

Figura 9.—Gráfico para combinación de niveles de ruido.

2. Obtendremos la diferencia entre el primero y el segundo.
3. La diferencia obtenida la llevamos a las abscisas de la curva obteniendo en ordenadas el valor que hay que sumar al nivel mayor.
4. Con este nivel-suma, así obtenido, procederemos a realizar el mismo cálculo con el tercer nivel, y así sucesivamente hasta terminar con todos los niveles o hasta que la diferencia entre niveles no pueda ser colocada en abscisas.

Ejemplo:

Efectuando el cálculo anterior, damos los pasos indicados.

1. Ordenamos de mayor a menor los niveles: 101, 101, 100, 99, 97, 91, 84.
2.  $101 - 101 = 0$
3. Colocando en las abscisas de la gráfica el valor 0, obtendremos que en ordenadas le corresponde 3, sumándole este valor al primero, la suma de niveles es:  $101 + 3 = 104$
4. Operando de la misma forma, podemos resumirlo en la Tabla II.

Comparando la suma de niveles gráficamente (106,9 dB), con el resultado obtenido por el método numérico (106,9 dB), podemos observar que la diferencia obtenida por ambos métodos es en este caso del 0 por 100.

TABLA II

Resta niveles	Abcisas gráfica	Ordenadas gráfica	Suma nivel equivalente
104 -100	4	1,50	105,5
105,5- 99	6,5	0,90	106,4
106,4- 97	9,4	0,50	106,9
106,9- 91	15,9	Fuera de rango	—

## TIPOS DE RUIDO

Al comienzo de este capítulo establecíamos los límites de audición entre los 20 y 20.000 Hz.

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

Los autores establecen distintas divisiones de los diferentes tipos de ruido. No obstante, las diferencias son, en la mayoría de los casos, de terminología y no existen fuertes contradicciones entre unas y otras. Nosotros vamos a establecer una división que, en principio, nos parece sencilla y que engloba la mayor parte de los casos que se presentan en la realidad industrial.

**Ruido estable:** De banda ancha y nivel prácticamente constante que presenta fluctuaciones ( $\pm 5$  dB) durante el período de observación.

**Ruido intermitente fijo:** En el que se producen caídas bruscas hasta el nivel ambiental de forma intermitente, volviéndose a alcanzar el nivel superior fijo. El nivel superior debe mantenerse durante más de un segundo antes de producirse una nueva caída de nivel ambiental.

**Ruido intermitente variable:** Está constituido por una sucesión de distintos niveles de ruidos estables.

**Ruido fluctuante:** Durante la observación, este ruido varía continuamente sin apreciarse estabilidad.

**Ruido de impulso/impacto:** Se caracteriza por una elevación brusca de ruido en un tiempo inferior a 35 milisegundos y una duración total de

menos de 500 milisegundos, el tiempo transcurrido entre crestas ha de ser igual o superior a un segundo.

El ruido del impulso/impacto puede darse interrelacionado con los otros tipos de ruido, así encontraríamos Ruido Estable-Impulsivo, Fluctuante-Impulsivo o Intermitente-Impulsivo.

Las Figuras 10 y 11 nos ilustran gráficamente estos conceptos.

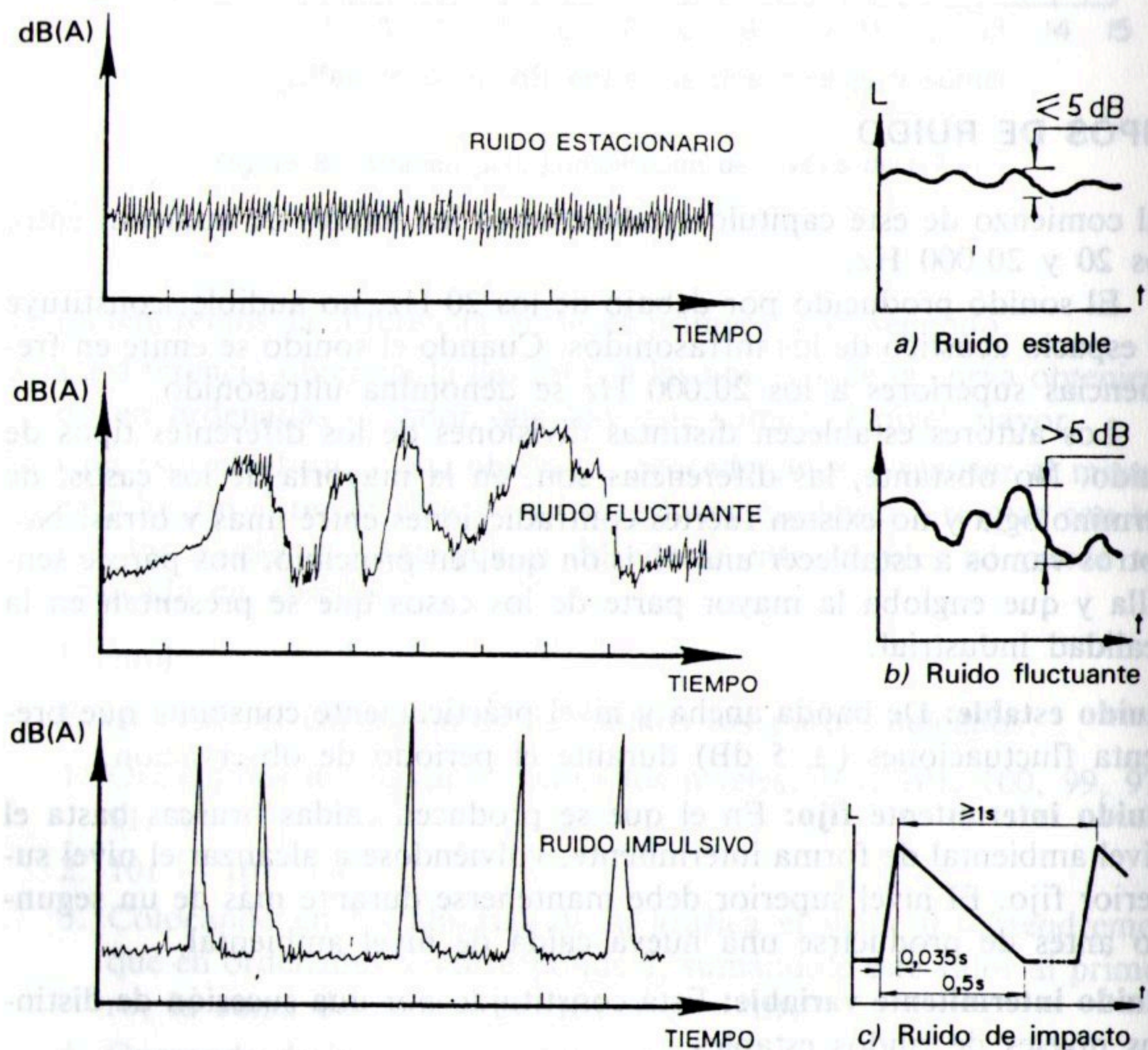


Figura 10.—Registros gráficos de ruidos estacionarios (estable), fluctuante e impulsivo y esquematización gráfica de estos conceptos.

