

## Índice

- Ruido (pag. 1)
- Tipos
- Efectos auditivos del ruido, sordera profesional (pag. 3)
- Sordera o hipoacusia inducida por ruido
- Modificaciones pasajeras y permanentes del umbral
- Forma crónica
- Forma aguda
- Forma progresiva
- Criterios diagnósticos
- Medidas de salud y seguridad
- Sordera o hipoacusia debida a traumas barométricos del oído medio
- Sordera o hipoacusia debida a embolias gaseosas
- Sordera o hipoacusia consecutiva a traumatismos craneales o craneo-faciales
- Sordera o hipoacusia debida a agentes tóxicos
- Efectos no auditivos del ruido (pag. 13)
- Obstaculización oral
- Efectos fisiológicos
- Respuesta neurovegetativa al ruido
- Efectos de comportamiento
- Molestia
- Efectos sobre la eficiencia
- Fatiga
- Efectos sobre la salud mental
- Medición y control del ruido (pag. 19)
- Características físicas del ruido
- Medida y evaluación del ruido
- Protección auditiva
- Comunicación oral
- Fatiga
- Determinación de zonas de riesgo
- Niveles umbrales de sonido
- Daño auditivo
- Instrumentos de medida
- Medidores de sonido
- Prevención y reducción de ruido en lugares de trabajo (pag. 27)
- Medidas preventivas en el diseño
- Prevención por sustitución de los equipos
- Actuación sobre el equipo
- Acción sobre el entorno (la propagación)
- Vía directa
- Vía estructural
- Vía indirecta
- Control de las fuentes de ruido
- Prevención de la propagación, amplificación y reverberación del ruido
- Aislamiento y control remoto
- Elección del material absorbente
- Protección auditiva y limitación de las exposiciones al ruido
- Protectores auditivos personales

- De inserción
- De circunscripción
- Métodos de selección del protector auditivo
- Cámaras de control aisladas
- Normativa española (pag. 39)
- Ruido continuo
- Ruido intermitente
- Ruido de impacto
- Conclusión personal (pag. 43)

Breve resumen para exposición en clase (pag.47)

## 1. EL RUIDO

Se puede definir el ruido como un sonido sin calidad musical agradable, o como un sonido no deseado. En consecuencia, incluso un tono musical puro puede describirse como un ruido sobre todo cuando es grave y muy alto. En la práctica un sonido o ruido rara vez comprende una sola frecuencia. (ver Características físicas del ruido)

### • Tipos de Ruido

Podemos realizar la clasificación del ruido atendiendo a varias condiciones.

Según su espectro, es decir según la cantidad de frecuencias que el ruido contiene:

- Banda ancha – Se llama así cuando resulta de la combinación de un número de frecuencias.
- Banda estrecha – Con este nombre clasificamos al ruido cuando solo comprende unas pocas frecuencias.

Según su existencia en el tiempo (esta es la clasificación más utilizada):

- **Constante** – Si es continuo e invariable. También se le llama **estable**.
- **Impacto** – Cuando son impulsos individuales de corta duración (menos de un segundo) a intervalos regulares o irregulares. También se le llama de impulsos.
- **Intermitente** – Aquel que cae bruscamente al nivel del ruido ambiente con unos valores constantes durante tiempos mayores a un segundo.

Existen más tipos atendiendo a otras clasificaciones y necesidades.

- **Constante** – Atendiendo a si la fluctuación de la presión es inferior a 2 dB.
- **Fluctuante** – Varía continuamente y de forma notable, siendo estas variaciones superiores a 2 dB.
- de **Niveles Variados** – Es del de sucesión de ruidos constantes a niveles diferentes.
- de **Impulso casi-estable** – Son una serie de impulsos de amplitud comparable con los intervalos inferiores a 0,2 segundos entre impulsos individuales.

No todos los sonidos son detectables por el oído humano, en general se puede establecer unos límites en las

frecuencias de audición que orientativamente podemos situar como de 15 o 20 KHz como límite superior, por encima de los cuales se encuentran los ultrasonidos, y como límite inferior unos 16 Hz, por debajo de estos los denominamos infrasonidos y generalmente estos sonidos suelen percibirse como vibraciones.

Debemos recordar que el sonido es una onda que provoca unas presiones y depresiones, que al ser rápidas denominamos vibraciones. Por poder medirse como presiones en un primer momento se trató de utilizar como su unidad el Pascal que es una unidad de presión, pero se obtenían valores que abarcaban límites muy distanciados, para mejorar y facilitar su uso se buscó una unidad más cómoda. Para ello se ideó como unidad de energía relativa, el decibelio dB.

## **2. Efectos auditivos del ruido:**

### **Sordera profesional**

La sordera profesional puede definirse como la pérdida de audición causada por determinadas condiciones de trabajo.

En vista de los mecanismos etiopatogénicos implicados puede distinguirse entre:

- Hipoacusia inducida por el ruido.
- Sordera o hipoacusia debida a traumas barométricos del oído medio.
- Sordera o Hipoacusia consecutiva a embolia gaseosa.
- Sordera o Hipoacusia por traumatismos craneales o cráneo-faciales.
- Sordera o Hipoacusia debida a agentes tóxicos.

#### **2.1. Sordera o Hipoacusia inducida por ruido**

Esta sordera es, con mucho la forma **más frecuente** de sordera profesional.

Desde el punto de vista patológico, las lesiones más importantes se producen en las células ciliadas del órgano de Corti, con fragmentación y pérdida de cilios, rotura de la membrana celular, salida de los núcleos, proliferación de las células de Deiters en sustitución del neuroepitelio.

Estas alteraciones son **irreversibles**.

La naturaleza y localización de las lesiones está estrechamente relacionada con el tipo de estímulo acústico. Los tonos puros de frecuencia baja, en el rango de 250–500 Hz provocan lesiones en la espiral apical de la cóclea mientras que los tonos puros de frecuencias altas (en el rango de 3.000–4.000 Hz) producen, preferentemente, lesiones en el neuroepitelio de la espiral basal.

La gravedad de las lesiones depende del nivel de energía sonora. Sin embargo, no se conoce el mecanismo mediante el cual el ruido causa lesiones selectivas en las células de órgano de Corti, para la percepción del ruido, en el rango de 4.000–6.000 Hz, para el que, independientemente de las características espectrales del ruido en el medio ambiente de trabajo, las hipoacusias inducidas por ruido siempre presentan idénticas características.

- **Modificaciones pasajeras y permanentes**

## del umbral.

La exposición de una persona con audición normal a un ruido intenso causará una pérdida de audición que se traducirá en una elevación del umbral de audición.

Cuantitativamente, este fenómeno se refleja en una diferencia de dB entre el umbral de audición cuando el oído está en reposo y cuando se produce un estímulo auditivo.

Caso de que esta pérdida de audición sea pasajera, se le aplica la denominación de **Modificación Temporal del Umbral (MTU)**. Existen dos tipos de MTU:

- MTU2 = **fatiga auditiva fisiológica**: ésta se mide 2 minutos después de cesar la exposición al ruido, dura menos de 16 horas y su nivel tiene una correlación lineal con la intensidad sonora y el logaritmo del tiempo de exposición, en tanto que la restauración de la audición normal (recuperación) es proporcional al logaritmo de tiempo para el que la mayor parte del MTU2 se recupera en las primeras 2 o 3 horas.
- MTU prolongada = **fatiga auditiva patológica** = MTU16 cuando persiste durante más de 16 horas desde el momento en que cesó el estímulo auditivo, y su recuperación presenta una relación lineal con el tiempo.

El MTU2 y el MTU16 son, probablemente, la expresión (a diferentes niveles) de un estado de agotamiento funcional que se produce en los receptores auditivos periféricos, dando lugar a una excitación inadecuada en relación con el nivel de estímulo.

Si el agotamiento funcional se mantiene dentro de ciertos límites, cuando se produce el cese de la exposición es posible lograr una *recuperación completa*, con retorno al estado de partida.

Sin embargo, si el agotamiento es excesivo, con un tiempo de recuperación alargado y una exposición al ruido que se repite día tras día, no existe posibilidad de alcanzar una recuperación completa y, lentamente, el MTU se va transformando en una **lesión irreversible**, es decir, en una **modificación permanente** del umbral (**MPU**), es decir, en una pérdida de audición inducida por el ruido.

La distinción entre el MTU y el MPU es artificial y deriva, primordialmente, de consideraciones relativas al tipo de organización del trabajo, más que del comportamiento del aparato auditivo.

Puesto que las exposiciones al ruido de carácter profesional tienen una duración media de 8 horas diarias y se siguen de 16 horas de descanso es cierto que si, al final de este periodo persiste el MTU, debe considerarse como de carácter patológico en la medida en que constituye la presunción de una lesión permanente.

