

03. FUENTES SONORAS Y PROPAGACION DEL SONIDO

presentación preparada por:
Arq. Ricardo Estellés Díaz
diagramación de impresión:
Bach. Alejandro Fernández Rodeiro

2007

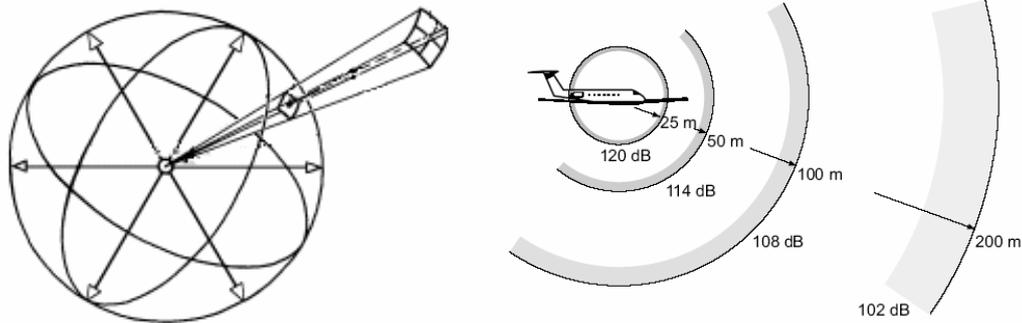
FUENTES SONORAS Y PROPAGACION DEL SONIDO**3.1_ Tipos de fuente**

1er. criterio: Puntuales
Lineales
Planas
Complejas

2do. criterio: Adireccionales
Direccionales

3.2_ Fuente puntual

Emite energía en todas las direcciones con igual intensidad, no privilegia ninguna región del espacio y distribuye la energía en forma de frentes de onda esféricos.

**3.3_ Fuente lineal**

Predomina una dimensión sobre las otras dos.

Emite energía con igual intensidad desde todos sus puntos distribuyendo la energía en forma de frentes de onda cilíndricos.

3.4_ Fuentes plana

Emite energía en una sola dirección, distribuye la misma en forma de frentes de onda planos, por ejemplo un pistón pulsante dentro de tubo

**3.5_ Fuente compleja**

Objetos voluminosos, edificios, etc. constituyen fuentes sonoras complejas

A suficiente distancia, en relación a sus dimensiones, su comportamiento es similar al de las fuentes puntuales

3.6_ Frente de onda

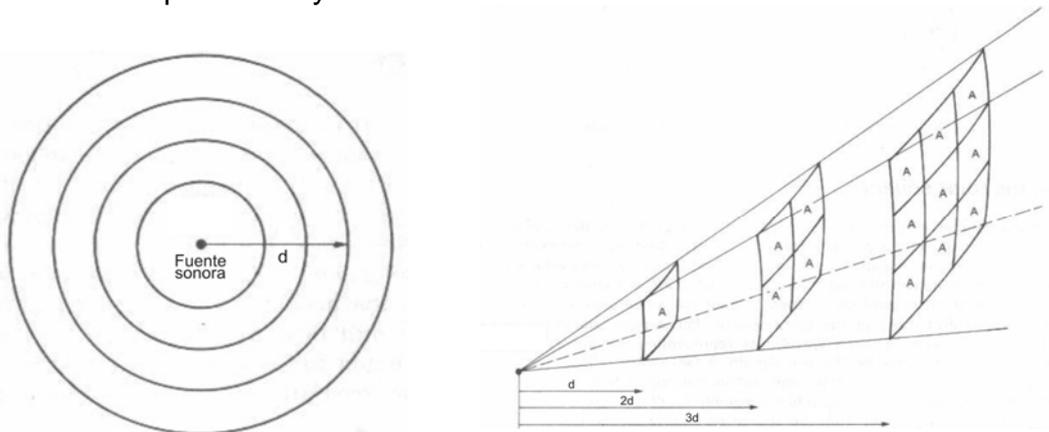
A suficiente distancia de cualquier fuente, en relación a sus dimensiones, el frente de onda puede considerarse esférico.

Considerando una superficie elemental de la esfera, es decir una pequeña región del espacio, puede asimismo considerarse plana.

Lejos de la fuente, el frente de onda (a fines prácticos) suele considerarse plano.