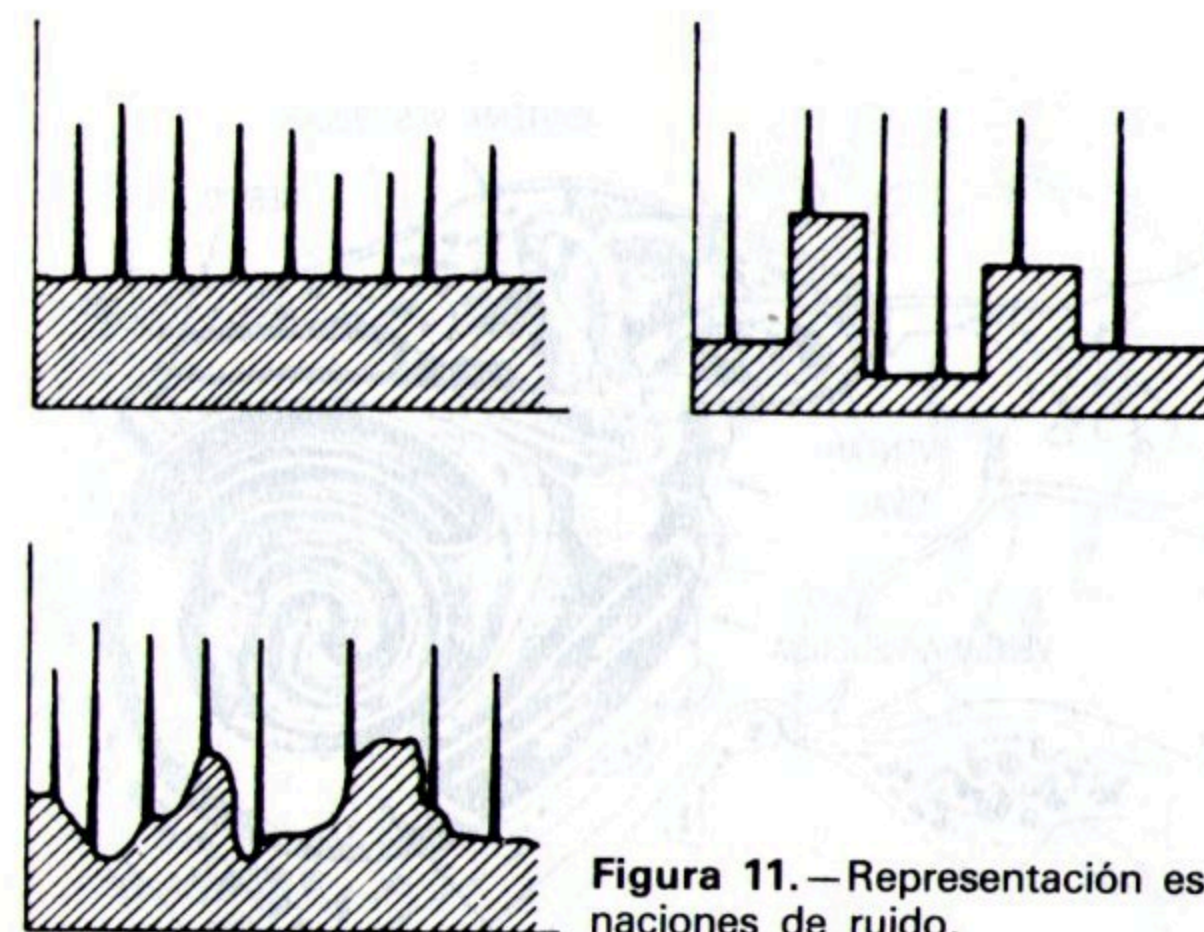


Figura 11.—Representación esquemática de distintas combinaciones de ruido.

## EFFECTOS DE LA EXPOSICION AL RUIDO

Pretendemos en este apartado configurar los riesgos que para las personas comporta la exposición a los distintos tipos de ruido. Por ello, tendremos que efectuar un somero recorrido descriptivo sobre los distintos criterios de nocividad. No obstante, aunque no es objetivo específico de este trabajo, vamos a comenzar aportando unas bases mínimas en cuanto a anatomía del sistema auditivo, necesarias para la comprensión posterior de los efectos del ruido y los criterios de daño.

### Estructura del sistema auditivo

El oído es un órgano alojado en el hueso temporal. Desde el punto de vista anatómico y funcional, podemos dividir el oído en tres partes: oído externo, medio e interno.

### Oído externo

El oído externo se divide en dos partes, fundamentalmente; la parte exterior, llamada pabellón u oreja, y el llamado conducto auditivo externo (Figura 12).

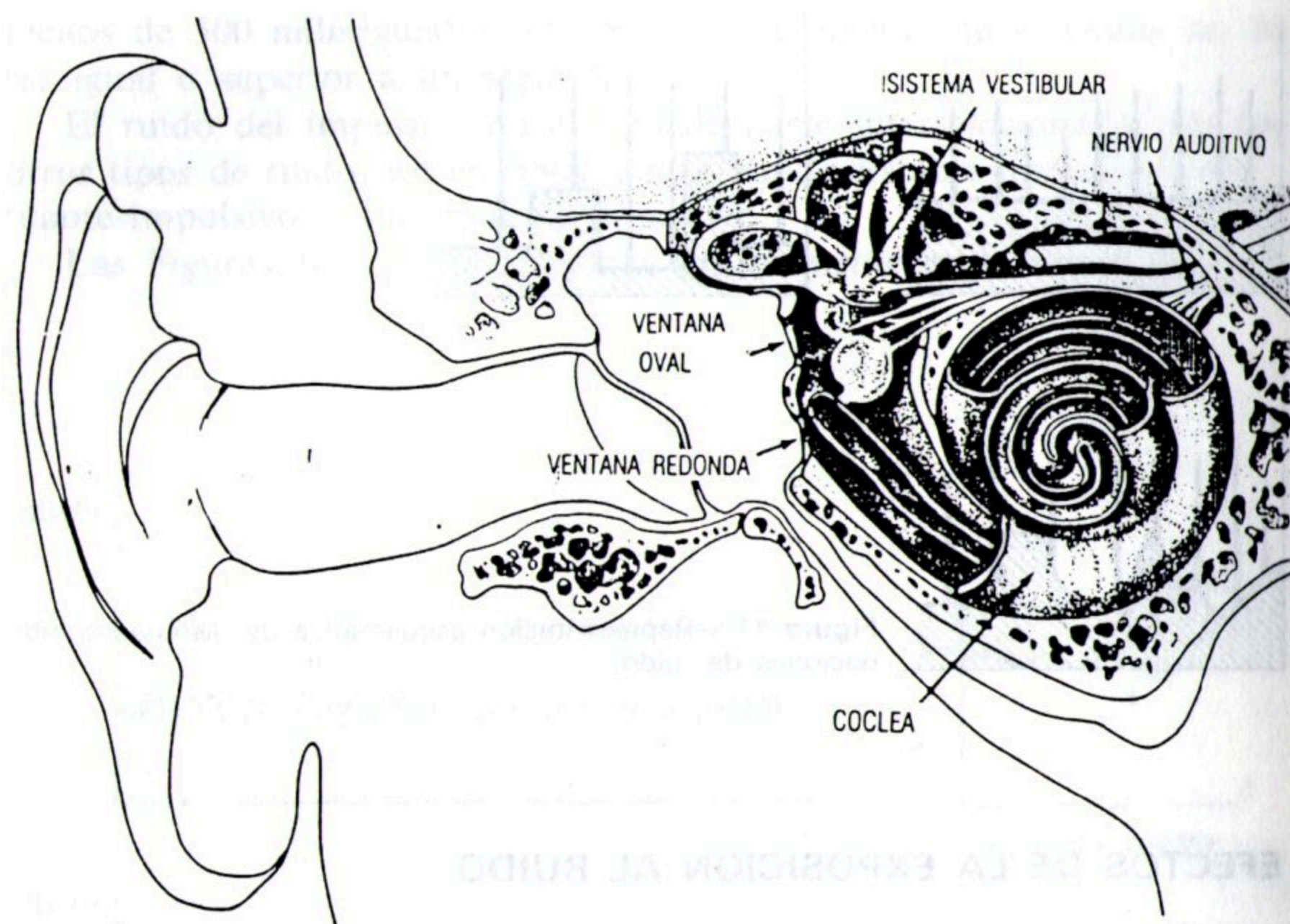


Figura 12.—Esquema del sistema auditivo.

