

EL RUIDO EN EL ÁMBITO LABORAL

Irantzu Bores Pascual

3º de Ing. Tec. de Telecom.

ÍNDICE

1. Introducción.....Pág. 3

2. Definiciones y conceptos generales.....Pág. 4

- Parámetros

3. Normativa.....Pág. 5

4. Evaluación de la exposición al ruido

- Trabajos tipo industrial.....Pág. 9
 - Estudio previo.
 - Instrumentos de medición.
 - Metodología evaluación.
 - *Ejemplo: puesto de trabajo de un pulidor.*
 - Evaluación del L_{Aeq,d} por muestreo
 - *Ejemplo: puesto de trabajo de un pulidor...*
 - *Ejemplo: puesto de trabajo de rondista de turbina de una central térmica en explotación.*
- Trabajos tipo no industrial.....Pág. 18
 - Fuentes de ruido.
 - Respuesta subjetiva de ruido.
 - Valoración del confort acústico.
 - Medidas de control de ruido.

5. Técnicas preventivas.....Pág. 31

- Protectores auditivos
- Vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos

6. Ejemplo real: ITP (Industria de Turbo Propulsores).....Pág. 41

- Control de emisiones acústicas
- Proyecto de disminución de ruido

7. Bibliografía.....Pág. 48

INTRODUCCIÓN

La incorporación de procesos industriales han convertido la civilización moderna en una civilización ruidosa. La industrialización presenta un aspecto negativo para aquellos trabajadores a los que les dio empleo, ya que estos están viendo afectada su salud por los altos niveles de ruido a los que están sometidos durante su jornada.

Frente al ruido industrial y sus efectos dañinos sobre la salud, se han adoptado una serie de medidas con el objetivo de prevenir el riesgo laboral. Los riesgos laborales a los que están expuestos los trabajadores, los efectos sobre su salud y las medidas que se han adoptado para su control, se van a explicar a lo largo de este trabajo.

DEFINICIONES Y CONCEPTOS GENERALES

Parámetros

➤ *Nivel de presión acústica (L_p):*

El nivel, en decibelios, dado por la siguiente ecuación:

$$L_p = 10 \log (P / P_o)^2$$

donde, P_o – Presión de referencia ($2 \cdot 10^5$ pascales)

P – Presión acústica a la que está expuesto un trabajador (en pascal –es)

➤ *Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ($LA_{eq,T}$):*

Valor del nivel de presión acústica, en decibelios, determinado con el filtro de ponderación frecuencial A, dado por la siguiente ecuación:

$$LA_{eq,T} = 10 \log (P_A / P_o)^2$$

➤ *Nivel diario equivalente ($La_{eq,d}$):*

El nivel en decibelios A, dado por:

$$La_{eq,d} = LA_{eq,T} + 10 \log (T/8)$$

donde, T – tiempo de exposición al ruido (en horas / día).

➤ *Nivel de pico (L_{MAX} o L_{pA}):*

Es el nivel en decibelios dado por la ecuación:

$$L_{MAX} = 10 \log (P_{MAX} / P_o)$$

donde, P_{MAX} – valor máximo de la presión acústica instantánea a que está expuesto el trabajador (en pascales)

NORMATIVA:

Protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición a ruido.

En esta normativa los puntos que se contemplan se describen a continuación:

- Artículo 1

Esta norma tiene por objeto la protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de su exposición al ruido durante el trabajo, y particularmente para la audición.

- Artículo 2

El empresario está obligado a:

- Reducir al nivel más bajo técnica y razonablemente posible los riesgos derivados de la exposición al ruido, habida cuenta del proceso técnico y de la disponibilidad de medidas de control del ruido, en particular, en su origen, aplicadas a las instalaciones u operaciones existentes.
- A dar cumplimiento a las obligaciones específicas consignadas en esta norma.

- Artículo 3

El empresario deberá evaluar la exposición al ruido de los trabajadores con el objeto de determinar si se superan los límites y aplicar, en tal caso, las medidas preventivas procedentes. El proceso de evaluación comprende:

- Una evaluación en los puestos de trabajo existentes en la fecha de entrada en vigor de esta norma
- Evaluaciones adicionales cada vez que se cree un puesto de trabajo, o alguno de los ya existentes se vea afectado por modificaciones que supongan una variación significativa de la exposición de los trabajadores al ruido.
- Evaluaciones periódicas:
 - Anualmente → En puestos de trabajo en que el nivel diario equivalente o el nivel pico superen 85 dBA o 140 dBA.
 - Cada tres años → Si no se superan los límites anteriores, pero el nivel diario equivalente supera 80 dBA.

Los órganos internos competentes en seguridad e higiene y los representantes de los trabajadores tienen derecho a:

- Estar presentes en el desarrollo de las evaluaciones previstas en esta norma.
- Ser informados sobre resultados de las mismas, pudiendo solicitar las aclaraciones necesarias para la mejor comprensión de su significado.
- Ser informados sobre las medidas preventivas que deberán adoptarse, a la vista de los resultados de la evaluación.

- Artículo 4

La evaluación de la exposición de los trabajadores al ruido se realiza en base a la medición del mismo.

Quedan exceptuados de la evaluación de medición:

Puestos de trabajo → nivel diario equivalente o nivel de pico < 80 dBA

→ nivel diario equivalente o nivel de pico < 140 dBA

- Artículo 5

En los puestos de trabajo → nivel diario equivalente > 80 dBA

Se deben adoptar las siguientes medidas:

- Proporcionar a cada trabajador una información, y, cuando proceda, una formación adecuada en relación a:
 - La evaluación de su exposición al ruido y los riesgos potenciales para su audición.
 - Las medidas preventivas adoptadas, en especial las que tengan que ser llevadas a cabo por el trabajador.
 - La utilización de protectores auditivos.
 - Los resultados del control Médico de audición.
- Realizar un control Médico inicial de la función auditiva de los trabajadores, así como posteriores controles periódicos (mínimo quinquenales).
- Proporcionar protectores auditivos a los trabajadores que lo soliciten

- Artículo 6

En los puestos de trabajo → nivel diario equivalente > 85 dBA

Se adoptan las medidas preventivas explicadas en el apartado anterior con las siguientes modificaciones:

- El control Médico periódico de la función auditiva de los trabajadores deberá realizarse como mínimo cada tres años.
- Deberán suministrarse protectores auditivos a todos los trabajadores.

- Artículo 7

Puestos de trabajo → nivel diario equivalente o nivel de pico > 90 dBA

→ nivel diario equivalente o nivel de pico > 140 dBA

Se realizará:

- Un análisis de los motivos por los que se superan tales límites.
- Se desarrollará un programa de medidas técnicas destinado a disminuir la generación o la propagación del ruido, u organizativas encaminadas a reducir la exposición de los trabajadores al ruido.
- Se informará a los trabajadores afectados y a sus representantes.
También a los órganos internos competentes en seguridad e higiene.

En los casos en los que no se pueda técnica y razonablemente posible reducir el nivel diario equivalente se aplicará lo explicado en el *artículo 5* con las siguientes modificaciones:

- Los controles Médicos periódicos deberán ser anualmente.
- Todos los trabajadores deberán utilizar protectores auditivos.
- Siempre que el riesgo lo justifique y sea razonable y técnicamente posible, los puestos de trabajo serán delimitados y objeto de una restricción de acceso.

- Artículo 8

El empresario debe proporcionar los protectores auditivos que mediante el uso de estos, deberá obtenerse una atenuación al ruido tal que el trabajador dotado de aquellos tenga una exposición efectiva de su oído al ruido equivalente al de otro trabajador que, desprovisto de protectores, estuviese expuesto a niveles inferiores a 90 y 140dBA –s.

Para trabajadores que efectúen operaciones especiales, la autoridad laboral puede conceder exenciones a la obligatoriedad de uso de los protectores auditivos, cuando tal caso pudiera conducir a una agravación del riesgo global para la salud y/o seguridad de los trabajadores afectados.

- Artículo 9

Los empresarios deben registrar y archivar los datos obtenidos en las evaluaciones de la exposición al ruido y en los controles Médicos de la función auditiva realizados.

En relación a la evaluación de las exposiciones el registro tendrá, como mínimo:

- Identificación de cada uno de los puestos de trabajo objeto de evaluación.
- Resultados obtenidos en cada uno de ellos, indicando el instrumental empleado.

En relación al control Médico de la función auditiva el registro comprenderá:

- Nombre del trabajador.
- Número de afiliación a la Seguridad Social.
- Puesto de trabajo ocupado, resultado de los controles periódicos o adicionales en relación a los riesgos relacionados con la exposición al ruido, indicando si uso protección personal (en caso afirmativo indicar el tipo, tiempo de utilización,...).

El empresario esta obligado a mantener los archivos a los que hace referencia este artículo durante al menos treinta años.

- Artículo 10

Los equipos de trabajo que se comercialicen deben ir acompañados de una información suficiente sobre el ruido que producen cuando se utilizan en la forma y condiciones previstas por el fabricante.

En caso de no existir esa información, deberá haber:

- El nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, siempre que dicho nivel sea superior a 80 dBA.
- El nivel de pico siempre que se supere 140dBA.

EVALUCIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO

Trabajos tipo industrial

El objetivo es facilitar una metodología que permite determinar el nivel de la presión acústica continuo equivalente ponderado A. Para ello son necesarios:

- **Estudio previo**

Este estudio debe incluir:

- Identificación de todos los puestos de trabajo susceptibles de ser evaluados.
- Localización de todas las fuentes generadoras de ruido y estimación de los puestos de trabajo a los que afectan.
- Descripción del ciclo de trabajo: mínimo conjunto ordenado de tareas que se repite cíclica y sucesivamente a lo largo de la jornada de trabajo, constituyendo el quehacer habitual del trabajador que ocupa dicho puesto.
- El conocimiento de las fuentes generadoras de ruido y de los ciclos de trabajo permitirá, en ocasiones, establecer grupos homogéneos de puestos cuya exposición sea equivalente.

- **Instrumentos de medición**

Para la medición del Nivel Diario Equivalente:

Sonómetros

Se emplean para la medición del L_{pA} cuando el ruido es estable. La lectura promedio se considera igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (L_{Aeq}).

Estos instrumentos serán de “tipo 1” o “tipo 2”.

Para realizar la medición se efectúa con la característica “SLOW” ponderación frecuencial A, procurando apuntar con el micrófono a la zona donde se obtenga mayor lectura, a unos 10 cm de la oreja del operario, y si es posible, apartando a dicho operario para evitar apantallamientos con su cuerpo.

Sonómetros Integradores-promediadores

Se pueden usar para la medición del L_{Aeq} de cualquier tipo de ruido, siempre que se ajusten a la norma para instrumentos “tipo 1” o “tipo 2”.

Las precauciones a tomar son las mismas que para los sonómetros.

