

# **EL RUIDO Y SU CONTROL**

**Coordinadora PROCAME**

M.Sc. Ligia Bermúdez Hidalgo

**Equipo de trabajo:**

Ing. Ana Catalina Leandro Sandí

M.Sc. Manfred Murrell Blanco

Licda. Karla Vetrani Chavarría

## Índice

Índice	1
Conceptos básicos de sonido	3
1. El sonido y el ruido	3
2. Clasificación del ruido	6
3. Instrumentos para la medición de ruido	7
a. Sonómetros	7
b. Dosímetros	9
c. Calibrador acústico	10
4. Índices de valoración de ruido	10
a. Nivel continuo equivalente	10
b. Nivel diario equivalente	11
c. Nivel semanal equivalente	11
d. Niveles percentiles	11
5. Factores que intervienen en la medición de ruido	11
Cálculos de los Niveles de Presión Sonora	12
1. Suma de niveles sonoros	12
2. Resta de niveles sonoros	16
Normas Internacionales para el control de ruido	18
1. Norma ISO 1996-1 “Magnitudes básicas y métodos de evaluación de ruido ambiental”	20
a. Descriptores de ruido medioambiental	20
b. Corrección de los niveles de exposición sonora	20
c. Requisitos de los límites de ruido	22

d. Informe de evaluaciones _____	22
2. Norma ISO 1996-2 “Determinación de los niveles de ruido ambiental” ____	23
a. Incertidumbre de medición _____	24
b. Funcionamiento de la fuente _____	25
c. Condiciones meteorológicas _____	25
d. Procedimientos de medición _____	26
e. Extrapolación a otras condiciones _____	26
f. Información a registrar y presentar _____	27
3. Norma ISO 1996-3 “Aplicación de los límites de ruido” _____	27
Legislación nacional _____	28
1. Decreto N° 10541-TSS "Reglamento para el control de ruidos y vibraciones" 29	
2. Decreto N°28718-S “Reglamento para el control de contaminación por ruido” 29	
3. Decreto N°32692 “Procedimiento para la Medición de Ruido” _____	30
Bibliografía _____	33

## Conceptos básicos de sonido

### 1. El sonido y el ruido

El sonido puede ser definido como una alteración física en un medio (gas, líquido o sólido) (Cyril, 1997), detectado como cualquier variación de presión que el oído humano (Brüel & Kajaer, 1997). Se debe considerar que el sonido se crea por una fuente, se transmite por un camino y alcanza a unos receptores; esta división mejora la comprensión de los problemas del control de los sonidos por lo se deben analizar los efectos psicoacústicos involucrados en la recepción y percepción del sonido y los efectos que causan en la salud.

A partir de lo anterior se da el concepto de ruido, definido como un sonido indeseable, es un fenómeno ambiental al que se está expuesto desde antes de nacer y a lo largo de la vida; también puede considerarse como contaminante ambiental, un producto de desecho generado mientras se realizan varias actividades antropogénicas (Denisov, s.f.).

De acuerdo a esta definición, el ruido es cualquier sonido, cualquiera que sea su intensidad, que puede producir un efecto fisiológico o psicológico indeseable en un individuo o que interfiere con sus fines sociales o los de un grupo entre los que se encuentran todas las actividades de las personas: comunicación, trabajo, descanso, diversión y sueño. Se sabe desde hace mucho que un ruido con la intensidad y duración suficientes puede inducir pérdidas de la audición, que van desde un ligero deterioro auditivo hasta casi la sordera total. En general, un patrón de exposición a cualquier fuente de sonido que lo produzca a niveles bastante altos generaría la pérdida temporal de la audición (Parrando, 2006).

Otras definiciones que deben considerarse son:

- Velocidad del sonido: es la velocidad a la que se desplazan las ondas sonoras, uno de los aspectos que interfiere con la velocidad es la temperatura del aire a una relación de 0,61 m/s por 1 °C.

- Ondas sonoras: es la transmisión de la energía que procede de una fuente sonora, todas las características de las ondas, frecuencia, la longitud, son relacionadas a las del sonido (Rejano, 2000). Estas ondas se pueden clasificar en los siguientes grupos:
  - Ondas planas: las ondas sonoras tienen la misma dirección de propagación en todos los puntos, formando superficies planas perpendiculares a la dirección de propagación.
  - Ondas esféricas: tienen la misma dirección de propagación en todos los puntos, formando superficies planas esféricas
- Frecuencia: es el número de oscilaciones de una señal por segundo, su unidad dentro del SI es el hercio (Hz). El oído humano tienen la capacidad para detectar las frecuencias entre 20 y 20.000 Hz, definiéndose de esta forma el espectro de la audición. Para realizar este análisis se utiliza una escala constante en frecuencia, en caso de que esta relación sea 2 a 1 se conoce como **análisis en bandas de octavas**.
- Longitud de onda: es la distancia perpendicular entre dos frentes de onda que tienen la misma fase, es la misma que la distancia recorrida por la onda en un ciclo completo de vibración (Harris, 1997).
- Intensidad sonora: flujo de energía sonora emitido por una fuente que atraviesa la unidad de superficie en la unidad de tiempo, esta disminuye al alejarse de la fuente.
- Potencia sonora y nivel de potencia sonora: el oído humano responde a un campo amplio de potencias con un rango aproximada de  $10^{14}$  (ATECYR, 1978).

Esta potencia no se puede medir directamente, sino que debe calcularse a partir de mediciones de la presión sonora, definida como la variación de la presión atmosférica en un punto originada por la emisión sonora de un foco de ruido, debido al gran intervalo que pueden tomar estos valores se emplea la escala logarítmica, nivel de presión sonora, definiéndose como diez veces el logaritmo del cociente entre la presión instantánea y la presión de referencia (Rejano, 2000).

$$NPS = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

La medida de ruido surge a partir de las definiciones anteriores, expresando la relación entre dos potencias sonoras, y recibe el nombre de decibelio, con símbolo dB, representando una unidad de la escala logarítmica, sien una décima parte de un Bel (unidad oficial dentro del SI, sin embargo es muy grande para su manejo en las mediciones), así mediante las escalas logarítmicas se transforman las mediciones entre 0 a 140 dB. Los cuales se pueden observar en la siguiente figura.



Figura 1. Intensidad de los sonidos en dB

Fuente: CDC, s.f.

En el siguiente cuadro se presenta una relación entre los niveles de presión sonora y la intensidad sonora a partir del NPS en términos de decibles, representándose respecto al espectro de la frecuencia audible.

Cuadro 1. Relación entre presión sonora e intensidad sonora

NPS (dB)	Presión	Intensidad
140	200	100
120	20	1
100	2	0,01
80	0,2	$10^{-4}$
60	0,02	$10^{-6}$
40	0,002	$10^{-8}$
20	0,0002	$10^{-10}$
0	0,00002	$10^{-12}$

## 2. Clasificación del ruido

El ruido se puede clasificar según su tipo para realizar las mediciones para permitir su evaluación posterior. Se clasifica en:

- Ruido continuo: se produce sin interrupción, por ejemplo, ventiladores, bombas y equipos, en la figura a continuación se puede observar un ejemplo.



Figura 2. Ejemplo de ruido continuo

- Ruido intermitente: se produce en ciclos, es decir el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente, por ejemplo se encuentra el ruido de los trenes, pitos de vehículos, aviones entre otros.



Figura 3. Ejemplo de ruido intermitente

- Ruido impulsivo: se encuentra asociado a impactos o explosiones por lo que es breve y abrupto causando mayor molestia, por ejemplo en la construcción de túneles se requiere dinamitar los suelos (Brüel & Kjaer, 1997).