La oreja es la parte visible del sistema auditivo que ofrece unas características morfológicas adaptadas a su función como primera fase del proceso de captación sonora, con un perfil receptor. La morfología de la oreja hace que se recojan las ondas sonoras conduciéndolas hacia el canal auditivo externo que con una longitud de unos 3 cm termina en la membrana del tímpano que se considera como frontera entre los oídos externo y medio.

En el conducto auditivo externo el sonido pasa a través del cerumen y llega a la membrana del tímpano, la hace vibrar comunicando este movimiento a su vez a los huesos del oído medio.

### Oído medio

Es un espacio hueco llamado caja del tímpano. Está limitado en su parte más externa por la membrana del tímpano y en su parte más interna por la pared ósea del oído interno (Figura 13).

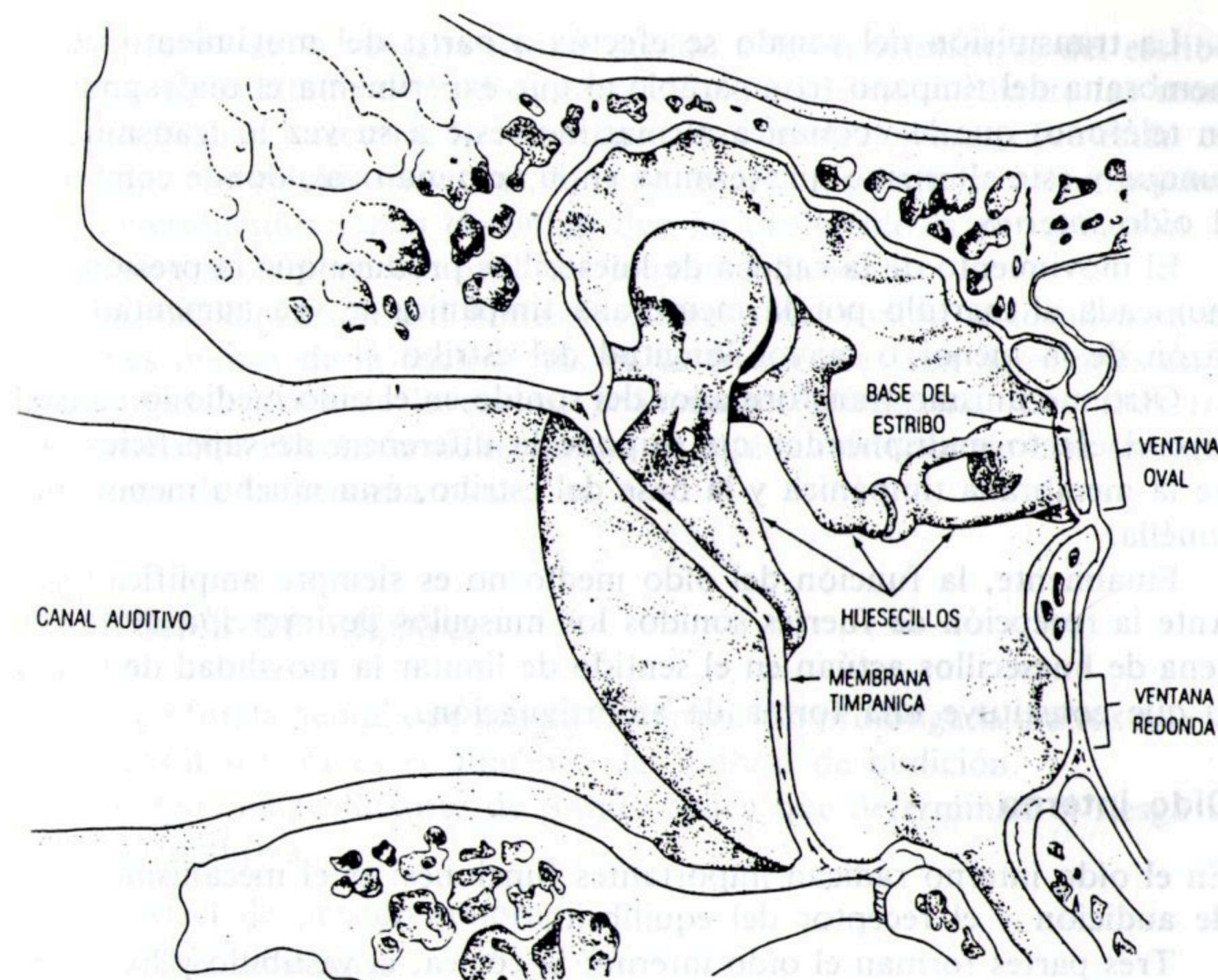


Figura 13.—Detalle del oído medio.

En el interior del oído medio se encuentra la cadena de huesecillos (martillo, yunque y estribo) que tienen por función unir la membrana del tímpano con el oído interno a través de la ventana oval ubicada en la pared ósea del oído interno.

El techo del oído medio lo constituye la separación de éste del lóbulo temporal del cerebro y la parte inferior lo separa de la carótida, así como de la yugular.

En la parte frontal aparece la Trompa de Eustaquio, cuya función es de regulación de las presiones atmosféricas exteriores y la del oído medio. Por último, en la parte posterior aparecen las cavidades mastoideas.

En el oído medio se producen dos funciones fundamentales. La primera de transmisión del sonido hasta el oído interno. La segunda, de transformación del sonido amplificándolo o amortiguándolo.

La transmisión del sonido se efectúa a partir del movimiento de la membrana del tímpano (comparable al que experimenta el diafragma de un teléfono) que lo comunica al martillo, éste a su vez lo transmite al yunque y éste al estribo que termina en la ventana oval, donde comienza el oído interno.

El movimiento de la cadena de huesecillos produce que la presión comunicada al martillo por la membrana timpánica se vea aumentada en razón de la menor o mayor longitud del estribo.

Otro mecanismo transformador del sonido en el oído medio lo constituye el efecto multiplicador que supone la diferencia de superficies entre la membrana timpánica y la base del estribo, ésta mucho menor que aquélla.

Finalmente, la función del oído medio no es siempre amplificadora. Ante la recepción de fuertes sonidos los músculos de inserción de la cadena de huesecillos actúan en el sentido de limitar la movilidad de éstos, lo que constituye una forma de amortiguación.

### Oído interno

En el oído interno radican importantes funciones: es el mecanismo final de audición y el receptor del equilibrio.

Tres partes forman el oído interno: la cóclea, el vestíbulo y los canales semicirculares.

La cóclea tiene forma de caracol soportado por una estructura ósea. En el conducto interior se distinguen dos canales pegados a la pared superior e inferior del conducto que se denominan ramba vestibular y ramba timpánica. Entre ambas rampas se encuentra el órgano de Corti con las células ciliares que es el órgano receptor de audición. La ramba vestibular comienza justamente debajo del estribo, en la ventana oval y continúa por la parte superior del conducto coclear hasta el final de la espiral (helicotrema) a partir del cual, continuando por la parte inferior del conducto coclear, nos encontramos con la ramba timpánica que termina en la ventana redonda.

El sentido de equilibrio se asienta en el sistema vestibular próximo a la cóclea. Existen tres canales semicirculares (superior, posterior y lateral) que a partir del fluido que lo compone transmite a un sistema de redes nerviosas conectadas con el cerebro, la información necesaria sobre la posición del cuerpo.

El funcionamiento del oído interno como receptor del sonido podríamos resumirlo, de forma muy esquemática, como sigue:

A través de la ventana oval y debido a los movimientos del estribo, se acciona el fluido del oído interno. Este a su vez, mediante las membranas basilar y tectoria lo transmite a las células ciliares, que están conectadas con células nerviosas, las que, generando impulsos electroquímicos determinados según el sonido que ha producido la perturbación, lo conducen al cerebro a través del nervio auditivo.

