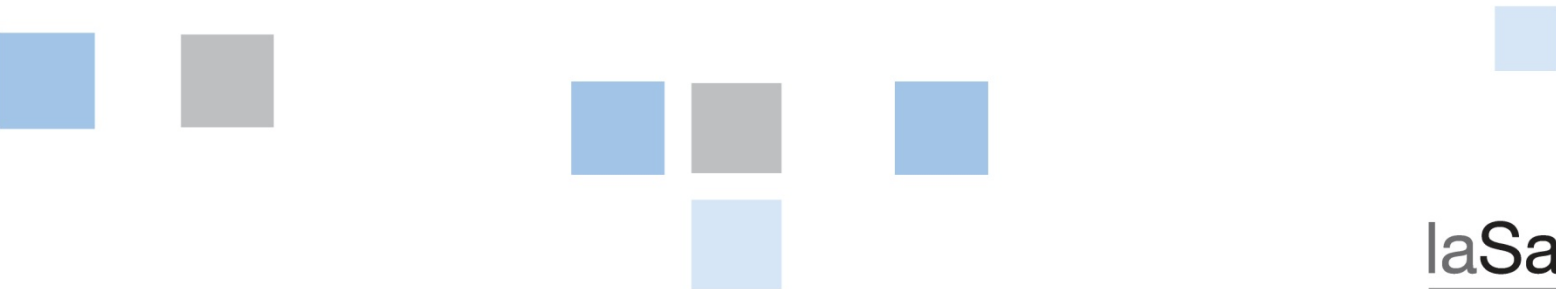


A collection of small squares in light blue, dark blue, and grey, scattered across the top and right sides of the slide.

Potencia e intensimetría acústica

Parte 1

Josep Martí Carceller
dBplus consultores acústicos
jmarti@dBplusacoustics.com

A collection of small squares in light blue, dark blue, and grey, scattered across the bottom and left sides of the slide.

Índice

Potencia e intensimetría acústica

La potencia acústica

- Definición y necesidad (recordatorio)
- Directividad y factor de espacio (recordatorio)

Medida de la potencia acústica a partir de la presión

La potencia acústica en la legislación sobre maquinaria industrial

La intensidad acústica

- Definición
- Campos sonoros activos y reactivos
- La sonda de intensidad
- Limitaciones

Medida de la potencia acústica a partir de la intensidad

Otras aplicaciones de la medida de intensidad

Documentación:

Sergi Soler Rocasalbas

Josep Martí Carceller

Índice

Potencia e intensimetría acústica

La potencia acústica

- Definición y necesidad (recordatorio)
- Directividad y factor de espacio (recordatorio)

Parte 1

Medida de la potencia acústica a partir de la presión

La potencia acústica en la legislación sobre maquinaria industrial

La intensidad acústica

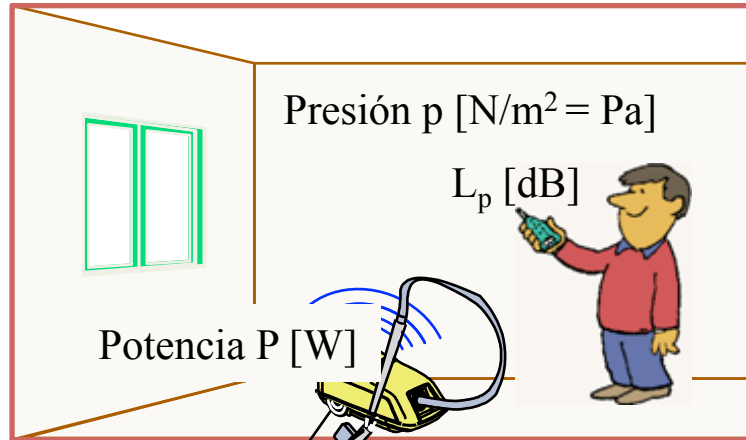
- Definición
- Campos sonoros activos y reactivos
- La sonda de intensidad
- Limitaciones