En consecuencia, parece ser que existe una estrecha relación entre el MTU y el MPU en cuanto a que para un determinado tipo de ruido, tomando medidas del MTU producido y conociendo la duración de las exposiciones, es posible predecir el MPU.

Se han realizado numerosos estudios epidemiológicos retrospectivos y prospectivos con el fin de aclarar esta relación, pero la única conclusión a que se ha llegado ha sido que la magnitud de la MPU para unas determinadas condiciones *varía* significativamente de un individuo a otro, hasta tal punto que la audición de una persona puede alterarse gravemente mientras que la de otra puede ser perfectamente normal.

Según los conocimientos de que disponemos en el momento actual, aún no es posible establecer que la MTU sirva como un índice personal para predecir la futura MPU. Sin embargo, puede decirse que si, entre una exposición al ruido y la siguiente, el periodo de tiempo que transcurra es insuficiente para obtener una completa recuperación de la agudeza auditiva, es seguro que se producirá lesión auditiva a largo plazo.

La recuperación de la **MTU causada por impulso** o impacto sonoro es diferente de la que se produce como

consecuencia de la exposición a un ruido constante u oscilante.

En el caso del ruido de impulso pueden distinguirse tres fases:

- Una recuperación inicial parcial.
- Una degradación máxima de la audición entre 2 y 6 horas después de la terminación de la exposición.
- Una recuperación progresiva lenta a lo largo de las siguientes 100 horas.

Ciertos autores interpretan esta diferencia como una prueba de que el ruido de impacto lesiona el órgano de Corti mediante un mecanismo destructivo más de índole mecánico que metabólico.

La *sordera inducida por ruido* puede ser de tipo **crónico**, si se desarrolla a lo largo de un periodo de años; o de tipo **agudo**, cuando se produce en un escenario de tiempo relativamente reducido, producida como consecuencia de un estímulo acústico intenso pero de corta duración.

### 2.1.2. Forma crónica

La alteración se instaura de manera insidiosa y desapercibida. En el desarrollo de esta forma crónica pueden distinguirse cuatro fases, a saber:

- Primera fase: que coincide con los primeros 10 o 20 días de exposición al ruido. En esta fase el individuo experimenta un **zumbido** en los oídos al finalizar la jornada laboral, acompañado de una sensación de hinchazón en los oídos, ligero dolor de cabeza y sensación de cansancio y mareo.
- Segunda fase: aparte del zumbido intermitente en los oídos, **no existen en absoluto síntomas subjetivos**. En este periodo, que puede durar desde unos pocos meses hasta muchos años (dependiendo del nivel de ruido, de la duración diaria de la exposición y de la predisposición del individuo para desarrollar las lesiones del oído) los únicos signos presentes son aquellos que pueden detectarse merced a la práctica de estudios audiométricos.
- Tercera fase: el individuo **nota que no tiene audición normal** puesto que le es imposible percibir el sonido de un reloj, no capta todas las partes de una conversación si existe ruido de fondo, y debe elevar el volumen de la radio o del televisor, hasta niveles incómodos para el resto de personas.
- Cuarta fase: la sensación de **insuficiencia auditiva** es **manifiesta**, cualquier tipo de comunicación que se realice merced a señales acústicas es difícil o imposible y, en particular, cualquier conversación es muy comprometida, con el consiguiente grave perjuicio para la persona en cuestión.

Cualesquiera de estas cuatro fases pueden ir acompañadas de zumbidos persistentes, lo que indicaría una afectación de la estructura nerviosa a nivel de la cóclea, que son solamente agrava la audición de la persona sino que afecta de forma importante al descanso, al sueño y al bienestar del individuo.

La sordera inducida por el ruido se traduce no solamente en una reducción cuantitativa de la agudeza auditiva, sino, también, en una alteración cualitativa, puesto que los sonidos se perciben de una manera anormal a causa de una modificación de la relación entre el nivel de un estímulo y la sensación auditiva que provoca.

Las lesiones auditivas inducidas por ruido se desarrollan según un modelo relativamente constante, incluso aunque la aparición y la gravedad vengan determinadas por el nivel de ruido y por la susceptibilidad de la persona.

Inicialmente se afectan las frecuencias altas (3–4–6 KHz) y entonces las lesiones van ampliándose hasta afectar a las frecuencias comprendidas en un rango entre 0,5–1–2 y 8 KHz. El progreso de las lesiones produce una curva audiométrica muy típica y la aparición de un déficit auditivo que puede describirse así:

– déficit con un máximo en el rango de 3–4–6 KHz

- bilateral más o menos simétrico
- irreversible
- en la mayoría de los casos este déficit no aumenta desde el momento en que cesa la exposición.
- en los estadios iniciales casi siempre hay el fenómeno de reclutamiento que está ausente en los casos de larga duración, debido a que, además de la lesión coclear, existe una lesión retococlear.

La respuesta auditiva a un trauma acústico varía considerablemente de una persona a otra, del mismo modo que todos los parámetros biológicos presentan una distribución conforme a una curva de Gauss.

### 2.1.3. Forma aguda.

Las lesiones suelen afectar principalmente a un oído, dado que la cabeza actúa como pantalla de protección del oído contralateral.

Inmediatamente después de producirse el estampido de ruido, el individuo experimenta un dolor lacerante en el oído, una sensación de aturdimiento, hipoacusia o sordera total, con zumbidos continuos en los oídos, sensación de hinchazón de estos órganos y frecuentes crisis de vértigo, que probablemente, se deben a afectación del laberinto posterior. A la otoscopia, la membrana timpánica puede presentar desde una ligera congestión hasta laceraciones con ligera hemorragia.

Hay una tendencia a la regresión y, en los casos afortunados, se llega a obtener una recuperación total.

Más frecuentemente persisten **secuelas** debidas más a las lesiones de las estructuras nerviosas, puesto que existen zumbidos continuos en los oídos y dificultades auditivas para las frecuencias altas.

La **causa** de las lesiones auditivas es el cambio brusco de presión que se produce en la membrana timpánica y que puede afectar, incluso a las estructuras nerviosas del órgano de Corti. Pueden ocurrir dos cosas:

- que el cambio de presión sea de tal magnitud que rompa inmediatamente el tímpano y la onda de presión penetre en parte a través del oído medio, afectando, sólo secundariamente, la estructura nerviosa de la cóclea.
- que la presión sea menos intensa y el tímpano resista su empuje, transmitiendo la onda al interior del oído interno, donde se producen lesiones degenerativas de las células acústicas del órgano de Corti.

Desde el punto de vista audiométrico, el trauma acústico agudo se caracteriza por una pérdida de audición, bien de tipo mixto sensorial y de transmisión, bien de tipo sensorial puro, de aparición brusca o mucho más frecuentemente, monolateral y, siempre acompañada de zumbidos que progresa hasta que se logre la curación. Parcial o total.

### 2.1.4. Forma progresiva.

Universalmente se está de acuerdo en que la pérdida de audición inducida por ruido se estabiliza una vez que finalice la exposición al ruido, excepto cuando se produzca agravamiento debido a presbiacusia. No obstante es necesario revisar este concepto por diferentes razones:

Clínicamente la agravación, tras la finalización de la exposición al ruido es un hecho bastante frecuente, incluso en individuos de menos de cuarenta años de edad, en los que el progreso del cuadro no puede deberse a presbiacusia.

Desde el punto de vista experimental, la estabilización de la lesión tras el cese de la exposición al ruido no se ha podido demostrar.

Por otro lado, y de acuerdo con los criterios comunes acerca de la fisiología del sistema nervioso, puede considerarse que las lesiones degenerativas que afecten a los receptores periféricos pueden ejercer una acción retrogresiva que afecte al centro nervioso y reduzca el potencial de integración del mensaje auditivo.

### **2.1.5. Criterios diagnósticos.**

Como norma general, no hay inconveniente en establecer un diagnóstico audiométrico de hipoacusia perceptiva. Sin embargo, es más difícil establecer un diagnóstico etiológico y, en particular, un diagnóstico de la pérdida de audición inducida por ruido. Ellos e debe a dos factores básico: las características audiométricas y la historia del paciente.

En muchas ocasiones las características audiométricas están presentes en su totalidad y el progreso del umbral de audición es tan típico que, si la hipótesis encuentra confirmación en la historia clínica, no cabe duda del diagnóstico. En algunos casos bien debido al papel que desempeña la patogenia, bien por la magnitud de déficit en todas las frecuencias a causa de la gravedad de las lesiones, la curva audiométrica es mucho menos típica y las características de la audiometría menos claras. En estos casos habrá que recurrir a la historia clínica par establecer el diagnóstico.

#### **• Medidas de salud y seguridad.**

La pérdida de audición inducida por ruido es **una enfermedad irreversible e incurable** y sólo se puede corregir muy parcialmente merced a prótesis auditivas. En consecuencia su prevención es de importancia máxima.