3.7_ Fuente adireccional

Emite energía en todas las direcciones con igual intensidad, distinguiéndose fuentes adireccionales puntuales y lineales



Para el caso de una fuente adireccional puntual la intensidad es a la inversa del cuadrado de la distancia (fórmulas 2.2 y 2.3), con lo que cada duplicación de ésta implica una disminución de 6dB en el nivel de intensidad sonora (L)

A partir de la distancia (d) a la fuente de potencia sonora (L_w) podemos determinar el nivel de intensidad sonora en un punto de acuerdo a la siguiente expresión:

$$L = L_w - 20 \log d - 11 \quad (3.1)$$

donde:

L = nivel de intensidad sonora para una fuente puntual adireccional (dB)

L_w = nivel de potencia sonora (dB)

d = distancia a la fuente desde el punto considerado (m)

Si la fuente adireccional es cilíndrica, entonces la intensidad resulta a la inversa de la distancia (fórmulas 2.4), con lo que cada duplicación de ésta implica una disminución de 3dB en el nivel de intensidad sonora (L)

$$L = L_w - 10 \log d - 8 \quad (3.2)$$

donde:

L = nivel de intensidad sonora para una fuente lineal adireccional (dB)

L_w = nivel de potencia sonora (dB)

d = distancia a la fuente desde el punto considerado (m)

3.8_ Fuente direccional

Este tipo de fuentes presenta una distribución de la energía no uniforme en relación con la dirección considerada, es decir directividad

El factor de directividad (Q_d) se determina según la siguiente expresión:

$$Q_d = \frac{I_\varphi}{I_0} \quad (3.3)$$

donde:

Q_d = factor de directividad

I_φ = intensidad sonora en la dirección considerada (W/m^2)

I_0 = intensidad sonora de referencia ($10^{-12} W/m^2$)

siendo:

$$ID = 10 \log (I_\varphi / I_0) \quad (3.4)$$

donde:

ID = índice de directividad

I_φ = intensidad sonora en la dirección considerada (W/m^2)

I_0 = intensidad sonora de referencia ($10^{-12} W/m^2$)



De la aplicación de la expresión (3.4) podemos expresar el factor de directividad (Q_d) y el índice de directividad (ID) de una fuente sonora de acuerdo a su ubicación en el espacio.

El hecho de considerar el índice de directividad (ID) en la propagación del sonido hace que las expresiones para el cálculo del nivel de intensidad sonora (L) (fórmulas 3.2 y 3.3) se vean afectadas en la siguiente manera:

$$L = L_w - 20 \log d - 11 + ID \quad (3.5)$$

donde:

L = nivel de intensidad sonora (dB) para una fuente puntual adireccional con ID

L_w = nivel de potencia sonora (dB)

d = distancia a la fuente desde el punto considerado (m)

ID = índice de directividad de la fuente

$$L = L_w - 20 \log d - 8 + ID \quad (3.6)$$

donde:

L = nivel de intensidad sonora (dB) para una fuente lineal adireccional con ID

L_w = nivel de potencia sonora (dB)

d = distancia a la fuente desde el punto considerado (m)

ID = índice de directividad de la fuente

3.9_ Propagación del sonido

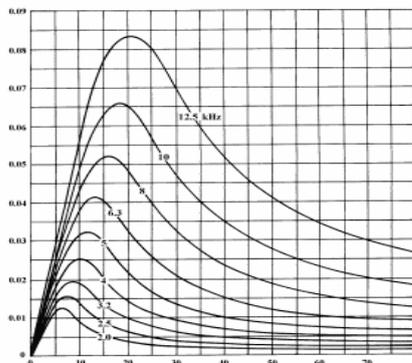
Cuando consideramos la propagación del sonido en espacios abiertos, el nivel de intensidad sonora (L) de un punto se va a ver influido por una serie de factores que dependen del medio de propagación.

Muchos de estos factores (meteorológicos, topográficos, etc) presentan variabilidad en el tiempo, dificultando en la práctica la determinación precisa del nivel sonoro.

3.10_ Atenuación debida al aire

La disminución del nivel sonoro ocasionada por el aire varía de acuerdo a la temperatura y contenido de humedad de éste y resulta significativo para altas frecuencias y distancias a la fuente mayores a 300m.