Figura 4. Ejemplo de ruido impulsivo

### 3. Instrumentos para la medición de ruido

#### a. Sonómetros

Son instrumentos para la lectura directa del nivel de presión sonora, en la figura a continuación se pueden observar los diferentes tipos encontrados en el mercado



Figura 5. Sonómetro

Estos se encuentran compuestos por las siguientes partes:

- Transductor o micrófono: convierte las variaciones de presión de las ondas sonoras en señales eléctricas que varían con el tiempo, existen diferentes tipos de micrófonos de acuerdo con las clases de los sonómetros (0, 1 ó 2),



los micrófonos de condensador, micrófonos pre polarizados y los micrófonos piezoeléctricos.

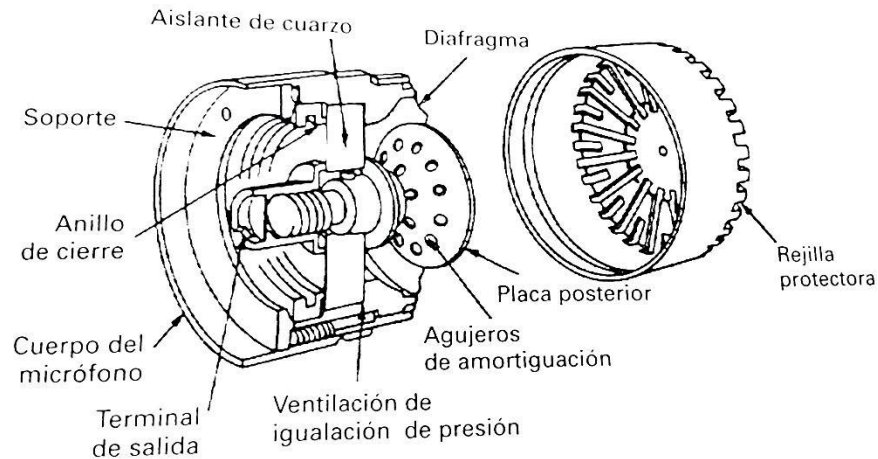


Figura 6. Dibujo de sección simplificada de partes de un micrófono de condensador

Fuente: Harris, 1995

- Acondicionador de la señal eléctrica
- Redes de ponderación en frecuencia: permiten las lecturas en escala A, B, C y lineal
  - Ponderación A: ofrecen una correlación entre las respuestas humanas para distintos tipos de fuentes de ruido, considera la sensibilidad reducida de la audición humana norma para frecuencias bajas. Normalmente se escribe como dB(A), se utiliza para medir el riesgo de pérdida auditiva.
  - Ponderación B: se utiliza para los sonidos asociadas a frecuencias medias, en la actualidad no es utilizada. Se escribe como dB(B).
  - Ponderación C: es bastante uniforme entre 50 y 5000 Hz, se utiliza como una medición de niveles de alta intensidad, es usada para medir ruido emitido por maquinaria, también se usa para especificar protectores auditivos y para la medición de picos en el nivel de presión sonora, se escribe como dB(C).
- Amplificador: Esta es una etapa cuya utilidad es aumentar la amplitud de la señal entregada por el micrófono para que sea posible el procesamiento de la misma en la siguiente etapa.

- Circuito de ponderación temporal: Permite realizar la lectura en respuesta de la velocidad, se divide en:
  - Slow(S): se utiliza para medir ruidos que no fluctúan rápidamente, 1 s.
  - Fast (F): el tiempo de respuesta es de 125 ms, se usa en ruido fluctuante.
  - Respuesta Impulsiva: se utiliza únicamente para medir ruidos impulsivos, con una constante de tiempo de 35 ms.
  - Peak: Permite cuantificar niveles picos de presión sonora muy intensos y de corta duración, la constante de tiempo es de 50 microsegundos.
- Indicador logarítmico: en la pantalla en caso de que el equipo sea digital, o en la división de escala en caso de que sea analógico se presenta la lectura del ruido medido de acuerdo al nivel de ponderación en escala logarítmica.

#### b. Dosímetros

Son instrumentos que miden la cantidad de energía sonora existente en un punto determinado, se compone por un sonómetro (red de ponderación A) y de un integrador, el cual acumula la energía y calcula el valor promedio que se conoce como dosis en un intervalo de tiempo (Rejano, 2000). En la figura a continuación se puede observar una fotografía del equipo.



Figura 7. Dosímetro

### c. Calibrador acústico

Un calibrador acústico o calibrador sonoro es un aparato que puede producir un nivel sonoro conocido, estable en el diafragma de un micrófono que se inserta en un espacio del calibrador.



Figura 8. Calibrador sonoro

## 4. Índices de valoración de ruido

Se pueden definir como la magnitud física para describir la contaminación acústica, relacionando con diferentes períodos de tiempo. A continuación se detallan los diferentes índices de valoración de ruido de acuerdo a los niveles de presión sonora.

### a. Nivel continuo equivalente

El nivel continuo equivalente ( $L_{eq}$ ) contiene la misma energía que el ruido medido en una cantidad definida de tiempo, un aspecto a considerar es que el ruido debe ser constante, por lo que se puede comparar el riesgo de daño auditivo ante la exposición a diferentes tipos de ruido, si se usa en la ponderación A se conoce como  $L_{Aeq}$ . Este se calcula a partir del valor cuadrático medido de la presión sonora ponderada a un período de observación.

$$L_{Aeq,T} = 10 * \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{p_A^2(t)}{p_{ref}^2} \right) dt \right] (dBA)$$

#### b. Nivel diario equivalente

Es el nivel de exposición sonora normalizado a 8 horas (tiempo que dura la jornada de trabajo), sus siglas son  $L_{Aeq,Te}$ . A partir de este se realizan las estimaciones de las pérdidas auditivas de los trabajadores según la duración efectiva de la jornada ( $T_e$ ) calculándose a partir de la siguiente ecuación.

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 * \log \frac{T_e}{8} (dBA)$$

#### c. Nivel semanal equivalente

Es el nivel en decibeles de las exposiciones diarias de los días que dura la semana laboral, sus siglas son  $L_{Aeq,di}$ . La siguiente ecuación representa su fórmula de cálculo.

$$L_{Aeq,s} = 10 * \log \frac{1}{5} \sum_{t=1}^5 10^{0,1 * L_{Aeq,di}} (dBA)$$

#### d. Niveles percentiles

Son los niveles de presión sonora que han sobrepasado el tiempo de medición, se utilizan normalmente los siguientes:  $L_{10}$  nivel sobrepasado durante 10 % del intervalo de observación,  $L_{50}$  nivel sobrepasado durante la mitad del tiempo de medida,  $L_{90}$  ruido de fondo de la señal.

### 5. Factores que intervienen en la medición de ruido

Los factores que intervienen en la medición de ruido se asocian al viento y a la temperatura, los cuales se detallan a continuación:

- Viento: su velocidad aumenta con la altitud, lo que desvía la trayectoria del ruido creando una sombra en el lado de la fuente que se encuentre en su contra, entre mayor sea la distancia de la fuente al punto donde se está midiendo mayor es la afectación, por lo que se disminuyen considerablemente los niveles de presión sonora.
- Temperatura: crean efectos similares al viento.

## Cálculos de los Niveles de Presión Sonora

Para el cálculo de los niveles de presión sonora es necesario el uso de diferentes métodos y operaciones matemáticas, los cuales se desarrollan a continuación.

