

RIESGOS DE HIGIENE EN LA INDUSTRIA: CLASIFICACION Y CRITERIOS

ROSA M.ª GÓMEZ CENDÓN*

Desde un punto de vista empresarial, la higiene industrial forma parte de la prevención de daños en la empresa junto con la seguridad, la protección de bienes, la seguridad de la información, la prevención y corrección de la contaminación ambiental, la seguridad del producto, etc.

Por otra parte, la higiene industrial se considera hoy como uno de los factores importantes de las «condiciones de trabajo» que incluye, además, el confort, ritmos y horarios, satisfacción en el trabajo, posibilidades de promoción, etc. La prevención de riesgos profesionales es un aspecto destacado del Balance Social de la empresa y forma parte de la política de salud y de mejora de la calidad de vida en todos los países desarrollados.

Hoy en día se puede definir la salud como el equilibrio y bienestar físico, mental y social. Este punto de vista incluye: la salud orgánica, como resultado del funcionamiento correcto del conjunto de células, tejidos, órganos y sistemas del cuerpo humano, la salud psíquica, que presupone un equilibrio intelectual y emocional, y la salud social o bienestar en la vida relacional del individuo.

Puede definirse la Higiene del Trabajo como prevención técnica de la enfermedad profesional, entendida ésta en su sentido más amplio. Para la A.I.H.A. (American Industrial Hygienist Association) se trata de la «ciencia y arte dedicados al reconocimiento, evaluación y control de aquellos factores ambientales o tensiones emanadas o provocadas por el lugar de trabajo y que pueden ocasionar enfermedades, destruir la salud y el bienestar o crear algún malestar significativo entre los trabajadores o los ciudadanos de la comunidad».

Sin perjuicio de que pueda considerarse demasiado extensiva esta definición que abarcaría campos correspondientes a otras técnicas, conviene señalar que está en la línea de la preocupación actual por una visión integral de la salud, incluyendo la patología específica e inespecífica, las manifestaciones subclínicas, la fatiga, el discomfort y las tensiones psicofísicas del trabajo.

Las alteraciones del ambiente generadas por el trabajo crean una serie de factores agresivos para la salud entre los que se pueden considerar: contaminantes químicos y agentes físicos.

* Jefe de Higiene Industrial de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

A continuación se dará una somera visión de cada uno de estos apartados, así como de los criterios para su evaluación.

CONTAMINANTES QUÍMICOS

Contaminante químico es toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso puede incorporarse al aire ambiente.

Los diversos contaminantes químicos pueden clasificarse por la forma de presentarse y por sus efectos en el organismo humano.

Clasificación de los contaminantes químicos por su forma de presentarse

Aerosoles

Los aerosoles son suspensiones de partículas sólidas o líquidas, de tamaño inferior a 100 micrometros en un medio gaseoso. Estos puede ser:

Polvo

Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño, procedentes de procesos físicos de disgregación.

Según su tamaño se distingue:

- Sedimentable. Se deposita rápidamente.
- Inhalable. Puede penetrar en el sistema respiratorio.
- Respirable. Puede alcanzar los pulmones.

Por la forma se clasifica en:

- Polvo propiamente dicho.
- Fibras. Distintas definiciones según los países.

Por su composición puede ser:

- Animal: pluma, pelo, cuero, hueso.
- Vegetal: polen, cereales, paja, tabaco, cáñamo.
- Mineral: metales, asbestos.

Niebla

Suspensión en el aire de pequeñas gotas líquidas

generadas por condensación, atomización o ebullición.

Bruma

Suspensión en el aire de pequeñas gotas líquidas apreciables a simple vista.

Humo

Suspensión aérea de partículas sólidas originadas en procesos de combustión incompleta.

Humo metálico

Suspensión aérea de partículas sólidas metálicas generadas en proceso de condensación del estado gaseoso, partiendo de la sublimación de un metal.

Gases y vapores

Los gases y vapores están constituidos por partículas de tamaño molecular, las cuales pueden moverse bien por transferencia de masa o difusión, bien por la influencia de la fuerza gravitacional entre moléculas.