Dosímetros

Se usan para la medición del L_{Aeq} , de cualquier tipo de ruido, siempre que cumpla como mínimo la norma para instrumentos “tipo 1”. En general, se considera un error de ± 1 dB cuando se utilicen instrumentos del “tipo 2” y ningún error instrumental cuando el aparato sea del “tipo 1”.

Para la Medición de Nivel de Pico:

Los instrumentos empleados para medir el nivel de pico (L_{pA}), o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dBA, deben tener un constante de tiempo (en el ascenso) no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y características de impulso, se podrá considerar que el Nivel de Presión Acústica Ponderado A sea inferior a 130 dBA.

- Metodología de evaluación

La metodología de evaluación dependerá del tipo de ruido.

- Ruido estable:

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

Si el ruido es estable durante un periodo no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso que hacer al medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características propias del mismo descrita más arriba, realizando como mínimo cinco mediciones de una duración mínima de 15 segundos cada una y obteniendo el nivel equivalente del periodo T ($L_{Aeq,T}$) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectúa con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrán en cuenta las características propias de los

instrumentos descritas más arriba y se obtendría directamente el $L_{Aeq,T}$. Como precaución se pueden hacer un mínimo de tres mediciones de corta duración a lo largo del periodo T y considerar como $L_{Aeq,T}$ la media aritmética de ellas.

- Ruido periódico:

Aquel cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de L_{pA} es superior o igual a 5 dB y se repite con una frecuencia fija (cadencia cíclica).

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador de pulsos o un dosímetro según lo que se ha explicado anteriormente. Si la diferencia entre los valores máximo y mínimo del nivel equivalente (L_{Aeq}) obtenidos es inferior o igual a 2dB, el número de mediciones puede limitarse a tres. Si no, el número de mediciones deberá ser como mínimo de cinco. El $L_{Aeq,T}$ se calcula entonces a partir del valor medio de los L_{Aeq} obtenidos, si difieren entre ellos de 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5dB se actúa según se explica a continuación.

- Ruido aleatorio:

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

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectúan con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Para esto existen dos métodos:

- Método directo

El intervalo de medición debe cubrir completamente el intervalo de tiempo considerado.

- Método de muestreo

Se efectúan diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones realizadas y la variación de los datos obtenidos.

- Ruido de impacto:

Aquel cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.

La evaluación del ruido de impacto se realiza mediante la medición del nivel de pico, que será en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcance su valor máximo.

Los instrumentos usados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si éste ha superado los 140dB, deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos. Si se tiene un sonómetro con ponderación frecuencial A y características ‘IMPULSE’ podrá considerarse que el nivel de pico no ha sobrepasado los 140dB cuando el L_{pA} no ha sobrepasado los 130dBA.

A la hora de hablar de la metodología de evaluación es importante hablar del ciclo de trabajo también.

- Ciclo de trabajo:

Si la exposición de trabajador al ruido se ajusta a un ciclo determinado, las mediciones deben ser representativas de un número entero de ciclos.

Cuando el ciclo esté compuesto por subciclos, y éstos correspondan a tipos de ruido diferentes, se obtendrán los diferentes $L_{Aeq,T}$ según lo indicado anteriormente.

Los diferentes $L_{Aeq,Ti}$ representativos de los distintos subciclos (i) conducen al $L_{Aeq,T}$ mediante la siguiente expresión:

$$L_{Aeq,T} = 10 \log (1/T) \sum_i T_i 10^{0.1 L_{Aeq,Ti}} \quad (1)$$

Siendo, T: tiempo total de ciclo

i: número de subciclos

Ti: tiempo de cada subciclo

Este $L_{Aeq,T}$ cuando la jornada laboral coincida con el tiempo de exposición al ruido. Si en dicha jornada laboral existen intervalos de no exposición al ruido el nivel diario equivalente vendrá dado por la ecuación:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \log (T'/8) \quad (2)$$

Siendo, T' el tiempo de exposición al ruido en horas/día.

Cuando no sea posibles establecer dichos subciclos, se utilizará el método correspondiente al ruido aleatorio.

A continuación se muestra las medidas que se deberían tomar en un puesto de trabajo de un pulidor con las siguientes características:

PUESTO DE TRABAJO DE UN PULIDOR

La jornada laboral está compuesta por ciclos de 85 minutos que se distribuyen tal así:

70 minutos → Pulido de piezas

10 minutos → Limpieza de piezas con aire comprimido

5 minutos → Transporte de piezas

Duración totales de 7.5 horas con una pausa de 30 minutos no hay exposición al ruido.

Una vez realizado un estudio previo se ha llegado a unas conclusiones:

- *Durante el pulido de piezas el ruido es periódico.*
- *Durante la limpieza de piezas con aire comprimido el ruido generado es de tipo aleatorio.*
- *Durante el transporte de piezas el trabajador está expuesto al ruido de fondo de la nave que se considera estable.*

Tras el estudio previo se realizan mediciones con un sonómetro integrador-promediador utilizando la siguiente metodología:

- *Pulido de piezas*

Se efectuaron cinco mediciones del nivel equivalente correspondiente al ruido generado por sendas piezas. Datos obtenidos:

95; 93; 91; 93;

por tanto, $L_{Aeq,T1} = 93$ dBA.

- *Limpieza de piezas con aire comprimido*

Como es un ruido aleatorio se efectúa una medición del nivel equivalente durante todo el subciclo y se obtiene:

$L_{Aeq,T2} = 100$ dBA.

- *Transporte de piezas*

Se realizan tres mediciones del nivel equivalente obteniendo:

$L_{Aeq,T3} = 80$ dBA.

Mediante la expresión (1) se obtiene: $L_{Aeq,T} = 94.5$ dBA

y mediante la expresión (2): $L_{Aeq,d} = 94.2$ dBA

- Muestreo de ciclos de trabajo:

Los niveles de ruido varían de un ciclo a otro a causa de fluctuaciones de variables no controladas y es por ello que siempre puede hacerse una estimación del $L_{Aeq,d}$ así como un intervalo de confianza alrededor del valor. Esa metodología se explica a continuación.

- Evaluación del $L_{Aeq,d}$ por muestreo

Como se ha dicho este método permite estimar el valor probable de $L_{Aeq,d}$ así como el intervalo de confianza alrededor del valor.

- Elección del momento de la medición:

Para este método las mediciones deben tomarse de forma aleatoria en el tiempo. Si se pretende obtener el nivel equivalente de diferentes ciclos de trabajo, la elección de los ciclos en los que efectuar las mediciones se lleva a cabo mediante al utilización de una tabla de números aleatorios.

Si el periodo en el cual el ruido es aleatorio no corresponde a la totalidad de la jornada laboral, sino que se trata de un subciclo de trabajo, habrá que elegir también de forma aleatoria el momento de la medición.

En caso en que el ruido aleatorio sea durante toda la exposición del trabajador, la siguiente tabla proporciona directamente el día y la hora de la jornada en que se debe efectuar la medición, teniendo en cuenta que la hora de aplicación estará en función de la hora de inicio de la jornada laboral.

VIERNES	3ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	6ª	VIERNES	7ª
LUNES	6ª	MARTES	8ª	MARTES	1ª	MARTES	8ª	MIÉRCOLES	8ª
MIÉRCOLES	2ª	LUNES	8ª	LUNES	6ª	LUNES	3ª	MARTES	2ª
LUNES	8ª	JUEVES	5ª	LUNES	1ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª
LUNES	4ª	LUNES	1ª	LUNES	1ª	VIERNES	7ª	LUNES	1ª
VIERNES	7ª	MARTES	6ª	LUNES	7ª	JUEVES	8ª	JUEVES	8ª
LUNES	8ª	MIÉRCOLES	7ª	MIÉRCOLES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	5ª
VIERNES	5ª	LUNES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	MARTES	8ª
MIÉRCOLES	5ª	LUNES	2ª	MARTES	8ª	MARTES	6ª	MARTES	7ª
VIERNES	3ª	JUEVES	4ª	LUNES	6ª	MARTES	6ª	VIERNES	2ª
MIÉRCOLES	4ª	MARTES	3ª	MARTES	8ª	JUEVES	1ª	MIÉRCOLES	1ª
MIÉRCOLES	7ª	JUEVES	3ª	VIERNES	4ª	LUNES	1ª	VIERNES	2ª
MARTES	4ª	MARTES	8ª	LUNES	4ª	VIERNES	6ª	MIÉRCOLES	2ª
LUNES	3ª	MARTES	7ª	JUEVES	4ª	MARTES	5ª	MIÉRCOLES	1ª
MARTES	1ª	VIERNES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	5ª	MIÉRCOLES	4ª
MIÉRCOLES	6ª	MIÉRCOLES	1ª	JUEVES	6ª	MIÉRCOLES	1ª	MIÉRCOLES	2ª
VIERNES	6ª	MIÉRCOLES	3ª	MARTES	1ª	MIÉRCOLES	7ª	MARTES	7ª
LUNES	7ª	JUEVES	3ª	LUNES	1ª	MIÉRCOLES	7ª	VIERNES	7ª
LUNES	3ª	VIERNES	4ª	MARTES	4ª	MIÉRCOLES	1ª	LUNES	3ª
MARTES	3ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	6ª	MARTES	2ª	MARTES	1ª
MARTES	1ª	MIÉRCOLES	6ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	1ª	MIÉRCOLES	7ª
MIÉRCOLES	2ª	LUNES	1ª	MIÉRCOLES	8ª	MARTES	6ª	LUNES	6ª
MIÉRCOLES	6ª	MARTES	3ª	LUNES	3ª	LUNES	5ª	LUNES	3ª
MARTES	7ª	MARTES	1ª	LUNES	3ª	VIERNES	1ª	MIÉRCOLES	1ª
LUNES	5ª	MIÉRCOLES	2ª	MARTES	5ª	JUEVES	2ª	MIÉRCOLES	4ª
MIÉRCOLES	2ª	MARTES	5ª	MARTES	3ª	LUNES	5ª	MARTES	6ª
LUNES	5ª	VIERNES	5ª	MIÉRCOLES	2ª	MARTES	3ª	MARTES	6ª
LUNES	8ª	LUNES	1ª	LUNES	7ª	VIERNES	2ª	MIÉRCOLES	7ª
MARTES	1ª	LUNES	7ª	MIÉRCOLES	5ª	LUNES	6ª	JUEVES	4ª
MARTES	8ª	VIERNES	2ª	MIÉRCOLES	3ª	MIÉRCOLES	8ª	MARTES	2ª

La metodología que se usa es la siguiente:

1. Se elige arbitrariamente en la tabla una posición de partida.
2. El resultado obtenido proporciona la información del día de la semana y la hora de la jornada laboral en que se debe hacer la medición.
3. Se sigue leyendo la tabla hacia abajo, utilizando el mismo método para cada dato que se encuentre, hasta obtener el número de muestras convenientes.

Si se retoma el ejemplo anterior del puesto de trabajo de un pulidor:

Se supone que el trabajador del puesto de pulido tiene un horario de trabajo de 7 a 15 horas .