### 1. Suma de niveles sonoros

Al momento de medir los niveles de presión sonora de forma separada y se necesita saber el ruido presente de forma combinada es necesario realizar una suma, sin embargo al ser los dB representados por valores logarítmicos, dicha suma no se puede realizar de forma directa por lo que existen dos métodos para su cálculo:

- Método numérico: en este se realiza a partir de una función matemática el cálculo, en donde se convierte cada valor de dB en su valor lineal y posteriormente se vuelven a convertir los datos en términos logarítmicos, esto se puede analizar en la siguiente ecuación.

$$L_{presultado} = 10 * \log \left( 10^{\frac{L_{p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{p3}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{pn}}{10}} \right)$$

Por ejemplo se realizaron diferentes mediciones en un proyecto en construcción y se quiere conocer el valor total. Dichas mediciones se presentan a continuación.

$$93 \text{ dB(A)} - 93 \text{ dB(A)} - 96 \text{ dB(A)} - 99 \text{ dB(A)}$$

Para la elaboración del cálculo se aplica la ecuación presentada anteriormente.

$$L_{presultado} = 10 * \log \left( 10^{\frac{93}{10}} + 10^{\frac{93}{10}} + 10^{\frac{96}{10}} + 10^{\frac{99}{10}} \right) \text{ dB(A)}$$

$$L_{presultado} = 10 * \log \left( 10^{\frac{93}{10}} + 10^{\frac{93}{10}} + 10^{\frac{96}{10}} + 10^{\frac{99}{10}} \right) \text{ dB(A)}$$

$$L_{presultado} = 10 * \log(1,59 * 10^{10}) \text{ dB(A)}$$

$$L_{presultado} = 102 \text{ dB(A)}$$

- Método gráfico: a partir de la siguiente gráfica se realiza el cálculo del nivel total de presión sonora

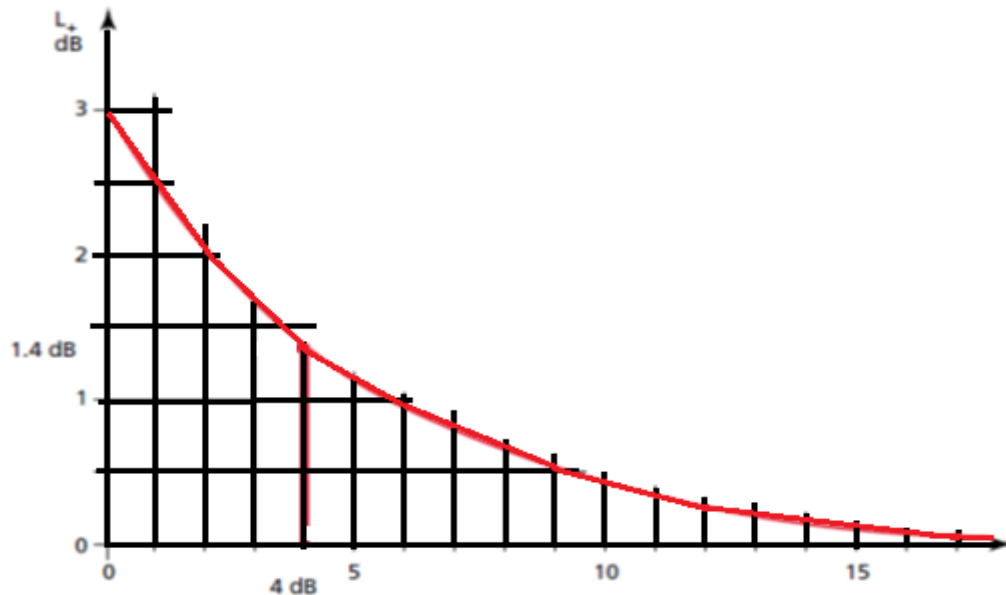


Figura 9. Gráfica del método

Fuente: Brüel & Kjaer, 1997

Los pasos para la aplicación de este método son los siguientes:

- Medir el nivel sonoro de cada fuente de ruido separadamente ( $L_{p1}$ ,  $L_{p2}$ ).
- Encontrar la diferencia entre los niveles  $\Delta D = L_{p2} - L_{p1}$
- Encontrar esta diferencia en el eje horizontal del gráfico y revisar donde hay una intersección en la curva y revisar el valor vertical de la izquierda.
- Añadir el valor observado en el eje vertical al nivel de ruido mayor.
- Si hay presentes tres o más fuentes de ruido, se deben repetir todos los pasos, usando la suma obtenida para las primeras dos fuentes y el nivel de presión sonora para cada fuente adicional (Brüel & Kjaer, 1997)

Por ejemplo si se quiere conocer por este método el nivel de presión sonora total de las siguientes mediciones se debe:

90 dB(A) - 95 dB(A) - 91 dB(A) - 94 dB(A)

1. Ordenar de menor a mayor las mediciones de ruido

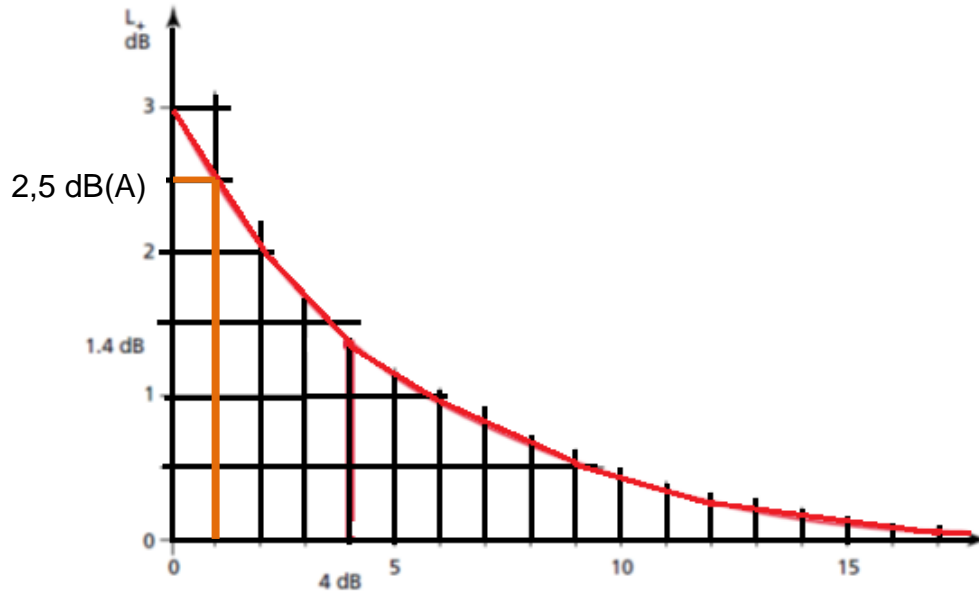
90 dB(A) - 91 dB(A) - 94 dB(A) - 95 dB(A)

2. Encontrar la diferencia entre los dos primeros niveles de ruido

$$\Delta D = 91 \text{ dB(A)} - 90 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta D = 1 \text{ dB(A)}$$

3. Encontrar la diferencia en el eje horizontal del gráfico y revisar el eje vertical



4. Se añade el valor indicado del eje vertical en al nivel de la fuente de ruido más elevada entre las dos analizadas

$$91 \text{ dB(A)} + 2,5 \text{ dB(A)} = 93,5 \text{ dB(A)}$$

5. Se debe repetir nuevamente el proceso

$$\Delta D = 94 \text{ dB(A)} - 93,5 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta D = 0,5$$



$$94 \text{ dB(A)} + 2,7 \text{ dB(A)} = 96,7 \text{ dB(A)}$$

Se vuelve a repetir el proceso con el nivel de presión acústica faltante.

$$\Delta D = 96,7 \text{ dB(A)} - 95 \text{ dB(A)}$$

$$\Delta D = 1,7 \text{ dB(A)}$$



$$96,7 \text{ dB(A)} + 2,2 \text{ dB(A)} = 98,9 \text{ dB(A)}$$

El resultado de la suma de los niveles de presión sonora es 98,9 dB(A)



## 2. Resta de niveles sonoros

En ocasiones es necesario restar el ruido de fondo ( $L_{pbackground}$ ) del nivel de presión sonora total ( $L_{ptot}$ ), se puede utilizar el método numérico o el gráfico los cuales se detallan a continuación

- Método numérico: se realiza aplicando la siguiente ecuación.

