

EL RUIDO INDUSTRIAL I: CARACTERIZACIÓN DEL RUIDO

EL SONIDO Y LA DIFERENCIA ENTRE SONIDO Y RUIDO

El sonido puede definirse como un movimiento ondulatorio, con una intensidad y una frecuencia determinada, que se transmite por un medio elástico (como puede ser el aire, los líquidos y los sólidos).

Al igual que en el aire, el sonido puede viajar por diferentes materiales sólidos y líquidos, eso sí, con diferentes velocidades según el medio de propagación (ver Tabla 1). De hecho, un sonido emitido en el espacio, viajará inicialmente por vía aérea, pero será captado por materiales y estructuras a través de los cuales seguirá viajando para volver a ser emitido al aire nuevamente en los espacios adyacentes (si hablamos de estructuras de construcción y paredes).

Esto se debe a que, en definitiva, el sonido (o la perturbación en la densidad de un medio), se propaga mediante la interacción de las moléculas, que tiene lugar a lo largo de la dirección de propagación de la onda sonora. Así, sólo se propaga la perturbación; las moléculas sólo vibran hacia delante y hacia atrás alrededor de sus posiciones de equilibrio. Y así se transmite el sonido de unos medios a otros.

El ruido es una superposición de sonidos de frecuencias e intensidades diferentes, que suele provocar una sensación desagradable en quien lo escucha y puede tener efectos nocivos sobre su capacidad auditiva y su estado de ánimo.

Así, la diferencia entre sonido y ruido reside en que un ruido estaría compuesto por varios sonidos con intensidades y frecuencias variables, lo que los hace casi imperceptibles individualmente, percibiendo un todo al que llamamos ruido.

FISIOLOGÍA AUDITIVA:

El oído es el órgano capaz de percibir las variaciones de presión generadas por un sonido ayudado por el sistema nervioso. Esto es, el oído es capaz de transformar variaciones de presión y vibración molecular en percepción sonora. Para ello, está perfectamente diseñado mediante su estructura y características. Puede dividirse en (Ver Fig. 1):

- **Oído externo:** su misión fundamental es de conducción, y no de percepción, que es muy escasa en esta parte del oído.
- **Oído medio:** que arranca en la membrana del tímpano, la cual recoge las variaciones de presión. Dichas variaciones son transmitidas por un sistema de huesecillos (martillo, yunque y estribo) que actúan como una sucesión de palancas y que constituyen un amplificador (amplifican entre 55 y 60 veces).
- **Oído interno:** con apariencia de caracol, está relleno de un líquido (líquido linfático), que es el que transmite finalmente las variaciones de presión al auténtico órgano receptor que es la membrana basal.