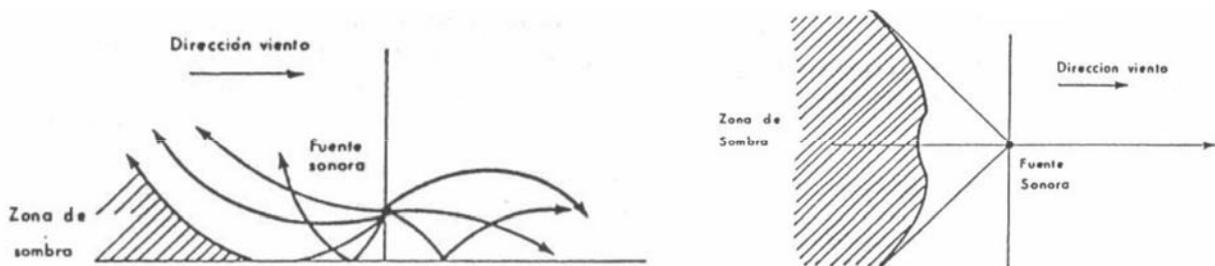
El siguiente gráfico muestra el coeficiente de atenuación para las frecuencias comprendidas entre los 2000 y 12.500 Hz en función de la humedad relativa del aire.



3.11_ Atenuación debida al viento

El incremento de la velocidad del viento a medida que aumenta la altura hace que el fenómeno de propagación no resulte simétrico con respecto a la fuente, dando lugar a zonas de sombra o reforzamiento acústico como se aprecia en el siguiente gráfico.

La gran variabilidad de dirección y velocidad del viento hace muy difícil evaluar su influencia en la práctica.



3.12_ Atenuación debida al tipo de suelo

La atenuación sonora que ofrece la vegetación solo resulta significativa para extensiones superiores a los 100-200m y depende fundamentalmente de su altura y homogeneidad.

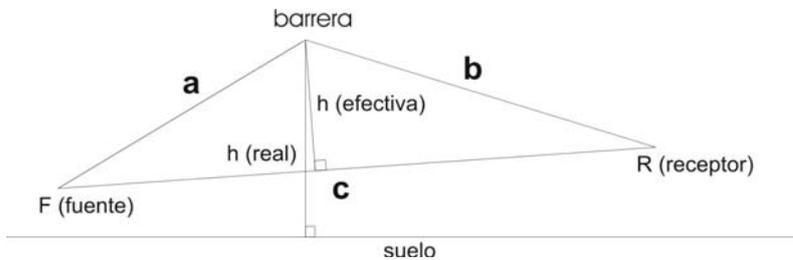
Al igual que en la atenuación debida al aire, son las frecuencias altas las que se ven mayormente afectadas por la presencia de vegetación.

Esto se aprecia en la siguiente tabla, que indica la atenuación en dB/100m

Tipo de vegetación	Frecuencia (Hz)					
	125	250	500	1.000	2.000	4.000
hierba escasa	-	-	-	-	-	-
0.1 a 0.2 mts	0,5	-	-	3	-	-
hierba espesa	-	-	-	-	-	-
0.4 a 0.5 mts	0,5	-	-	12	-	-
árboles hoja perenne	7	11	14	17	19	20
árboles hoja caduca	2	4	6	9	12	16

3.13_ Atenuación por barrera (estudio de Maekawa)

Para calcular la atenuación debido al efecto de barrera se ingresa a la tabla con la diferencia (a+b-c) (m) de acuerdo al siguiente gráfico, obteniéndose la atenuación (dB) correspondiente a las distintas frecuencias.



a+b-c (m)	Ruido de Transito	frecuencias centrales de banda de octavas (hz)								
	L10 Global	32	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
0,03	8,5	5	5,5	6	7	8	9	10	12	14,5
0,06	10	5,5	6	7	8	9	10	12	14,5	17,5
0,12	11,5	6	7	8	9	10	12	14,5	17,5	21
0,24	13,5	7	8	9	10	12	14,5	17,5	21	23,5
0,5	16	8	9	10	12	14,5	17,5	21	23,5	24
1	18,5	9	10	12	14,5	17,5	21	23,5	24	24
2	23	10	12	14,5	17,5	21	23,5	24	24	24
4	24	12	14,5	17,5	21	23,5	24	24	24	24
8	24	14,5	17,5	21	23,5	24	24	24	24	24

Estudio de Maekawa, según Número de Fresnel
a+b-c es la diferencia de recorrido entre la trayectoria por encima de la barrera y el camino directo.