Dado que la enfermedad se desarrolla lentamente, al lo largo de años y puesto que los primeros signos son fáciles de detectar mediante simples exploraciones audiométricas, puede decirse que el principio básico de prevención médica es la **exploración audiométrica periódica**. Evidentemente esta exploración médica básica debes seguirse de la adopción de una serie de medidas preventivas de tipo ambiental y organizativo, para retirar a los trabajadores afectados de los ambientes de trabajo ruidosos.

#### **• Sordera o hipoacusia debidas a traumas**

#### **barométricos del oído medio.**

Las variaciones bruscas de la presión barométrica asociadas con los cambios de la función normal de la trompa de Eustaquio pueden producir lesiones en la membrana timpánica en el oído medio.

Las lesiones barotraumáticas se pueden producir de dos formas similares, aunque los signos difieran según el individuo ha sufrido exposición por un aumento de presión o por una disminución de la misma. Esto puede ocurrir durante las inmersiones marinas rápidas, los picados intensos en aviación, los aterrizajes a excesiva velocidad o cuando un buzo emerge hacia la superficie, etc. un caso relacionado con la automoción se puede producir en el estallido y llenado de las bolsas de seguridad de los automóviles (air-bag) pues se estudia la posibilidad de que en vehículos con un gran número de estas bolsas (conductor, acompañante, laterales, traseros) el volumen desplazado por las bolsas provoque una sobrepresión excesiva en el habitáculo, como nota anecdótica señalo que en un vehículo de alta gama japonés se probó el air-bag trasero y este fue uno de los factores que incidió en la eliminación del proyecto (además de las necesidad de limitar el desplazamiento del asiento delantero y los problemas que puede ocasionar si el pasajero no se encuentra en la posición optima).

Cuando la presión ambiental aumenta, se produce una depresión relativa en la cavidad timpánica causando un abobamiento hacia el interior de la membrana timpánica, cuando la presión ambiental decrece se produce un incremento relativo de la presión en la cavidad timpánica, lo que hace que el tímpano se combe hacia afuera.

En ambos casos los *síntomas* son similares, a saber, una sensación de ocupación o taponamiento del oído, con dolor moderado en pocos casos, y un dolor violento, con hemorragia ótica, en caso de producirse rotura timpánica.

Generalmente el trauma tiene un **pronóstico benigno** lográndose una recuperación funcional absoluta.

Las *medidas preventivas* pasan por una correcta ejecución de la descompresión endotimpánica y el tratamiento de todas las alteraciones rinofaríngeas que pueden causar estenosis de la trompa de Eustaquio, ya que cualquier inflamación o mucosidades en la zona impiden igualar las presiones entre ambas caras de la membrana timpánica.

### 2.3 Sordera o hipoacusia debidas a embolias

#### **gaseosas.**

La respiración del aire sometido a presiones atmosféricas elevadas determina que existan grandes cantidades de nitrógeno disueltas en la sangre. Si el retorno a la presión atmosférica normal no se efectúa correctamente, es posible que se produzcan embolias por nitrógeno en la sangre y en los tejidos, causando obstrucciones vasculares y una gran variedad de síntomas que dependen del asentamiento de la lesión.

Un síntoma neurosensorial bastante frecuente es el desarrollo de una hipoacusia.

Si se llega a producir, será prácticamente **irreversible** y, en ocasiones, de grado muy intenso.

En todo caso, y como buceador, entiendo que si se produce una embolia de este tipo por una burbuja de nitrógeno es, en parte una suerte, que la burbuja que circula por la cabeza llegue a un oído y no al cerebro, porque a fin de cuentas oídos tenemos dos, pero esto es un comentario personal que realmente no está relacionado con el ruido.

Dicha hipoacusia sería del tipo sensorial, con zumbidos y alteraciones del equilibrio debidas a alteraciones circulatorias que se producen en o por detrás de la cóclea.

#### • **Sordera o hipoacusia consecutiva a**

#### **traumatismos craneales o craneo-faciales.**

Los traumatismos craneales pueden provocar lesiones auditivas no solo cuando se asocian con fracturas de la base del cráneo y, consecuentemente, de la parte denominada peñasco del temporal, con destrucción de las estructuras cocleares allí localizadas, sino, también, cuando se caracterizan por una conmoción cerebral sin lesiones óseas.

En este último caso, la conmoción en los líquidos endococleares es la responsable de la lesión auditiva.

La pérdida de audición que se deriva será de tipo sensorial, la mayoría de la veces **monolateral**, dependiendo de la localización del traumatismo, **irreversible** y de extensión muy variada.

Un golpe en la región del mentón puede producir la incrustación del cóndilo mandibular en el conducto auditivo externo, la rotura del tímpano y la fractura de un gran número de elementos.

Realmente este tipo no está relacionado con el ruido.

## 2.5 Sordera o hipoacusia debida a agentes tóxicos

Esta sordera será de tipo sensorial y de efectos muy variados y complejos, tanto como los agentes tóxicos posibles y las zonas afectadas, y dado que no está relacionado con el tema del trabajo no me extiendo en ellos ni en los métodos de prevención porque ya hay otro trabajo que habla sobre los riesgos químicos.

## 3. Efectos no auditivos del ruido

La exposición al ruido puede obstaculizar la comunicación hablada, molestar y distraer. Se ha comprobado que también puede reducir el rendimiento y la eficacia y causar fatiga, aparte de varios trastornos en la salud que no guardan relación con los efectos auditivos.

### 3.1. Obstaculización oral.

La obstaculización de la comunicación oral tal vez sea el mejor comprendido de los efectos no auditivos del ruido. Es también el más importante, ya que en la industria la facultad de comunicarse a través de la palabra es vital. En general, los ruidos peligrosos para el oído también obstaculizan la comunicación hablada.

| Nivel de <b>interferencia</b> con la conversación | Máxima distancia a la cual se considera suficientemente inteligible una conversación en <b>tono normal</b> de voz | Máxima distancia a la cual se considera suficientemente inteligible una conversación en <b>voz alta</b> |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>dB</b>                                         | <b>m</b>                                                                                                          | <b>m</b>                                                                                                |
| 35                                                | 7,5                                                                                                               | 15                                                                                                      |
| 40                                                | 4,2                                                                                                               | 8,4                                                                                                     |
| 45                                                | 2,3                                                                                                               | 4,6                                                                                                     |
| 50                                                | 1,3                                                                                                               | 2,6                                                                                                     |
| 55                                                | 0,75                                                                                                              | 1,5                                                                                                     |
| 60                                                | 0,42                                                                                                              | 0,85                                                                                                    |
| 65                                                | 0,25                                                                                                              | 0,50                                                                                                    |
| 70                                                | 0,13                                                                                                              | 0,26                                                                                                    |

La interferencia causada por el ruido es básicamente un proceso de enmascaramiento. Aunque, en general, el ruido de fondo eleva nuestro umbral auditivo, debe recordarse que algunos ruidos continuos pueden producir menos interferencias respecto a la palabra, porque al ser continuos muchas personas elevan la voz proporcionalmente, es el efecto del  **acondicionamiento sónico**.

Los ruidos interrumpidos o repentinos a menudo causan menos interferencia de lo que se cree, porque la palabra que queda en parte enmascarada puede complementarse intercalando gestos que sustituyan los vacíos. No obstante, allá donde el ruido dé origen habitualmente a dificultades de la comunicación, en interés de la seguridad es preciso instalar un sistema visual de advertencia, además la mayor atención de los operarios facilita la fatiga mental.

En ciertas condiciones de exposición es necesario el uso de equipo personal de protección auditiva, a veces es posible pronosticar si la comunicación puede mejorar o no con dicha medida.

Han sido establecidos niveles máximos de interferencia oral para varios tipos de oficinas y auditorios, así como para calcular la conveniencia de un equipo telefónico para condiciones ruidosas.

### **3.2. Efectos fisiológicos.**

Los efectos fisiológicos, no auditivos, más sobresalientes del ruido son los relativos al **sueño** y al **estrés**.

Estudios llevados a cabo mediante los análisis de las respuestas monitorizadas electroencefalográficas y las alteraciones neurovegetativas durante el sueño han demostrado que el ruido es un factor causal de dificultades para conciliar el sueño y que puede despertar a la gente que está dormida, partiendo de niveles de ruido ambientales tan bajos como 35 dB (A).

Aproximadamente un 30 por 100 de las personas se despiertan con un pico sonoro de 70 dB (A) y un 50 por 100 tiene alteraciones del sueño a 50 dB (A). El Grupo de Trabajo para los Criterios de Salud Ambiental para el Ruido de la OMS ha recomendado un nivel inferior a 35 dB (a) en orden a preservar el proceso restaurador del sueño.

El siguiente cuadro fue realizado por la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos en 1974, y se refiere a la inteligibilidad de la voz hablada en función a nivel sonoro del fondo estacionario en un cuarto de esta típico.