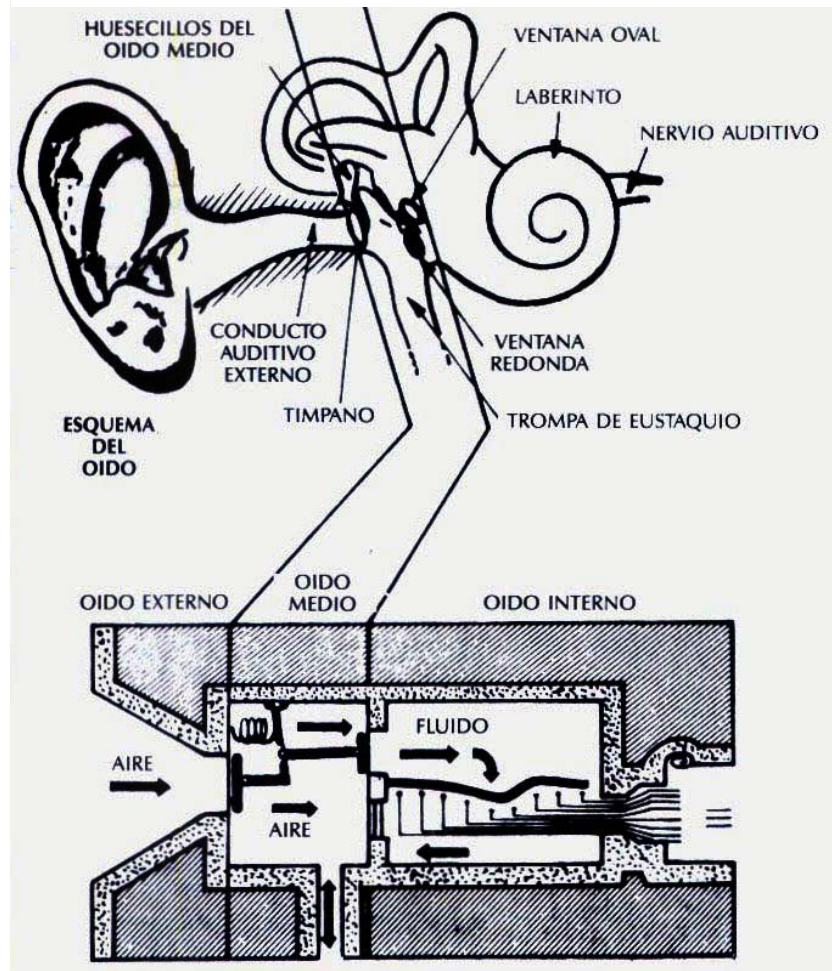
TABLA 1

VELOCIDADES DE PROPAGACIÓN DEL SONIDO	
MEDIO DE PROPAGACIÓN	VELOCIDAD DEL SONIDO
AIRE	340 m/seg.
AGUA	1.460 m/seg.
MADERA	1.000 a 5.000 m/seg.
CEMENTO	4.000 m/seg.
ACERO, HIERRO	4.700 a 5.100 m/seg.
VIDRIO	5.000 a 6.000 m/seg.
PLOMO	1.320 m/seg.

FUENTE: MENÉNDEZ DIEZ, 2002

Es en esta membrana basal donde están las células nerviosas (unas 25.000), son de distintas longitudes, y según las zonas recogen distintos tonos. Pero en el oído también se hace cierto análisis de la intensidad del sonido, aunque el análisis más fino se realiza ya en el cerebro, al que llegan las señales mediante el nervio acústico.

FIGURA 1: ESQUEMA DEL OÍDO HUMANO



FUENTE: MANUAL DE AISLAMIENTO EN LA EDIFICACIÓN, ISOVER Y ROCLAINE

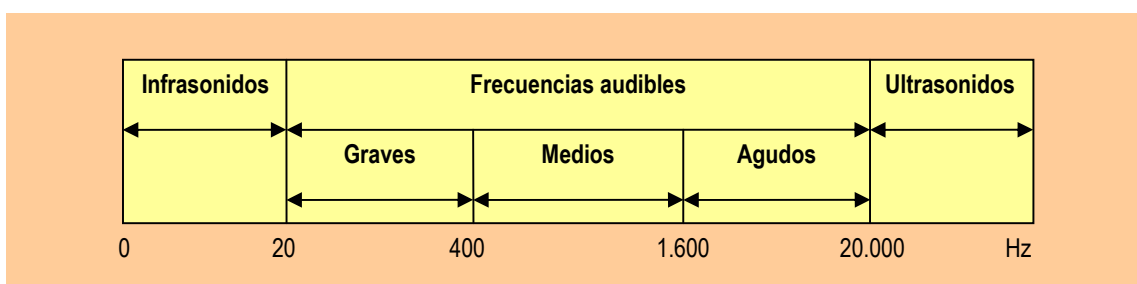
LAS CUALIDADES Y CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO:

El oído es capaz de percibir tres cualidades del sonido, que son:

- **La Intensidad:** Según la amplitud de la onda sonora, será fuerte o débil.
- **Timbre:** Aunque el tono y la intensidad sean iguales, el timbre permite distinguir la fuente emisora por la forma de la onda.
- **Tono:** La frecuencia es el número de variaciones de presión por segundo y se mide en Herzios (Hz). Según la frecuencia de la vibración, el sonido será de tono grave o agudo. El oído humano no es capaz de escuchar

todas las frecuencias, sólo puede percibir aquéllas que están comprendidas entre 20 y 20.000 Hz. Dentro de este rango, se dividen en:

- Bajas (graves) de 20 Hz. a 400 Hz.
- Medias de 400 Hz. a 2.000 Hz.
- Altas (agudas) de 2.000 Hz. a 20.000 Hz.