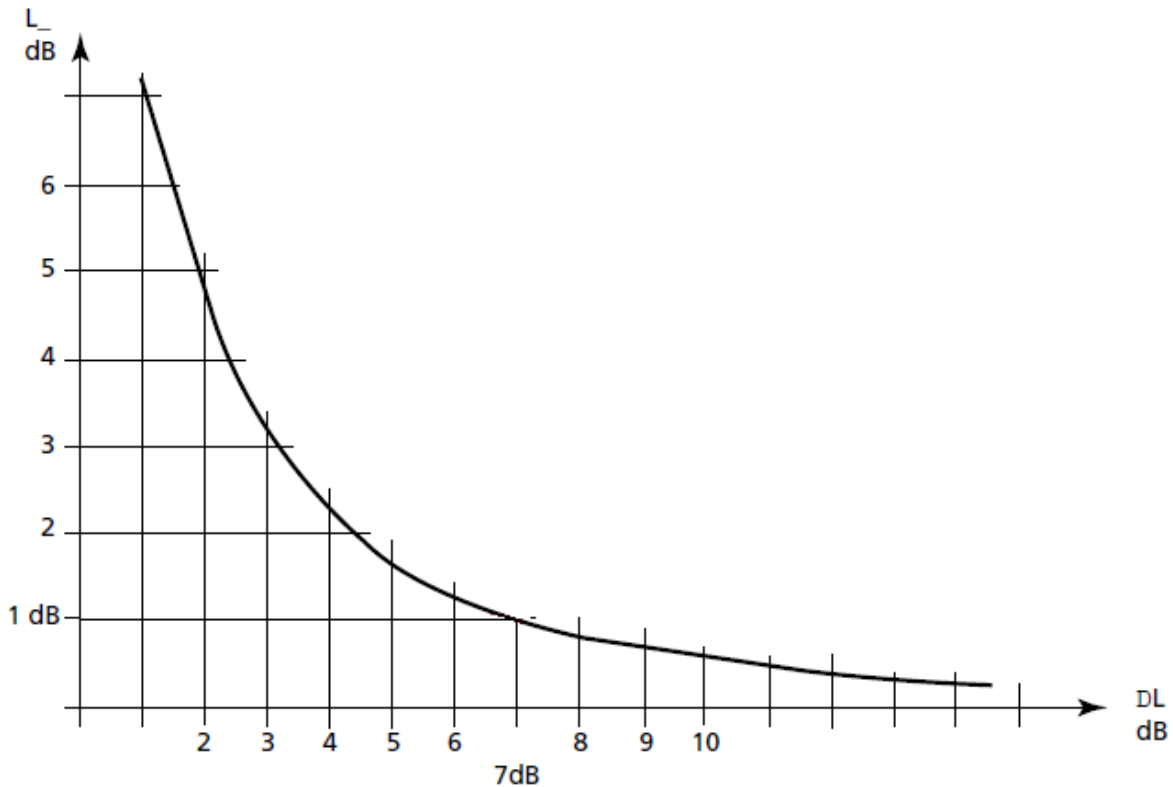
$$L_{presultado} = 10 * \log \left( 10^{\frac{L_{ptot}}{10}} - 10^{\frac{L_{pbackground}}{10}} \right)$$

Por ejemplo en una empresa les interesa conocer el nivel de ruido que provoca una cierra de banda, se tiene el ruido total de la planta el cual es de 100 dB(A) y también conocen el ruido de fondo, el cual se midió cuando toda la planta estaba en funcionamiento con excepción de la cierra de banda, el cual era 95 dB(A). Para realizar esto se aplica la ecuación anterior.

$$L_{presultado} = 10 * \log \left( 10^{\frac{100}{10}} - 10^{\frac{95}{10}} \right)$$

$$L_{presultado} = 98,3 \text{ dB(A)}$$

- Método gráfico: se analiza a partir de la siguiente gráfica.



Los pasos para la realización del cálculo son:

- Medir el nivel sonoro de cada fuente de ruido separadamente ( $L_{p1}$ ,  $L_{p2}$ ).
- Encontrar la diferencia entre los niveles  $\Delta D = L_{p2} - L_{p1}$
- Encontrar esta diferencia en el eje horizontal del gráfico y revisar donde hay una intersección en la curva y revisar el valor vertical de la izquierda.
- Restas valor observado en el eje vertical al nivel de ruido mayor. (Brüel & Kajaer, 1997)

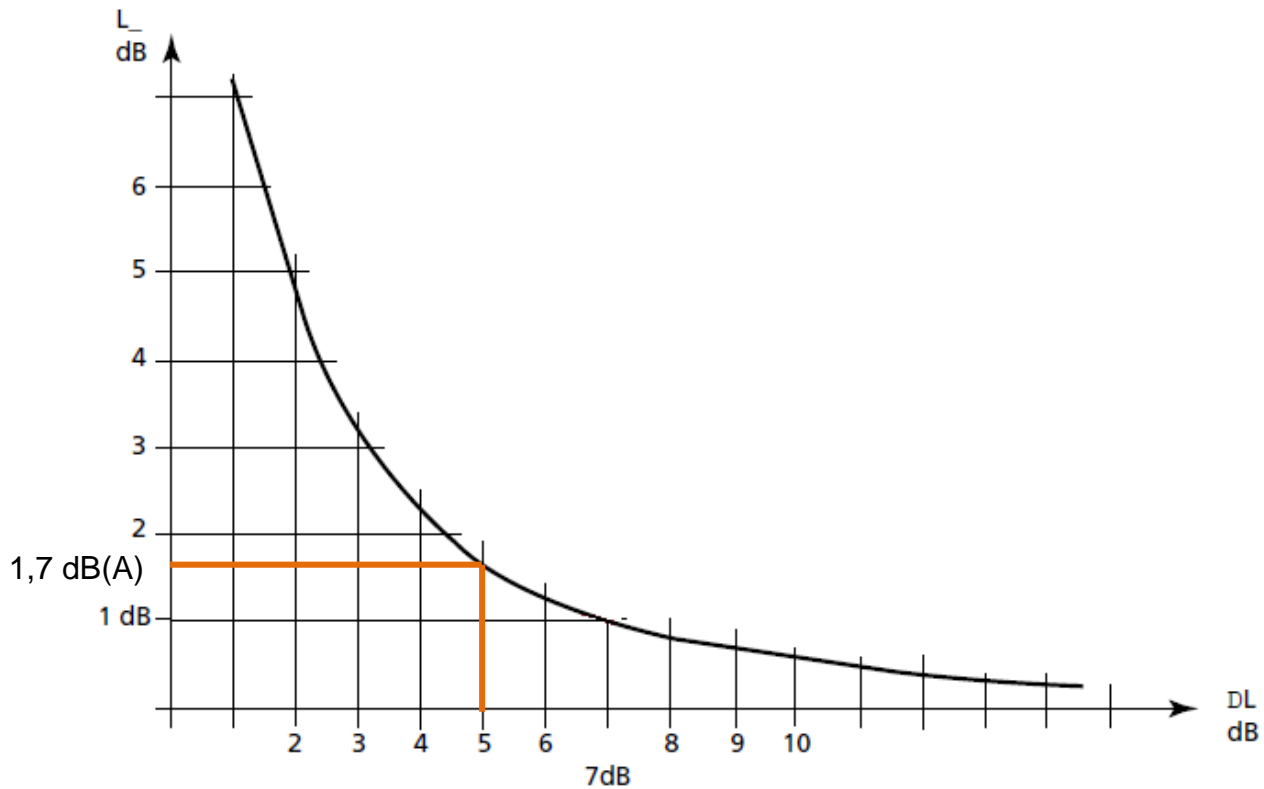
Para analizar esto se puede considerar el ejemplo del método numérico, con el siguiente enunciado “una empresa les interesa conocer el nivel de ruido que provoca una cierra de banda, se tiene el ruido total de la planta el cual es de 100 dB(A) y también conocen el ruido de fondo, el cual se midió cuando toda la planta estaba en funcionamiento con excepción de la cierra de banda, el cual era 95 dB(A)”.