1. *Se escoge en la tabla anterior una posición de partida de forma totalmente arbitraria.*

Ejem. Primer dato de la tercera columna: viernes 4ª hora

2. *El resultado obtenido indica que se debe hacer la primera medición el viernes a la 4ª hora de la jornada laboral. Es decir, si el horario es de 7 a 15 horas, se realizará la medida a las 10 horas.*
3. *La siguiente medición se realiza a partir de del dato posterior.*

Ejem. Martes 1ª hora → el primer martes, después de la primera medición, a las 7 horas.

4. *Así, la tercera medición se realiza a partir del dato posterior.*

Ejem. Lunes 6ª hora

5. *Y así sucesivamente hasta obtener el número de mediciones necesarias.*

- Estimación estadística de $L_{Aeq,d}$:

Se parte de la hipótesis de que al exposición al ruido durante un periodo largo de trabajo (ejem. varios años) sigue una distribución normal, siendo su media $L_{Aeq,d}$.

Según esta hipótesis, la estimación de la distribución normal se realizaría, utilizando una distribución 't' de Student convencional.

Los pasos a seguir son:

A. Cálculo de la media y la desviación estándar.

Sea, L_i : nivel de L_{Aeq} de la muestra ($i = 1, 2, \dots, n$)

Aplicando la fórmula (3) se obtiene la estimación del nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A:

$$L_{Aeq,d} = 91 \text{ dBA.}$$

SI se calcula la desviación estándar usando la fórmula (4):

$$S_L = 2.5 \text{ dB.}$$

La lectura de al tabla anterior, para la S_L calculada y una $n = 5$ da un límite de confianza al 95% igual a 3.

Como el intervalo de confianza es superior a 2, se deben hacer sucesivas mediciones. Una sexta medición, de al misma forma aleatoria ofrece:

$$L_{Aeq} = 90 \text{ dBA} \quad S_L = 2 \text{ dB}$$

$$\text{Intervalo de confianza} = 2 \text{ dB}$$

Siendo el resultado de la medición:

$$L_{Aeq,d} = 91 \pm 2 \text{ dBA}$$

Si las medidas se han realizado con un instrumento de “tipo 2”, la incertidumbre debida al instrumento será de $\pm 1 \text{ dBA}$, siendo la global, entonces, de 3 dBA. El resultado global de la medición, por tanto:

$$L_{Aeq,d} = 91 \pm 3 \text{ dBA}$$

EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN AL RUIDO...

Trabajos tipo no industrial

El ruido, aun a niveles alejados de los que producen daños auditivos, puede dar lugar a otros efectos como son: alteraciones fisiológicas, distracciones, interferencias en la comunicación o alteraciones psicológicas. Estos efectos son difíciles de valorar y en trabajos de tipo no industria, como pueden ser las oficinas, donde se centra este punto. Cualquier evaluación de la exposición al ruido debería comenzar por conocer el grado de molestia expresado por los trabajadores de la oficina. Por eso:

1. Identificación de la fuente de ruido crítica (en este punto los trabajadores son las principales fuentes de información).
2. Determinar que aspectos hacen que un ruido sea considerado molesto.

A continuación se va a analizar en profundidad cada uno de los apartados y otros también.

- Fuentes de ruido

En cualquier sitio existe ruido que llega hasta las personas desde varias fuentes y a través de varias vías. El ruido emitido por una fuente se propaga en todas las direcciones y, en su camino puede:

- Llegar directamente al receptor.
- Ser parcialmente absorbido.
- Transmitirse.
- Y/o reflejarse por los obstáculos que se encuentra en su camino.

El nivel de presión sonora que existe en un recinto depende de las fuentes de ruido y de las características acústicas y geométricas del local.

En una reflexión una fracción de la energía acústica es siempre absorbida, lo que disminuye la cantidad reflejada. Esta fracción se conoce como el coeficiente de absorción del sonido α . Valores comunes:

- Despachos amplios con poco mobiliario: $\alpha = 0.15$
- Locales tranquilos con muchas superficies absorbentes: $\alpha = 0.4$

El nivel global del ruido llega al receptor directamente y después de haberse reflejado.

En general se pueden considerar cuatro fuentes de ruido:

- Ruido exterior

Entre las fuentes de ruido exteriores, la más importante es el tráfico rodado. La potencia de la fuente sonora es proporcional a la densidad del tráfico y a la velocidad de circulación y, si el entorno es urbano, la existencia de edificios a ambos lados de la calle puede aumentar el nivel del sonido debido a las reflexiones que se producen entre las fachadas de los edificios. Otras fuentes de ruido exterior son: el tráfico aéreo, las obras públicas o las actividades comunitarias (espectáculos, manifestaciones, etc.).

- Ruido de las instalaciones del edificio

Las instalaciones del edificio que se pueden considerar fuentes de ruido son: los ascensores, las conducciones de agua, la instalación lumínica; pero sobre todo el sistema de ventilación y climatización.

El ruido en los sistemas de ventilación se puede clasificar en tres categorías principales:

- El ruido mecánico de las partes en rotación del ventilador, cojinetes, correas, etc., así como de piezas poco rígidas o mal montadas. El ruido mecánico se propaga a través de los conductos o de la estructura del edificio a las paredes y techos, y de allí al aire.
- El ruido producido por los torbellinos de aire debido a defectos aerodinámicos en el diseño de los ventiladores. Este tipo de ruido también se genera en el choque del aire con las rejillas de salida, los codos o las baterías de climatización.
- El ruido de rotación que es producido por los ventiladores y proviene del trabajo efectuado por la hélice sobre el aire. El ruido de rotación se caracteriza porque toda la energía está concentrada en tonos puros.

- Ruido de los equipos de oficina

Entre estos equipos se incluyen las impresoras, el teléfono, los ordenadores o las fotocopadoras. Los niveles de ruido medidos varían dependiendo de su funcionamiento y de sus características, por ejemplo, las

impresoras láser emiten un ruido apenas medible, mientras que las máquinas de escribir o las impresoras matriciales pueden generar niveles de 70 dBA.

- Ruido producido por las personas

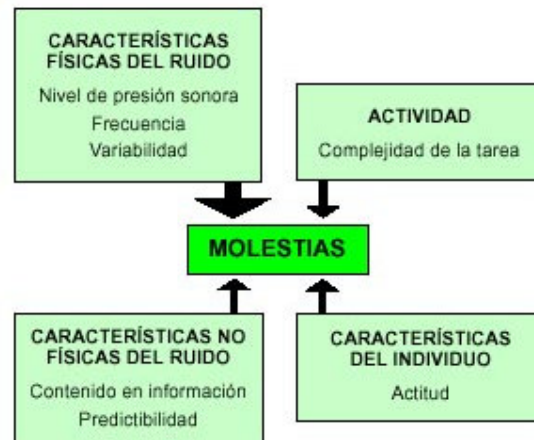
Uno de los aspectos que más molestias ocasionan son las conversaciones, sobre todo en las que no se está directamente implicado, pero que resultan inteligibles.

Otras fuentes de ruido son el movimiento de las personas o sus actividades (grapar, dar golpes, etc.).

- Respuesta subjetiva de ruido

El ruido provoca una gran variedad de efectos, lo que hace difícil predecir el grado de molestia causado por un ruido a un grupo de personas.

La siguiente figura muestra la relación entre cuatro clases de variables que influyen en el grado de molestia.



- Nivel de presión sonora

En general, el nivel de presión sonora es el elemento que determina las molestias cuando se trata de una fuente de ruido considerada crítica.

Al evaluar el nivel de aceptabilidad del ruido generado por una fuente, éste debe ser relacionado con el ruido de fondo existente.

Los estudios para conocer el grado de dependencia entre el nivel de presión sonora y la respuesta de molestia se realizan, en su mayor parte, con fuentes individuales de ruido. Los resultados no permiten establecer un nivel de ruido aceptable para una oficina, aunque existe cierto consenso en

considerar que cuando el nivel de ruido excede de 50 dBA se produce un incremento notable de las quejas.

No hay estudios sobre la relación entre la molestia causada por fuentes individuales de ruido y la molestia global en los puestos de trabajo. Algunos estudios han demostrado que la molestia global es igual a la molestia máxima causada por una fuente de ruido cuando las demás causan bastantes menos molestias. Por esta razón es recomendable buscar siempre la fuente crítica y actuar sobre ella. En algunos casos, cuando las diversas fuentes se consideran igualmente molestas, ocurre un cierto efecto sumatorio de molestias, lo que hace que el nivel global de ruido sea el factor que se debe tener en cuenta a la hora de tomar medidas contra el ruido.

- Frecuencia

Las curvas de igual sonoridad describen las distintas sensibilidades auditivas del hombre frente a los sonidos de diferentes frecuencias. La máxima sensibilidad se encuentra entre 500 y 5.000 Hz. La sensibilidad decrece rápidamente en los extremos del espectro de frecuencias.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es la presencia de tonos puros, que son comunes en el ruido generado por las máquinas de oficina. Está comprobado en repetidas ocasiones que estos tonos puros son más molestos cuando son audibles y también está comprobado que la molestia es mayor cuando estos tonos se producen en las frecuencias más altas.

- Variación temporal

Hay varios estudios que demuestran que un ruido muy variable en el tiempo aumenta el grado de malestar. Algunos autores dicen que la desviación estándar del nivel de ruido es mejor predictor del grado de molestia que el nivel equivalente de ruido.

- Contenido en información

Cuanto mayor sea el contenido en información no deseada de un ruido, éste se percibirá como más molesto.

Algunos sonidos distintos de las conversaciones también pueden contener información, por ejemplo, pueden informar de que algo va mal en una máquina, o ir asociados a sucesos tanto agradables como desagradables.

- Predictibilidad de un ruido

En teoría, cualquier factor que puede provocar estrés tiene un efecto menor si se puede predecir y controlar, ya que permite, por una parte, estar preparado para el evento y, por otra parte, tener períodos de relajación. Aplicado al ruido, éste debería causar menos molestias cuanto más predecible fuera.

- Actitud

La respuesta al ruido está influenciada por la actitud de las personas frente a las fuentes de ruido. Cuando por alguna razón se está a disgusto en o con el trabajo, cualquier ruido generado por él será percibido como más molesto.

- Actividad

El grado de molestia depende de la tarea; es cierto que un ruido es más molesto cuanto más interfiere en la tarea y cuanto más compleja sea ésta.

- Valoración del confort acústico

Para conocer y valorar el malestar de una persona o de un colectivo frente al ruido, sería necesario crear una escala que relacionara la respuesta subjetiva de las personas con los valores que alcanzan las características físicas del ruido.

A continuación se analizan brevemente los diferentes índices de valoración de ruido y su aplicabilidad a la valoración de las molestias producidas por el ruido.

- Nivel de presión sonora

Es el nivel de presión sonora sin ponderar en todo el rango de frecuencias audibles (20 a 20.000 Hz).