El campo de audición:

- **Infrasonidos:** son aquellos sonidos que no producen sensación sonora en el hombre debido a su baja frecuencia, la cual debe ser inferior a 20Hz (inferior a 16 según otras teorías).
- **Ultrasonidos:** tampoco producen sensación auditiva, en este caso debido a que sus frecuencias son superiores a 20.000Hz (superior a 16.000Hz según otras teorías).

Frecuencia y Longitud de onda:

La **frecuencia** se define como el número de desplazamientos u oscilaciones (variaciones de presión) que una partícula realiza en un segundo. Cada desplazamiento completo recibe el nombre de **ciclo**. La unidad de medida de la frecuencia, los Hertzios, son numéricamente equivalentes a un ciclo por segundo, siendo la frecuencia un fenómeno físico objetivo que puede medirse mediante instrumentos acústicos.

$$\text{Longitud de onda (metros)} = \frac{\text{Velocidad del sonido (metros/segundo)}}{\text{Frecuencia (Hertz)}}$$

La **longitud de onda** está relacionada inversamente con la frecuencia y directamente con la velocidad del sonido. No es más que la distancia que recorre la onda sonora en un ciclo completo, es decir la distancia entre las capas de compresión.

De este modo, la longitud de onda de sonidos entre las frecuencias de 20 y 10,000 Hz oscila entre 17 y 35 milímetros. Tener en consideración esta relación tiene mucha importancia en cuestiones como el diseño acústico y el control del ruido. Como ejemplo, en el diseño de recintos, las dimensiones de los mismos se comparan con las longitudes de onda de las frecuencias que se quieren absorber, reflejar o difundir (Doelle, Leslie L., 1973).

Nivel de presión sonora:

Los elementos emiten sonido al vibrar y transmitir presión a las moléculas de aire que lo rodean. Es así como a mayor fuerza de vibración, mayor será la presión transmitida. Esta sobrepresión es lo que se denomina en acústica "nivel de presión sonora".

Habitualmente la presión del aire se mide en unidades llamadas **Pascals (Pa)**. Teniendo en cuenta que la presión atmosférica normal es de aproximadamente 100kPa, la presión sonora es una medida de fluctuación de la presión del aire por encima o debajo de ese valor. En condiciones iguales, a mayor fluctuación, mayor intensidad en el sonido. En la práctica, las variaciones de presión en una onda de sonido individual son mucho menores que la presión atmosférica estática, pero el rango de variación es grande.

Aunque la medida de la presión del aire suele hacerse en Pascals o en atmósferas, existen opciones más adecuadas para estudiar la percepción del sonido. Así, a menudo es mucho más interesante medir el **nivel de presión sonora** o **nivel de intensidad (β)**, para lo cual se utiliza otra magnitud, los **decibelios (dB)**. La diferencia de magnitudes entre el umbral de audición humana (20microPascals) y el umbral de dolor (200Pascals) es muy elevada, de modo que para medir el nivel de presión sonora de una forma más adecuada se utiliza una escala logarítmica, obteniendo un número que representa los decibelios atribuibles a dichas variaciones de presión.

Generalmente se utilizan dos tipos de decibelios: los **decibelios A (dBA)** y los **decibelios C (dB)**; los decibelios C miden exclusivamente la magnitud física del ruido, mientras que los decibelios A tienen en cuenta la percepción del ruido y su peligrosidad potencial. Normalmente, un mismo ruido medido en decibelios C resulta mayor que si se mide en decibelios A, dado que en la escala A casi no se tienen en cuenta los sonidos graves, debido a que el oído es menos sensible a ellos, y además son menos peligrosos.

La medida del dBA, está basada en las curvas de Fletcher y Mounson, mostradas en la Fig. 2, sobre la sensibilidad del oído en función de la frecuencia. La medida en dBA se acepta como la valoración simple más aproximada a la sensación producida por música.

