo son inestables.
- Cuando la temperatura, humedad o circulación del aire son inadecuadas.
- Cuando la iluminación no sea adecuada.
- Cuando exista exposición a vibraciones.

Exigencias de la actividad

La actividad puede entrañar riesgo, en particular dorsolumbar, cuando implique una o varias de las exigencias siguientes:

- Esfuerzos físicos demasiado frecuentes o prolongados en los que intervenga en particular la columna vertebral.
- Periodo insuficiente de reposo fisiológico o de recuperación.
- Distancias demasiado grandes de elevación, descenso o transporte.

- Ritmo impuesto por un proceso que el trabajador no pueda modular.

Factores individuales de riesgo

Constituyen factores individuales de riesgo:

- La falta de aptitud física para realizar las tareas en cuestión.
- La inadecuación de las ropas, el calzado u otros efectos personales que lleve el trabajador.
- La insuficiencia o inadaptación de los conocimientos o de la formación.
- La existencia previa de patología dorsolumbar.

Sobresfuerzos

En este apartado se agrupan todos aquellos esfuerzos musculares que no están relacionados con la postura ni con el manejo manual de cargas.

El puesto de trabajo: condiciones de mala iluminación, calor, frío, humedad, ráfagas de viento, suelos irregulares o resbaladizos, vías de circulación estrechas, etc.

El equipo de trabajo: herramientas no ergonómicas o demasiado pesadas, vibraciones de las herramientas, medios de protección que dificultan los movimientos o posturas, etc.

Factores de organización: falta de tiempos de reposo, mala planificación de la obra, falta de cultura preventiva, etc.

Trabajo repetitivo

Tareas repetitivas son aquellas en que los ciclos de trabajo son inferiores a medio minuto o en las que se repiten los mismos movimientos durante más de la mitad del ciclo.

Entre las tareas repetitivas que se dan en el trabajo en zanjás se encuentran las siguientes:

- Demolición
- Excavación manual
- Instalación de tuberías
- Colocación de tornillería
- Carga y descarga de material diverso
- Desplazamientos por obra

La repetitividad se ve agravada por un mal agarre, por asir los distintos elementos que se utilizan con los dedos en pinza, por las posturas forzadas de la mano o de la muñeca (desviación radial o cubital, hiperflexión o hiperextensión), por la utilización de guantes no adecuados, y por las vibraciones producidas por las herramientas.

Riesgos asociados al tamaño de la zanja

Los riesgos asociados al tamaño de la zanja se han recogido en la tabla 3.

4. MEDIDAS PREVENTIVAS

A continuación se detallan las medidas preventivas que se deben adoptar para evitar o minimizar los riesgos de padecer una lesión musculoesquelética relacionada con las posturas, la manipulación de cargas, los sobresfuerzos musculares y la repetitividad de los movimientos.