Representa el valor instantáneo del nivel de presión sonora. Este índice no proporciona información sobre la variabilidad del ruido, ni sobre su composición espectral.

- Nivel de presión sonora ponderado A

Son los valores de presión acústica en todo el rango de frecuencias a los que se aplica la curva de ponderación A para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

De la misma forma que el anterior, este índice sólo proporciona información sobre el nivel de presión sonora.

- Nivel sonoro continuo equivalente

Es el nivel en dBA de un ruido de nivel constante hipotético correspondiente a la misma cantidad de energía sonora que el ruido real considerado, durante un período de tiempo T.

$$L_{Aeq} = 10 \log [1/T \cdot (\sum T_i \cdot 10^{L_i/10})]$$

donde:

L_i = Nivel de presión sonora (dBA) en el período ‘i’

T_i = Duración del período ‘i’

T= Período de tiempo total

En la siguiente tabla se muestran los niveles sonoros continuos equivalentes de ruido aéreo, que se recomienda no sobrepasar en los locales.

TIPO DE EDIFICIO	LOCAL	L_{Aeq} (dBA) (8 - 22 h)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	40
	Servicios	50
	Zonas comunes	50
Administrativo y de oficinas	Despachos profesional.	40
	Oficinas	45
	Zonas comunes	50
Sanitario	Zonas de estancia	45
	Dormitorios	30
	Zonas comunes	50
Docente	Aulas	40
	Salas de lectura	35
	Zonas comunes	50

- Nivel sonoro diario equivalente

Es el índice utilizado para la valoración de la exposición al ruido y que figura en la norma sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido. Está definido por la ecuación:

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 T/8$$

donde:

T = duración diaria de la exposición (en horas)

$L_{Aeq,T}$ = Nivel de presión sonora equivalente en el período de tiempo T (dBA)

Este índice proporciona información sobre el nivel de exposición al ruido del trabajador. Es útil para valorar el riesgo de pérdida de la capacidad auditiva, pero no da información sobre otras características del ruido.

- Nivel de interferencia conversacional (PSIL)

Con este método se valora la capacidad de un ruido estable de interferir en la conversación entre dos personas en un entorno libre de superficies reflectantes que pudieran reforzar las voces de las personas.

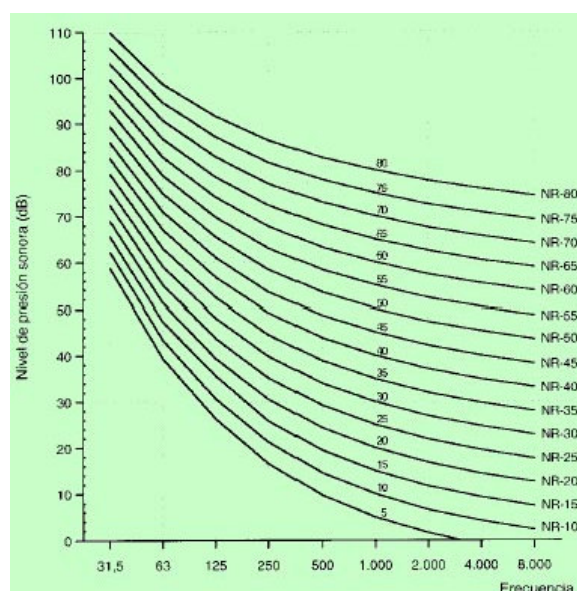
El índice PSIL es la media aritmética de los niveles de presión sonora en las bandas de octava con centro en 500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. El índice proporciona las distancias máximas a las que se puede mantener una conversación inteligible, con voz normal o con voz muy alta en función de los diferentes valores obtenidos del índice PSIL (ver tabla de abajo). Este método está recogido en la norma ISO 3352/74. Este método es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

PSIL (dB)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación normal (m)	Distancia máxima a la que se considera satisfactoriamente inteligible una conversación en voz muy alta (m)
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

○ Curvas de valoración NR (Noise Rating)

Estas curvas establecen límites aceptables de confortabilidad en diferentes espacios en los que existen unos niveles de ruido de fondo estables. El método permite asignar al espectro de frecuencias de un ruido, medido en bandas de octava, un solo número NR (según el método recogido en las normas ISO R-1996 y UNE 74-022), que corresponde a la curva que queda por encima de los puntos que representan los niveles obtenidos en cada banda del ruido medido.

En la siguiente figura se muestran las curvas NR de evaluación de ruido y en la tabla figuran los valores recomendados del índice de NR para diferentes locales.



Tipos de recintos	Rango de niveles NR que pueden aceptarse
Talleres	60-70
Oficinas mecanizadas	50-55
Gimnasios, salas de deporte, piscinas	40-50
Restaurantes, bares y cafeterías	35-45
Despachos, bibliotecas, salas de justicia	30-40
Cines, hospitales, iglesias, pequeñas salas de conferencias	25-35
Aulas, estudios de televisión, grandes salas de conferencias	20-30
Salas de concierto, teatros	20-25
Clínicas, recintos para audiometrías	10-20

Este método, al igual que otros índices similares como son las curvas NC o PNC, es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

○ Tiempo de reverberación (T_r)

El tiempo de reverberación para una frecuencia dada es el tiempo, en segundos, necesario para que después de que cese la emisión de ruido, el nivel de presión sonora disminuya 60 dB.

El tiempo de reverberación es un índice útil para la evaluación de la “calidad acústica” de un local. Los locales con superficies muy reflectantes presentan tiempos de reverberación elevados, lo que implica dificultades en la comunicación.

En la tabla de abajo se recogen los tiempos de reverberación recomendados, para distintos locales habitables de diversos tipos de edificios.

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	≤ 1
	Dormitorios	≤ 1
	Servicios	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Administrativo y de oficinas	Despachos	≤ 1
	Oficinas	≤ 1
	Zonas comunes	$\leq 1,5$
Sanitario	Zonas de estancia	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Dormitorios	≤ 1
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2$
Docente	Aulas	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Salas de lectura	$0,8 \leq T \leq 1,5$
	Zonas comunes	$1,5 \leq T \leq 2$

○ Índice de ruido en oficinas (IRO)

El IRO está inspirado en los siguientes índices: nivel de contaminación sonora e índice de ruido de tráfico, utilizados para la valoración del ruido de las fuentes exteriores, en concreto del tráfico rodado. Además de la

información que pueden proporcionar acerca del grado de aislamiento acústico necesario para los edificios, son útiles para la valoración de ruidos generados por distintas fuentes, con distintos espectros y características de emisión. Para su determinación es necesario conocer el nivel de presión sonora y su fluctuación en el tiempo. Esta descripción encaja con el tipo de ruido que existe en las oficinas.

El índice de ruido en oficinas está basado en los resultados obtenidos en un estudio realizado por B. Hay & M. F. Kemp (1972), en nueve oficinas diáfanas con aire acondicionado, en las que trabajaban un total de 624 personas.

Los autores, además de hacer un estudio estadístico del ruido típico de una oficina (conversaciones, teléfonos, tareas, aire acondicionado, etc.), pidieron la opinión sobre el ruido a los ocupantes. Para ello se usaron una escala de satisfacción de valores de siete puntos, siendo el 1 muy satisfactorio y el 7 muy insatisfactorio. Tomaron las respuestas marcadas 5, 6 y 7 para medir los porcentajes de insatisfacción y los relacionaron con los valores de las mediciones realizadas (L_{10} y L_{90}), según la siguiente ecuación:

$$IRO = L_{90} + 2,4 (L^{10} - L_{90}) - 14$$

donde:

L_{10} = el nivel de presión acústica (dBA) que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de observación.

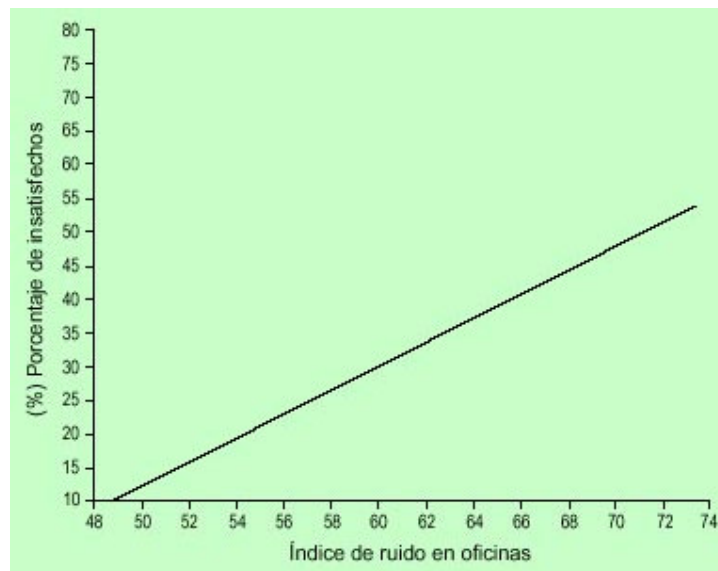
L_{90} = el nivel de presión acústica (dBA) que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de observación.

Las mediciones se llevaron a cabo durante el período normal de trabajo (8,30 a 16,45 horas) que corresponden al ruido total en las oficinas: personas hablando, teléfonos sonando, actividad de trabajo normal, sistema de ventilación y climatización en marcha y el ruido procedente del exterior. En la tabla de abajo se muestran los porcentajes de insatisfechos para diferentes combinaciones de L_{10} y ($L_{10} - L_{90}$).

L_{10} (dBA)	Porcentaje de insatisfechos para los valores ($L_{10} - L_{90}$) (dBA)								
	7	8	9	10	11	12	13	14	15
55	14	17	20	22	25	28	31	34	37
56	16	19	22	24	27	30	33	36	39

57	18	21	23	26	29	32	35	38	40
58	20	23	25	28	31	34	37	40	42
59	22	25	27	30	33	36	39	42	44
60	24	27	29	32	35	38	41	44	46
61	26	29	31	34	37	40	43	46	48
62	28	30	33	36	39	42	45	47	50
63	30	32	35	38	41	44	47	49	52
64	32	34	37	40	43	46	49	51	54
65	34	36	39	42	45	48	51	53	56

En la siguiente figura se muestra la relación entre el porcentaje de insatisfechos y el índice de ruido en oficinas (IRO), el cual confirma la teoría de que la variabilidad del ruido es uno de los factores que mayor incidencia tiene en el grado de malestar manifestado por las personas frente al ruido.



- Medidas de control de ruido

Las medidas de control aplicables siguen los mismos principios preventivos que las que se aplican en la prevención del daño auditivo, es decir, son más eficaces las actuaciones sobre la fuente generadora de ruido que las que se realizan sobre el medio de transmisión del ruido, y éstas, más eficaces que las que se aplican al receptor.

- Ruido exterior

En este caso, la mejor forma de tratar este problema será evitar la transmisión del ruido al interior de los espacios con la selección apropiada de los materiales de construcción, el diseño del aislamiento y, en especial, la selección del tipo de ventanas.