Es importante tener en cuenta que los decibelios no se pueden sumar aritméticamente como otras magnitudes (metros o kilogramos). Dos sonidos iguales, por ejemplo de 60 dBA, cuando

TABLA 2

NIVEL DE INTENSIDAD SONORA DE ALGUNOS SONIDOS COMUNES		
ACCIÓN O FOCO EMISOR	dB	DESCRIPCIÓN
	0	Umbral de audición
Respiración normal	10	Escasamente audible
Rumor de hojas	20	
Conversación en voz muy baja (a 5m)	30	
Biblioteca	40	Apenas ruido
Oficina tranquila	50	
Conversación normal (a 1m)	60	Poco ruidoso
Tráfico denso	70	
Oficina ruidosa con máquinas / fábrica de tipo medio	80	Ruidoso
Camión pesado (a 15m) / cataratas del Niágara	90	
Tren de metro antiguo	100	Muy ruidoso
Ruido de construcción (a 3m)	110	
Concierto de rock con amplificación (a 2m) / despegue de un reactor	120	Umbral de dolor
Remachadora neumática / ametralladora	130	
Despegue de un reactor (cercano)	150	Daños en el oído
Motor de cohete grande (cercano)	180	

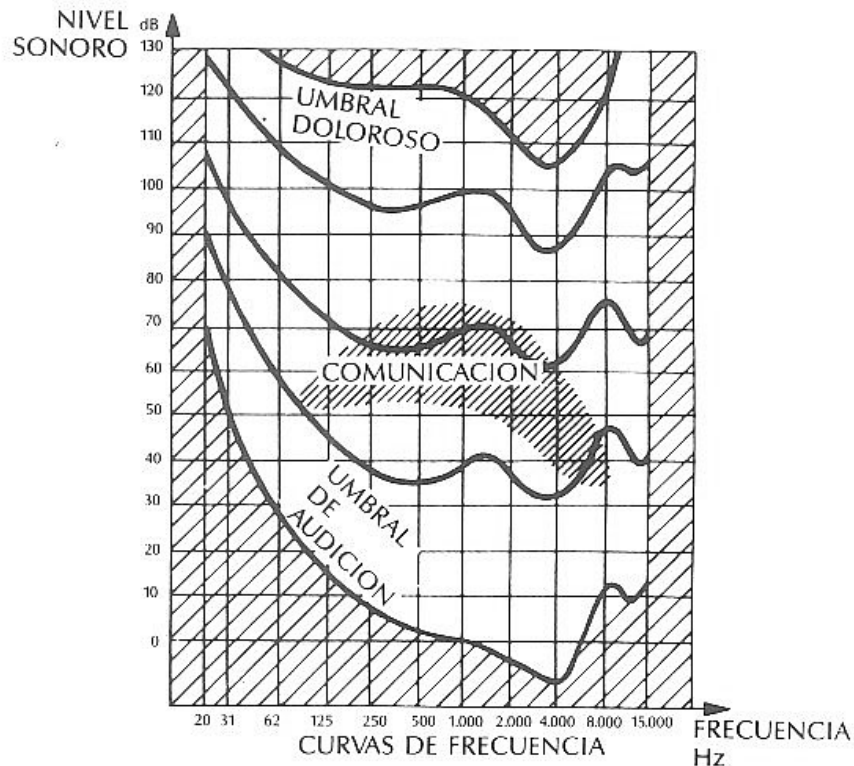
FUENTES: MODIFICADO DE PAUL A. TIPLER 1995

suenan a la vez, generan un nivel total de sólo 63 dBA. Para facilitar este tipo de cálculos existen métodos gráficos para determinar tanto adiciones como sustracciones, y es posible medir esta magnitud directamente del ambiente o de una fuente mediante **sonómetros** y otros equipos que se describirán en otros apartados.

Por otro lado, los decibelios son fácilmente relacionables con la respuesta del oído humano, ya que éste también responde logarítmicamente frente a la presión sonora.

La Tabla 2, en la página anterior, muestra los valores en decibelios A que tendríamos que soportar en distintas situaciones.

El oído humano no es igual de sensible a todas las frecuencias, sino que la sensibilidad es variable. La variación de la sensibilidad del oído con la presión sonora queda resumida en la Fig. 2. En dicha figura se aprecia cómo la sensibilidad es máxima para 1.000Hz, es algo menor para frecuencias mayores, y disminuye mucho para bajas frecuencias.