1. El  $L_{ptot}$  es 100 dB(A) y el  $L_{pbackground}$  es 95 dB(A)
2. La diferencia entre los niveles de presión sonora es de

$$\Delta D = 100dB(A) - 95 dB(A)$$

$$\Delta D = 5 \text{ dB}(A)$$

3. Encontrar la diferencia en el eje horizontal del gráfico y revisar el eje vertical



4. Se resta el valor indicado del eje vertical al nivel de la fuente de ruido más elevada entre las dos analizadas

$$100 \text{ dB}(A) - 1,7 \text{ dB}(A) = 98,3 \text{ dB}(A)$$

### Normas Internacionales para el control de ruido

IRAM (s.f.) parafraseando a ISO (s.f) indica que la normalización es la actividad que tiene por objeto establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico. Por lo que esta se puede definir como el procedimiento de formulación

y aplicación de reglas que pretenden encausar una determinada actividad dentro de un patrón de comportamiento adecuado.

Esto da como resultado el concepto de norma que es un documento que establece, por consenso y aprobado por un organismo reconocido, reglas y criterios para usos comunes y repetidos. Es decir, establece las condiciones mínimas que deben reunir un producto o servicio o una persona. Siendo que las normas pueden ser internacionales, como las normas ISO con un cumplimiento voluntario, o nacionales, como leyes, reglamentos, etc., que son de acatamiento obligatorio para todos los habitantes, los sectores privados y estatales de un país (IRAM, s.f.).

La norma base en temas de Salud Ocupacional es la OSHAS 18001:2007 “Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional” porque da los lineamientos mínimos que las organizaciones deben cumplir en temas de Salud Ocupacional, permitiendo el desarrollo e implementación de políticas y objetivos que tomen en cuenta los requisitos legales e información acerca de los riesgos, entre ellos el ruido, relacionados con la Salud Ocupacional (OSHAS 18001, 2007).

Un aspecto a destacar es que esta norma es aplicable a organizaciones de todo tipo y tamaño y busca ajustarse a las condiciones culturales y sociales de los países donde se desarrolle, busca de esta forma un equilibrio con las necesidades socio-económicas, por lo que es una herramienta para gestionar los desafíos que deben enfrentar las organizaciones, entre los que se destacan los niveles elevados de accidentabilidad y enfermedades profesionales, las jornadas de trabajo perdidas, el absentismo laboral, los costos de atención médica y la compensación a los trabajadores (OSHAS 18001, 2007).

Cabe destacar que su estructura está basada en el ciclo de mejora continua denominada PDHA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar), la cual es una herramienta para mejorar el comportamiento de la organización en materia de prevención de riesgos laborales, por lo que hace que sea compatible la gestión de la prevención con otras normas de gestión, como son las normas de gestión de la Calidad ISO 9001 y gestión ambiental ISO 14001 (Lascorz, 2012).

A partir de esto surge la norma ISO 1996 "Descripción, medición y evaluación de ruido ambiental", la cual está compuesta por dos partes, que se detallan a continuación.

### **1. Norma ISO 1996-1 "Magnitudes básicas y métodos de evaluación de ruido ambiental"**

Esta norma fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 43 Acústica, Subcomité SC 1 Ruido, esta norma, en términos generales, define las magnitudes básicas a utilizar para la descripción del ruido existente en ambientes de comunidad. A continuación se desarrollan los aspectos más destacables de esta norma.

#### **a. Descriptores de ruido medioambiental**

La norma trata los descriptores de los ruidos medioambientales en donde se caracterizan los sucesos aislados como lo es el paso de un camión, un avión, etc., en donde se analizan las magnitudes físicas los niveles de ponderación, generalmente utilizando el A, salvo en casos de ruidos impulsivos. En este caso concreto se analiza el nivel de exposición sonora con la ponderación de la frecuencia especificada, el máximo y la ponderación temporal y la presión acústica pico; se debe considerar la duración del suceso.

Otro aspecto a caracterizar son los sucesos aislados pero repetitivos, por ejemplo el ruido de los trenes, el ruido de circulación con poco tráfico, los aviones despegando y aterrizando en un aeropuerto, por lo que se considera como la suma de varios sucesos individuales. Por último se presenta el ruido continuo, en temas ambientales se destacan los transformadores, ventiladores, entre otros, estos pueden ser constantes, fluctuantes o variar en determinado intervalo de tiempo, se mide en términos de nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante un intervalo de tiempo.

#### **b. Corrección de los niveles de exposición sonora**

Se aplican dos métodos para hacer la corrección.

- El primero se aplica cuando se puede medir la exposición sonora de sucesos aislados, salvo para los ruidos impulsivos de alta energía, el nivel de exposición sonora corregido  $L_{REij}$  se determina por el nivel de exposición sonora  $L_{Eij}$  para el  $i$ ésimo ruido de un suceso aislado más el término corrector del nivel  $K_j$  el cual se presenta en la tabla a continuación. La función de medición es:

$$L_{REij} = L_{Eij} + K_j$$

Cuadro 2. Términos correctores típicos de nivel basados en la categoría de la fuente de ruido y del período del día

Tipo	Especificación	Término corrector del nivel dB
Fuentes de ruido	Tráfico rodado	0
	Avión	3 a 6
	Tren <sup>a</sup>	-3 a -6
	Industria	0
Carácter de la fuente	Impulsivo norma I <sup>b</sup>	5
	Altamente impulsivo	12
	Impulsivo de alta energía	Véase el siguiente cuadro
	Tonos prominentes <sup>c</sup>	3 a 6
Período de tiempo	Tarde	5
	Noche	10
	Fin de semana <sup>d</sup>	5

<sup>a</sup> Los términos correctores para los trenes no se aplican a los trenes largos o a los que superan la velocidad de 250 km/h.

<sup>b</sup> Algunos países realizar ensayos objetivos de percepción para estimar si las fuentes de ruido son impulsivos normales.

<sup>c</sup> Si se cuestiona la presencia de un contenido total prominente.

<sup>d</sup> El término corrector de fin de semana se añade a  $L_d$  como defina la autoridad competente

- El segundo es para el nivel de presión sonora continuo equivalente corregido, para cada  $L_{Reqj,Tn}$  para la  $j$ ésima fuente, está indicado al nivel sonoro equivalente real,  $L_{Aeqj,Tn}$  más el término corrector de nivel de  $K_j$  expresado en decibelios. La función es:

$$L_{ReqjTn} = L_{Aeqj,Tn} + K_j$$

También se encarga de describir los procesos básicos necesarios para la evaluación de la incertidumbre además de especificar los métodos de evaluación del ruido ambiental (Aparici, 2010).