Atenuación del sonido debido a la presencia de barreras en dB

	Niveles de Presión Sonora (dB)								dB(A)
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	Global
Interior									
Alarma de reloj a 1-2 m (sonando)		46	48	55	62	62	70	80	80
Afeitadora eléctrica a 50 cm	59	58	49	62	60	64	60	59	68
Aspiradora a 1 m	48	66	69	73	79	73	73	72	81
Deposito de basura a 1 m	64	83	69	56	55	50	50	49	69
Lavarropa automático (ciclo de lavado)	59	65	59	59	58	54	50	46	62
Toilet (cargando el tanque)	50	55	53	54	57	56	57	52	63
Lavarropa semi-automático (ciclo de carga)	68	65	68	69	71	71	68	65	74
Unidad de aire acondicionado	64	64	65	56	53	48	44	37	59
Teléfono a 1-2 m (sonando)		41	44	H	68	73	69	93	83
TV a 3 m	49	62	64	67	70	68	63	39	74
Stereo (nivel de escucha personas adolescentes)	60	72	83	82	82	80	75	60	86
Stereo (nivel de escucha personas adultas)	56	66	75	72	70	66	64	48	75
Violín a 1,5 m (fortissimo)			91	91	87	83	79	66	92
Conversación normal a 1 m		57	62	63	57	49	40		63
Amplificación en concierto de rock	116	117	119	116	118	115	109	102	121
Salón para audiovisuales	85	89	92	90	89	87	85	80	94
Aplauso en auditorio	60	68	75	79	85	84	75	65	88
Salón de clase	60	66	72	77	74	68	60	50	78
Centro de atención telefónica a clientes	78	75	73	78	80	78	74	70	84
Jauría			90	104	106	101	89	79	108
Gimnasio	72	78	64	89	86	80	72	64	90
Cocina	86	85	79	78	77	72	65	57	81
Laboratorio en centro educativo	65	70	73	75	72	69	65	61	77
Biblioteca pública	60	63	66	67	64	58	50	40	68
Sala de máquinas (edificio de vivienda)	87	66	es	84	83	82	80	78	88
Sala de práctica musical	90	94	96	96	96	91	91	90	100
Cancha de Padel	82	85	80	85	83	75	68	62	86
Área de recepción de hotel	60	66	72	77	74	68	60	50	78
Teleconferencia	65	74	78	80	79	73	68	60	83

	Niveles de Presión Sonora (dB)								dB(A)
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1000Hz	2000Hz	4000Hz	8000Hz	Global
Exterior									
Pájaros a 3 m						50	52	54	57
Grillo					35	51	54	48	57
Perro grande a 15 m (ladrando)		50	58	68	70	64	52	48	72
Cortadora de pasto a 1,5 m	85	87	86	84	81	74	70	72	86
Disparo de pistola a 75 m (niveles pico)				83	91	99	102	106	106
Oleaje de 3 a 5 m (mar moderado)	71	72	70	71	67	64	58	54	78
Viento entre arbolado (15 km/h)				33	35	37	37	35	43
Transportes									
Camión grande a 15 m (90 km/h)	83	85	83	85	81	76	72	65	86
Automóvil de pasajeros a 15 m (90 km/h)	72	70	67	66	67	66	M	54	71
Motocicleta a 15 m (a toda marcha)	95	95	91	91	91	87	87	85	95
Tren a 30 m (a toda marcha)	95	102	91	90	86	87	83	79	94
Sirena de tren a 50 pies	88	90	110	110	107	100	91	78	109
Bocina da auto a 5 m				92	85	90	80	60	97
Avión comercial pequeño a 150 m (despegue)	77	82	82	78	70	56			79
Helicóptero mediano a 150 m (monomotor)	92	89	83	81	76	72	62	51	80

FUENTE: JOURNAL OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA, SOUND & VIBRATION, NOISE CONTROL ENGINEERING JOURNAL Y TECHNICAL PUBLICATIONS OF THE U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY AND NATIONAL BUREAU OF STANDARDS (U.S.).

PARA UTILIZACIÓN EN EL CURSO DE ACONDICIONAMIENTO ACÚSTICO DE LA Fac. de ARQUITECTURA de la UdelAR (Montevideo) Prof. Arq. R. Estellés

3.14_ Referencias bibliográficas específicas

Beranek, Leo L.:

“Acústica” Editorial Hispanoamericana S.A. Buenos Aires (Arg.), 1961

Knudsen, Vern O; Harris, Cyril M.:

“Acoustical Designing in Architecture”. American Institute of Physics, 1978

Everest, F. Alton:

“The Master Handbook of Acoustics”. McGraw-Hill. Blue Ridge Summit (USA), 1989

Harris, Cyril M.:

“Handbook of Acoustics”. McGraw-Hill. Blue Ridge Summit (USA), 1989

Miyara, Federico:

“Acústica y Sistemas de Sonido” UNR Editora. Rosario (Arg.), 1999

Hakas, Jorge:

“Proyecto de Memoria General Constructiva (parte Acondicionamiento Acústico)”
Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2003