- Ruido de las instalaciones

Es posible conseguir una reducción del ruido procedente del sistema de ventilación y climatización aplicando medidas tales como estas para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura:

- El uso de conexiones aislantes en los conductos.
- El encamisado de los conductos con materiales absorbentes de ruido.
- La instalación de silenciadores en los conductos.
- El uso de elementos antivibratorios o
- El uso de bloques de inercia.
- La modificación del tamaño o modelo de los difusores y las rejillas de retorno del aire.

En términos generales, el ruido del sistema de ventilación en las oficinas no debería superar los 35 dBA; cuando la tarea exija un alto grado de concentración, los niveles recomendados son de 30 dBA.

- Ruido de los equipos de trabajo

En muchos casos es posible solucionar el problema sustituyendo los equipos por otros que emitan menos ruido. También es posible evitar la transmisión del ruido encerrando la fuente de ruido, por ejemplo, utilizando carcasas recubiertas de material absorbente para impresoras, o aislando la fuente, por ejemplo, reuniendo las impresoras en un local especial en el que no haya personas de forma habitual.

- Ruido de las personas

El principal aspecto generador de molestias son las conversaciones, en particular cuando éstas son inteligibles.

En los despachos es posible garantizar la reducción del ruido de las conversaciones de las áreas adyacentes mediante la insonorización del local.

En oficinas de tipo abierto, las medidas deben estar dirigidas al control de la propagación del ruido, esto se puede conseguir mediante el tratamiento acústico del techo, paredes y suelos.

En estos espacios se puede lograr una mejora adicional apantallando los espacios. El grado de reducción del ruido al otro lado de la pantalla depende de la distancia entre la pantalla y la persona que habla y las características de la pantalla, el tamaño, la absorción y la transmisión de ruido. Cuanto mayor sea su superficie y su absorción acústica, cuanto más próxima esté a la persona que habla y cuanto menores sean las aberturas entre las pantallas y el suelo, mejor será el efecto atenuante de las mismas.

TÉCNICAS PREVENTIVAS

Protectores auditivos

El objetivo es determinar la atenuación global, en dBA, que se puede conseguir con el uso de un Protector Auditivo Homologado según la Norma Técnica Reglamentaria MT-2.

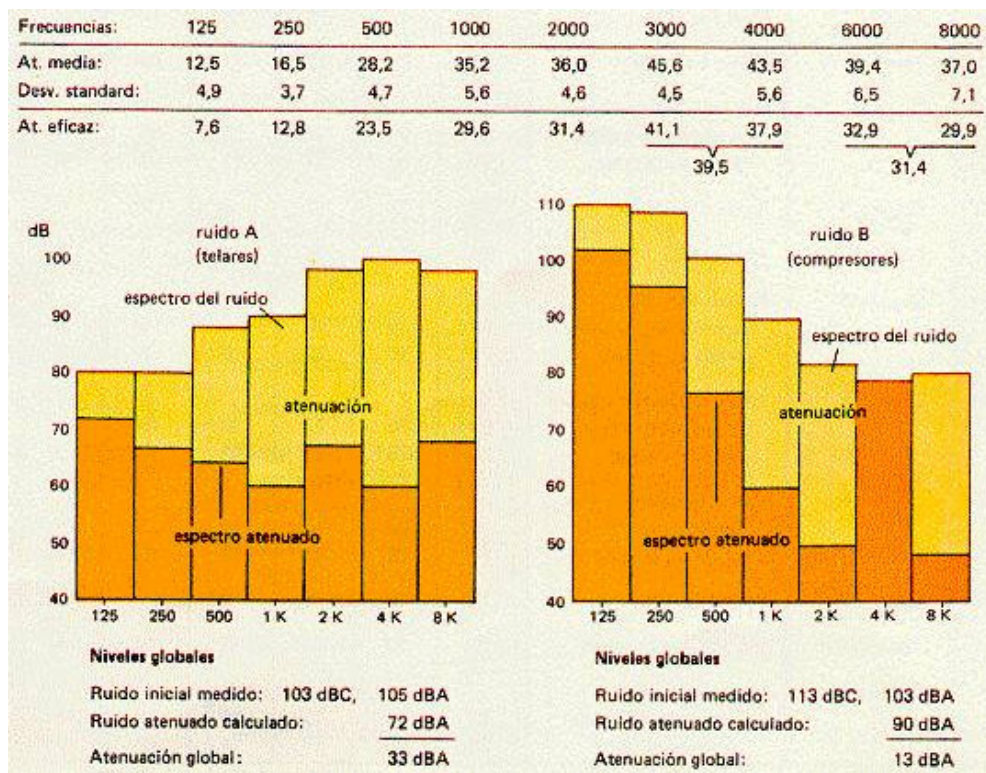
- Cálculo de la atenuación global conseguida por protector auditivo

El método de cálculo clásico se basa en el conocimiento de dos conjuntos de datos, a saber:

- el espectro del ruido medido en bandas de octava
- y la atenuación del protector auditivo en las frecuencias centrales de cada banda de octava.

A continuación se muestran dos ejemplos de cálculo de la atenuación conseguida por un mismo protector frente a dos ruidos distintos, donde se aprecia como aquélla puede variar en un amplio margen (entre 13 y 33 dBA) en función de la "forma" del espectro del ruido.

Atenuación frente a dos ruidos distintos



- Estimación de la forma del espectro de un ruido industrial

La medición de los niveles sonoros de un ruido en las diferentes bandas de octava requiere el uso de un analizador adecuado, pero en el caso de ruidos de espectro continuo, como son los que normalmente se presentan en la industria, J. H. Bostford mostró que la diferencia de los niveles sonoros globales medidos con escalas de ponderación C y A, es decir, la diferencia (dBC-dBA) se correlaciona bien con la forma del espectro del ruido.

En consecuencia, dos ruidos cuya diferencia (dBC-dBA) sea igual tendrán una forma de espectro similar, y por tanto la atenuación global de un protector auditivo frente a ambos será prácticamente la misma.

Los valores del nivel global de un ruido medido con las escalas C y A es sencilla de realizar, ya que un sonómetro normal que cumpla la norma ANSI S 1.4-1871 dispone de ambas escalas de ponderación. La diferencia (dBC-dBA) es una medida de la característica tonal de un ruido de espectro continuo, y en la práctica varía entre:

- -2dB para ruidos muy agudos
- hasta +10 / +12 dB para ruidos muy graves.

- Método seguido

Para calcular la correlación existente entre la atenuación global de un protector auditivo y el valor (dBC-dBA) del ruido se ha trabajado sobre una muestra de 100 espectros de ruidos industriales seleccionada por el NIOSH, calculando la atenuación del protector frente a cada ruido y representando gráficamente los valores de la atenuación en dBA frente a los valores de (dBC-dBA).

A este conjunto de 100 puntos se ha ajustado una parábola por el método de los mínimos cuadrados, siendo esta causa la relación existente entre la atenuación global en dBA ofrecida por el protector y el valor (dBC-dBA) del ruido. El proceso se ha efectuado con todos los protectores homologados hasta noviembre de 1981 y los resultados se presentan en la tabla que se muestra más abajo.

A fin de introducir un factor de seguridad en los resultados, los datos de atenuación del protector utilizados en los cálculos han sido el valor medio, disminuido en el valor de la desviación estándar, y como resultado del ajuste de la parábola se ha tomado la línea media menos dos veces la desviación residual resultante después de realizar el ajuste.

Así pues, el significado físico de los valores de la tabla muestran la atenuación mínima (en dBA) esperable de un protector auditivo homologado según la norma MT-2 cuando se utiliza frente a un ruido cuyo valor (dBC-dBA) se especifica.

Nº Homol.	Clase	Marca y Modelo	Diferencia dBC - dBA del ruido						
			- 2	0	2	4	6	8	10
14	Orejera C	MSA - Noisefoe M.IV arnés sobre cabeza	28	23	19	15	13	11	10
		arnés en la nuca	26	21	17	14	11	9	9
22	Tapón C	JIM - Super A.1	26	23	20	17	16	15	14
23	Orejera A	Climax 11	32	27	22	19	16	14	12
24	Orejera A y C	Climax 12 arnés sobre la cabeza	33	29	25	21	19	17	15
		arnés en la nuca	30	25	20	17	14	12	12
25	Tapón C	Mahe Prot 4552 H	24	21	19	17	16	15	15
26	Tapón C	Mahe Prot 4553 H	24	21	19	17	16	15	15
29	Orejera D	A. Optical 1275	21	15	10	6	4	2	2
45	Orejera C	Welsh 4530 arnés sobre cabeza	25	21	17	14	12	10	8
		arnés en la nuca	24	20	18	15	13	11	9
53	Orejera C	Mahe Prot 4531 arnés sobre cabeza	23	20	17	14	12	10	8
		arnés en la nuca	22	19	16	13	11	9	7
62	Tapón C	3 M 8773	19	16	14	13	13	13	13
74	Orejera A	Mahe Prot 4531 V arnés sobre cabeza	29	26	24	21	18	16	13
		arnés en la nuca	30	27	25	22	19	17	15
89	Tapón C	EAR 897	24	20	17	14	13	13	13
94	Orejera C	VE/negro	23	19	16	13	10	9	7
95	Tapón C	MSA ACCU-FIT	24	21	18	16	15	14	14
96	Tapón C	MSA Ear Defender	20	17	15	13	12	12	12
102	Tapón C	Sigma E Com-Fit	27	24	23	21	20	19	19
121	Orejera C	Protector EMLU-47 arnés sobre cabeza	26	21	16	13	10	8	7
		arnés en la nuca	23	18	14	11	8	6	5
129	Orejera D	Protector EM-62	23	17	12	8	6	4	3
131	Orejera C	Riwosa 802	22	18	14	11	8	6	4
134	Orejera D	Riwosa 902 N arnés sobre la cabeza	21	15	10	7	4	3	3
		arnés en la nuca	21	16	12	9	6	5	4
138	Orejera A	EXEL OY Silenta Super arnés sobre cabeza	28	26	23	20	18	15	12
		arnés en la nuca	28	25	22	19	18	13	10
142	Orejera A	EXEL OY Silenta Pop. arnés sobre cabeza	28	23	18	15	13	11	10
		arnés en la nuca	30	25	21	18	15	13	13
143	Orejera D	Vencedor 150	17	16	15	13	11	9	7
161	Tapón C	NAVESA Nohisent	25	20	17	15	14	14	14
237	Orejera C	Medop Song I arnés sobre cabeza	27	23	19	16	14	12	10
		arnés en la nuca	24	20	17	14	12	10	9