#### c. Requisitos de los límites de ruido

Los límites son fijados por las autoridades basados en el conocimiento sobre los efectos del ruido en la salud humana y en el bienestar, los factores de los que se depende es del período del día la actividad a proteger, el tipo de estudio de ruido, la situación. Se deben incluir:

- uno o varios descriptores de ruido
- intervalo de tiempo de interés
- el lugar donde se deben verificar los límites de ruido
- el tipo y características de la zona donde se van a utilizar los límites de ruido
- la fuente
- las condiciones de propagación desde la fuente hasta el receptor
- los criterios para establecer la conformidad con los límites.
- incertidumbre

#### d. Informe de evaluaciones

Las evaluaciones de ruido representativas de un intervalo de tiempo a largo plazo, se utilizan para estimar la reacción de las comunidades a la molestia por una exposición de ruido, los elementos a incluir dentro de un informe son:

- Intervalo de tiempo de referencia
- Intervalo de tiempo a largo plazo
- Para las mediciones, instrumentación, calibración y colocación y el intervalo de tiempo de medición
- Descripción de la fuente de ruido o de las fuentes incluidas en los intervalos de referencia
- Descripción de las condiciones de funcionamiento de la fuente o de las fuentes de ruido

- Descripción del lugar de evaluación, geometría de los edificios, revestimiento y las condiciones del suelo
- Descripción de cualquier procedimiento utilizado para corregir cualquier contaminación por ruido residual
- Resultados de la estimación de la molestia a largo plazo de la comunidad
- Descripción de las condiciones meteorológicas durante las mediciones, especialmente la dirección del viento, la velocidad, nubosidad y presencia de precipitaciones.
- La incertidumbre de los resultados
- El origen de los datos de entrada y las actividades realizadas para verificar la fiabilidad de los datos de entrada

Existen requisitos adicionales para informar sobre la conformidad con los límites son siguientes:

- Las reglamentaciones correspondientes a los límites de ruido
- Si se utiliza predicción una descripción del modelo de predicción y de las hipótesis en las que se basa
- Si se utiliza predicción las incertidumbres ligadas al calor predicho del descriptor del ruido.

## **2. Norma ISO 1996-2 “Determinación de los niveles de ruido ambiental”**

También fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 43 Acústica, Subcomité SC 1 Ruido, esta norma, en términos generales, contiene una guía para determinar las incertidumbres de los niveles de presión sonora medidos en la ponderación frecuencial A. Describe, además, cómo determinar los niveles de presión sonora para evaluar el ruido ambiental por cálculo, por medición directa y por extrapolación de los resultados de las mediciones tras la realización de un cálculo previo (Aparici, 2010). A continuación se detallan estos aspectos.



#### a. Incertidumbre de medición

La incertidumbre depende de la fuente sonora y del intervalo de tiempo de medición, el proceso de cálculo cumple con lo establecido en la GUM, en el cuadro a continuación se presentan algunas directrices de cómo estimar la incertidumbre de medición, con un factor de cobertura igual a 2. Las fuentes de incertidumbre se indican a continuación:

- Instrumentación: se considera 1 dB si se utiliza instrumentación de clase 1 de la norma IEC 61672-2002, si se usan equipos de otras clases el valor debe ser mayor. Se debe considerar las siguientes componentes:
- Condiciones de funcionamiento (repetibilidad): se deben realizar como mínimo 3 repeticiones, se asocia al tiempo de reverberación, asociado con la media de todas las bandas de frecuencias en tercios de octava.
- Condiciones meteorológicas y del terreno: el valor varía dependiendo de la distancia de medición y de las condiciones meteorológicas que prevalecen.
- Sonido residual: esta varía dependiendo de la diferencia entre los valores totales medidos y el sonido residual considerando tanto el sonido residual como la sensibilidad residual.

El desarrollo de estas fuentes se pueden observar en la figura a continuación.

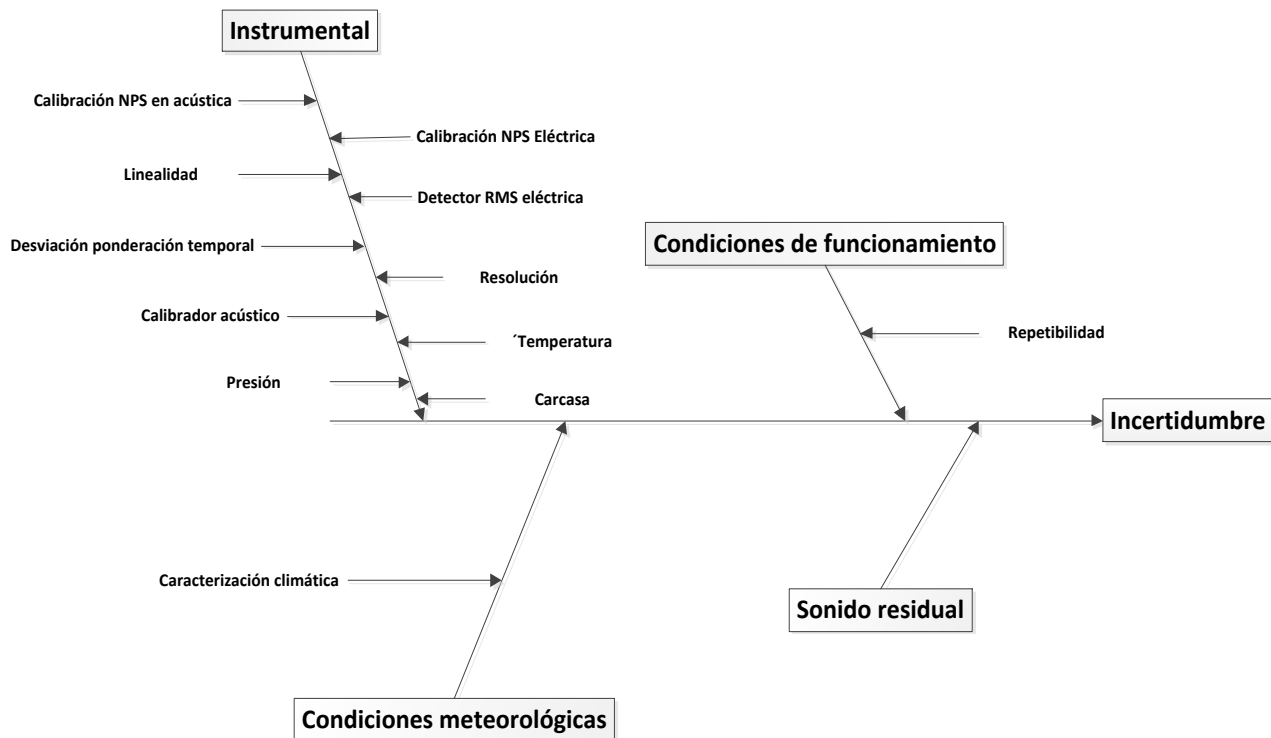


Figura 10. Componentes de incertidumbre en medición de ruido ambiente

#### b. Funcionamiento de la fuente

Las condiciones de funcionamiento deben ser representativas del entorno de ruido en estudio por lo que el intervalo temporal de medición debe abarcar un número de eventos de ruido, por ejemplo en caso de vehículos el número mínimo que se debería medir sería 30 de acuerdo con la categoría entre vehículo pesado o liviano (esto se incorpora dentro del cálculo de incertidumbre en el apartado de condiciones de funcionamiento), en caso de la medición de plantas industriales, se deben conocer los ciclos de medición y clasificar las fuentes, para posteriormente medir el nivel de ruido continuo equivalente.

#### c. Condiciones meteorológicas

Las superficies de medición (carreteras, o suelos en general) deben estar secos, para que las mediciones sean comparables, se busca que los resultados sean reproducibles, por ejemplo para un radio de 10 kg (distancia entre la fuente y el punto de medición) las condiciones estándares de medición serían que el viento sopla desde la fuente sonora dominante al receptor dentro de un ángulo de 60° y

de noche de 90°, la velocidad del viento, medida a una altura de 3 m a 11 m del suelo, está entre 2 m/s y 5 m/s durante el día o a más de 0,5 m/s por la noche.