En la columna de la izquierda aparece el nivel estacionario en dB(A) y en la columna de la derecha el porcentaje de inteligibilidad de las frases.

| <b>DB (A)</b> | <b>%</b> |
|---------------|----------|
| 45            | 100      |
| 47,5          | 100      |
| 50            | 100      |
| 52,5          | 99       |
| 55            | 99       |
| 57,5          | 98       |
| 60            | 97       |
| 62,5          | 95       |
| 65            | 91       |
| 67,5          | 85       |
| 70            | 65       |
| 72,5          | 38       |
| 75            | 0        |

### **3.3. Respuestas neurovegetativas al ruido.**

Las respuestas neurovegetativas al ruido se traducen en una **reacción de estrés**.

Los centros de los arcos reflejos son las áreas reticular e hipotalámica del cerebro, donde las ramas aferentes son las vías acústicas y los objetivos son los órganos inervados por el sistema autónomo y los dentro hipotálamo-diencefálicos que regulan las funciones endocrinas y los biorritmos.

Como ha podido comprobarse a través de múltiples experimentos, los ruidos que superan un determinado nivel pueden provocar liberación de ACTH y aumentar el nivel de corticosteroides, con los consiguientes efectos sistemáticos.

La activación resultante se refleja en la secreción de catecolaminas en forma libre en la orina y puede producir

variaciones en la frecuencia cardíaca, en la presión arterial, en la respiración, dilatación de pupilas, y modificaciones en los niveles de lípidos, glúcidos y ácido úrico en la sangre. Se han comprobado incrementos significativos de la presión sanguínea entre trabajadores expuestos, durante mucho tiempo, a niveles elevados de ruido y, sobre todo a la acción combinada de ruido y vibraciones o de ruido y sustancias tóxicas tales como el CO.

El aumento de motilidad intestinal producido por ruidos intensos podría explicar la elevada prevalencia de úlcera péptica que se ha podido observar en los grupos de individuos expuestos al ruido. Sin embargo, los efectos a largo plazo de la activación, por el ruido de las reacciones neurovegetativas aún requieren ulteriores estudios.

Los niveles altos de ruido pueden estimular los receptores vestibulares situados en el oído interno, provocando vértigos y nistagmus vestibular, tal como se ha podido comprobar entre personal de aviación expuesto a niveles sonoros superiores a 120 dB.

#### • **Efectos de comportamiento.**

A menudo se afirma que el ruido reduce el rendimiento y la eficiencia y afecta a la moral. Dado que algunos de estos factores son intangibles y dada también la adaptabilidad humana, es difícil evaluarlos cuantitativamente. Algunas de las primitivas investigaciones no fueron llevadas a cabo bajo condiciones controladas, por lo que las conclusiones no son necesariamente válidas.

En una situación dada no siempre es posible distinguir entre la importancia relativa del ruido y otras consideraciones, tales como relaciones personales, factores emocionales y el ambiente físico.

Es probable, sin embargo que los efectos de comportamiento del ruido no constituyan un problema sanitario importante, aunque el bienestar individual puede verse perjudicado en determinadas circunstancias. Según su carácter, es posible aclimatarsen a ciertos ruidos, aunque sólo hasta el extremo de darse uno menos cuenta de sus efectos subjetivos. Sin embargo, también puede suceder lo contrario con la presencia de componentes susceptibles de causar molestia.

### **3.5. Molestia.**

El grado de molestia que provoca el ruido no está necesariamente en relación directa con la intensidad del sonido, puede resultar influido por factores subjetivos tales como familiaridad y actitudes personales y por factores como el microclima.

La *molestia* es en parte una respuesta individual y varía según las personas y las situaciones; no obstante, hay ciertas características de ruido, tales como el carácter tonal y la periodicidad, que no gustan a la mayoría de la gente.

Para valorar el grado de incomodidad se ha barajado algunas combinaciones de variables acústicas y no acústicas bajo diversos índices de ruido. Sin embargo, todas ellas presentan escasas diferencias desde el punto de vista práctico, respecto de predicción de incomodidad, por razón de la fuerte influencia de los factores psicosociales.

En consecuencia, se están adoptando cada día más, para uso general, variantes del nivel de presión sonora equivalente. De acuerdo con el Grupo de Trabajo sobre Criterios de Salud Ambiental para el Ruido, de la OMS, en las zonas residenciales, donde la exposición diurna de ruido es inferior a 55 dB (A) serán pocas las personas que sientan incomodidad importante por causa del ruido.

### **3.6. Efectos sobre la eficiencia.**

Nuestro conocimiento sobre el efecto del ruido en la eficiencia se deriva en parte por la experiencias industrial y en parte por estudios de laboratorio.

De acuerdo con la OMS, el ruido puede actuar como estímulo de distracción, dependiendo de cómo sea la característica del estímulo, y también puede afectar al estado psicofisiológico del individuo.

Un cambio en los niveles de ruido en más o en menos, de aquellos a los que la gente está acostumbrada, puede ocasionar efectos adversos que pronto remiten.

Es difícil comprobar ningún efecto prolongado en el rendimiento o la eficiencia de trabajo, más, puesto que el sonido puede causar molestia, accidentes o dificultad de comunicación y puede ser un factor de absentismo, es de suponer algún efecto.

En general, la adaptabilidad humana anula todo efecto permanente en la producción y el rendimiento. Puede haber un efecto inicial adverso tanto en el rendimiento mental como en el muscular (generalmente de poca magnitud) pero que desaparece rápidamente.

Las actividades mentales que requieran vigilancia, recopilación de información y análisis de la misma son particularmente sensibles al ruido. Si se trata de un trabajo difícil, los sujetos tienden a concentrarse en su tarea e ignoran el ruido; el ruido no afecta necesariamente a la realización de tareas sencillas o rutinarias porque éstas tienden a hacerse automáticas.

Dos campos de investigación primitivos y profusamente citados se abrieron con tejedores de Lancashire; se encontró un 12 por 100 de aumento medio de eficiencia personal cuando utilizaban tapones para los oídos, siendo el beneficio en la producción material de un 1 por 100 aproximadamente.

Una investigación similar en las fábricas de yute de la India llevó a la conclusión de que la protección personal puede beneficiar a la producción en casos específicos. Se ha comprobado que hay muchas menos roturas de películas en los trabajadores fotográficos cuando el nivel de ruido es reducido.

Por razones psicológicas, a menudo como resultado de investigaciones, el rendimiento laboral del empleado puede mejorar en condiciones ruidosas.

Hasta hace poco relativamente no se ha venido a apreciar que las pruebas cortas de trabajo tiene un valor dudoso y que la tarea debe continuar hasta que se desvanece el efecto de la novedad. Actualmente se están creando técnicas que toman en cuenta los factores psicológicos de distracción y hábito.

### **3.7. Fatiga.**

No es fácil probar que los empleados se cansan más trabajando en un ambiente ruidoso que en uno tranquilo. Puede producirse fatiga por tener que hablar en voz alta o por el esfuerzo extra causado por malentendidos, asunto éste difícil de apreciar objetivamente.

Se ha afirmado que muchas ocupaciones ruidosas causan irritabilidad y tensión, pero **la reacción varía** francamente según los individuos. En general, la moral está más relacionada con el grado de integración del ego en el propio trabajo que con los niveles de ruido y otras condiciones molestas.

### **3.8. Efectos sobre la salud mental.**

La asociación entre la exposición a niveles elevados de ruido y las alteraciones de salud mental aún está controvertida. Se ha pensado que el ruido no sería directamente la causa de enfermedades mentales, pero que podría **acelerar** el desarrollo de neurosis den estado de latencia.

Recientes investigaciones han demostrado que no existe relación entre la exposición al ruido y la morbilidad mental, a pesar de que entre las personas que se quejaban de incomodidad a causa del ruido la prevalencia de este tipo de procesos es mayor.

Sea así o no, lo que es incuestionable es que las poblaciones expuestas al ruido de los aeroplano hacen un consumo más importante de tranquilizantes y de hipnóticos.

#### **4. Medición y control del ruido.**

##### **4.1. Características físicas del ruido.**

El movimiento de las partículas de un medio elástico a cualquiera de los lados de su posición de equilibrio genera una **vibración acústica**.

El sonido es una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva.

Véase las definiciones de ruido al principio del trabajo

Los físicos han definido el *ruido* como una superposición de sonidos de frecuencias e intensidad diferentes sin un correlación de fase.

Los fisiólogos consideran que el *ruido* está constituido por cualquier sonido desagradable o molesto.

El *ruido ambiental* es un ruido de intensidad mensurable, tal como el que se encuentra generalmente en los lugares de trabajo.

Ruido *estable* es aquel que cuyas fluctuaciones de nivel durante el periodo de observación son despreciables.

Ruido *no estable* es un ruido cuyo nivel varía notablemente durante el período de observación; comprende el ruido fluctuante, el intermitente y el pulsante.

Un ruido pulsante consiste en uno o varios impulsos de energía acústica siendo cada impulso de una duración inferior a 1 s.