Zanjas	Posturas	Manipulación de cargas	Trabajos repetitivos y sobreesfuerzos
Grandes	<p>Se adoptan posturas forzadas principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la hora de realizar la demolición de la acera y la excavación manual de la cata de localización de servicios. • Para realizar las soldaduras de la tubería el trabajador debe colocarse alrededor de toda la circunferencia incluyendo la parte inferior de la tubería. • En el proceso de entibación de la zanja a menudo los operarios deben trabajar con los brazos por encima del hombro. • En la reposición de la acera los trabajadores se tienen que colocar de rodillas o en cuclillas para colocar las losetas y repartir el cemento por la zona de actuación. 	<p>Se han de manipular cargas principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocación de la tubería con la ayuda del camión grúa en el interior de la zanja • Aportación de material (sacos de cemento, losetas,...) para la posterior reposición del pavimento. 	<p>Se realizan movimientos repetitivos o sobreesfuerzos en casi todas las operaciones de excavación manual de catas, guía maquinaria, uso de maquinaria (martillo neumático, compresor...), soldaduras y principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajos con la pala y el pico en excavación manual de catas • Proceso de soldadura con el soplete a lo largo de todo el diámetro de la tubería.
Medianas	<p>Se adoptan posturas forzadas principalmente en las siguientes tareas</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la hora de realizar la demolición de la acera y la excavación manual de la cata de localización de servicios. • Los trabajos de soldadura se realizan con la maquina de termofusión lo que requiere la colocación de las tuberías y de la plancha en cada junta. • En la reposición de la acera los trabajadores se tienen que colocar de rodillas o en cuclillas para colocar las losetas y repartir el cemento por la zona de actuación. 	<p>Se han de manipular cargas principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocación de la tubería entre dos o más operarios en el interior de la zanja • Aportación de material (sacos de cemento, losetas,...) para la posterior reposición del pavimento. 	<p>Se realizan movimientos repetitivos o sobreesfuerzos en las tareas de excavación manual de catas y canalización, manipulación de materiales (tuberías, piezas, válvula, sacos...) y trabajos de soldadura por termofusión, utilización maquinaria (martillo neumático, compactadora...) y principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trabajos con la pala y el pico en excavación manual de catas • Colocación de tubería en el interior de la zanja. • Demolición de acera con martillo neumático
Pequeñas	<p>Se adoptan posturas forzadas principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A la hora de realizar la demolición de la acera y la excavación manual de la cata de localización de servicios. • En los cambios o instalación de ramales nuevos se requiere que el operario entre dentro de la arqueta existente del edificio siendo estas de tamaños reducidos. • En la reposición de la acera los trabajadores se tienen que colocar de rodillas o en cuclillas para colocar las losetas y repartir el cemento por la zona de actuación. 	<p>Colocación de las piezas en el interior de la cata. Aportación de material (sacos de cemento, losetas,...) para la posterior reposición del pavimento.</p>	<p>Se realizan movimientos repetitivos o sobreesfuerzos en las tareas de excavación manual de catas y manipulación de piezas, utilización maquinaria (martillo neumático, compactadora...) y principalmente en las siguientes tareas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colocación de tornillería y pequeñas piezas. • Trabajos con la pala y el pico en excavación manual de catas • Demolición de acera con martillo neumático

Tabla 3. Riesgos asociados al tamaño de zanjas según tareas

Posturas

Evitar la mantener los brazos por encima de la altura de los hombros, mediante la colocación de una plataforma, preferiblemente de madera que, al subir el trabajador en ella, haga que baje el plano de trabajo. Con ello se logra, así mismo, minimizar las hiperextensiones de cuello.

Cuando exista espacio suficiente, se flexionarán las piernas en vez de flexionar el tronco. Esto es de aplicación principalmente en zanjas medianas y grandes.

Evitar las torsiones de tronco. Para ello se ha de pivotar

sobre los pies y girar todo el cuerpo; ello se consigue mediante una formación adecuada. Es relevante en el trabajo en zanjas pequeñas.

Colocar las herramientas en cinturones a fin de evitar las posturas forzadas de tronco que se han de adoptar cuando estas se cogen del suelo o de superficies situadas por encima de la cabeza.

En caso de tener que apoyar la rodilla en el suelo, se recomienda la utilización de rodilleras que protejan esta parte del cuerpo de rozaduras y compresiones.

Utilizar una excavadora / bobcat u otros dispositivos mecánicos de excavación, siempre que sea posible. Esto es especialmente recomendable en zanjas pequeñas para evitar la hiperflexión y sobreesfuerzos de extremidades superiores al abrir la zanja.

Manipulación de cargas

En primer lugar y tal como se recoge en el artículo 2 del R.D. 487/1997 de 14 de abril, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores “el empresario deberá adoptar las medidas técnicas u organizativas necesarias para evitar la manipulación manual de las cargas, en especial mediante la utilización de equipos para el manejo mecánico de las mismas, sea de forma automática o controlada por el trabajador”. Cuando ello no sea posible, se ha de proporcionar cualquier tipo de medio mecánico o manual que ayude a manejar la carga con un menor esfuerzo o se deben adoptar las medidas organizativas.

Como medidas organizativas más efectivas son la introducción de pausas y la alternancia de tareas de manipulación de cargas con otras que no impliquen su manejo.