Nº Homol.	Clase	Marca y Modelo	Diferencia dBC - dBA del ruido						
			-2	0	2	4	6	8	10
249	Tapón C	Medop Song	23	19	16	14	14	14	14
251	Orejera C	Medop Song II	24	20	16	13	11	9	9
263	Orejera C	Medop Song IV arnés sobre cabeza arnés en la nuca	25 24	20 18	15 14	12 11	10 9	8 7	8 7
264	Orejera C	Medop Song I A arnés sobre cabeza arnés en la nuca	26 23	21 19	17 16	13 13	11 11	9 9	8 8
273	Orejera C	Medop Song V	23	18	14	11	9	7	6
280	Orejera D	Torres INSOREX arnés sobre cabeza arnés en la nuca	24 24	18 19	13 15	10 11	7 9	6 7	6 6
295	Orejera D	Protector EMLU-60 arnés sobre cabeza arnés en la nuca	24 23	19 18	15 14	11 11	8 8	6 6	5 5
345	Orejera A	Pertynsa GN-951 arnés sobre la cabeza arnés en la nuca	30 28	25 25	21 21	18 18	15 16	13 13	12 11
350	Orejera C	Pertynsa GN-900 arnés sobre cabeza arnés en la nuca	24 23	20 19	17 15	14 12	11 9	8 7	6 6
351	Orejera D	BM, Seguridad BM	21	16	11	8	5	4	3
366	Orejera D	Riwosa 930 arnés sobre cabeza arnés en la nuca	22 22	17 17	13 13	9 9	7 7	6 5	5 5
410	Tapón E	BILSOM Propp.	17	13	10	8	6	6	6
411	Tapón C	Climax 13	22	19	17	15	14	13	13
412	Orejera B	BILSOM UL-2301 arnés sobre cabeza arnés en la nuca	24 24	20 20	17 16	13 13	10 10	8 8	6 6
416	Tapón C	Medop DECI-DAMP	24	21	19	17	16	15	15
417	Tapón E	BILSOM Guata	15	11	8	6	5	5	5
418	Orejera A	Wilson 351-A	27	23	20	17	14	11	9
419	Tapón C	BILSOM Propoplast.	22	18	15	13	11	10	10
433	Tapón C	Wilson SS-EP-100	25	22	20	18	18	18	18
434	Orejera D	Wilson 155-A	17	15	13	10	8	5	2
436	Orejera A	BILSOM NFM	28	22	17	13	10	8	8
468	Tapón C	Pertynsa Quit-line	24	20	18	16	15	15	15
484	Orejera E	Medop Song III	19	15	12	9	7	5	3
485	Orejera D	Maheprot 4526-H	23	17	12	8	5	4	4
511	Tapón C	Intersafe Interdamp	24	21	19	17	16	16	16
557	Orejera D	Medop Song V - F	17	14	12	10	8	7	6
564	Orejera E	Intersafe Nobelsafe	16	13	10	8	5	3	1
566	Orejera E	Intersafe Clip-On	17	14	11	9	6	4	1
567	Orejera D	Medop Song VI	23	18	14	11	8	6	4
568	Orejera D	Medop Song IV-F arnés sobre cabeza arnés en la nuca	19 19	15 15	11 11	8 8	6 6	4 5	4 4
570	Orejera C	MSA Noisefoe IV-F arnés sobre cabeza arnés en la nuca	27 27	21 22	16 17	12 14	9 11	7 9	7 8
652	Tapón C	Medop Silent-P	19	16	13	11	10	10	10
653	Tapón E	Medop M.S. Stop	13	10	8	6	4	3	3
713	Tapón C	Medop Silent Band	22	19	17	15	14	14	14
758	Tapón C	Medop Soft	24	21	19	17	17	17	17

Como ejemplo pueden servir los casos expuestos a continuación:

Los datos de atenuación corresponden al nº 23 homologado.

El ruido de telares tiene un valor:

$$(dBC-dBA) = 103 - 105 = -2,$$

En la tabla se puede leer que la atenuación global de este protector para este ruido será superior a 32 dBA (realmente son 33 dBA).

○ En el segundo caso el valor:

$$(dBC-dBA) \text{ vale } 113 \text{ dBC} - 103 \text{ dBA} = 10$$

En la tabla se lee un valor mínimo de 12 dBA (realmente la atenuación obtenida es de 13 dBA).

TÉCNICAS PREVENTIVAS...

Vigilancia epidemiológica de los trabajadores expuestos

La realización de audiometrías en los reconocimientos médicos en los trabajadores expuestos a ruido, junto con la historia laboral y clínica, es sin duda una prueba complementaria de máxima utilidad para la valoración de la fatiga auditiva, el trauma sonoro y la hipoacusia producida por ruido.

La utilidad de la realización de audiometrías es doble, ya que nos permite realizar una valoración individual y a la vez colectiva de la lesión que sobre el oído humano produce el ruido.

En la realización de audiometrías es importante establecer criterios para su diagnóstico, ya que nos facilitará realizar el seguimiento individual en las diferentes audiometrías practicadas en años sucesivos, la clasificación de la patología en un colectivo de trabajadores expuestos a ruido, así como comparar los resultados de diferentes estudios epidemiológicos en los que se haya utilizado los mismos criterios de clasificación.

El objetivo de esta vigilancia es presentar una metodología en la interpretación y clasificación de las audiometrías practicadas a colectivos de trabajadores expuestos a ruido.

- Historia laboral y clínica

La historia laboral y clínica debe ser detallada.

En cuanto a la historia laboral deben recogerse fundamentalmente los siguientes datos: ocupación actual y anterior, así como los años de exposición a ruido, características del ruido, utilización de protectores auditivos... También es importante conocer si existen o han existido otras fuentes de exposición a ruido de origen no laboral.

En la historia clínica se deben recoger: hábitos (tabaco, alcohol, medicamentos ...), antecedentes otológicos, y síntomas de afectación auditiva (pérdida de audición, acúfenos, vértigo).

- Exploración otológica

Debe realizarse una exploración otológica para descartar la presencia de anomalías en oído externo y tímpano, tales como la presencia de tapones de cerumen, la pérdida de elasticidad del tímpano,... Las pruebas de diapasón tipo Rinne y Weber nos pueden ayudar en el diagnóstico diferencial entre hipoacusia de transmisión y de percepción.

- Práctica de la audiometría

Para una correcta realización de las audiometrías debe realizarse el estudio del umbral de audición de las distintas frecuencias en un ambiente lo más insonorizado posible, ya que podrían confundirse los sonidos emitidos por el audiómetro con los existentes en el ambiente.

En la realización de audiometrías es importante tener en cuenta el reposo auditivo, es decir, el tiempo de no exposición, con el objetivo de descartar las caídas de umbral auditivo reversibles, ya que éstas deben diagnosticarse como fatiga auditiva. No todos los autores señalan las mismas horas de reposo, oscilando entre las 8 y 16 horas. En el protocolo elaborado en el C.N.C.T. se ha seguido el criterio de Sartorelli, que establece que el reposo auditivo debe de ser de 16 horas, ya que normalmente son las horas que median entre exposiciones laborales sucesivas. Para el estudio de la fatiga auditiva se deben practicar el Test de Peyser (post-estimulación) y el Test de Tone Decay (durante la estimulación).

Se debe explorar la transmisión del sonido por vía aérea, así como, por la vía ósea, de cara a establecer el correcto diagnóstico de hipoacusia de transmisión y de percepción.

Las frecuencias que se estudian deben abarcarlas conversaciones (500, 1000, 2000 y 3000 Hz) y las no conversacionales (4000, 6000 y 8000 Hz).

- Valoración y clasificación de las audiometrías

En la clasificación diagnóstica de las audiometrías se ha adoptado la propuesta de Klockhoff que posteriormente fue modificada por la Clínica del Lavoro de Milano que introduce fundamentalmente dos cambios:

- En la clasificación de las hipoacusias introduce la frecuencia 3000 Hz (Klockhoff únicamente valoraba las frecuencias 500, 1000 y 2000 Hz),

- La introducción de la frecuencia de 8000 Hz a fin de tener en cuenta la existencia o no de presbiacusia.

La clasificación de Klockhoff contempla 7 tipos de diagnóstico diferentes:

- normal.
- trauma acústico inicial.
- trauma acústico avanzado.
- hipoacusia leve.
- hipoacusia moderada.
- hipoacusia avanzada.
- otras patologías no debidas a ruido.

La diferencia entre los términos hipoacusia y trauma está en la existencia o no de la pérdida de audición de las frecuencias que abarcan el área conversacional. El cálculo del % de pérdida de audición en el área conversacional se realiza mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Pérdida monoaural o de un oído} = \left(\frac{\text{Suma aritmética de la pérdida en dB en las frecuencias 500, 1000, 2000 y 3000 Hz}}{4} - 25 \right) \times 1,5$$

$$\text{Pérdida binaural, o global de los dos oídos} = \frac{(5 \times \text{pérdida oído mejor}) + \text{pérdida oído peor}}{6}$$

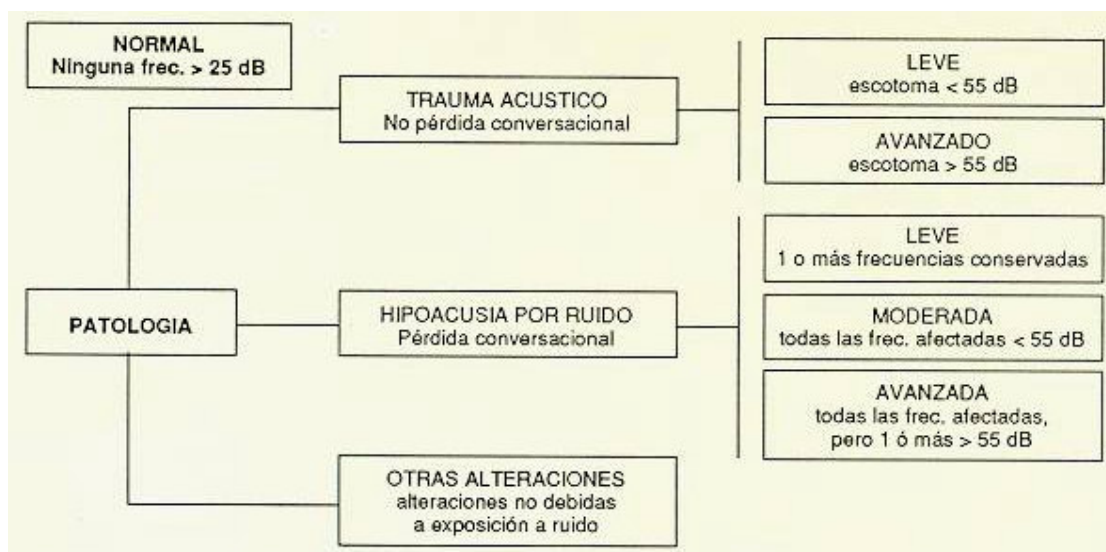
Sistemática a seguir en la clasificación de audiometrías es la siguiente:

1. Establecer si la gráfica es normal o patológica. Se valorará como normal cuando el umbral de audición no sea superior a 25 dB en ninguna frecuencia.
2. En el caso de que sea patológica se debe diagnosticar si la alteración se debe a la exposición a elevados niveles de ruido: diagnóstico que se realiza mediante la historia laboral y clínica, la exploración y la audiometría.
3. Si la audiometría es compatible con exposición a ruido se debe definir si se trata de un trauma acústico (no afectación del área conversacional), o bien de una hipoacusia por ruido (afectación del área conversacional).