#### d. Procedimientos de medición

El primer aspecto a considerar es la selección del intervalo temporal de medición, ya se busca cubrir todas las variaciones significativas en la emisión y propagación del ruido, si el ruido es periódico se debe cubrir al menos tres períodos, sino se puede realizar de forma continua se deben escoger de manera que representen el ciclo completo.

El segundo aspecto a considerar es la localización del micrófono, para realizar un mapa se utiliza una altura de micrófono de  $(4,0\pm 0,5)$  m en áreas residenciales con edificios de varios pisos, en áreas residenciales con edificios de un piso de altura y en zonas recreativas se usa el micrófono a una altura de micrófono de  $(1,2\pm 0,1)$  m o  $(1,5\pm 0,1)$  m. Además se pueden considerar que al realizar un mapa de ruido se pueden calcular los puntos de muestreo de acuerdo a una cuadrícula, la cantidad de los puntos de la cuadrícula depende de la resolución espacial necesaria para el estudio y de la variación espacial de los niveles de presión sonora, si la diferencia entre los niveles adyacentes varía en más de 5 dB, se añadirán puntos de cuadrícula intermedios.

El tercer punto a considerar son las mediciones como tal, en donde se pueden calcular los niveles de presión sonora continuo equivalentes, el de exposición sonora, percentil, máximo ponderado en frecuencia y tiempo, el pico, tonal, impulsivo, de baja frecuencia, residual.

#### e. Extrapolación a otras condiciones

Se utiliza para estimar el nivel de presión sonora en otra ubicación, se utiliza principalmente cuando el sonido residual impide la medición directa en la posición del receptor, las mediciones se deben llevar a cabo en una ubicación definida de la fuente en relación con su tamaño.

#### f. Información a registrar y presentar

Se debe registrar la siguiente información

- Hora, día y lugar de las mediciones
- Instrumentación y calibración
- Niveles de presión sonora, de ser necesario corregido, en ponderación A.
- Nivel percentil medido
- Estimación de incertidumbre
- Intervalos temporales de las mediciones
- Descripción del lugar de medición, condiciones del terreno, ubicaciones, altura del micrófono y fuente por encima del terreno
- Descripción de condiciones de funcionamiento, vehículos, trenes, aviones que pasan
- Descripción de condiciones meteorológicas, incluyendo velocidad, dirección del viento, nubosidad, temperatura, presión barométrica, humedad, precipitación y localización de los sensores de viento
- El método empleado para extrapolar los valores medidos a otras condiciones.

### 3. Norma ISO 1996-3 “Aplicación de los límites de ruido”

La norma establece las directrices para especificar los límites de ruido, estos límites se pueden fijar con base en consideraciones generales de compatibilidad con actividades humanas y uso en campo, teniendo en cuenta los resultados de medidas de reconocimiento si están disponible, se deben considerar para la verificación de estos las siguientes variables:

- Descriptor de ruidos: se recomienda el uso del nivel equivalente continuo de presión sonora ponderada A
- Intervalos de tiempo pertinentes: se deben seleccionar teniendo en cuenta las actividades humanas y las variaciones de funcionamiento de la fuente de ruido,
- Fuente y condiciones de funcionamiento
- Ubicación donde se deben verificar los límites:

- Condiciones meteorológicas: los cambios en estas condiciones pueden ejercer influencia sobre el nivel de ruido recibido si la distancia entre la fuente y el receptor es cerca de 30 m o más, en este caso los límites se deben basar en el valor promedio para las condiciones meteorológicas pertinentes. Existen dos casos realizando un promedio de las condiciones meteorológicas o en condiciones especificadas.
- Criterios de evaluación del cumplimiento de los límites

### **Legislación nacional**

A nivel de país se inicia las normas relacionadas con el control del ruido con la Constitución Política, siendo que el artículo 50 el cual indica:

*"El Estado procurará el mayor bienestar a todos los habitantes del país, organizando y estimulando la producción y el más adecuado reparto de la riqueza.*

*Toda persona tiene derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Por ello, está legitimada para denunciar los actos que infrinjan ese derecho y para reclamar la reparación del daño causado.*

*El Estado garantizará, defenderá y preservará ese derecho.*

*La ley determinará las responsabilidades y las sanciones correspondientes".*  
(República de Costa Rica, 1949).

Intrínsecamente se detalla la importancia de la salud ocupacional, específicamente en los físico-ambientales, en el control de ruido ya que cuando las condiciones son inapropiadas y causan efectos negativos en las personas, hay una violación al derecho a la vida y a la salud. Además existe normativa la cual se encuentra relacionada directamente con el control del ruido como se detallan en los puntos a continuación.

## **1. Decreto N° 10541-TSS "Reglamento para el control de ruidos y vibraciones"**

Se establece que las instalaciones ruidosas deberán estar separadas de las áreas contiguas con material aislador de sonido, además el límite permisible de intensidad sonora en lugares de trabajo: este consiste en 90 dB (A) para ruidos intermitentes o de impacto, y no debe ser mayor de 85 dB (A) respecto a ruidos continuos. Por otra se especifica que en los locales de trabajo cuya intensidad sea superior a 85 dB (A) no se permitirá una exposición mayor a 8 horas en el día y 6 horas en la noche (República de Costa Rica, 1979).

## **2. Decreto N°28718-S "Reglamento para el control de contaminación por ruido"**

Se indican las diferentes zonas de control de ruido, las cuales se dividen en:

- Zona Urbano-Residencial: se incluyen los residenciales, viviendas comerciales (hoteles, apartamentos, etc.) y servicios a la comunidad (centros educativos, asilos, etc.)
- Zona Comercial: establecimientos de comerciales, estaciones de servicios de vehículos, servicios misceláneos comerciales, centros de recreación y entretenimiento y servicios comunales como iglesias, centros culturales y salones comunales
- Zona industrial: establecimientos de carga y descarga, área industrial de fabricación de bienes de consumo, agricultura y ganadería
- Zona de tranquilidad: hospitales, clínicas, tribunales de justicia (República de Costa Rica, 2000).

Los inspectores del Ministerio de Salud, previamente identificados tienen la potestad de ingresar a cualquier sitio para el desarrollo de su labor, por lo que los dueños o representantes tienen que brindar las facilidades y la información que ellos requieran. Además se indica que queda prohibida la instalación o el uso de bocinas, sirenas, radios, instrumentos musicales, amplificadores en caso de que cause una

violación a los límites fijados, megáfonos, altoparlantes, alarmas, maquinaria, abanicos, vibración venta por pregoneo, en caso de que se encuentre fuera de los límites máximos de ruido permitidos.

Por último se consideran los límites máximos permisibles de acuerdo a la clasificación de las zonas anteriormente mencionadas, se realiza un ajuste de 5 dB en caso de que el ruido ambiente sea mayor al de los límites máximos permisibles o sea de tipo impulsivo (ver cuadro a continuación)

Cuadro 3. Límites de ruido permisibles en reglamento

Fuente emisora	Zonas Receptoras							
	Zona Residencial		Zona Comercial		Zona Industrial		Zona Tranquilidad	
	D	N	D	N	D	N	D	N
Zona Residencial	65	45	65	55	70	60	50	45
Zona Comercial	65	45	65	55	75	65	50	45
Zona Industrial	65	45	70	65	75	75	50	45

Fuente: República de Costa Rica, 2000

El periodo diurno se inicia a las 6:00 a.m. hasta las 8:00 p.m. y el nocturno inicia a las 8:00 p.m. hasta las 6:00 a.m., sin embargo un aspecto a considerar es que debido a una modificación realizada en el año 2013 se incluyen dentro de los procesos de medición a las actividades culturales, musicales y deportivas en sitios de concentración pública y se indica que los niveles de sonido aceptados en el período diurno se extenderán hasta las 22 horas en estos casos.