Para describir correctamente un sonido es necesario establecer su nivel de **intensidad** sonora y su **frecuencia**.

Cuando medimos el sonido en decibelios (dB), nos referimos a su nivel de presión sonora, dependiente de la amplitud de la vibración acústica. Y lo que definimos es la intensidad del ruido.

Para medir la frecuencia, es decir el número de variaciones por unidad de tiempo utilizamos los ciclos por segundo, o Hercios (Hz).

##### **4.2. Medida y evaluación del ruido.**

Los niveles de ruido varían considerablemente en los distintos ambientes industriales. Los niveles sonoros cambian cuando la máquina comienza o termina un proceso y , por supuesto, están influenciados con las distintas operaciones que se realizan, materiales empleados y velocidades de producción.

Estas variaciones no sólo dificultan las condiciones específicas en el ruido, sino que influyen en la exactitud de las mediciones. Aún con fuentes de ruido relativamente constantes, el nivel sonoro cambia de una manera apreciable de un punto a otro alrededor de la fuente.

Un sólido emite más ruido cuanto más elástico, más delgado y más superficie tenga.

Si además admitimos, que los efectos nocivos y molestos producidos por el ruido dependen no sólo del nivel de éste, sino también de la duración de la exposición al mismo, puede establecerse un nivel sonoro continuo equivalente que representa un nivel sonoro constante, que si estuviese presente durante toda la duración de la exposición al ruido produciría los mismos efectos que el nivel fluctuante.

Esto se ha establecido mediante el uso de tablas que relacionan la duración de exposiciones hora/días a unos niveles sonoros dB(A) existiendo hoy en día criterios en lo que se refiere a normativas legales, principalmente existen 3 criterios que menciono como referencia, son: OSHA, ISO, ACGIH, este último recomienda unos valores más bajos que los anteriores.

| <b>Exposiciones Permisibles (TLV)</b> |                      |                       |                       |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Duración h/d</b>                   | <b>Criterio OSHA</b> | <b>Criterio ISO</b>   | <b>Criterio ACGIH</b> |
| 8                                     | 90                   | 90                    | 85                    |
| 4                                     | 95                   | 93                    | 90                    |
| 2                                     | 100                  | 96                    | 95                    |
| 1                                     | 105                  | 99                    | 100                   |
| ½                                     | 110                  | 102                   | 105                   |
| ¼                                     | 115                  | 105                   | 110                   |
| 1/8                                   | 115                  | 108                   | 115                   |
| TOPE                                  | 115                  | 115                   | 115                   |
| PAISES                                | USA ,CANADA ,I.      | F, D, GB, DK, S, AUS. |                       |

Es importante añadir que el tipo de ruido que provoca más trauma sonoro es aquel que se caracteriza por ser intermitente, fluctuante, y de impulso.

Los métodos utilizados para la medida y valoración del grado de exposición sonora depende de si el objetivo que se persigue es:

- Valoración del riesgo de **pérdida de audición**.
- Valoración del grado de **interferencia** con la comunicación esencial para la seguridad.
- Valoración del **riesgo** inherente a una tarea de trabajo.

El ruido debe medirse utilizando métodos normalizados y adaptados al objetivo que se persigue, los métodos deberán estar de acuerdo con las normas internacionales o con la norma nacional equivalente

#### **4.2.1. Protección Auditiva.**

El ruido debe medirse de tal manera que se obtenga un cuadro tan exacto como sea posible del grado de exposición, y que los resultados obtenidos puedan compararse con los límites umbral.

Cuando se evalúan los niveles de ruido, deberán tenerse en cuenta las condiciones normales de trabajo y las circunstancias bajo las que concurren los niveles de ruido más altos.

Si el ruido es del tipo estable, el nivel sonoro en el lugar de trabajo y el sonido continuo equivalente deberán determinarse en dB(A) según las normas nacionales o internacionales. Las frecuencias deberán analizarse de concordancia con los métodos normalizado.

Para evaluar la **exposición real** al ruido del tipo no estable o del tipo pulsante, es aconsejable escoger, de entre los dos siguientes métodos, el que proporcione las cifras más altas.

- Medidas utilizando el medidor en la posición de *impulso*, calculando el valor medio para una exposición de 8 horas al día sobre la base del principio de igual energía.
- Aplicación de un factor de corrección (positivo) generalmente de 3 a 10 dB, sumando los valores de respuesta lenta determinados según las normas nacionales o internacionales. Los valores atribuidos al factor de corrección deberán depender de la importancia de las características del impulso que se desea medir.

#### 4.2.2. Comunicación Oral.

Se debe medir el ruido en zonas de trabajo ruidosas en donde:

- Sea importante por razones de seguridad que los trabajadores puedan oír un mensaje o señal.
- Los trabajadores están sujetos a una tensión suplementaria o a dificultades en su trabajo por causa de una difícil comunicación oral.

Se debe determinar la distancia máxima a la cual es inteligible la voz hablada en un tono normal.

#### 4.2.3. Fatiga.

Se debe medir el ruido en zonas de trabajo ruidosas donde:

- Es importante por razones de seguridad no exponer al trabajador a excesivas tensión y fatiga inducidas por el ruido.
- La naturaleza de la tarea realizada por el trabajadores tal que el ruido puede dificultarle la labor o hacerla más fatigosa.

#### 4.2.4. Determinación de zonas de riesgo.

El nivel de ruido se deberá medir en todos los lugares de trabajo donde:

- La tarea realizada o el entorno de trabajo puedan presentar **riesgo** de ruido.
- La supervisión del lugar de trabajo, el control *médico* de la salud de los *trabajadores* o las *visitas* de inspección muestren que puede existir tal riesgo.
- Los *trabajadores* consideren que están expuestos a un nivel de ruido que les incomoda o **molesta** en su trabajo.

El nivel de ruido se debe controlar en los casos en los que interfiere en la comunicación oral con un nivel de voz normal a una distancia de **50 cm**.

Deben llevarse a cabo **inspecciones** del ruido en los lugares de trabajo para evaluar el ruido ambiental en los diversos talleres de una empresa.

Los niveles de ruidos se deben medir a una altura de, aproximadamente, **1,5 m** sobre el nivel del suelo de la zona de trabajo, y a una distancia de al menos **1 m** de las paredes; es aconsejable establecer el valor medio de los niveles sonoros registrados en **diferentes direcciones**.

Sería aconsejable también localizar las **fuentes de ruido** y determinarlas con mediciones de los niveles sonoros registrados en diferentes direcciones.

Si los resultados obtenidos muestran niveles de ruido que **superen los 85 dB(A)**, se deberá establecer un **mapa** de los niveles de ruidos en los lugares de trabajo y una tabla de los mismos en las zonas en donde sus niveles sean iguales a, o excedan de 80 dB(A), 85 dB(A), 90 dB(A), 100 dB(A) y 115 dB(A).

Para valorar el grado de exposición al ruido, las mediciones se deberán tomar en los lugares ocupados generalmente por los trabajadores de área en cuestión. El nivel de ruido deberá medirse en el punto donde se encuentra la cabeza del trabajador cuando mantiene su postura de trabajo normal, o a una distancia de, aproximadamente, 1 m a cualquier lado de la cabeza del trabajador en la postura normal de trabajo.

Se puede hacer una valoración adicional de la exposición de un trabajador con un dosímetro de ruido integrado, de un tipo aprobado.

#### **4.3. Niveles umbrales de sonido.**

Los niveles umbrales de sonido o los criterios de daño auditivo deben definirse según el **objetivo** que presenta, es decir:

- Prevenir el riesgo de **daño auditivo**.
- Prevenir la **interferencia** con comunicaciones esenciales para la seguridad.
- Prevenir la **fatiga** nerviosa, teniendo en cuenta la naturaleza de la tarea realizada.

##### **4.3.1. Daño auditivo.**

Se deberán fijar los siguientes valores máximos según el grado de protección deseado:

- El *umbral de alerta*, que establece el nivel sonoro por debajo del cual hay muy poco riesgo de daño auditivo como consecuencia. De una exposición de 8 h día.
- Un *umbral de riesgo*, que establece el nivel sonoro por encima del cual puede haber daño auditivo y riesgo de sordera para un oído no protegido que esté expuesto 8 h al día.

A la vista del actual estado de la cuestión, se pueden recomendar los siguientes valores:

- Un límite de umbral de alerta de 85 dB (A)
- Un límite de umbral de riesgo de 90 dB (A)

Estos valores corresponden a niveles de sonido continuo y se deben comparar con los resultados de las medidas de ruido.

A ningún trabajador se le debe permitir permanecer por ningún periodo de tiempo, en una zona donde el nivel sonoro sea igual a, o excede de **115 dB(A)**, a menos que lleve una adecuada protección auditiva.