La sensibilización a distintas frecuencias del sonido se localiza en diferentes puntos de la cóclea. Las bajas frecuencias son detectadas en la parte más interior de la cóclea, próxima al helicotrema. Las altas frecuencias, por el contrario, se captan en la zona exterior de ésta (cóclea), es decir, de la ventana oval.

### FACTORES DE RIESGO

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

Existen cuatro factores de primer orden que determinan el riesgo de pérdida auditiva:

- Nivel de presión sonora.
- Tipo de ruido.
- Tiempo de exposición al ruido.
- Edad.

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

La importancia del primer factor —mayor o menor nivel de ruido— es primordial. Aunque no pueda establecerse una relación exacta entre nivel de presión sonora y daño auditivo, si bien es evidente que cuanto mayor es el nivel de presión sonora mayor es el daño auditivo (pérdida de audición), pero la relación entre ambos no es lineal.

El tipo de ruido, considerado como otro de los factores importantes, influye, por una parte, en cuanto al espectro de frecuencias en que se presenta, así como en cuanto a su carácter de estable, intermitente, fluctuante o de impacto. Es generalmente aceptado que el ruido continuo se tolera mejor que el discontinuo.

Se considera habitualmente que un ruido que se distribuya en gran

parte en frecuencias superiores a 500 Hz presenta una mayor nocividad que otros cuyas frecuencias dominantes son las bajas. También se consideran más peligrosos los ruidos de banda muy estrecha que los de banda ancha.

Los ruidos de impacto, cuando el nivel es suficientemente alto —hay estampidos que alcanzan los 140 dB— pueden generar una lesión inmediata por trauma sonoro.

El tiempo de exposición lo consideramos desde dos aspectos: por una parte, el correspondiente a las horas/día u horas/semana de exposición —que es lo que normalmente es entendido por tiempo de exposición—, y por otra parte, la edad laboral o tiempo en años que el trabajador lleva actuando en un puesto de trabajo con un nivel de ruido determinado.

Hay que tener en cuenta que el oído va sufriendo con la edad, y al margen del tipo de exposición al ruido, unas pérdidas auditivas, es decir, un aumento del umbral de audición.

## DAÑO AUDITIVO

La observación y el estudio de colectivos de trabajadores sometidos al ruido industrial ha podido poner de manifiesto la presencia de mayor grado de nerviosidad y/o agresividad en los trabajadores expuestos que en los que no lo están.

También pueden encontrarse trastornos de memoria, de atención, de reflejos e incluso una lenta merma de las facultades intelectivas de los trabajadores sometidos largo tiempo al ruido.

La alteración nerviosa producida por el ruido puede reflejarse en el aparato digestivo, provocando trastornos de la digestión, ardores, despepsias, etc.

Puede decirse, por último, que la exposición a moderados y altos niveles de ruido se corresponden con un aumento de la fatiga.

No obstante, el daño más importante que genera el ruido es el de la disminución de la capacidad auditiva.

Se puede considerar la sordera temporal (Temporary Threshold Shift —desplazamiento temporal del dintel de audición— o TTS) y la sordera permanente, como las dos formas de plantearse la disminución de agudeza auditiva.

La sordera temporal aparece cuando las exposiciones a niveles de ruido, generalmente elevados, producen elevaciones del umbral de audición

que se recupera posteriormente en los períodos de no exposición, no obstante, queda siempre un resto acumulativo.

En la sordera permanente, el desplazamiento del umbral de audición —debido al ruido— se produce cuando la recuperación del nivel auditivo hacia la situación anterior a la agresión sonora, no tiene lugar. Este desplazamiento permanente del umbral de audición ocurre cuando la lesión se localiza en el oído interno. En estos casos dicha lesión por trauma sonoro es cóclear.

## Características de la pérdida auditiva

El desplazamiento temporal del umbral de audición (TTS) conlleva una recuperación posterior de la audición normal, al cabo de un tiempo del orden de las 10 horas, siempre que no se repita la exposición al ruido.

El desplazamiento del umbral suele alcanzar un máximo para frecuencias superiores a la octava siguiente al tono predominante de la exposición. Este desplazamiento tiende a producirse durante la primera hora de exposición y su amplitud depende del tipo de ruido; ruidos de frecuencias altas producen mayores desplazamientos que los de frecuencias bajas.

Estudios efectuados por TRITTIPOL demuestran que la recuperación es tanto más rápida cuanto mayor ha sido el desplazamiento, existiendo un límite del orden de 50 dB. A partir de los 60 dB, la vuelta a la normalidad es mucho más lenta, sobre todo para frecuencias superiores a 4.000 Hz, pudiendo aparecer incluso desplazamientos permanentes del umbral de audición.

## Sorderas de transmisión y de percepción

El oído externo, aparte de la obstaculización a la transmisión del sonido que pueda suponer la presencia de un tapón de cerumen, no presenta patología especial en cuanto a la sordera.

En el oído medio pueden presentarse anquilosis del tímpano por esclerosis, o de la cadena de huesecillos por artrosis, lo que daría origen a disminuciones de ampliación de los sonidos recibidos por el tímpano. Se interrumpiría, por tanto, en alguna medida la transmisión del oído medio hacia el oído interno. Nos encontramos en el caso de una *sordera por transmisión*. Este tipo de sordera es curable mediante tratamiento médico: quirúrgico o protésico.

Las circunstancias cambian si se considera la sordera ubicada en el oído interno. No hay ninguna forma de recuperar un oído dañado en la zona coclear o en el nervio auditivo. Nos encontraríamos en el caso irreversible de sordera como es la *sordera de percepción*. Las sorderas de tipo profesional son, en muchos casos, sorderas de percepción.

Para definir si la caída de audición es debida a lesión en el oído medio o en el interno, y, por tanto, si es o no de carácter irreversible, se realizan dos tipos de audiometrías: la de transmisión ósea y la de transmisión aérea, que dan origen a la curva de audición ósea (CO) y a la de audición aérea (CA).

Para la construcción de la curva de audición ósea, que refleje el funcionamiento real del nervio auditivo, se emplea un vibrador óseo que, aplicado al mastoide, hace llegar el sonido al oído interno sin el concurso del oído medio. Si la CO presenta una disminución, a distintas frecuencias, de la agudeza auditiva nos encontramos ante una sordera de percepción —irreversible—. Si la curva de audición aérea (CA) está separada de la CO y por debajo de ésta, a las distintas frecuencias, nos encontramos con una sordera de transmisión (Figura 14).