Medida de la potencia acústica a partir de la intensidad

Otras aplicaciones de la medida de intensidad

La potencia acústica

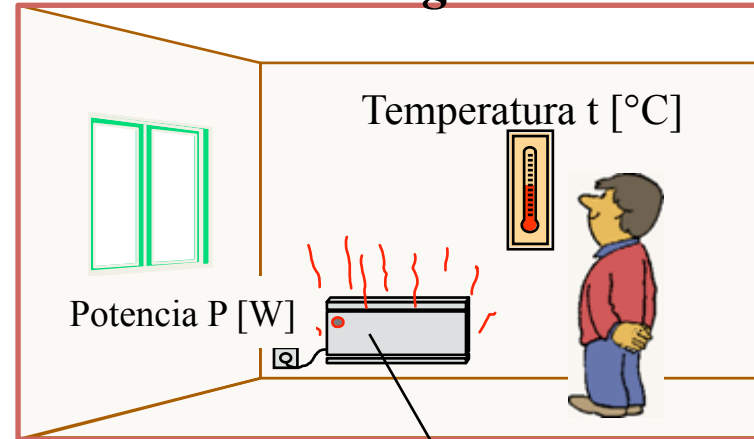
- Definición y necesidad: (recordatorio)



Fente sonora

Dado el nivel de presión acústica en un punto, no es fácil predecir el nivel de presión acústica en otros puntos.

Analógia



Estufa

La presión depende de:

- La potencia acústica de la fuente sonora
- El patrón de radiación de la fuente
- La distancia fuente-sonómetro
- Los objetos y paredes cercanos

La potencia acústica

- Definición y necesidad: (recordatorio)

Para una radiación omnidireccional en campo libre podríamos calcular la potencia a partir de la intensidad:

$$\vec{I} = \frac{W}{S} \rightarrow W = \vec{I} \cdot S$$
$$S = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{2}$$

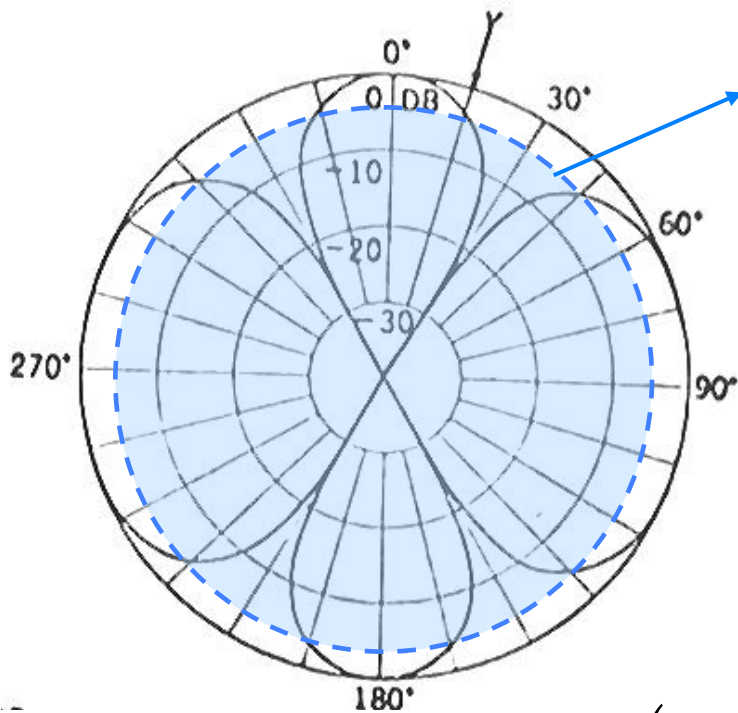
Y la intensidad a partir de la presión:

$$\vec{I} = \frac{p^2}{\rho_0 c}$$



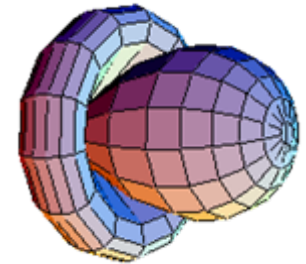
La potencia acústica

- Directividad de fuentes : Cuantificación



Radiación de un monopolo de igual potencia. Radía I_{eq} en todas direcciones.