Aquellas sustancias que en condiciones normales de presión y temperatura se encuentran en fase gaseosa, se denominan genéricamente gases. El término vapor se aplica a la fase gaseosa de sustancias sólidas o líquidas en las condiciones antes mencionadas.

Hay muchas operaciones industriales que implican el uso de gases, por ejemplo, la soldadura acetilénica con atmósfera inerte, procesos que requieren la combustión como hornos altos y hornos de cok. También se puede presentar el gas en la industria por escape de las conducciones que lo transportan. Asimismo existen procesos distintos de la combustión que producen gases como el hidrógeno que se genera en cubas electrolíticas.

Entre los principales gases y vapores, por su amplia presencia en la industria, se pueden citar: monóxido de carbono, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, cloro y sus derivados, amoníaco, cianuros, vapores de plomo, mercurio...

Los vapores que mayormente se presentan, se corresponden con los vapores orgánicos. Estas sustancias que generalmente se utilizan para desengrasar, en la fabricación de plásticos, de pinturas y barnices, etc., se conocen con el nombre

de disolventes. Su capacidad de evaporación hace que estas sustancias se encuentren siempre en los ambientes donde se utilizan.

Clasificación de los contaminantes químicos por sus efectos sobre el organismo humano

Atendiendo a su acción fisiopatológica, los contaminantes químicos se pueden clasificar en:

Irritantes

Aquellos compuestos químicos que producen inflamación en las áreas anatómicas con las que entran en contacto. A su vez se dividen en:

- Irritantes del tracto respiratorio superior: ácidos y bases.
- Irritantes del tracto respiratorio superior y tejido pulmonar: *halógenos, ozono, anhídridos de halógeno, etc.*
- Irritantes del tejido pulmonar: *dióxido de nitrógeno, fosgeno, etc.*

Neumoconióticos

Sustancias que se depositan en los pulmones originando alteraciones irreversibles denominadas neumoconiosis.

Tóxicos sistémicos

Compuestos químicos que, independientemente de su vía de entrada, presentan efectos específicos sobre órganos o sistemas. Por ejemplo: hidrocarburos halogenados, derivados alquílicos de metales, insecticidas, plomo, hidrocarburos aromáticos, etc.

Anestésicos y narcóticos

Sustancias químicas que actúan como depresores del sistema nervioso central.

Cancerígenos

Aquellos compuestos que pueden inducir un tumor maligno. Por ejemplo: *asbestos, ácido crómico y cromatos, arsénico, cadmio, níquel, berilio.*

Alérgicos

Sustancias que afectan a individuos previamente sensibilizados.

Asfixiantes

Sustancias capaces de impedir la llegada del oxígeno a los tejidos. Se distinguen asfixiantes simples y asfixiantes químicos.

CONTAMINANTES FISICOS

Los principales agentes causantes de este tipo de contaminación son: ruido, vibraciones y ultrasonidos y ambientes térmicos.

Ruido

Ninguno de los distintos agresivos para la salud que concurren en las instalaciones industriales lo hace tan reiteradamente como el ruido.

El ruido comporta un riesgo permanente para la salud de los trabajadores. En la extensión e importancia de este riesgo inciden, entre otros, el incremento energético incorporado a las instalaciones de producción, la potencia de las máquinas y sus cada vez mayores dimensiones, los volúmenes de materias primas manipuladas, así como los tamaños de los productos acabados, los ritmos de trabajo incorporados y la introducción de nuevas tecnologías.

Desde un punto de vista físico, el ruido consiste en un movimiento ondulatorio producido en un medio elástico por una vibración. El desplazamiento complejo de moléculas de aire se traduce en una sucesión de muy pequeñas variaciones de la presión. Estas alteraciones de presión pueden percibirse por el oído y se denominan presión sonora.

El sonido producido, por debajo de los 20 Hz, no audible, no constituye el espacio acústico de las vibraciones. Cuando el sonido se emite en frecuencias superiores a los 20.000 Hz se denomina ultrasonido.

Se pueden establecer distintas divisiones de los diferentes tipos de ruidos. La clasificación que seguidamente se establece engloba la mayor parte de los casos que se presentan en la realidad industrial.

- Ruido estable.
- Ruido intermitente fijo.

- Ruido intermitente variable.
- Ruido fluctuante.
- Ruido de impulso-impacto.