Los ruidos no uniformes en el tiempo:

Por otra parte, los ruidos que no son uniformes en el tiempo presentan dificultades de caracterización y medida. Por ejemplo, el ruido que produce la circulación de vehículos en una carretera da sensación de uniformidad cuando el oyente está alejado. Pero, cuando éste se acerca puede apreciar que cada vehículo genera a su paso una impresión sonora diferente. Ésta depende de las características de cada vehículo y va creciendo hasta un máximo, cuando pasa a la altura del oyente, para luego disminuir de nuevo.

Para poder medir este tipo de ruidos se ha buscado una expresión que sintetice en un solo valor numérico los distintos niveles sonoros producidos en un determinado período de tiempo. Esta expresión es el “ **nivel sonoro equivalente**” (**Leq**) y representa el nivel de ruido hipotético continuo que, durante el mismo período de tiempo, contiene la misma energía sonora que el nivel variable que se quiere medir.

LA PERCEPCIÓN Y LA SENSACIÓN SONORA:

Aunque el oído humano es muy sensible, es incapaz de medir la intensidad acústica de dos sonidos de distinto tono. El sonido que se oye más alto no siempre se corresponde con el de mayor intensidad acústica. Para que el oído pueda distinguir y comparar intensidades, la frecuencia de los sonidos debe ser la misma.

Asimismo, la sensación sonora no se corresponde de manera proporcional a los cambios en la intensidad del sonido. Si la última se multiplica por dos, el oído no lo percibe el doble de alto; es decir, si la intensidad sonora crece en progresión geométrica (multiplicando), la percepción subjetiva lo hace en progresión aritmética (sumando).

Es importante saber que el ruido, por sus efectos fisiológicos puede ser una fuente de molestia y de daños físicos. La aparición repentina de un ruido inhabitual lleva consigo una modificación de la actividad fisiológica: crecimiento del ritmo cardíaco, modificación del ritmo respiratorio, variación de la presión arterial, etc.

Desgraciadamente, la perturbación de un ruido que se debe considerar como molesto no está influenciada solamente por las leyes fisiológicas de la sensibilidad sonora, sino también por la disposición psicológica, subjetiva y muy variable con diferentes factores del observador, como ya se ha comentado.

EL RECHAZO DEL RUIDO:

Como se ha comentado, el sonido genera una vibración acústica que produce una sensación auditiva. Se origina con las vibraciones mecánicas de la materia y se propaga en todas direcciones en forma de ondas longitudinales de presión sonora.

Los ruidos al fin y al cabo son sonidos que se perciben, pero por sus características, no suelen ser agradables y no son deseados. Esto conlleva una alta carga de subjetividad, oportunidad y predisposición a la hora de calificar un sonido como ruido. Un grupo de sonidos puede ser agradable a ciertas horas (por ejemplo la música) y ser rechazado totalmente en la madrugada. El rechazo o la aceptación, también, pueden depender de quién es el causante del sonido, debido a la influencia de la psicología de la percepción.



FUENTES Y BIBLIOGRAFÍA:

- Control de Ruido en las Edificaciones. Fausto Rodríguez Manzo. Disponible en <http://www.azc.uam.mx/cyad/procesos/website/grupos/tde/NewFiles/ruido.html>
- Doelle, Leslie L., Eng., M. Arch. (1972). “Environmental Acoustics”, Ed. Mc Graw Hill.
- Fundación Biodiversidad, (2002). “Gestión Ambiental: Contaminación Acústica (Soporte CD). Proyecto de desarrollo de actuaciones de formación, sensibilización y creación de estructuras medioambientales”.

Desarrollado por Fundación Biodiversidad, Universidad de Alcalá, Fundación General de la Universidad de Alcalá con Fondo Social Europeo. Editado por Fundación Biodiversidad, Madrid.

- Isover, Roclaine. "Manual de Aislamiento en la Edificación". Editado por Isover y roclaine.
- Menéndez Díez, Faustino, (2002) "Higiene Industrial. Manual Para la Formación del Especialista". Ed. Lex Nova.
- Tipler, P.A. (1995) "Física". Ed. Reverté.