$$I_{eq} = \frac{W}{4\pi r^2}$$

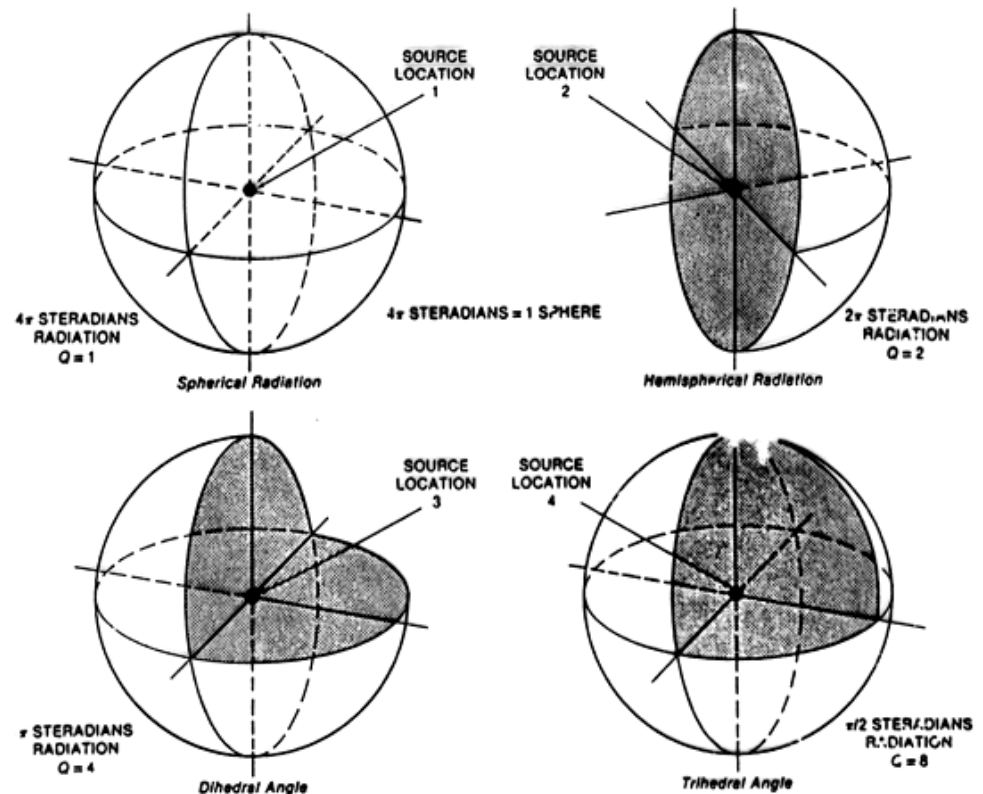


$$Q(\theta, \varphi) = \frac{I(\theta, \varphi)}{I_{eq}}, \text{ Factor de directividad}$$

$$DI(\theta, \varphi) = 10 \cdot \log(Q(\theta, \varphi)) \text{ , Índice de directividad}$$

La potencia acústica

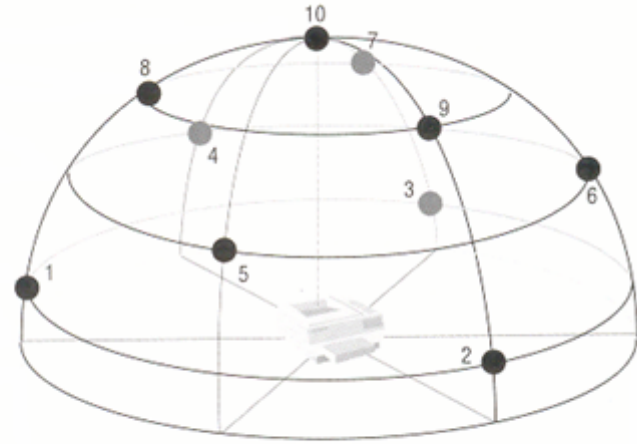
- Factor de espacio:
 - La colocación de una fuente en un posición dada puede aumentar su directividad y, por consiguiente, su potencia acústica aparente:
- Radiación esférica:
 $Q=1$ $DI=0\text{dB}$
- Radiación semiesférica:
 $Q=2$ $DI=3\text{dB}$
- Radiación angular:
 $Q=4$ $DI=6\text{dB}$
- Radiación octava esférica:
 $Q=8$ $DI=9\text{dB}$



Medida de la potencia acústica a partir de la presión

- Medida en sala semianecoica: ISO 3744

- Se define una semiesfera imaginaria de radio dos veces superior a la dimensión máxima de la máquina, y en cualquier caso, superior a 1m.
- Se miden los L_p en Slow en los 10 puntos de medida del gráfico en tercios, octavas o ponderado A.