El riesgo fundamental que genera la exposición prolongada a altos niveles de presión sonora es el aumento del umbral de audición.

Existen cuatro factores de primer orden que determinan el riesgo de pérdida auditiva: nivel de presión sonora, tipo de ruido, tiempo de exposición al ruido y edad.

Además de estos cuatro factores citados existen otros: las características del sujeto receptor, ambiente de trabajo, distancia al foco sonoro y posición respecto a éste, sexo, enfermedades y sordezas por traumatismo.

La importancia del nivel de presión sonora es primordial. Aunque no puede establecerse una relación lineal entre nivel de presión sonora y daño auditivo, es evidente que cuanto mayor es este nivel tanto mayor es el daño auditivo.

Pueden plantearse dos formas de disminución de agudeza auditiva: *sordera temporal* o desplazamiento temporal del dintel de audición y *sordera permanente*.

La sordera temporal se produce normalmente por la exposición a un ruido muy intenso aunque sea de corta duración. Puede llegarse al extremo de producirse la rotura del tímpano, ocasionando sordera permanente para las altas frecuencias. La sordera temporal es, en general, recuperable en un elevado porcentaje, durante las dos horas siguientes al cese de la exposición al ruido, no obstante, queda siempre un resto acumulativo.

Cuando no se logra la recuperación del nivel auditivo a la situación anterior a la agresión sonora, se produce la sordera permanente. Este desplazamiento permanente del umbral de audición ocurre cuando la lesión se localiza en el oído interno.

Vibraciones y ultrasonidos

Las vibraciones, desde la perspectiva de la Higiene Industrial, se caracterizan según los distintos autores atendiendo a las frecuencias. Unos consideran hasta 80 ó 100 Hz y otros hasta los 500 Hz.

Los efectos principales que producen las vibraciones en el hombre son de tipo mecánico, ya

que la vibración genera en el cuerpo un desplazamiento relativo. Dependiendo de la frecuencia y de la energía con que se producen, las vibraciones pueden originar en casos extremos desgarramientos entre ligamentos y órganos, debidos al diferente efecto del fenómeno sobre cada uno.

Los trastornos que generan las vibraciones difieren según la forma de producirse éstos, la frecuencia, la parte del cuerpo a través de la que se transmite o la herramienta u objeto foco de generación.

Aún a riesgo de esquematizar en exceso, podemos establecer una división de los efectos de las vibraciones, según sea la frecuencia a la que se producen éstas.

Las vibraciones a muy baja frecuencia (menores de 2 Hz) producen molestias que se manifiestan en el sistema nervioso central y se deben a la estimulación coclear. Estos efectos pueden variar desde el simple mareo hasta provocar náuseas y vómitos. Los síntomas suelen desaparecer al cesar la vibración.

Entre los 2 y 20 Hz puede observarse respiración forzada, con aumento del consumo de oxígeno, variación del ritmo cerebral, dificultades de equilibrio, trastornos visuales y variaciones en el comportamiento.

En el caso de altas frecuencias (de 20 a 300 Hz) pueden aparecer lesiones osteoarticulares, trastornos vasomotores, sobre todo en las manos debido al uso de perforadoras (síndrome de Raynaud).

Se puede decir que la exposición a vibraciones produce, en primer lugar, lesiones del sistema nervioso en las extremidades inferiores; además, es posible la presentación de polineuritis con angioespasmo, nistagmus, vértigo, convulsiones y astenia.

Los ultrasonidos afectan al oído generando aumentos temporales del umbral de percepción, cuando alcanzan niveles de 150 dB. Pueden aparecer dolores de cabeza, mareos, náuseas y vómitos. Asimismo, los ultrasonidos inciden en el desgarramiento de moléculas y membranas y en el aumento de temperatura de éstos.

Ultrasonidos de frecuencia de 200 KHz producen la sensación semejante de los sonidos audibles transmitidos por vía ósea.

En general, se produce lesión del sistema nervioso periférico y del sistema vascular, pudiéndose presentar anomalías del sueño, irritabilidad y aumento de los umbrales de percepción acústica, vestibular, visual y del dolor.