### 3. Decreto N°32692 “Procedimiento para la Medición de Ruido”

En este reglamento se indican primeramente los requisitos para la medición de ruido, en donde se recalca la importancia de que estas mediciones sea realizadas por al menos dos miembros del Ministerio de Salud, la coordinación que se debe tener con las presuntas personas afectadas y la selección del equipo con su respectivo certificado de calibración (sonómetro y calibrador acústico)

El procedimiento para la realización de la medición se desarrolla a continuación:

- Antes de efectuar cualquier tipo de medición deberá determinarse el nombre completo y el número de cédula de identidad o pasaporte de las personas presentes durante la realización de las mediciones (República de Costa Rica, 2005).
- Anotar fecha y hora de inicio y de finalización de las mediciones (República de Costa Rica, 2005).
- Identificar la(s) fuente(s) generadora(s) del ruido que se va(n) a medir (República de Costa Rica, 2005).
- Si el ruido es continuo se debe de utilizar la atenuación lento (slow) y se utilizará la atenuación rápida (fast) para medidas de corta duración. Si el ruido es de impacto se debe de emplear la atenuación pico (peak) siguiendo las instrucciones del Manual de Operación del equipo (República de Costa Rica, 2005).
- El sonómetro se debe colocar a una altura aproximada de 1,5 m del nivel del suelo y el ángulo formado entre el sonómetro y un plano inclinado paralelo al suelo debe encontrarse entre los 30 a 60 grados (República de Costa Rica, 2005).
- Colocar el sonómetro a una distancia libre mínima aproximada de 0,50 m del cuerpo del funcionario (República de Costa Rica, 2005).
- En mediciones externas se debe utilizar la pantalla (rejilla o filtro) antiviento que forma parte del equipo (República de Costa Rica, 2005).
- Al efectuar las mediciones, se debe evitar condiciones metereológicas extremas tales como lluvia, viento, rayería y otros que puedan afectar los resultados obtenidos y al equipo (República de Costa Rica, 2005).
- Se debe asegurar que las mediciones se efectúen dentro de las edificaciones evitando fuentes emisoras de sonido ajenas a la medición. La medición deberá efectuarse con las ventanas abiertas y señalar el (los) sitio(s) del inmueble en que se realizaron (República de Costa Rica, 2005).



- Cada medición debe realizarse cada 15 segundos (República de Costa Rica, 2005).
- Deberán realizarse al menos 15 mediciones y anotarse los resultados correspondientes (República de Costa Rica, 2005).
- Deberán descartarse aquellas mediciones que incluyan ruidos ocasionales (entre otros: motocicletas con escape libre, sirenas de ambulancias o bomberos) (República de Costa Rica, 2005).
- Realizar mediciones de ruido ambiente, para lo cual la fuente que se evalúa debe permanecer inactiva (República de Costa Rica, 2005).
- Las mediciones, en caso de repetición, deben realizarse bajo condiciones similares a las que se efectuaron anteriormente (República de Costa Rica, 2005).

En caso de que un mismo receptor se encuentre influenciado por diferentes fuentes generadoras de ruido se utilizará para el cálculo del nivel de presión sonora total el método numérico o el método gráfico.

Las mediciones deben ser acompañadas por un informe técnico el cual se encuentra compuesto por los datos generales de la fuente emisora, datos del denunciante (en caso de presentarse), fechas de elaboración y toma de datos y dependencia que atiende la denuncia, identificación de fuentes de ruido que pueden influir en la medición, sitios de medida, características de los aparatos de medida, escala de ponderación y atenuación usada, tipo de ruido, fecha, hora y datos meteorológicos, características de la fuente emisora, número de mediciones efectuadas, mediciones obtenidas de la fuente generadora más ruido de fondo, mediciones de ruido de fondo (cuando se requiera), resultados, conclusiones y recomendaciones.

En caso de que el ruido sea mayor a los límites indicados anteriormente, se girará una orden sanitaria en donde se le solicitará al representante del emisor de ruido al menos uno de los siguientes aspectos, plan de confinamiento con su memoria de cálculo y cronograma de actividades, planos constructivos con visado sanitario en caso de ser necesario. Este plan debe estar compuesto por las siguientes partes:

- Datos de la empresa: nombre, ubicación, propietario, datos del permiso de funcionamiento, profesional encargado del plan, medios de comunicación y notificación.
- Objetivo del plan, evaluar las condiciones presentes de la empresa, con el fin de generar análisis de confinamiento de ruido y elaborar el plan para minimizar los efectos de la contaminación producida por las actividades de la empresa.
- Justificación
- Alcance: cobertura, tiempo, actividades, horario.
- Antecedentes basado en el estudio realizado
- Generales administrativas y operativas: sobre cantidad de empleados, condiciones físico sanitarias, equipos en funcionamiento, operaciones generadoras de ruido.
- Plan de mejoras: memoria de cálculo, medidas correctivas, actividades contempladas, sistema de ventilación de acuerdo al reglamento de construcciones, cronograma de actividades.
- Conclusiones y recomendaciones, anexos, planos, croquis
- Cara de compromiso de la empresa debidamente firmada por los responsables legales de la empresa (República de Costa Rica, 2005).

### **Bibliografía**

Brueel y Kjaer. 2000. Ruido ambiental. ES. 68 p

Castillo, Javier. 2007. Evaluación de la incertidumbre de medida en un supuesto de aislamiento in situ a ruido aéreo. (en línea). Consultado 1 jul. 2014. Disponible en [http://www.lomg.net/media/noticias/id/traballos\\_tutelados/javiercastillo/PFC\\_JavierCastillo.pdf](http://www.lomg.net/media/noticias/id/traballos_tutelados/javiercastillo/PFC_JavierCastillo.pdf)

Castro, Gonzalo. 2008. Aspectos básicos del sonido y el ruido. (en línea). Consultado 1 jul. 2014. Disponible en [http://webs.uvi.go.es/gcastro/PFC/PROYECTO\\_ZALO\\_archivos/Capitulo%201.pdf](http://webs.uvi.go.es/gcastro/PFC/PROYECTO_ZALO_archivos/Capitulo%201.pdf)

ICONTEC. 1993. NTC 3521"Acústica: Descripción y medición del ruido ambiental. Aplicación de los límites de ruido. Col:8 p.

Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica. s.f. Diagrama de Bloques de un Sonómetro. (en línea). Consultado 1 jul. 2014. Disponible en [http://slm.awardspace.info/chapter2/2\\_4\\_2\\_diagramaSonometro.htm](http://slm.awardspace.info/chapter2/2_4_2_diagramaSonometro.htm)

IRAM. s.f. Curso: Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido según la Norma ISO 1999:1990. (en línea). Consultado 1 jul. 2014. Disponible en [http://webs.uvigo.es/gcastro/PFC/PROYECTO\\_ZALO\\_archivos/Capitulo%201.pdf](http://webs.uvigo.es/gcastro/PFC/PROYECTO_ZALO_archivos/Capitulo%201.pdf) <http://es.scribd.com/doc/29549988/Iso-1999>

ISO. 2009. Norma ISO 1996-1 Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental, Parte 1: Magnitudes básicas y métodos de evaluación. ES. 43 p

ISO. 2009. Norma ISO 1996-2 Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental, Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. ES. 43 p

Ministerio de Salud. Decreto 28718-S: Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido. (en línea). Consultado 1 jul. 2014. Disponible en [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=45468&nValor3=91433&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=45468&nValor3=91433&strTipM=TC)

Rejano, Manuel. 2000. Ruido Industrial y Urbano. ES, Paraninfo Thomson Learning. 225 p.

Yepes, Dora; Gómez, Miryam; Sánchez, Luis; Jaramillo, Ana. 2009. Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano caso Medellín. Dyna. no 158:29-40