- Se calcula el nivel de presión promedio como:
$$\bar{L}_p = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1 \cdot L_{p_i}} \right)$$
- El nivel de potencia de la fuente es:
$$L_W = \bar{L}_p + 10 \cdot \log(2\pi r^2)$$
- El índice de directividad es:
$$DI(\theta, \varphi) = L_{p_i} - \bar{L}_p + 3$$

Medida de la potencia acústica

- Medida en sala semianecoica: ISO 3744

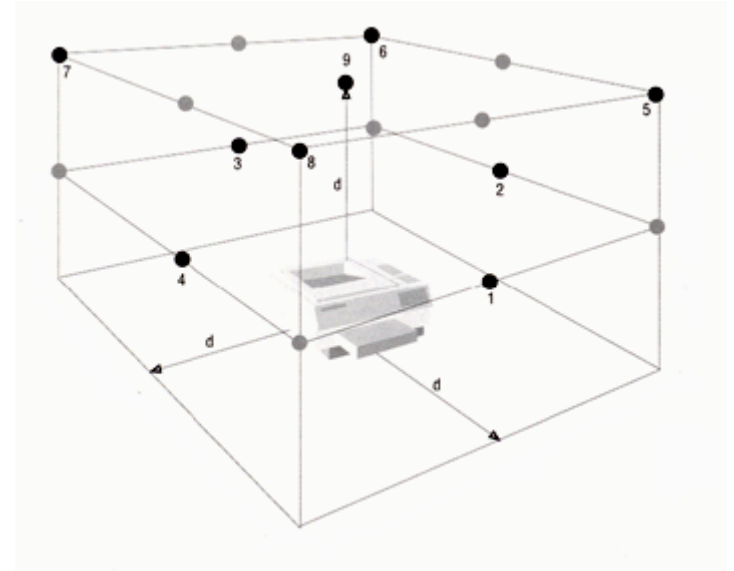
- También se aceptan geometrías paralelepípedas.
- En este caso el cálculo es:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \cdot \log(S)$$

- Medida en sala anecoica: ISO 3744

- Idéntico pero con una esfera cerrada.
- El cálculo es:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \cdot \log(4\pi r^2) = \bar{L}_p + 20 \cdot \log(r) + 11$$



Medida de la potencia acústica

- Medida en sala reverberante: ISO 3741

- La normativa define 20 puntos en una semiesfera imaginaria que rodea la fuente en la sala reverberante.
- Se calcula el L_p medio igual que en la ISO 3744.
- Se obtiene el nivel de potencia acústica según:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \cdot \log(TR) + 10 \cdot \log(V) + 10 \cdot \log\left(1 + \frac{S \cdot \lambda}{8 \cdot V}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{B}{1000}\right) - 14$$

Superficie de la cámara de ensayo

Presión barométrica

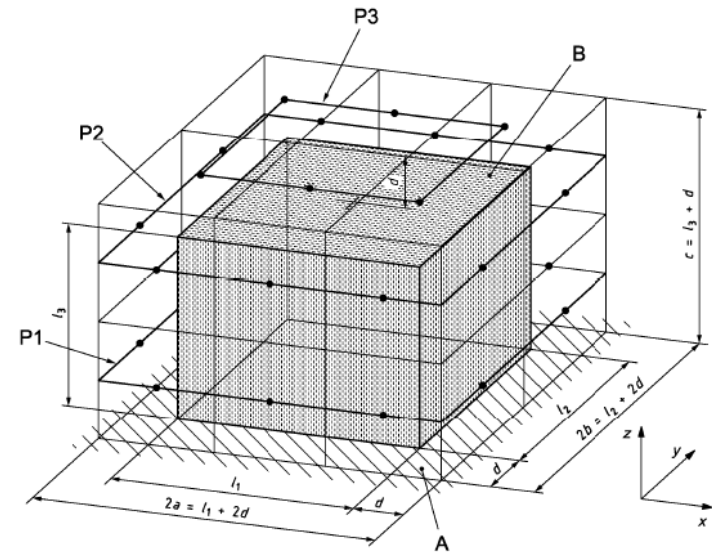
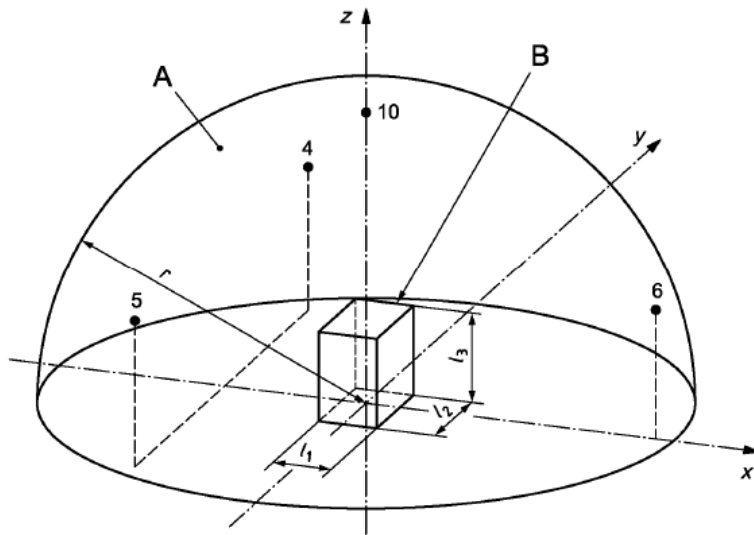
- El resultado sigue pudiéndose dar en tercios , octavas o dBA.