Ambientes térmicos

Los temas de ambientes térmicos —calor y frío— tienen un carácter específico propio en el campo de la Higiene Industrial, debido a una serie de factores entre los que cabe destacar la asociación del calor y el frío como agentes susceptibles de provocar riesgos profesionales, con los problemas de confort térmico, lo que lleva, en ocasiones, a cierta confusión sobre lo que se pretende evaluar, si es el confort o un riesgo profesional, aunque es evidente que cuando se da el segundo va acompañado por el primero, pero no necesariamente al contrario.

Otros aspectos a considerar son los efectos derivados de la exposición a temperaturas elevadas. Estos son siempre reversibles y pueden aparecer y desaparecer en espacios cortos de tiempo, a diferencia de otras enfermedades del trabajo o profesionales, cuya aparición se da después de exposiciones largas y su extinción es lenta o imposible.

Cuando el calor cedido al medio ambiente es superior al calor recibido o producido por medio del metabolismo basal y el de trabajo, debido a la actividad física que se está ejerciendo, el organismo tiende a enfriarse y, para evitar esta hipotermia, pone en marcha múltiples mecanismos, entre los cuales podemos indicar:

- Vasoconstricción sanguínea.
- Desactivación de las glándulas sudoríparas.
- Disminución de la circulación sanguínea periférica.
- Tiritona.
- Autofagia de las grasas almacenadas.
- Encogimiento.

Entre las consecuencias de la hipotermia se pueden destacar:

- Malestar general.
- Disminución de la destreza manual.
- Reducción de la sensibilidad táctil y anquilosa-

miento de las articulaciones.

- Comportamiento extravagante.
- Congelación de los miembros.

La muerte se produce cuando la temperatura interior es inferior a 28 °C por fallo cardíaco.

Cuando el calor cedido por el organismo al medio ambiente es inferior al calor recibido o producido por el metabolismo total, el organismo tiende a aumentar su temperatura y, para evitar esta hipertermia, pone en marcha otros mecanismos, entre los que se pueden citar:

- Vasodilatación sanguínea.
- Actividad de las glándulas sudoríparas.
- Aumento de la circulación sanguínea periférica.
- Cambio electrolítico de sudor.

Como consecuencia de la hipertermia pueden aparecer:

- Trastornos sistémicos.
- Trastornos en la piel.
- Trastornos psiconeuróticos.
- Calambre de calor.
- Agotamiento por calor debido a la deficiencia circulatoria, deshidratación, desalinización y anhidrosis.
- Golpe de calor (hiperpirexia).
- Trastornos en la piel: erupciones y quemaduras.

CRITERIOS DE EVALUACION

Hoy en día es prácticamente imposible eliminar la presencia de agentes tóxicos en la totalidad de los puestos de trabajo. Este hecho conduce a la necesidad de fijar criterios que garanticen la salud y el bienestar del trabajador. Estos criterios higiénicos abarcan todos los temas de contaminación que puedan afectar a los trabajadores.

Criterios de evaluación de contaminantes químicos

Los límites para compuestos químicos son, sin

duda, los más complejos de definir, no ya por el gran número de productos existentes sino, principalmente, por la falta de conocimiento sobre sus efectos y la variabilidad de respuesta en el hombre. Esta realidad obliga a que sean revisados continuamente y se publiquen listas con cierta periodicidad.

Pese al constante estudio y reajuste a que están sometidos los niveles de exposición para contaminantes químicos, la mayor parte de ellos varían de un país a otro. Esto se debe a la distinta interpretación de los conceptos básicos, siendo los métodos que conducen a su establecimiento básicamente los mismos. Se pueden dividir éstos en dos grandes grupos: estudios teóricos y experimentales. En el primero están incluidos los epidemiológicos y químicos y en el segundo la experimentación animal y humana.

Por epidemiología se entiende el estudio de la propagación de una enfermedad y sus efectos sobre grandes grupos de población.

Este concepto aplicado a la Higiene Industrial se refiere al estudio de las enfermedades en el hombre, causadas por los agentes contaminantes existentes en el medio ambiente de trabajo.