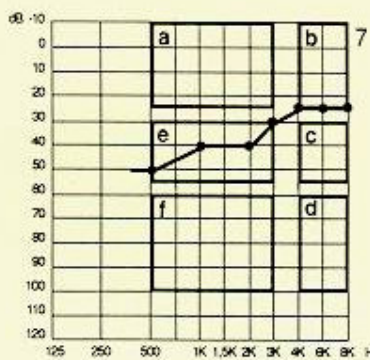
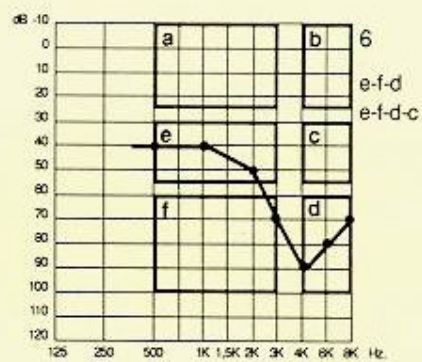
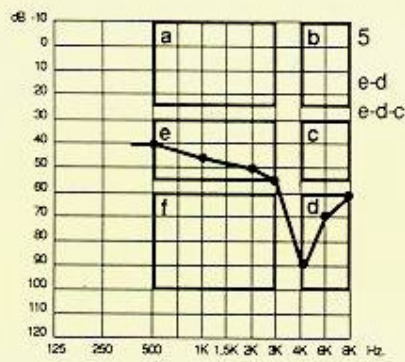
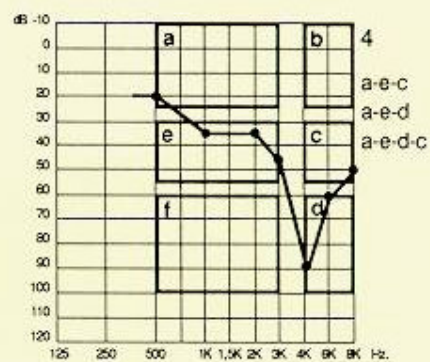
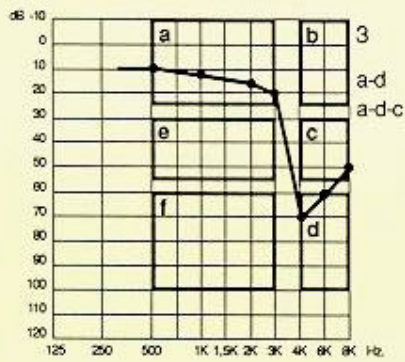
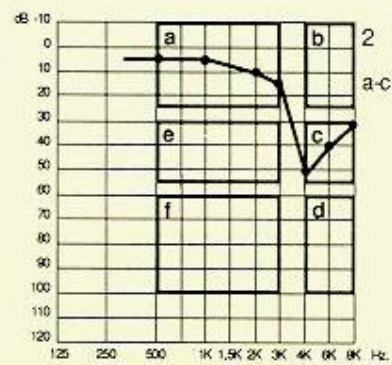
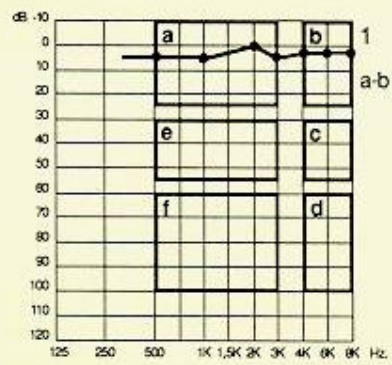
Se debe señalar que para realizar el diagnóstico concluyente de un escotoma auditivo debido a la exposición a ruido, éste debe tener las siguientes características:

- a. Las frecuencias más afectadas deben ser 4000 y/o 6000 Hz.
 - b. En la frecuencia 8000 Hz debe producirse una recuperación, para eliminar los casos de presbiacusia.
4. En el caso de que se trate de un trauma acústico se define como leve cuando el escotoma no supere los 55 dB y como avanzado cuando los supere.
 5. Cuando se trate de una hipoacusia por ruido se debe clasificar en uno de los tres grados siguientes:
 - leve (cuando alguna de las frecuencias conversacionales no está afectada)
 - moderada (cuando están afectadas todas las frecuencias conversacionales, pero ninguna de ellas en más de 55 dB)
 - avanzada (cuando están afectadas todas las frecuencias conversacionales, y como mínimo una de ellas en más de 55 dB).
 6. Como otras alteraciones se clasifican todas aquellas que no sean debidas a exposición a ruido.

En las siguientes figuras se puede observar audiometrías "tipo" de la propuesta de clasificación.



Esquema de clasificación de audiometrías



- 1.- NORMAL
- 2.- TRAUMA ACUSTICO INICIAL
- 3.- TRAUMA ACUSTICO AVANZADO
- 4.- HIPOACUSIA LEVE
- 5.- HIPOACUSIA MODERADA
- 6.- HIPOACUSIA AVANZADA
- 7.- OTRAS ALTERACIONES

EJEMPLO REAL: ITP (Industria de Turbo Propulsores)

Control de emisiones acústicas

○ Objeto

Este procedimiento tiene por objeto la prevención y vigilancia de posibles situaciones de contaminación acústica generada por las distintas actividades de ITP en sus instalaciones de Ajalvir, con el fin de asegurar la debida protección al medio ambiente contra la exposición del ruido.

○ Ámbito de aplicación

Será de aplicación en todos aquellos equipos, maquinaria o actividad que pueda producir contaminación acústica al ambiente exterior sobre los que ITP tenga control o razonablemente pueda tener influencia.

○ Definiciones

- **Contaminación acústica:** Presencia en el ambiente de ruidos, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen o causen perjuicio al medio ambiente.

- **Emisor acústico:** Cualquier infraestructura, equipo, maquinaria, actividad o comportamiento que genere contaminación acústica.

- **Nivel de emisión:** Nivel acústico producido por un emisor acústico.

- **Valor límite de emisión:** Nivel de emisión que no debe ser sobrepasado dentro de un periodo de tiempo y medido con arreglo a unas condiciones previamente establecidas.

- **Ruido continuo-uniforme:** aquel que se manifiesta ininterrumpidamente durante más de 5 minutos y su nivel de presión acústica se mantiene constante, o bien los límites en que varía difieren en menos de 3 dB(A).

- **Ruido continuo-variable:** Igual que el anterior, pero el nivel de presión acústica varía entre unos límites que difieren entre 3 y 6 dB(A).

- **Ruido continuo-fluctuante:** Igual que el anterior, pero el nivel de presión acústica varía entre unos límites que difieren en más de 6 dB(A).

- **Ruido esporádico:** aquel que se manifiesta ininterrumpidamente durante un periodo de tiempo igual o menor de 5 minutos.

- Requisitos

- Responsabilidades

El coordinador de Medio Ambiente será responsable de identificar, con información de cada área, los procesos y actividades potencialmente contaminadoras por ruido, incluyéndolos en el Registro de Aspectos Medioambientales Actuales (según PGM-100-004) y determinará, a partir de esta información, los niveles máximos aceptables.

Ingeniería de Planta tendrá la responsabilidad de, una vez analizados los informes del coordinador de Medio Ambiente, aprobar los niveles máximos aceptables por él propuestos así como acometer las medidas necesarias para atenuar los niveles de emisión que se encuentren fuera de límites aceptables definidos.

- Identificación de actividades potencialmente contaminadoras por ruido

A partir de la evaluación inicial, así como de la información suministrada por cada encargado de Área o Departamento, el coordinador de Medio Ambiente incluirá en el Registro de Aspectos Medioambientales las actividades potencialmente contaminadoras por ruido.

A partir de la información antes mencionada, determinará para cada área, proceso o actividad, los niveles máximos aceptables, que como mínimo serán los especificados por la legislación vigente que resulte de aplicación.

Teniendo en cuenta la legislación existente en la Comunidad Autónoma de Madrid, el coordinador de Medio Ambiente establecerá la necesidad de un control de emisiones acústicas y lo incluirá en el Programa de Seguimiento y Medición.

- Determinación de los niveles de ruido

La determinación del nivel de ruido se realizará y expresará en decibelios, corregidos conforme a la red de ponderación normalizada mediante la curva de referencia tipo (A). Las mediciones de nivel de emisión externo se realizarán teniendo en cuenta las prescripciones siguientes:

- Se desistirá de efectuar mediciones cuando las características climáticas (humedad, temperatura) queden fuera del rango de las condiciones de medida del equipo utilizado.

Igualmente para velocidad del viento superior a 3 m/s se desistirá de la medición.

- En general, para la puesta en estación del equipo y siempre que las características superficiales lo permitan, se colocará el sonómetro a 1.20 m del suelo y a 2 m de distancia de la fuente sonora. Si la fuente es direccional el micrófono se orientará hacia la misma, si es omnidireccional se fijarán tres estaciones a su alrededor, formando ángulos de 120°.

- La característica de medición introducida en el sonómetro dependerá del ruido a medir atendiendo a lo siguiente:

- Ruido continuo-uniforme: Posición del sonómetro, Rápido.
- Ruido continuo-variable: Posición del sonómetro, Lento.
- Ruido continuo-fluctuante: Posición del sonómetro, Lento.
- Ruido esporádico: Posición del sonómetro, Lento.

- El número de registros vendrá dado por el tipo de ruido que nos encontremos.

Si el ruido es continuo uniforme o continuo variable, se efectuarán tres registros con una duración de 15 segundos cada uno y un intervalo de 1 minuto entre cada registro. El valor considerado en cada medición será el máximo nivel instantáneo registrado.

Si el ruido es continuo-fluctuante se efectuará un registro en cada estación de medida con una duración que dependerá de las características del ruido a medir, de modo que el tiempo de observación sea suficientemente representativo y, en general, superior a 15 minutos.

Si el ruido es esporádico se efectuarán tres registros del episodio ruidoso en cada estación de medida. El valor considerado en cada medición será el máximo nivel instantáneo registrado.

Para los cuatro casos anteriores, el nivel de emisión externo vendrá representado por la media aritmética de los tres registros realizados.

Los equipos de medida serán de precisión del tipo 2. Para la clasificación de la precisión de los sonómetros se atenderá a lo establecido por la norma IEC-

651-79. En todos los casos las mediciones quedarán recogidas en el correspondiente informe de medición.

- Determinación de los niveles de ruido por empresa externa

Cuando se utilicen los servicios de una empresa externa para la determinación de los niveles de ruido, se procederá de la forma descrita en el apartado anterior, salvo que se trate de un OCA en materia de medio ambiente con procedimientos propios de inspección.