En los casos en que los picos aislados de ruido lleguen a más allá de 130 dB(A) de respuesta tipo impulso o de **120 dB(A)** de respuesta rápida, deberá llevarse equipo de protección sonora personal.

Ningún trabajador deberá penetrar en un área donde el nivel sonoro exceda de **140 dB(A)**.

#### **4.4. Instrumentos de medida.**

##### **4.4.1. Medidores de sonido.**

Los primeros intentos de evaluación de niveles sonoros se hicieron escuchando sonidos de una frecuencia dada y comparándolos subjetivamente. Desafortunadamente, este tipo de mediciones exige demasiado tiempo, los resultados difieren entre distintos sujetos y también las valoraciones de un mismo sujeto.

Esto hizo surgir la idea de construir instrumentos especiales, llamados medidores de sonido, que incorporarían ciertas características del aparato auditivo humano.

Los medidores de sonido son instrumentos electrónicos que consisten en un micrófono de precisión, un amplificador de alta calidad, un sistema de detección y un galvanómetro con un dial que indica el nivel de sonido en dB.

Estos instrumentos deben ajustarse a las normas establecidas a nivel internacional por la ISO (International Organisation for Standardisation) y por la IEC (International Electrotechnical Commission).

El medidor de sonido puede ser una unidad autónoma miniaturizada, fácil de llevar y usar.

Sin entrar en detalles constructivos o particulares de funcionamiento, los elementos de medida del sonido más comúnmente utilizados son:

- El **sonómetro** – Se usa cuando solo se quiere conocer el nivel de presión sonora, es un instrumento de lectura directa que expresa la medida en decibelios, compuesto por: Micrófono, atenuador, amplificador, circuito de medida y uno o varios filtros.
- **Analizador de frecuencias** – Se usa además de el sonómetro cuando queremos conocer la distribución del sonido en frecuencias. El aparato lleva unos filtros de banda, aprovechan la señal del sonómetro.
- **Dosímetro** – Actúa como un dosímetro con referencia a la medición de niveles de ruido, pero lo va acumulando con un contador digital. De esta forma se obtiene el valor de la dosis de ruido en el tiempo considerado. Debe llevarlo la persona que realiza la encuesta higiénica y durante un periodo de 8 horas, sino hay que aplicar unas tablas de corrección. Y el portador debe realizar la actividad de cualquier día normal incluyendo los periodos que normalmente son de descanso.

Que el sonido sea molesto o dañino depende fundamentalmente del nivel, la duración y las frecuencias que contenga. Estos tres factores se combinan en el concepto de nivel del sonido continuo equivalente.

La intensidad del ruido a menudo varía en las proximidades de maquinaria o en lugares donde los trabajadores pueden encontrarse algunas veces en el curso de la jornada de trabajo, por ejemplo en el trayecto de un departamento a otro, en la cantina, etc.

Un método simple de valorar el riesgo de daño en estas condiciones consiste en la utilización de un dosímetro de ruido personal que después de haber sido llevado durante una jornada de trabajo de 8 h, el dosímetro indica el porcentaje de la dosis de ruido. Una indicación de 100 % corresponde a una exposición de 90 dB(A) durante 8 h o una combinación equivalente de exposiciones a niveles más altos o bajos. Si es posible obtener resultados representativos en menos de 8 h, se suministra una tabla para su conversión en valores de exposición de 8 h.

##### 5. Prevención y reducción del ruido en lugares de trabajo.

El *control del ruido* es el problema de un sistema interrelacionado, que lo componen la **fuentes de ruido**, la **vía** de propagación sonora y el **receptor**.

La *fente* es parte del sistema que produce la energía acústica. Puede ser un motor, el aire que fluye por un conducto o los dientes de unos engranajes. La fuente deberá considerarse en general como un grupo de generadores de ruido que presentan características físicas diferentes, distribuidas al azar en el espacio y en el tiempo.

La energía acústica de la *fente* se transmite al entorno por el que se propaga y que puede ser una estructura sólida o el aire. Las *vías* por las que se propaga la energía acústica de la fuente puede ir variando a lo largo de recorrido. El tercer componente del sistema, el *receptor*, puede ser un trabajador que opera la máquina.

Las **medidas de prevención y reducción** del ruido deben dirigirse a:

- **Controlar** las fuentes de ruido.
- **Impedir** la propagación, amplificación y reverberación del ruido.
- **Aislar** a los trabajadores.

En ciertos casos deberán dirigirse también a la atenuación del ruido trasladando o aislando a los trabajadores de la fuente de ruido (cabinas a prueba de ruidos, etc.) o suministrando protectores auditivos.

Para llegar a una reducción adecuada de los niveles de ruido, es posible combinar medidas de control diferentes.

Los métodos preventivos consisten en:

- Actuar en la fase de proyecto antes de llevarlo a la realización práctica.
- Sustituyendo los equipos ruidosos por otros menos molestos.
- Incidiendo sobre los equipos aplicando las nuevas tecnologías.
- Separando los ruidos de las personas, actuando sobre el entorno.
- Actuando sobre la persona mediante protección personal.

Estas medidas anteriores son las medidas ya conocidas por ser las generales casi para cualquier tipo de riesgo, (y que ya vimos en la primera evaluación) a continuación vamos a ocuparnos más particularmente del caso que nos ocupa, el ruido, se contemplan las siguientes **medidas de control de ruido**.

### **5.1. Medidas preventivas en el diseño.**

Como se ha dicho repetidamente, la mejor prevención es la que se hace pensando en ella cuando se definen todavía los planos y se busca la armonía del conjunto para un fin previsto.

Actualmente los grandes fabricantes experimentan en la construcción de maquinaria técnicas para, entre otras cosas, reducir los ruidos. Depende del empresario que es quien compra ese producto el favorecer este desarrollo que finalmente redundará en el beneficio de sus trabajadores.

Se comprende que estas nuevas tecnologías pueden resultar costosas si se tienen que aplicar a la maquinaria no preparada para ello, es por ello que el empresario debería tener este factor muy en cuenta.

### **5.2. Prevención por sustitución de los equipos.**

En seguridad e higiene, el método de sustitución de un elemento potencialmente agresivo es **el más deseable**.

Si bien es relativamente fácil de conseguir cuando se trata de productos del proceso (por ejemplo de inflamables a no inflamables). Sin embargo, la sustitución de un máquina ruidosa por otra que lo sea menos puede ser de costes elevados.

En estos casos es difícil lograr esa necesaria sustitución, debiendo esperar a efectuarla cuando el aparato se averíe seriamente. Estos momentos deben ser aprovechados para colocar los que a la vez cumplan unas condiciones higiénicas adecuadas.

Como se comentará más tarde, la sustitución puede hacerse sobre las energías que intervienen o sobre los modelos; así un ventilador centrífugo es más silencioso que uno helicoidal, y las herramientas eléctricas lo son más que las neumáticas.

En determinados casos se ha empeorado en estas sustituciones, como en el caso de las bombas hidráulicas de aceite en el accionamiento de equipos como molinetes, al sustituir al vapor.

### **5.3. Actuación sobre el equipo**

Los métodos de este apartado entran de lleno en las actividades propias del mantenimiento de máquinas y equipos por la necesaria puesta a punto, engrase, alineación, contrapesado, anclajes, soportes, control de las r.p.m. a las óptimas (en motores diesel aumentan 9 dB si se doblan las revoluciones) presiones hidráulicas y neumáticas moderadas y adecuadas a las necesidades, instalación de amortiguadores, acoplamiento de silenciadores, etc.

En concreto, los silenciadores, son aparatos o artilugios que se sitúan entre los conductos de conducción de gases (entrada, salida, puntos intermedios) para reducir por amortiguación los ruidos debidos a las turbulencias. Se usan los de absorción para frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz y los de reacción para frecuencias más bajas que las anteriores.

En los primeros se alcanza tal propósito mediante la colocación de placas de material poroso, que tendrá su eficacia a frecuencias bajas si se usan placas flexibles, o rígidas para las de alta frecuencia.

Los de reacción se basan en el fenómeno de la resonancia al variar el diámetro del conducto; su principal ventaja es que se puede idear las capas de resonancia adecuadas a cada frecuencia, por lo que su incidencia es directa a la característica del problema, por eso es eficaz para las difíciles bajas frecuencias.

El sistema de recubrimiento de codos, y en general, de los puntos singulares de los conductos de fluidos gaseosos se efectúa con capas de material absorbente con un forrado final de chapa. Lo ideal sin embargo, es eliminar esos puntos a nivel de diseño, pues son lo suficientemente conocidos, y por tanto evitables.

### **5.4. Acción sobre el entorno. (La Propagación)**

Cuando se han efectuado todas las operaciones posibles sobre ella fuente de ruido y éste sigue siendo elevado o molesto se utilizan métodos cuya incidencia se realiza en el espacio físico que hay entre la fuente de emisión y el receptor.