Dada la constante aparición de nuevos productos y su implantación en la industria, el uso de la analogía química como método para definir un límite higiénico de exposición, resulta ser el más rápido y económico, pero nunca puede ofrecer garantía. La respuesta atípica de un determinado producto perteneciente a una familia con efectos perfectamente conocidos es un hecho real. En todo caso, hay que acudir a los estudios epidemiológicos o a la evidencia experimental.

La experimentación humana tropieza con toda clase de problemas, éticos y morales, habiéndose reconocido la necesidad de publicar códigos que protejan a las personas de los abusos a que estas prácticas pudieran dar lugar. Debido a estas y otras cortapisas, la experimentación humana se dedica, casi exclusivamente, a la obtención de datos toxicológicos imposibles de recoger a través de la experimentación animal o difíciles de extrapolar. Así, la medida del olor, conocimiento de náuseas, alergias, irritaciones, capacidad de respuesta de los sentidos (por ejemplo, visual), capacidad de absorción y rutas metabólicas de las sustancias químicas, etc. se conocen por medio de experimentación humana. Se puede com-

prender cómo este tipo de trabajo es de vital importancia de cara a un conocimiento completo de las respuestas biológicas y la adopción de márgenes de seguridad.

La experimentación con animales presenta la dificultad insalvable de establecer correlaciones fiables entre la susceptibilidad animal y humana. Es, sin embargo, útil para indicar los umbrales de respuesta y las dosis máximas tolerables. Los estudios más amplios se llevan a cabo para determinar de qué manera las formas más comunes de encontrarse los contaminantes químicos en el medio industrial, afectan a los distintos órganos y sistemas a través de la absorción pulmonar y cutánea, esclareciendo cuáles producen toxicidad crónica y cuáles aguda.

En la década de 1930 a 1940 comenzaron a desarrollarse en la URSS, EE. UU. y Alemania los valores límite para exposiciones profesionales, sobre la base de la experimentación animal y estudios epidemiológicos, siguiendo el concepto de valor máximo admisible (MAC).

Desde 1963 se introduce un nuevo punto de vista, al marcarse las siguientes recomendaciones:

- Fijar un límite techo para sustancias irritantes, sensibilizantes y narcóticas.
- Adoptar un umbral medio de exposición para sustancias con efecto acumulativo.

En EE. UU. además del Standard Federal existen otros, recomendados por distintas entidades como el ANSI y la ACGIH. Esta última comenzó a desarrollar, bajo el nombre de «valores umbral límite» (TLV), unos valores promedio teniendo en cuenta el tiempo de exposición y especificando un límite techo para aquellas sustancias que así lo aconsejaran. La ACGIH posee registrado en propiedad dicho término y sus valores sirven como base para la mayoría de las normas empleadas en el mundo occidental.

La lista de TLV's para 1986 contiene en el apartado de sustancias químicas una relación de 700 productos aproximadamente para los cuales se indica una concentración límite expresada en mg/m³ o en ppm e información sobre:

- Polvos.
 - Avisos de intento de cambio.
-

- Apéndices aclaratorios: carcinógenos, sustancias de composición variable, TLV's para mezclas, partículas molestas, asfixiantes, conversión de contaje de partículas a masa, sustancias químicas en estudio, marcas registradas.

Los valores fijados en las tablas hacen referencia a la concentración de sustancias en el ambiente de trabajo. Se considera que por debajo de estas concentraciones, la mayoría de los trabajadores puede exponerse a la acción de tales sustancias repetidamente sin sufrir efectos adversos. Estos límites no sólo persiguen la protección de la salud, sino también la ausencia de narcosis, disconfort, irritación, etc.

En España está en vigor la tabla de concentraciones máximas permitidas en el Ambiente Interior de las Explotaciones Industriales, recogida en el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas, aprobado por Decreto 2414/61 de 30-11-61, el Reglamento sobre Trabajos con Riesgo de Amianto, publicado en el B.O.E. de 31-10-84, el Reglamento para la Prevención de Riesgos y Protección de la Salud por la presencia de cloruro de vinilo monómero en el ambiente de trabajo, publicado en el B.O.E. de 9-4-86 y el Reglamento para la Prevención de Riesgos y Protección de la Salud de los trabajadores por la presencia de plomo metálico y sus compuestos iónicos en el ambiente de trabajo, publicado en el B.O.E. de 9-4-86.