Medida de la potencia acústica

- Medida in situ: ISO 3746

Determinación de los niveles de potencia acústica y de los niveles de energía acústica de fuentes de ruido a partir de la presión acústica.

Método de control utilizando una superficie de medición envolvente sobre un plano reflectante.



[Ref] ISO 3746

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Entorno de ensayo

Evitar condiciones adversas del entorno:

- Campos magnéticos y eléctricos potentes.
- Viento > 5 m /s.
- Impacto de las descargas de aire de la fuente de ruido sometida a ensayo.
- Temperaturas muy altas o bajas.
- Humedad, precipitaciones.

A alturas superiores a 1500m los niveles de potencia acústica deben corregirse a las condiciones meteorológicas de referencia, de acuerdo con la norma ISO 3744

- Criterios para el ruido de fondo

$$\overline{L'_{pA(ST)}} - \overline{L_{pA(B)}} \geq 3\text{dB}$$

- Criterios para un entorno de ensayo acústicamente adecuado

$$K_{2A} \leq 7 \text{ dB}$$

[Ref] ISO 3746

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Instrumentación y calibración
 - Instrumentación
 - El sistema de instrumentación, incluyendo micrófonos, cables y pantalla antiviento, debe cumplir los requisitos de clase 2. (Norma IEC61672-1:2002)
 - Se recomienda utilizar los instrumentos de clase I y sonómetros integradores - promediadores, especialmente si el ruido bajo ensayo no es estacionario.
 - Calibración
 - Calibrar antes y después de cada serie de mediciones mediante un calibrador acústico, tipo I (94dB, 1KHz).
 - La diferencia entre las lecturas de calibración antes y después de cada serie de mediciones debe ser inferior o igual a 0,5dB.
 - Verificación del calibrador acústico cada año y la conformidad del sistema de instrumentación cada 2 años.

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Condiciones de montaje de fuente de ruido
 - Montar la fuente sobre un plano reflectante como si se fuese a montar para su uso normal (p.ej.: pared).
 - Distancia a otras superficies distintas al uso normal suficiente.
 - Si existe una condición de montaje típica – ensayar esta condición.
 - Reducir radiación acústica de la estructura en la que está montada la fuente de ruido.
 - Utilizar un montaje elástico si la fuente estudiada está montada elásticamente en una instalación típica.

Máquinas y equipos portátiles —————> Suspendidos o guiados a mano

Equipos en paredes —————> Sobre superficie dura y delante pared dura

Equipos sobremesa —————> { En el suelo a 1,5m de paredes
Encima una mesa (si se requiere por su funcionamiento) a 1,5m de paredes

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Funcionamiento de la fuente durante ensayo

Modos de funcionamiento en el ensayo (escoger 1 o varios):

- Fuente en condiciones y carga especificadas.
- Fuente en condiciones de carga completa.
- Fuente sin carga (en vacío).
- Fuente a velocidad de funcionamiento máximo en condiciones definidas.
- Fuente funcionando en condiciones correspondientes a la generación de sonido máxima representativa del uso normal.
- Fuente con carga simulada, en condiciones definidas.
- Fuente sometida a un ciclo de trabajo característico en condiciones definidas.