El ruido emitido puede usar distintas vías para llegar al receptor; estos trayectos pueden ser **directo, indirecto o estructurales**.

Sobre cada una de las tres vías existen métodos de prevención que forman los actuales y complejos tratamientos técnicos de acústica y aislamiento.

#### **5.4.1. Vía directa.**

Consiste en interponer un obstáculo sólido no poroso entre el emisor y el receptor, interceptando las ondas de presión. Con ellos se consigue que el obstáculo al recibir la presión acústica se ponga a vibrar, provocando en la pared opuesta del obstáculo una generación de ruido inferior al inicial en la medida del aislamiento conseguido.

El aislamiento es por tanto la diferencia entre las energías de salida y entrada, siendo importante el coeficiente de transmisión del material del obstáculo, gracias al cual podremos calcular el índice de aislamiento.

Este tipo de aislamiento presenta unas propiedades físicas que pueden incrementar más el aislamiento, muy por alto las comento.

La *ley de masa*, al duplicar la frecuencia o la masa por unidad de superficie el índice de aislamiento aumenta 6 dB.

*Efecto de coincidencia* – Puede ocurrir que la vibración de la pared coincida con la del ruido, y entonces el aislamiento caiga hasta 20 dB.

Otra característica reseñable aparece en las paredes compuestas, es decir, las constituidas por diferentes materiales o huecos en los mismos (puertas, grietas, uniones, orificios, etc.). El índice de aislamiento decae a valores elevados en porcentajes de agujero o diferencia de material. Si se usan paredes dobles el aislamiento total conseguido varía entre 6 y 10 dB.

Ejemplo.

Simple – de 90 a 70 dB

Con puerta – de 90 a 75 dB

Con agujero – de 90 a 86 dB

Dobles – de 90 a 60 dB

#### **5.4.2. Vía estructural.**

El ruido es inducido por las fuerzas mecánicas transmitidas a la estructura.

Depende esta transmisión de las dimensiones y material de la estructura, de los factores de acoplamiento entre ellas y de la velocidad de propagación por la estructura.

Para que sea audible tiene que pasar al medio aéreo del entorno ocupado. Se entiende que los métodos preventivos en este tipo de transmisión serán los que cortocircuiten los caminos por los que la vibración se transmite y que finalmente llegan al aire en forma de ruido.

Los pisos flotantes y techos suspendidos así como uniones de las estructuras bien rígidas son medidas adecuadas para absorber las vibraciones sonoras. Son también métodos a utilizar el montaje elástico para la maquinaria, tuberías con acoplamientos flexibles, etc.

La composición de recubrimientos se hace con capas de material elástico (madera, caucho, plástico) con espesores variables, pero apreciables.

Este efecto se produce sobre todo en los barcos y estructuras similares, que carecen del soporte que ofrece el suelo para minorar este problema.

### 5.4.3. Vía indirecta.

Esta es la que sigue el ruido después de sufrir varias reflexiones o rebotes en las paredes del espacio considerado, contribuyendo a elevar el nivel sonoro, pues a la persona le llegan los directos según la distancia del emisor, más los reflejos creados por el campo difuso.

Se trata en este caso de evitar que esas vías no lleguen a producirse, lográndose generalmente por la absorción de materiales de reflexión. Entre otras, esas son las posibles modificaciones que sufriría el ruido según el valor de absorción e los materiales que formen la pared o mampara contra la que rebota.

El valor de la absorción depende del material según su naturaleza, espesor, montaje y forma; de su porosidad, del ángulo de incidencia y de la frecuencia del ruido.

No cabe duda que cuanto mayor masa (superficie) absorbente se coloque en el espacio considerado, mejores resultados se obtendrán en cuanto a las reducción del ruido, pero por tratarse de espacios cerrados aparecerán ciertas distancias críticas a partir de las cuales será eficaz la instalación de paneles absorbentes y a distancias menores ineficaz. Para esa consideración tiene importancia la directividad de la fuente, pues variará según su situación dentro del espacio considerado, obteniéndose distintos valores.

### 5.5. Control de las fuentes de ruido.

Es útil distinguir entre tres categorías esenciales de fuentes de ruido:

- Aquellas en donde la emisión de ruido proviene de la **vibración** de una superficie sólida o líquida (fuerzas mecánicas).
- Aquellas en donde la emisión de ruido proviene de **turbulencias** en un medio gaseoso (fuerzas aerodinámicas).
- Aquellas en donde la emisión de ruido proviene de fuerzas **electrodinámicas** o **magnetodinámicas**, desde un **arco eléctrico** o desde una **descarga eléctrica** (fuerzas eléctricas).

La reducción del ruido en la misma fuente es, evidentemente, el método más racional. Si todas las máquinas, todas las fuerzas motoras fueran suficientemente silenciosas, no quedarían mucho problemas, y no tendríamos que buscar soluciones para protegernos contra el ruido.

La reducción de la fuente del ruido requiere, por supuesto, investigaciones en la etapa de diseño y modificaciones de las máquinas, fuerzas motrices y procesos. Todo esto puede resultar costoso, lo que explica la renuncia de los empresarios y de los fabricantes de las máquinas.

En general para el control del ruido podemos presentar las siguientes normas de actuación:

- **Reducción** de la intensidad de la **vibración** con en mantenimiento del equilibrio dinámico, disminuyendo la fuerza que actúa en la parte vibratoria, reduciendo el número de revoluciones por minuto, e incrementando la duración del ciclo de funcionamiento.
- Reducción de la respuesta de los elementos vibratorios aumentando su poder de **amortiguación** y mejorando su sujeción.
- **Reducción de la turbulencia** y velocidad con la que los fluidos contenidos en tubos y conductos pasan a través de orificios de entrada y salida.
- Transformación de los impactos en **presiones progresivas**.
- Transformación de los movimientos alternativos en **rotatorios**.
- Cambio de parada repentina por un **frenado progresivo**.
- Cambio de engranajes de dientes rectos por engranajes de **dientes helicoidales** y sustitución, si es posible, del metal por **plásticos** y otros materiales.

- **Diseño** de la forma y velocidad de corte de las máquinas herramientas de acuerdo con las características del material a mecanizar.
- Prevención de impactos cuando se **transportan** mecánicamente objetos o materiales voluminosos, y de su caída al final del transporte.
- Diseño apropiado de **quemadores** y cámaras de combustión y explosión.
- Tener en cuenta las **fuentes** de ruido **electrodinámicas**, **magnetodinámicas** y **aerodinámicas** al diseñar equipos eléctricos.
- Instalación de elementos de **amortiguación** en los puntos de contacto entre la máquina y elementos de la base.
- Diseño apropiado de las **hélices** de ventiladores.
- Diseño apropiado de los **circuitos de aire** comprimido, conductos de ventilación, redes de gas y **tuberías** de líquidos para evitar la propagación del ruido.

Si hay más de una fuente de ruido en una zona determinada, se debería controlar primero la fuente más ruidosa para conseguir una reducción eficaz del nivel de ruido general.

#### • **Prevención de la propagación, amplificación**

#### **y reverberación del ruido.**

Dado que el ruido puede propagarse desde un única fuente tomando diversos caminos, es necesario estudiar su transmisión con vistas a prevenirlo en la forma más eficaz. Se deben tomar medidas para reducir la amplificación del ruido y de la reverberación.

El **control de la propagación** del ruido deberá basarse particularmente en las siguientes medidas:

- Instalación de las máquinas sobre bases amortiguadoras de las vibraciones, que estén aisladas del suelo y de las paredes.
- Inserción de materiales amortiguadores entre las bases de la máquina y los cimientos, y utilización de soportes antivibración.
- Instalación separada de máquinas ruidosas para evitar la propagación del ruido por otros elementos de la planta y del local.

Para controlar la propagación y la reverberación del ruido **en el aire**, se deberán tomar las siguientes medidas:

- **Cierre** total o parcial del equipo ruidoso.
- Instalación de **barreras sonoras**, revestimientos fonoabsorbentes y tabiques de aislamiento sonoro.
- Tener en consideración el factor acústico cuando se **proyecta** y se construye el local.
- **Insonorización** del local: revestimiento de las paredes y tabiques separadores, suelos y techos con materiales amortiguadores y absorbentes.

Si es necesario se utilizarán silenciadores para prevenir la propagación del ruido.

#### **5.7. Aislamiento y control remoto.**

En los casos en que el equipo emita altos niveles de ruido que sean difíciles de controlar con medidas convencionales:

- Deberá operarse tal equipo por **control remoto** y vigilarse el proceso con la ayuda de aparatos de visualización a distancia.
- Se debería instalar el equipo, si es posible, en una **sala separada**, para reducir el número de trabajadores expuestos.

Si no es posible aplicar métodos de control de ruido en lugares de trabajo particularmente ruidosos, o si las medidas de control convencionales producen resultados insatisfactorios, deberán instalarse cabinas aisladas, donde los operadores puedan controlar todo el proceso o al menos en su mayor parte.