Técnicamente se utilizan los criterios A.C.G.I.H. actualizados.

En *Alemania Federal* rigen los valores ACGIH modificados por la Academia de Investigación Alemana y aceptados por Bienestar Social.

En *Francia* la INRS publica anualmente los valores límite de concentración de sustancias tóxicas vigentes en EE. UU. y la URSS.

En *Rusia*, la Academia de Ciencias Médicas y el Instituto de Higiene Industrial y Enfermedades Profesionales realizan los trabajos encaminados a establecer los niveles admisibles, que serán definitivamente fijados por el Comité Permanente para el establecimiento de las Contracciones Máximas Permisibles. Estos valores son normalmente inferiores a los adoptados en USA, pues siguen criterios toxicológicos y se consideran como delimitadores entre salud y peligro de enfermedad.

La ICEF (Federación Internacional de Sindicatos

de Trabajadores de la Química, de la Energía e Industrias Diversas), que representa a seis millones y medio de trabajadores de 63 países, publicó en 1975 la primera lista comparativa de «límites de exposición», dentro del Programa Mundial de Salud Profesional.

Se admite que los valores límite de exposición (VLE) representan un compromiso negociado y comunicado por un conjunto de científicos, empresarios, gobiernos y sindicatos. Estos valores no son una norma de seguridad absoluta, sino una aproximación que los sindicatos pueden utilizar. En la actualidad se considera que se trabaja con unos 10.000 productos tóxicos y que cada año se introducen 3.000 más, existiendo VLE para unas 700 sustancias. Estos valores están establecidos para el trabajador medio, lo cual quiere decir que no son aplicables individualmente a la totalidad de las personas, pues no tienen en cuenta, entre otros, los efectos sobre la fertilidad, daños para el feto y problemas ginecológicos.

El VLE es el límite de exposición, expresado en mg/m³ o ppm, a una sola sustancia durante ocho horas diarias y cuarenta semanales, por debajo del cual, se pretende, no se producen efectos perniciosos para las personas expuestas.

El valor que se da es el más bajo de los fijados en los siguientes países: Alemania, Países Bajos, Suecia, Suiza, Reino Unido y EE. UU.

Criterios de evaluación de contaminantes físicos

Ruido y vibraciones

A la hora de establecer un criterio que permita valorar la mayor o menor nocividad de un ruido, se tropieza con un primer inconveniente: cualquiera que sea el nivel de ruido que se establezca como límite, existirá un porcentaje de individuos expuestos cuya salud sea dañada.

Esto ocurre por la imposibilidad de ponderar en un standard o en un criterio las variaciones individuales que se presentan en un colectivo.

El punto de partida será determinar a partir de la superación de qué parámetros comienza el daño para la salud del individuo. El siguiente paso tiene que establecer alguna forma de relación entre la intensidad de la exposición y el daño producido.

Las características subjetivas del individuo hacen que no pueda establecerse una separación entre los niveles de ruido que generan daño y los que son inofensivos. Sólo se puede aspirar a determinar el porcentaje de personas expuestas que sufran algún daño, en función de la intensidad de la exposición.

Por último, a la hora de establecer un criterio, habrá que definir qué porcentaje de individuos expuestos se está dispuesto a admitir. Por tanto, el proceso comienza cuando se establece el por-

centaje de dañados, y a partir de aquí se deducirán los niveles de exposición considerados admisibles.

El problema que se plantea a continuación es establecer y cuantificar los criterios de daño. Es decir, cuándo se considera que comienzan las manifestaciones patológicas. El criterio excesivamente genérico de definir el daño como la presencia de dificultades para la comunicación oral, no presenta el rigor ni las posibilidades de cuantificación que requiere un modelo practicable.

<i>Criterio</i>	<i>Pérdida en dB</i>	<i>Frecuencias</i>	<i>Observaciones</i>
A.A.O.O. (American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology)	25	500, 1000, 2000	Norma ANSI 53-1969
N.I.O.S.H. (National Institute for Occupational Safety and Health)	25	1000, 2000, 3000	
BRITANICO	25	500, 1000, 2000 3000, 4000 y 6000	
Principales criterios internacionales para considerar la disminución en la capacidad auditiva.			