## CLASIFICACION DE LOS EQUIPOS DE MEDIDA DE RUIDO

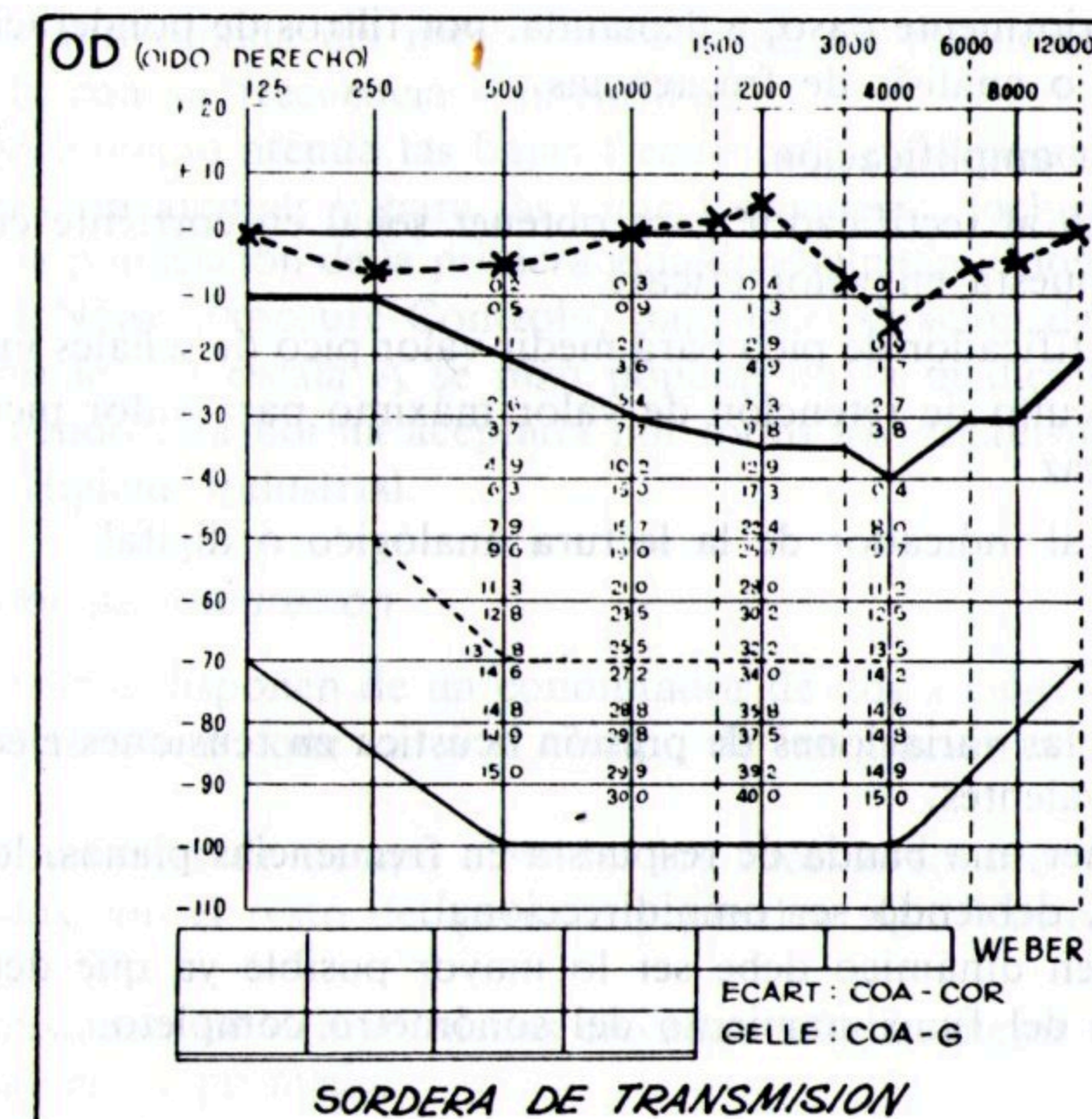
Existe una amplia gama de aparatos de medición de sonido y/o ruido. De los datos de medición que se desean obtener, así como del tipo de ruido que se pretende medir, depende la elección del equipo de medición adecuado.

Entre los más utilizados nos encontramos con:

- Sonómetro.
- Dosímetro.
- Analizadores de distribución estadística.
- Analizadores de frecuencia.

### Sonómetro

En su concepción es un instrumento que responde ante el sonido de una forma aproximada a como lo hace el oído humano y que da medidas objetivas y reproducibles.



AMPLIFICACION LIMITE

CA - trazo impreso continuo

CO - trazo impreso interrumpido

Figura 14.—Audiometría del oído derecho.

El sonómetro mide de forma directa el nivel de presión sonora de un fenómeno acústico. Nos presenta una lectura en dB con un nivel de referencia de:

$$2 \times 10^{-5} \text{ pascal}$$

El funcionamiento esquemáticamente es el siguiente:

- Transformación en el micrófono de las variaciones de presión del medio en señal eléctrica proporcional (en forma de tensión).
- Circuitos de preamplificación-atenuación-amplificación, que modifican la impedancia.

- Posteriormente paso, a demanda, por filtros de ponderación A, B, C, D o análisis de frecuencias.
- Nueva amplificación.
  - Paso al rectificador para obtener señal en corriente continua y respuesta en valor eficaz.
  - Rectificador de pico para medir valor pico de señales impulsivas.
  - Circuito de retención de valor máximo para valor pico o valor eficaz.
- Paso al indicador de la lectura analógico o digital

### Micrófono

Transforma las variaciones de presión acústica en tensiones eléctricas alternas equivalentes.

Debe tener una banda de respuesta en frecuencias planas, lo más ancha posible, debiendo ser omnidireccional.

El margen dinámico debe ser lo mayor posible ya que determinará la dinámica del funcionamiento del sonómetro completo.

### Amplificador

Debe tener una ganancia estable y suficiente para cubrir el margen dinámico del micrófono.

Su ancho de banda debe cubrir todo el campo audible y su nivel de ruido de fondo y distorsión debe ser bajo.

Tiene una capacidad de sobrecarga superior al menos en 10 dB a la máxima lectura del sonómetro.

### Atenuador

Los niveles sonoros que se miden son cubiertos, en parte, por la deflexión del indicador de medidas, el resto del margen se cubre por medio de un atenuador ajustable, el cual consiste en una red calibrada de resistencias eléctricas insertado en el amplificador para disminuir el nivel de la señal eléctrica.

### Filtros de ponderación

En el sonómetro estándar se han incorporado tres redes de atenuación predeterminadas (A, B, C). Su objetivo es dar un número que es una

evaluación aproximada del nivel sonoro total. La respuesta humana al ruido varía con su frecuencia e intensidad.

El oído humano atenúa las bajas frecuencias, deja pasar las frecuencias medias sin atenuar y para las altas frecuencias, incluso amplifica.

Desde la publicación de la primera guía denominada «Intersociety Guidelines for Noise Exposure Control», para la evaluación de peligros de ruidos globales, la escala A se hizo popular en la medición de niveles sonoros, siendo esta norma aceptada por todos los organismos competentes en Higiene Industrial.

### Conmutador de integración

Los sonómetros disponen de un conmutador de dos a cuatro posiciones, según características, que varía el tiempo de integración o constante de tiempo.

Para constantes de tiempo elevadas los sucesos sonoros rápidos van promediados con el resto del período y pierden significación en la lectura.

Las constantes de tiempo menos elevadas reflejan mejor las variaciones rápidas en el promedio.

Constantes de tiempo:

SLOW	.....	1.000 msg
FAST	.....	125 msg
IMPULSA	..	35 msg
PEAK	.....	< 50 $\mu$ msg