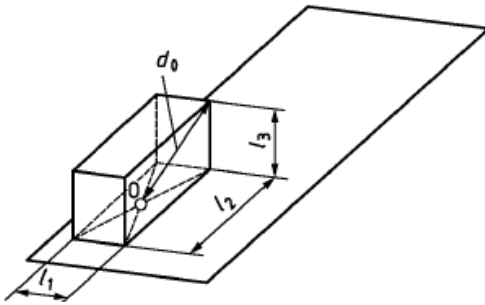
Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Caja de referencia

Superficie hipotética definida por paralelepípedo recto más pequeño que encierra la/s fuente/s de sonido sometida/s a ensayo.

Si un elemento de la fuente estudiada no genera ruido, no es necesario incluirlo en la caja de referencia (Ej: un perfil de soporte).

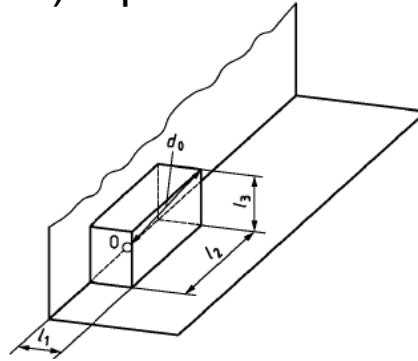
a) 1 plano reflectante



$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2}$$

d_0 Dimensión característica de la fuente
 l_1 Longitud de la caja de referencia
 l_2 Ancho de la caja de referencia

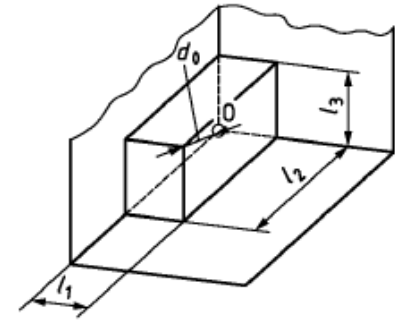
b) 2 planos reflectantes



$$d_0 = \sqrt{l_1^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2}$$

l_3 Altura de la caja de referencia
 O Origen

c) 3 planos reflectantes



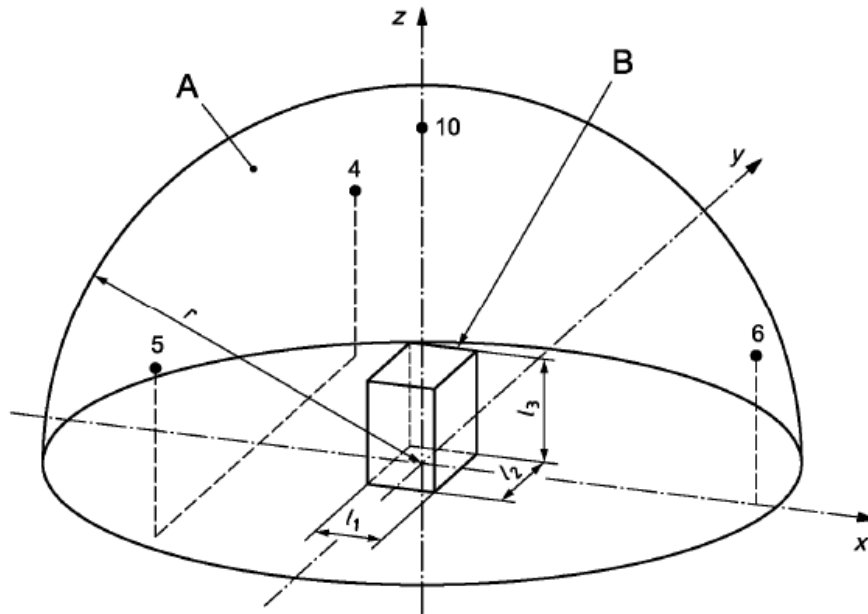
$$d_0 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 + l_3^2}$$