La forma en que se produce el daño del sistema auditivo ha generado dos teorías diferentes que, a su vez, han originado dos grandes tendencias: la europea y la americana.

La corriente europea sustenta su normativa de protección auditiva ocupacional en la teoría de la Energía Equivalente, que afirma que el daño sonoro viene determinado por la cantidad de energía acústica recibida por el individuo, al margen de su distribución en el tiempo.

La corriente americana se basa en la teoría del Efecto Temporal, que sustenta el criterio de que el daño producido en el oído se relaciona íntimamente con el daño temporal que se aprecia en el mismo.

Recomendación ISO 1999

Esta recomendación basada en la teoría de la Energía Equivalente, establece la relación entre el

nivel de presión sonora y tiempo de exposición y el porcentaje esperado de personas que sufrirán disminución de su capacidad auditiva.

La base de esta recomendación se encuentra en los estudios experimentales realizados por Baughn sobre un colectivo de 6.835 individuos, efectuándose audiometrías monoaurales.

Recomendación B.O.H.S.

Basado en los trabajos de Robinson, que elaboró el concepto de Inmisión sonora como energía sonora total recibida por un individuo en el transcurso de su vida laboral, la British Occupational Hygiene Society publicó un trabajo en el que se considera que se ha producido pérdida de la capacidad auditiva cuando el umbral de audición promedio asciende a 48 dB, para las frecuencias de 500, 1.000, 2.000, 4.000 y 6.000 Hz.

Este criterio rebaja notablemente el porcentaje de afectados comparado con otros criterios.

Crterio C.H.A.B.A.

El Committee on Hearing Bioacoustics and Biomechanics, publicó en 1966, un trabajo basado en la teoría de la Pérdida Temporal.

Este criterio establece los niveles admisibles en base al número de exposiciones/día y a la duración de estas exposiciones. Este trabajo, que en principio suponía la limitación de efectuar mediciones en banda de octava, fue modificado por Botsford que demostró que los resultados eran similares midiendo en dB (A).

Crterio A.C.G.I.H.

Anualmente la ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienists) publica una lista de TLV (Threshold Limits Values), contemplando por primera vez en 1969 los standards correspondientes al ruido.

La recomendación NIOSH en la que se apoyó este criterio, se fundamentaba en un estudio experimental muy amplio sobre un colectivo de 400 trabajadores. En dicho trabajo se estableció que exposiciones continuas de 8 horas/día a niveles de 85 dB (A), suponían una aceptación del riesgo de 10 al 15 por 100.

Crterio legal español

En 1971, por Orden Ministerial de 9 de marzo, se publicó la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. En dicha Ordenanza y más concretamente en sus artículos 31 y 147, se establecen los criterios de nivel de ruido permisible, así como las medidas a adoptar en caso de niveles altos de ruido.

Se reflejan a continuación los apartados de dichos artículos que se pronuncian sobre el tema.

Ruidos, vibraciones y trepidaciones

«A partir de los 80 decibelios y siempre que no se logre la disminución del nivel sonoro por otros procedimientos, se emplearán obligatoriamente dispositivos de protección personal, tales como tapones, cascos, etc., y a partir de los 110 decibelios se extremará tal protección para evitar totalmente las sensaciones dolorosas graves» (Artículo 31.9).

Protección de los oídos

«Cuando el nivel de ruido en un puesto o área

de trabajo sobrepase el margen de seguridad establecido y, en todo caso, cuando sea superior a 80 decibelios, será obligatorio el uso de elementos o aparatos individuales de protección auditiva, sin perjuicio de las medidas generales de aislamiento e insonorización que proceda adoptar» (Artículo 147.1).

Asimismo, en el cuadro de Enfermedades Profesionales, se establece que existe riesgo de sordera profesional en todos los trabajos industriales con sonido superior a 80 decibelios de ruido continuo.