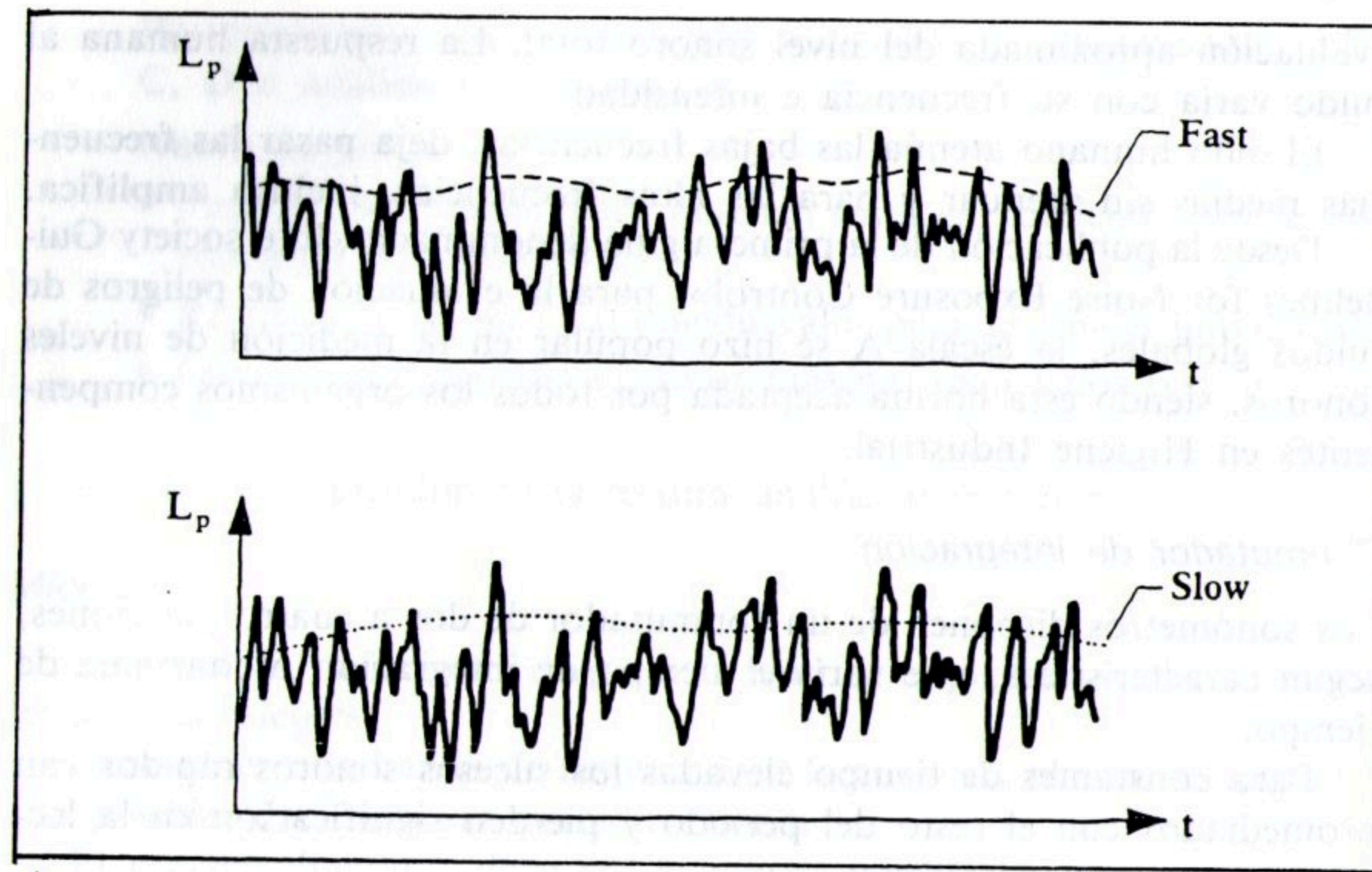
### Clasificación de sonómetros (Figura 15)

- Sonómetros convencionales (tipos 0, 1, 2 y 3).
- Sonómetros integradores (tipos 0, 1, 2 y 3).

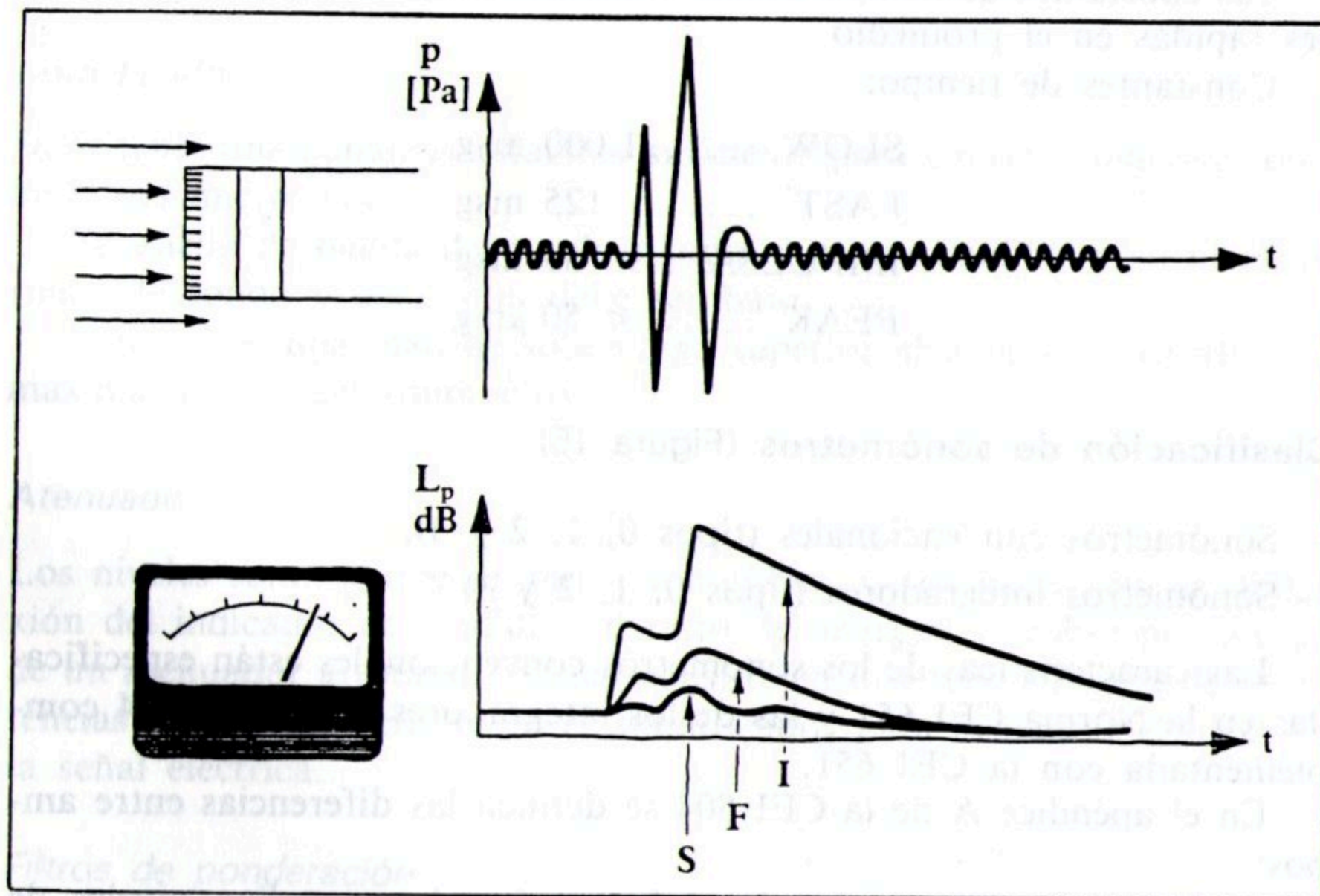
Las características de los sonómetros convencionales están especificadas en la Norma CEI 651 y las de los integradores en la CEI 804 complementada con la CEI 651.

En el apéndice A de la CEI 804 se definen las diferencias entre ambos:

Ambos tipos (convencionales e integradores) promedian niveles de presión sonora. Sin embargo los procesos de promediación son diferentes en dos aspectos.



a)



b)

Figura 15.—a) Respuestas fast y slow a un ruido fluctuante. b) Respuestas impulse, fast y slow a un ruido impulsivo.

Primero, los sonómetros convencionales poseen un número limitado de características (tiempos) de promediación que están prefijados y son relativamente cortos (los más comunes son FAST y SLOW). Por el contrario los tiempos de promediación de los sonómetros integradores suelen ser mucho más largos (de minutos a horas).

Segundo, el sonómetro integrador, da igual énfasis a todos los sonidos existentes en el período de promediación seleccionado, mientras que los sonómetros convencionales dan mayor énfasis a los sonidos que se han producido recientemente.