Se exigirá que los equipos de medida sean de precisión del tipo 2 y para la clasificación de la precisión de los sonómetros, se atenderá a lo establecido por la norma IEC-651-79.

- Valores límite de emisión al ambiente exterior

Con objeto de preservar al medio ambiente exterior, se mantendrán unos niveles de emisión que serán los especificados por la legislación vigente que resulte de aplicación.

Para comprobar el cumplimiento de estos niveles, el coordinador de Medio Ambiente determinará los niveles de emisión conforme a lo establecido en el apartado “Determinación de los niveles de ruido” del presente procedimiento.

- Lista de referencias cruzadas

- Manual de Gestión Medioambiental (MGM-100-446).
- PGM-100-004: Procedimiento de identificación y evaluación de aspectos medioambientales.

EJEMPLO REAL: ITP (Industria de Turbo Propulsores)...

Proyecto de disminución de ruido de una pieza

En el archivo adjunto a este trabajo se muestra un listado de las operaciones ruidosas en ITP. La tabla ofrece datos acerca del tipo de operación, información de la pieza y diferentes medidas y parámetros.

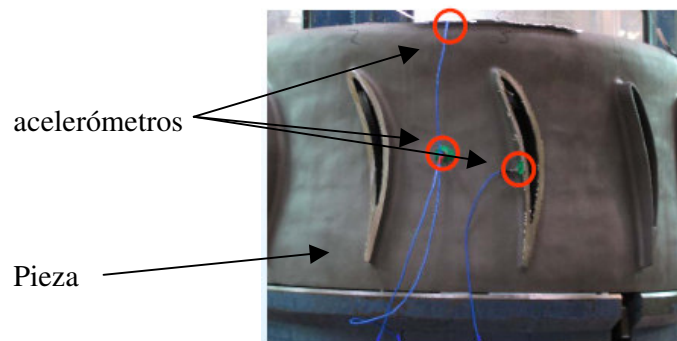
En concreto se va a estudiar la pieza 14004881 del puesto 'PIETRO 5':

- Se trata de una operación de torneado
- El tipo de herramientas que se usa es para metal duro.
- Se realizó una medición inicial del nivel de ruido → 93.1dBA
- Teniendo en cuenta el alto nivel se hizo una propuesta para la disminución de ruido.

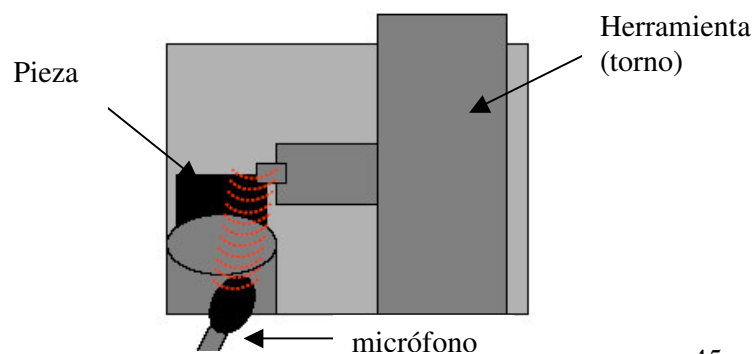
○ PROYECTO DE DISMINUCIÓN DE RUIDO

En la imagen se muestra la pieza sobre la que se van a realizar las medidas. Estas medidas van a ser de dos tipos:

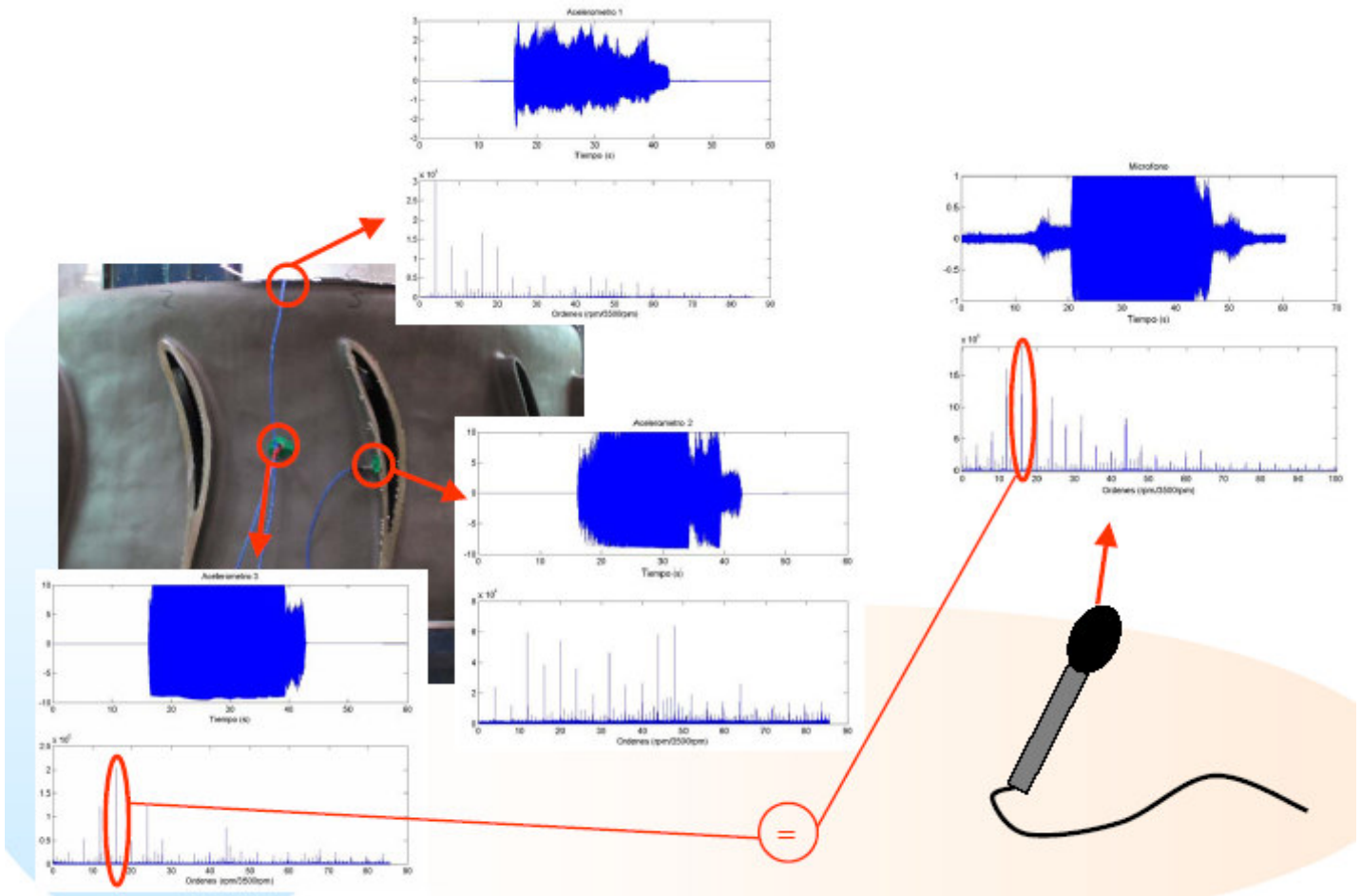
- Se colocan unos acelerómetros en tres zonas para la medición de vibraciones.



- Para la medición del ruido en el interior de la máquina que va a trabajar sobre la pieza, se usa un micrófono.



Una vez realizadas las mediciones se obtuvieron estos resultados.



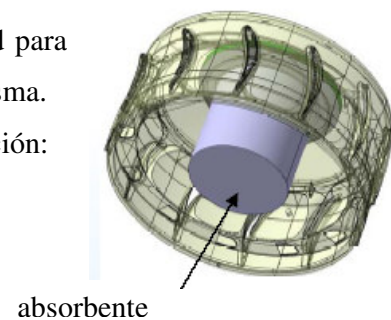
Hay que destacar que la representación de las medidas tomadas no se ha hecho correctamente ya que en los casos de los acelerómetros 2 y 3 y en el micrófono las señales en tiempo están saturadas. Es decir, no se puede ver la amplitud real de la señal porque ha sido cortada.

Si se representado mostrando la amplitud de la señal únicamente hasta el valor permitido, debería haberse indicado.

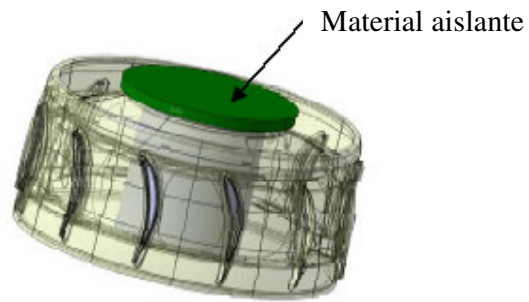
Realizadas y estudiadas las medias tomadas se proponen tres soluciones diferentes:

1. Absorbente en el interior de la cavidad para atenuar la amplificación dentro de la misma.

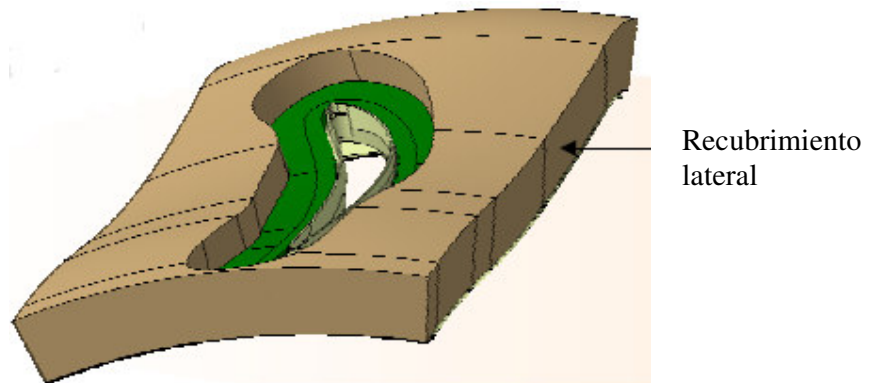
En la siguiente figura se muestra la solución:



2. Tapa de material aislante para atenuar la salida del ruido a la cavidad.



3. Recubrimiento de material aislante para reducir el ruido producido por las vibraciones del lateral de la pieza.



- Tras ejecutar el proyecto de disminución de ruido se realizó una medición final obteniendo el siguiente valor $\rightarrow 77.1\text{dBA}$
- Gracias al proyecto se consigue disminuir el nivel de ruido en 16dB.
- Como propuesta de mejora se propone cambiar el diseño del porta-herramientas, aunque no se ha llevado a cabo tal propuesta.

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

- B.O.E. 2 noviembre 1989, Real Decreto 1316/89
‘Protección de los trabajadores frente a riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo’

- García, Andrés y otros
‘Propuesta de normativa Interna para la medición y evaluación del ruido’
INST., Barcelona 1990 IT8/62.90

- No se pueden revelar las fuentes de información de ITP.