Por otra parte, es necesario señalar que si bien el criterio legal es de 80 decibelios, los organismos oficiales como el Instituto Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo, asumen como criterios técnicos de evaluación los establecidos por la Occupational Noise Standard, tal como publica la revista Salud y Trabajo n.º 13 de junio de 1978, editada por dicho organismo, en el artículo titulado: Adopción de criterios técnicos para la evaluación higiénica del riesgo por ruido en ambientes laborales por el Servicio Social de Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Criterios de Evaluación en Ambientes Térmicos

Todos los índices tratan de establecer los límites en los cuales el intercambio térmico entre el organismo y el medio ambiente externo no suponga peligro o riesgo para las personas.

Índice de la temperatura efectiva

En este índice se hace intervenir la temperatura seca, la temperatura húmeda y la velocidad del aire.

Es importante este concepto porque en investigaciones realizadas, se ha llegado a la conclusión de que las diferentes funciones fisiológicas del cuerpo humano son las mismas bajo una misma temperatura efectiva o resultante.

Para ampliar el ámbito de aplicación de este índice, se introdujo una serie de correcciones, con objeto de hacer intervenir la temperatura radiante, medida a través de la lectura de un globotermómetro, dando lugar al *índice de la temperatura efectiva corregida*.

Estos índices se utilizan frecuentemente para determinar grados de confort.

Índice W.B.G.T.

El índice W.B.G.T. de la A.C.G.I.H. consiste en la ponderación fraccionada de las temperaturas húmedas, de globo y, a veces, temperatura seca.

Estas temperaturas W.B.G.T. halladas para unas condiciones se comparan con la temperatura W.B.G.T. máxima admisible para unas condiciones de trabajo dadas. Exposiciones más altas que las de referencia son permitidas si los trabajadores han sido sometidos a un estudio médico que haya establecido que ellos son más tolerantes al trabajo en condiciones de sobrecarga térmica que la media de los trabajadores. No se les permitirá continuar su trabajo cuando su temperatura interna exceda de 38 °C.

Índice de stress térmico

El índice de *stress* térmico equivale a un balance energético que se establece por la relación entre la cantidad de energía en forma de calor que se necesite eliminar en unas condiciones ambientales dadas y la energía máxima que es posible eliminar (a través de la evaporación del sudor) en esas condiciones. Es evidente que, si se necesita eliminar más energía, se da una situación de acumulación y, por tanto, perjudicial para el organismo.

Este índice está explicitado suficientemente como para poder averiguar a qué se debe o en qué forma afecta cada una de las tasas de energía intercambiada.

La evaluación del grado de *stress* frío puede efectuarse por la evaluación del escalofrío requerido. Por analogía con los ambientes calientes, puede determinarse el balance térmico y deducir el aumento del metabolismo que permita equilibrarlo.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El primer paso para evaluar un determinado proceso industrial o puesto de trabajo es identificar los contaminantes químicos existentes y seleccionar a los trabajadores con máximo riesgo.

Seguidamente, la cuantificación de los contaminantes químicos se lleva a cabo mediante muestreos personales y posteriores determinaciones analíticas. La medición de los agentes físicos se realiza en la mayoría de los casos, con equipos de lectura directa. Con estos resultados y las anotaciones relevantes tomados durante el muestreo se calculan las concentraciones ambientales de productos químicos y los valores de los agentes físicos.

La metodología de muestreo, análisis y evaluación siempre corresponderá al mismo criterio.

Como resultado de un estudio de Higiene Industrial, una vez seleccionada la estrategia de muestreo, los niveles de confianza, la precisión y los criterios de evaluación, se pueden presentar en tres situaciones posibles:

- Exposición de conformidad.
- Posible sobreexposición.
- Exposición de no conformidad o riesgo higiénico.

En el primero de los casos, si la exposición del trabajador es inferior al 50 por 100 del valor límite y no se prevén cambios futuros en el proceso, se da por finalizada la evaluación. En caso contrario se repetirá con una separación máxima de dos meses, hasta que se encuentren dos mediciones consecutivas inferiores al 50 por 100 del valor límite.

Si el resultado arroja una posible sobreexposición, se deberán repetir los muestreos modificando la estrategia y/o los niveles de confianza.

En la situación de riesgo higiénico se deberán establecer medidas de control que, por orden de aplicación, pueden ser:

- Control Técnico.
- Control Administrativo.
- Material de Protección Personal.

Repitiendo las mediciones como mínimo mensualmente.