Las ponderaciones temporales de los sonómetros convencionales decaen exponencialmente de forma que, por ejemplo empleando la característica SLOW, que tiene una constante de tiempo exponencial de un segundo, tienen más peso los sonidos que ocurrieron en el segundo previo que los sonidos que ocurrieron en los diez segundos previos (Figura 16).

En la Tabla III resumimos algunos aspectos de interés de la Norma CEI 651.

La Norma refleja muchas otras tolerancias, prescripciones y ensayos.

La Norma CEI 804 se remite a la CEI 651 en cuanto a las características frecuenciales, de calibración, de direccionalidad y de precisión, ofreciendo especificaciones diferentes a la CEI 605 en cuanto a la linealidad y gama impulsiva cta, particulares para los sonómetros integradores.

### Calibradores

Son aparatos destinados a comprobar la respuesta de un medidor con el fin de ajustarlo si aquella fuera errónea.

Existen dos tipos:

- Pistófonos: Producen un nivel de presión sonora determinado y tienen la posibilidad de variar la frecuencia a 125, 250, 500, 1.000 y 2.000 Hz.
- Calibradores: Emiten a 1.000 Hz a un nivel de presión sonora determinado (habitualmente 94 dB).

### Dosímetro

El dosímetro es un monitor de exposición que acumula el ruido constantemente, usando un micrófono y circuitos similares a los medidores de presión sonora. La señal es acumulada en un condensador una vez que ha sido transformada en energía eléctrica.



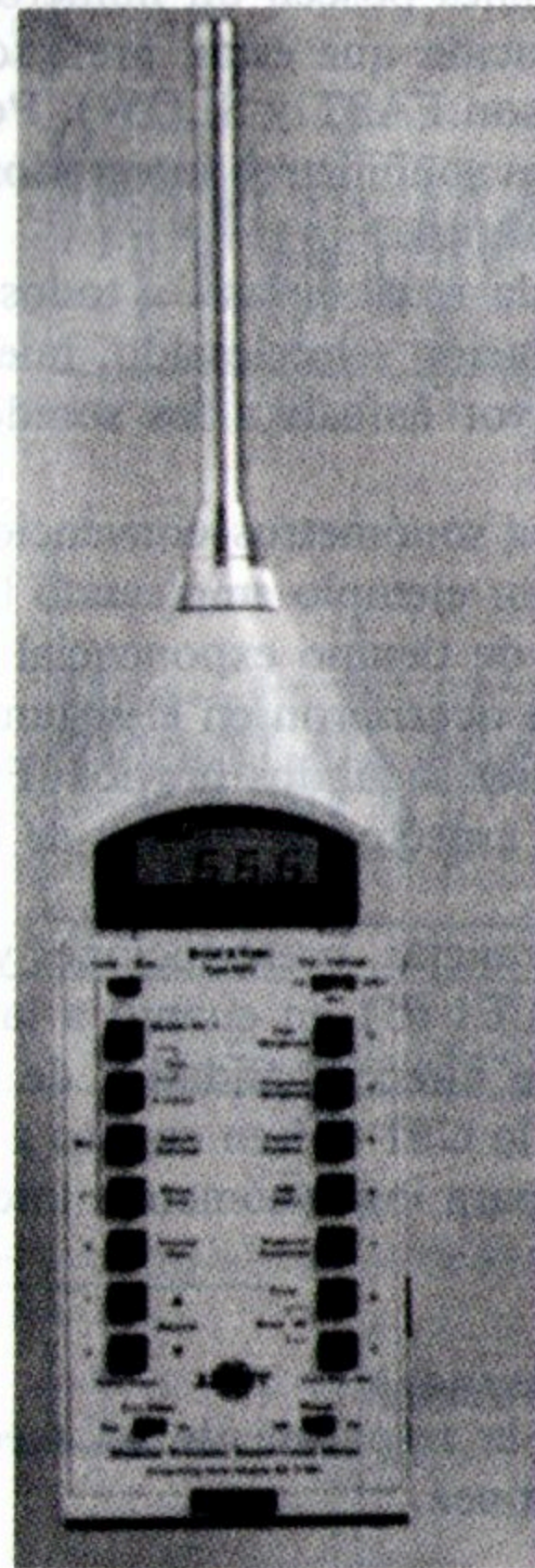


Figura 16. — Sonómetro-integrador.

Actualmente los dosímetros llevan incorporado el sistema lector en el que se expresa la dosis acumulada en el tiempo que ha estado funcionando. Los de más reciente aparición nos dan directamente el LAeq,T y LAeq,d, es decir, el nivel sonoro equivalente, en dB(A), en un tiempo T o la extrapolación diaria.

Otras prestaciones de los dosímetros modernos son el pico máximo en dB(A), el Tiempo transcurrido y el SPL instantáneo.

También existen versiones mixtas de dosímetro-sonómetro aunque carecen de analizadores en bandas.

TABLA III

	TIPO 0	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3
Aplicaciones	Patrón de referencia. Laboratorio de ensayos	Estudios de campo y laboratorio	Aplicaciones generales	Mediciones prospectivas
Ponderación de frecuencias	Una o más (A, B, C). Opcional: D, Lin			
Características de tiempo	Una o más (F, S, Impulse) Opcional: Peak			
Frecuencias de calibración	Entre 200 y 1.000 Hz Preferiblemente 1.000 Hz.			
Nivel de calibración	Preferible 94 dB. Si el rango del sonómetro no lo permite se elegirá 84 o 74 dB.			
Precisión bajo condiciones de referencia	± 0,41 dB	± 0,7 dB	± 1,0 dB	± 1,5 dB
<i>Direccionalidad</i>	Varias especificaciones según gama de frecuencias. Ejemplo: Variación en un ángulo de ± 30° para			
1.000-2.000 Hz	0,5 dB	1,0 dB	2,0 dB	4,0 dB

Los dosímetros europeos basados en la Norma ISO 1.999, relacionan el nivel sonoro continuo equivalente diario LAeq,d con la dosis recibida diariamente (en tanto por uno) mediante la expresión:

$$LAeq,d = 90 + 10 \log_{10} \text{Dosis (0/1)}$$

En los dosímetros americanos la expresión anterior es la siguiente:

$$TWA = 90 + 16,61 \log_{10} \text{Dosis (0/1)}$$

Al margen de estas consideraciones, se desprende que los dosímetros europeos están contruidos para que acumulen según el criterio  $q = 3$  de promedio de cambio (exchange rate) o número de decibelios por encima del nivel umbral en el que el tiempo de exposición debe ser reducido a la mitad.

Mientras que en el criterio americano ( $q = 5$ ) son 5 dB los especificados, a partir del umbral, para la reducción a la mitad del tiempo de exposición.

Esta diferencia se deriva de dos concepciones diferentes:

El primer criterio (ISO) considera que a partir del umbral, incrementos al doble de la energía acústica suponen aumentos de tres decibelios, mientras que en el segundo caso (OSHA), el aumentar al doble el riesgo de sordera, supone incrementos de cinco decibelios (Figura 17).



Figura 17.—Dosímetro de ruido.

### Registadores gráficos

Actualmente existen en el mercado accesorios acoplables a las salidas de sonómetros y dosímetros, que permiten el registro gráfico del suceso acústico evaluado por el equipo matriz (sonómetro y menos habitualmente dosímetro) con el fin de analizar posteriormente, a nivel de laboratorio, las características del fenómeno acústico.

### Analizadores de frecuencia en tiempo real

Son aparatos que indican la distribución del sonido en función de su frecuencia:

Los tipos más frecuentes son:

- De bandas de octava.
- De bandas de tercio de octava.

Con estos equipos se puede efectuar al análisis de frecuencias en tiempo real, así, nos presenta respuestas en el mismo instante del suceso sonoro.