[Ref] ISO 3746

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Superficie de medición

Semiesférica



[Ref] ISO 3746

1 plano reflectante $S = 2\pi r^2$

2 planos reflectantes $S = \pi r^2$

Esquina $S = \pi r^2/2$

$$r \geq 2d_0$$

$$1\text{m} \leq r \leq 16\text{m}$$

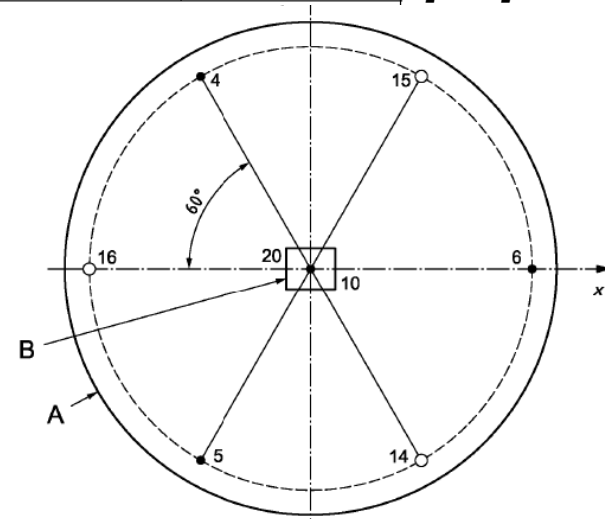
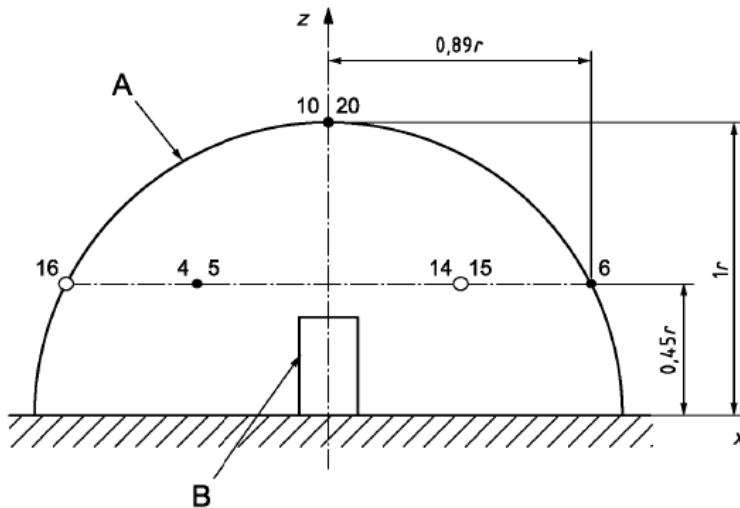
Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Posiciones de micrófono
- Superficie semiesférica (un plano reflectante)

- Posiciones de micrófono clave (4, 5, 6, 10)
- Posiciones de micrófono adicionales (14, 15, 16, 20)
- A Superficie de medición
- B Caja de referencia
- r Radio de la superficie de medición

Número de la posición	x/r	y/r	z/r
4	-0,45	0,77	0,45
5	-0,45	-0,77	0,45
6	0,89	0	0,45
10	0	0	1
14	0,45	-0,77	0,45
15	0,45	0,77	0,45
16	-0,89	0	0,45
20	0	0	1

[Ref] ISO 3746



Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Corrección de ruido de fondo k1A

- Se calcula como: $K_{1A} = -10 \lg \left(1 - 10^{-0,1 \Delta L_{pA}} \right) \text{ dB}$ Para $3 \text{ dB} \leq \Delta L_{pA} \leq 10 \text{ dB}$

- Donde: $\Delta L_{pA} = \overline{L'_{pA(ST)}} - \overline{L_{pA(B)}}$ [Ref] ISO 3746

$\overline{L'_{pA(ST)}}$ - Es el nivel de presión acústica promediado en el tiempo ponderado A, medido por la alineación de las posiciones de micrófono en la superficie de medición. Fuente en funcionamiento.

$\overline{L_{pA(B)}}$ - Es el nivel de presión acústica promediado en el tiempo ponderado A del ruido de fondo, medido por la alineación de las posiciones de micrófono en la superficie de medición.

- Si:

$$\Delta L_{pA} > 10 \text{ dB} \longrightarrow K_{1A} = 0 \text{ dB}$$

$$\Delta L_{pA} < 3 \text{ dB} \longrightarrow K_{1A} = 3 \text{ dB}$$

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Corrección del entorno k2A

- Se calcula como: $K_{2A} = 10 \lg \left[1 + 4 \frac{S}{A} \right] \text{dB}$ [Ref] ISO 3746
- Donde:

A es el área de absorción acústica equivalente, en metros cuadrados del recinto.