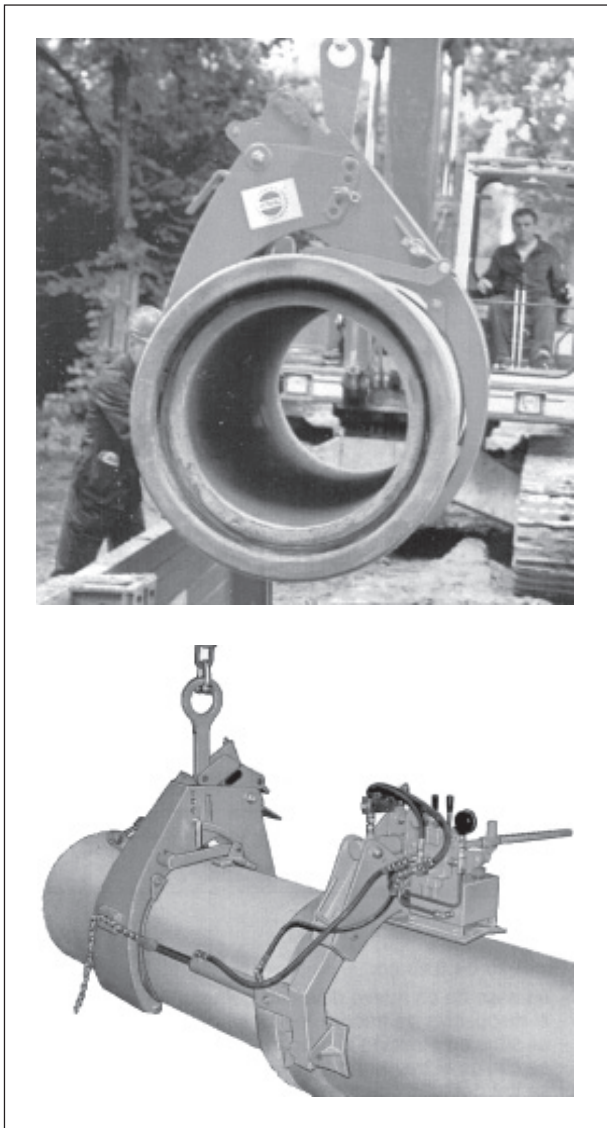


Figura 4. Manipuladores para tuberías grandes.

Como medios mecánicos existen variedad de manipuladores y herramientas específicas para el manejo de material de construcción.

Los manipuladores grandes son de especial aplicación en el trabajo en zanjas grandes.

Cuando se manipulen pesos superiores a 3 kilos se deberá evaluar los riesgos tomando en consideración los factores indicados en el Anexo del Real Decreto 487/1997 y sus posibles efectos combinados.

Cuando las cargas sean muy pesadas o de difícil agarre (tubos, varillas metálicas, vigas, etc.) se llevará a cabo la tarea entre dos personas.

Hay que maximizar la reducción del peso de los materiales especialmente de los sacos y de las planchas de paso.

Para manipular sacos utilizar siempre un carro o carretilla, movilizar las cargas entre dos personas y evitar llevar varios sacos de una sola vez.

Hay que facilitar una información adecuada sobre el peso de la carga, el centro de gravedad o el lado más pesado cuando un paquete es cargado de forma desigual.

Garantizar una información y formación adecuada y precisa acerca de cómo manejar correctamente las cargas, de los riesgos derivados de su manejo y de las consecuencias que puede acarrear.

Trabajos repetitivos y sobreesfuerzos

Las consecuencias musculoesqueléticas que puede llegar a padecer la persona debido al trabajo repetitivo pueden minimizarse mediante la rotación de tareas.

Así mismo, es necesario evitar las herramientas que vibren y las que fuerzan a realizar sobreesfuerzos innecesarios.

Utilizar guantes antivibraciones certificados (ISO 19819) para amortiguar y minimizar la transmisión de las vibraciones producidas por las herramientas a la extremidad superior.

Se debe suministrar a los individuos guantes que se ajusten a las medidas antropométricas de sus manos.

Utilizar palas de mano con una adecuada absorción de choque cuando se trate de cavar cerca de las raíces del árbol, ladrillo, etc.

Utilizar palas de distintas longitudes, cortas o largas, según sea el tipo de tarea; por ejemplo, utilizar las más cortas cuando se está excavando en zanjas pequeñas, con espacio reducido. Cuando el alcance sea de mayores dimensiones, utilizar palas de mango largo.

Evitar conducir las carretillas sobre superficies muy irregulares, suelos arenosos, resbaladizos, etc. Procurar disponer de planchas o similar para alisar el terreno.