Los equipos antes citados, sonómetros, dosímetros, analizadores, etc., disponen en la actualidad de salida para tratamiento informático, lo que supone un apoyo importantísimo para el análisis posterior de evaluación efectuada. En el campo del análisis estadístico del fenómeno estudiado, estas posibilidades de soporte informático son un nuevo campo de enorme significación.

## METODOLOGIA DE ACTUACION

### Sonometrías

A la hora de evaluar una exposición al ruido, hemos de distinguir dos situaciones diferentes; la disponibilidad de sonómetro integrador o convencional.

La disponibilidad de sonómetro únicamente convencional limita la posibilidad de evaluación a ruidos estables o casi-estables. Este tipo de medición se fundamenta en trasladar a toda la jornada, la evaluación llevada a cabo en un cierto período. Obviamente en el ámbito industrial esta circunstancia sólo se presenta en muy contadas ocasiones, por lo que las mediciones efectuadas con este equipo sólo pueden considerarse complementarias de otras, como las dosimetrías, o como informativas

de aspectos concretos del suceso. Otra posibilidad de utilización es su empleo combinado con analizador de frecuencias.

El sonómetro integrador, dada su cualidad de lectura del nivel sonoro equivalente ( $L_{\Delta eq,i}$ ) del período analizado, es el más indicado para la evaluación de una exposición al margen de la estabilidad o fluctuación del ruido existente.

No obstante, si el ruido no es estable, es necesario delimitar el ciclo representativo que contenga todas las incidencias acústicas. En muchos casos este ciclo es tan dilatado que puede durar toda la jornada, siendo en este caso más operativo el empleo del dosímetro.

En todo caso, han de tenerse en cuenta las siguientes consideraciones:

#### *Comprobaciones previas a la medición*

- a) Se comprobará el estado de las pilas del sonómetro.
- b) Calibración del sonómetro con el pistófono o calibrador.

#### *Datos a tomar durante la visita*

- a) Naturaleza y dimensiones de los suelos, paredes y techos. Descripción y localización de objetos y máquinas.
- b) Descripción breve del proceso.
- c) Descripción de las fuentes de ruidos secundarios, localización y clases de operaciones.
- d) Hora en que se efectúa la medición.
- e) Tiempo de duración de la medición.
- f) Situación mediante esquemas de posición de máquinas y puntos de medida.
- g) Número de trabajadores expuestos en cada proceso estudiado.
- h) Nombre de las personas expuestas y años que llevan en el puesto de trabajo.
- i) Marca, tipo y curva de amortiguación del material de protección personal, y si es utilizado o no.
- j) Obtener información sobre si se realizan audiometrías en los reconocimientos médicos.

#### *Forma de efectuar la medición*

- a) El sonómetro se mantendrá separado del cuerpo del higienista, para evitar fenómenos de concentración de ondas.

- b) El aparato de medida debe colocarse a la altura del pabellón auricular del operario en su puesto de trabajo y si es posible, sin que éste se encuentre presente.
- c) El micrófono del sonómetro nunca debe de exponerse a la fuente sonora, teniendo que formar con la dirección de propagación un ángulo aproximado de  $30^\circ$ .
- d) Observando el tipo de ruido existente, se efectuará la medición según:
  - Si el ruido es continuo utilizaremos la escala «A» de sonómetro y la respuesta «SLOW».
  - Si el sonido es fluctuante se empleará la escala «A» y la respuesta FAST. En todo caso, si se dispone de sonómetro integrador, el factor a determinar será  $L_{\Delta eq}$ .
  - Si el ruido es de impacto se leerá la respuesta PEAK, y característica lineal si el sonómetro dispone de ella. Una alternativa a lo anterior sería medir en la respuesta IMPULSE y escala «A» según indicación de la CEI 651.
- e) Cuando el sonómetro sea únicamente convencional, y cuando el valor observado esté entre dos valores que difieren en 6 decibelios, se tomará la media de las dos mediciones. Si la medición varía más de 8 decibelios, se tomará el valor de 3 decibelios menos que la mayor.

#### *Precauciones que han de adoptarse*

- Se evitará realizar medidas en las proximidades de campos eléctricos y magnéticos fuertes ya que desvirtuarían las medidas por ejercer influencias sobre los circuitos del sonómetro.  
Para compensar estos problemas se utilizará un alargador.
- Se evitará la influencia del viento para lo cual se pueden instalar pantallas apropiadas al micrófono del sonómetro.

#### **Operaciones a realizar para efectuar mediciones con el dosímetro**

##### *Operaciones previas a la medición*

- Comprobar las baterías del monitor.
- Calibrar el monitor.

##### *Medición de campo*

- Se anotarán todos los datos que anteriormente se han reseñado para las mediciones con el sonómetro.

- Poner en funcionamiento el dosímetro. Instalándolo sobre el operario que vaya a servir para analizar el ambiente ruidoso.
- Se anota la hora en que se coloca y se retira dicho monitor.
- Desconectar el dosímetro, pudiendo obtenerse la lectura bien en el puesto de trabajo o en el laboratorio.

### CRITERIOS DE VALORACION DEL RUIDO

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

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

El punto de partida será determinar a partir de la superación de qué parámetros comienza el daño para la salud del individuo; el siguiente paso tiene que establecer alguna forma de relación entre la intensidad de la exposición y el daño producido. Esta relación, lo hemos afirmado anteriormente, no puede establecerse con precisión.

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

Por último, a la hora de establecer un criterio, habrá que definir qué porcentaje de individuos afectados se está dispuesto a admitir. Por tanto, el proceso comienza cuando establecemos el porcentaje de dañados, y a partir de aquí se deducirán los niveles de exposición considerados admisibles. El problema que se plantea a continuación es establecer y cuantificar los criterios de daño; o sea, cuándo debemos considerar que comienzan las manifestaciones patológicas.

El criterio excesivamente genérico de definir el daño como la presencia de dificultades para la comunicación oral, no presenta el rigor ni las posibilidades de cuantificación que requiere un modelo practicable. La mayoría de los organismos encargados de la salud ocupacional establecen sus criterios en base al aumento del umbral de audición a distintas frecuencias.

Resumimos a continuación algunos de estos criterios:

### Criterios de la AAOO

El Subcommittee on Noise de la American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology (AAOO) considera disminuida la capacidad auditiva si el promedio de elevación de los umbrales de audición a 500, 1.000 y 2.000 Hz supera los 25 dB (referidos al nivel de base audiométrico definido por la norma ANSI 53/1969).

### Criterio NIOSH

El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), considera más adecuadas las frecuencias de 1.000, 2.000 y 3.000 Hz manteniendo los 25 dB de promedio de elevación del umbral de audición.

### Criterio Británico

Recomendación BOHS (British Occupational Hygiene Society). Basado en los trabajos de Robinson, que elaboró el concepto de Inmisión sonora como «energía sonora total recibida por un individuo en el transcurso de su vida Laboral», la BOHS publicó un trabajo en el que considera la pérdida auditiva.

Las frecuencias utilizadas son las de 500, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000 y 6.000 Hz, considerándose en 48 dB la elevación del umbral.

Conocidos los criterios audiométricos queda por realizarse el estudio con colectivos de individuos expuestos a ciertos niveles de ruidos y de individuos no expuestos, obviando así la incidencia de los afectados por presbiacusia —sordera debida a la edad y no a la exposición acústica—.

Estos estudios aportan una relación entre niveles de ruido y porcentaje esperado de afectados por sordera profesional; estableciéndose en cada país el porcentaje deseable de individuos dañados, de lo que dependerá el establecimiento del nivel de exposición consiguiente.

### Energía equivalente y efecto temporal

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

La corriente europea sustenta su normativa de protección auditiva ocupacional en la Teoría de la Energía Equivalente (criterio ISO), que