S es el área, en metros cuadrados, de la superficie de medición.

$$A = \alpha S_V$$

α es el coeficiente de absorción acústica medio (por frecuencias o tabla).

S_V es el área total, en metros cuadrados, de las superficies límites del recinto ensayado (paredes, techo y suelo).

Coefficiente de absorción acústica medio, α	Descripción del recinto
0,05	Recinto casi vacío con paredes duras lisas hechas de hormigón, ladrillo, escayola o azulejo
0,10	Recinto parcialmente vacío; recinto con paredes lisas
0,15	Recinto rectangular de forma cúbica; sala de máquinas rectangular de forma cúbica o recinto industrial
0,20	Recinto con forma irregular con muebles; sala de máquinas de forma irregular o recinto industrial
0,25	Recinto con muebles tapizados; sala de máquinas o recinto industrial con material acústico absorbente en partes del techo o de las paredes
0,30	Recinto con techo acústico absorbente, pero sin material absorbente en las paredes
0,35	Recinto con materiales acústicos absorbentes tanto en el techo como en las paredes
0,50	Recintos con grandes cantidades de material acústico absorbente en techo y paredes

Medida de la potencia acústica

- ISO 3746: Corrección del entorno k2A
 - El nivel de presión acústica promediado en el tiempo en la superficie se calcula como:

$$\overline{L_{pA}} = \overline{L'_{pA(ST)}} - K_{1A} - K_{2A}$$

- El nivel de potencia L_{WA} se calcula como:

$$L_{WA} = \overline{L_{pA}} + 10 \lg \frac{S}{S_0} \text{ dB}$$

- Donde

S es el área, en metros cuadrados, de la superficie de medición.

$S_0 = 1 \text{ m}^2$.

[Ref] ISO 3746

La potencia acústica en la legislación

- Legislación sobre maquinaria industrial:

[Real Decreto 245/1989](#), de 27 de febrero (B.O.E. nº 60 de 11 de marzo de 1989)

"Sobre determinación y limitación de la potencia sonora admisible de determinado material y maquinaria de obra"

El objeto de este Real Decreto (transposición de 18 directivas europeas) es limitar los valores de emisión de un tipo específico de máquinas (maquinaria de obra), exigir que los fabricantes o importadores de dichos equipos certifiquen que se han respetado los límites establecidos y establecer que la información sobre el ruido emitido en la máquina sea mediante una etiqueta informativa como esta:



La potencia acústica en la legislación

- Legislación sobre maquinaria industrial:

[Real Decreto 1435/1992](#), de 27 de noviembre (B.O.E nº 297 de 11 de diciembre de 1992)

"Relativo a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros (U.E.) sobre máquinas".

Establece los requisitos esenciales de seguridad y salud relativos al diseño y fabricación de todo tipo de máquinas, reconociendo el ruido como parte integrante de la seguridad de las máquinas y, por tanto, exige que, éstas sean construidas de forma tal que se reduzcan los riesgos debidos al ruido, teniendo en cuenta el progreso técnico y las posibilidades de reducción de ruido en la fuente. Otro requisito es la obligación por parte del fabricante de declarar el ruido emitido, es decir, aportar la información cuantitativa en el manual de instrucciones de los niveles de ruido "producidos" por la máquina.

La potencia acústica en la legislación

- Legislación sobre maquinaria industrial:

Magnitudes de emisión que deben constar en el manual de instrucciones de la máquina:


NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE EMISIÓN	INFORMACIÓN EN EL MANUAL DE INSTRUCCIONES
Si L_{Aeq} en el puesto de trabajo ≤ 70 dBA	Indicación de que no se superan los 70 dBA
Si L_{Aeq} en el puesto de trabajo > 70 dBA	$L_{Aeq} = XX$ dBA
Si L_{Aeq} en el puesto de trabajo > 85 dBA	También se indicará el valor de $L_{WA} = XX$ dBA
Si L_{pc} instantáneo en el puesto de trabajo > 130 dBC	Indicación del valor de $L_{pc} = XX$ dBC

A collection of small squares in light blue, dark blue, and grey, scattered across the top and right sides of the slide.

Potencia e intensimetría acústica

Parte 1

Josep Martí Carceller
dBplus consultores acústicos
jmarti@dBplusacoustics.com

A collection of small squares in light blue, dark blue, and grey, scattered across the bottom and left sides of the slide.