Si hay que hacer algún corte en algún material o llevar a cabo algún tipo de fuerza realizarlo, aproximadamente, a la altura de las caderas.

Medidas generales

Intentar que el espacio el que tiene que moverse el trabajador sea lo suficientemente amplio a fin de evitar la adopción de posturas forzadas o la realización de sobreesfuerzos innecesarios. Esto es de mayor relevancia en el caso de las zanjas pequeñas.

Dotar a los trabajadores de herramientas ergonómicas que faciliten tanto su utilización como su agarre y hacerles un buen mantenimiento para evitar que pierdan sus propiedades.

Utilización de pinzas especiales para la colocación de las piezas de los bordillos.

Siempre que sea posible, utilizar maquinaria para tanto a la hora de hacer la excavación de las zanjas como para la aportación de tierras y de arena.

Adaptar al máximo las tareas y entorno a las capacidades de la persona.

Es aconsejable realizar un pre-calentamiento antes del

inicio de la jornada laboral, realizando, para ello, unos ejercicios físicos específicos. Es muy útil el apoyo y asesoramiento de un fisioterapeuta.

Proporcionar una formación teórica, práctica y específica sobre manipulación manual de cargas así como en higiene postural.

Realizar la vigilancia de salud adecuada y hacer promoción de la salud a los trabajadores.

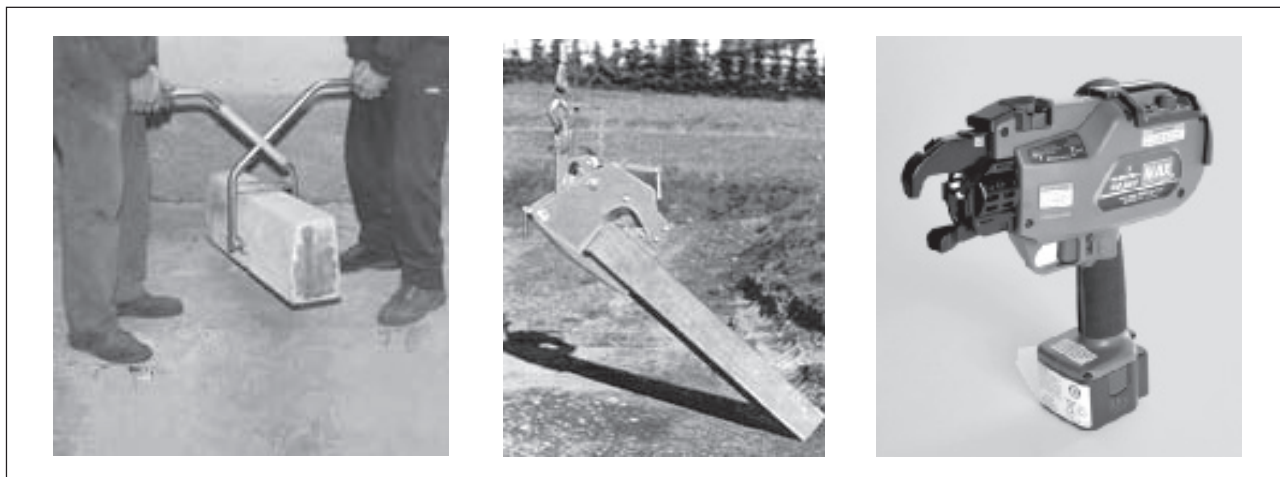


Figura 5. Herramientas ergonómicas para cargas menores y para sobreesfuerzos.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) REAL DECRETO 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE núm. 97 de 23 de abril.
- (2) ALBERS. J. T., ESTILL, C.F.
Simple Solutions: Ergonomics for construction workers
NIOSH, Cincinnati, 2007, 88p
- (3) INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO
Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación manual de cargas.
Madrid, INSHT, 1998
- (4) MUÑOZ, F.
Ergonomía y construcción: la carga física en el trabajo en zanjas. Jornada técnica: Prevención de los trastornos musculoesqueléticos.
Barcelona, INSHT-CNCT. 2007
- (5) NOGAREDA, S. Y OTROS AUTORES
Ergonomía. 4ª Edición.
Madrid, INSHT, 2003