### **5.8. Elección del material absorbente.**

Actualmente se sigue buscando el material que cumpla mejor la característica de absorción, pero dada la complejidad del ruido y la diversidad de frecuencias, la solución está en la composición de distintas mezclas según las características dominantes del ruido.

- **Placas porosas:** Para bajas frecuencias las flexibles; para altas, las rígidas.
- **Conjunto de chapa y aislante:** chapa de 1 mm. Con 50 por 100 de agujeros y aislante de 5 cm.
- **Paneles de escayola.** Con agujeros, ranuras, grietas, etc.
- **Paneles flexibles:** cámara de aire de grosor mayor a  $\frac{1}{4}$  de la longitud de onda.
- **Protección auditiva y limitación de la**

### **exposición al ruido.**

Si no es posible reducir el ruido por debajo del nivel de riesgo con un adecuado diseño e instalación del equipo:

- Deberá haber **refugios** del ruido cercanos al lugar de trabajo que puedan cerrarse herméticamente (con aire acondicionado si es necesario) o abiertas por un lado.
- Los trabajadores deberán llevar **protección auditiva** adecuada.
- Deberá limitarse el **tiempo** de exposición.

### **5.9.1. Protectores auditivos personales.**

Son los equipos que se colocan sobre la persona como **último medio** de evitar que los niveles de ruido no admisibles puedan llegar hasta el tímpano.

Se dividen en dos grupos:

#### **5.9.1.1. De inserción.**

Son pequeños elementos de material moldeable o flexible que se adaptan al canal auditivo externo, ofreciendo una protección por taponamiento de dicha vía. Pueden ser de plástico si están ya premoldeados, o de algodón cerrado si se moldean a voluntad.

Tienen una protección de atenuación de 30 a 32 dBA a frecuencias normales de 4.000 Hz, si se asientan perfectamente en el canal auditivo.

### **El código sobre niveles de ruido aplica 20 dBA**

Necesitan un cuidado higiénico básico en cuanto son personales e intransferibles; no se manipularán con las manos sucias, se guardarán en cajitas o bolsas que generalmente se acompañan y se cambiarán frecuentemente según las instrucciones de las casas fabricantes.

#### **5.9.1.2. De circunscripción.**

Estos equipos van situados sobre los pabellones auditivos, envolviéndolos y sellándolos a los costados de la cabeza a modo de orejeras.

El material que lo constituye (las copas) es variado según el fabricante y el modelo, pero si debe ser un material pesado de tal manera que cuanto más pesados (ley de masas) más atenuación ofrecen.

Sin embargo esta condición de peso puede hacerlos molestos en su uso continuado, lo que provoca un rechazo de uso; de allí la necesidad de lograr un equilibrio entre la eficacia y la comodidad de uso.

Es muy importante que la copas no presenten fisuras, roturas o deformaciones, ya que la eficacia se vería disminuida notablemente, y que el material del asiento a modo de junta esté en buen estado

Estos equipos ofrecen mayor atenuación que los de inserción, oscilando entre los 20 y 45 dBA, generalmente también a la frecuencia de 4.000 Hz.

**El Código sobre niveles de ruido acepta 30 dBA.**

**Si se usan los dos sistemas a la vez acepta 35 dBA**

Según el modo de sujeción, pueden hacerlo al casco o bien por una banda de sujeción por encima de la cabeza .

### 5.9.1.3. Métodos de selección del protector auditivo.

Existen varios métodos para elegir el protector adecuado en función de la atenuación necesarias, de la frecuencia dominante del ruido y de las características que proporcione el fabricante.

En nuestro país la **Norma Técnica Reglamentaria MT-2** que basada en los datos técnicos de los protectores homologados, facilita un método cómodo y rápido para la determinación de la elección. Para ello es necesario disponer de un sonómetro que nos dé las lecturas de atenuación A y C, los valores que aporta la relación de protectores homologados y el nomograma que, integrando esos datos, da el resultado en forma de atenuación por el tipo y modelo elegido al ruido considerado.

Así mismo, el **INSTH** en su **nota técnica de prevención NTP-17 1982**, sobre la eficacia de los protectores auditivos y su atenuación en dBA, relaciona los distintos protectores auditivos homologados en nuestro país, midiendo la diferencia dBC- dBA del ruido desde -2 a + 10dB. Con la utilización de dicha nota técnica se puede obtener el protector más adecuado a las necesidades. A continuación pongo un extracto orientativo de dicha nota. Obsérvese como la adecuada colocación del protector es muy importante, como se demuestra en la diferencia de valores según estén colocados con la sujeción sobre la cabeza (posición ideal) o sobre la nuca (posición adoptada cuando se usa casco y el protector no está preparado para ello).

| <b>Atenuaciones mínimas en dBA de los protectores auditivos homologados</b> |                    |               |                       |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|-----------------------|----------------------|
|                                                                             | <b>Nº homolog.</b> | <b>Clase</b>  | <b>Marca y Modelo</b> | <b>Atenuación dB</b> |
|                                                                             | 14                 | Orejera C     | MAS-Noisefoe          |                      |
|                                                                             |                    |               | arnés sobre la cabeza | 23                   |
|                                                                             |                    |               | arnés en la nuca      | 21                   |
|                                                                             | 22                 | Tapón C       | JIM- Super A.1        | 23                   |
|                                                                             | 23                 | Orejera A     | Clímax 11             | 27                   |
|                                                                             | 24                 | Orejera A y C | Clímax 12             |                      |
|                                                                             |                    |               | arnés sobre la cabeza | 29                   |
|                                                                             |                    |               | arnés en la nuca      | 25                   |

### 5.9.2. Cámaras de control aisladas.

Básicamente deberán estar montadas sobre las monturas elásticas usando los métodos citados de tal manera que las transmisiones de vibración no lleguen a dicha cámara o bien lleguen amortiguadas.

Las superficies que dan a la sala de máquinas, generalmente acristaladas para poder manejar las máquinas de las que nos aislamos en la sala, además de proporcionar visión reducen el ruido con las instalación de cristales simples de unos 12 mm o con luna separación entre vidrios de más de 100 mm, si se usan panales acristalados dobles.

## **6. Normativa Española.**

La normativa española sobre este asunto viene reflejada en **la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo** en su **artículo 31, apartado 9** dice:

*A partir de los 80 dB, 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 dB se extremará tal protección para evitar totalmente las sensaciones dolorosas o graves*

Esta normativa está totalmente desfasada ya que no contempla la duración de la exposición a distintos niveles de ruido.

Existen también normativas provinciales y municipales que complementan a esta, un ejemplo muy conocido aunque quizás no estrictamente sobre ruido laboral es la norma municipal sobre los ruidos que emiten al exterior los bares y discotecas.

Nota: La edición del libro donde vienen estos últimos datos data del año 1990. Como quiera que la normativa sobre seguridad e higiene en el trabajo evoluciona constantemente gracias a la nueva importancia que está tomando, además de las propias normativas provinciales y municipales, estos datos pueden quedar superados o variar, incluso de unas comunidades a otras. (ver también exposiciones permisibles según los distintos criterios en el apartado de *Medición y evaluación del ruido*)

El borrador de la nueva ordenanza prevé lo siguiente entre otros apartados:

### **6.1. Ruido continuo.**

A efectos de lo dispuesto en el presente artículo se entiende por *ruido continuo* a aquel cuyas variaciones de nivel de presión sonora no presentasen máximos, o en caso contrario estos máximos se producen con intervalos de tiempo menores a un segundo.

La exposición de los trabajadores al ruido continuo, cuyo nivel de presión sonora se medirá en decibelios mediante sonómetro es escala A (respuesta similar al comportamiento del aparato auditivo humano frente al sonido), no superarán los niveles máximos permitidos (NMP durante los tiempos fijados a continuación:

| <b>Tiempo de exposición permitido (horas)</b> | <b>NMP en decibelios medidos en la escala A</b> |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 8                                             | 90                                              |
| 6                                             | 92                                              |
| 4                                             | 95                                              |
| 3                                             | 97                                              |
| 2                                             | 100                                             |
| 1 ½                                           | 102                                             |
| 1                                             | 105                                             |

|               |     |
|---------------|-----|
| $\frac{3}{4}$ | 107 |
| $\frac{1}{2}$ | 110 |
| $\frac{1}{4}$ | 115 |

Los trabajadores sometidos a exposiciones de nivel de ruidos superiores a **85 dBA** durante ocho horas deben ser anualmente sujeto de estudio audiométrico.

El valor de **115 dBA** se considera **valor techo**, no pudiendo estar expuestos los trabajadores a niveles superiores al mismo en ningún momento.

## **6.2. Ruido intermitente.**

Cuando la exposición al ruido continuo durante la jornada laboral diaria se componga de dos o más periodos con distintos niveles de presión sonora, se valorarán sus efectos combinados mediante la expresión: