

# CONDICIONES AMBIENTALES INFLUENCIA SOBRE EL SONIDO

- ONDAS PLANAS: INTENSIDAD CTE.
- ONDAS ESFÉRICAS: DISMINUYE CON EL INVERSO DEL CUADRADO DE LA DISTANCIA
- DISIPACIONES EN EL AIRE:
  1. ENERGÍA CALORÍFICA
  2. VISCOSIDAD DEL FLUIDO
  3. CONDUCCIÓN TÉRMICA
  4. RELAJACIÓN MOLECULAR

# NIVEL DE PRESIÓN SONORA AL AIRE LIBRE

$$L_p(r) = L_w + 10 \log \frac{Q}{4\pi r^2} - A_{combinada} \quad dB$$

$$A_{combinada} = A_{aire} + A_{suelo} + A_{complementaria-vegetación}$$

# ATENUACIÓN DEL SONIDO EN EL AIRE

- **LA ATENUACIÓN DEL SONIDO**, depende de la frecuencia, de la humedad relativa y menos de la temperatura.

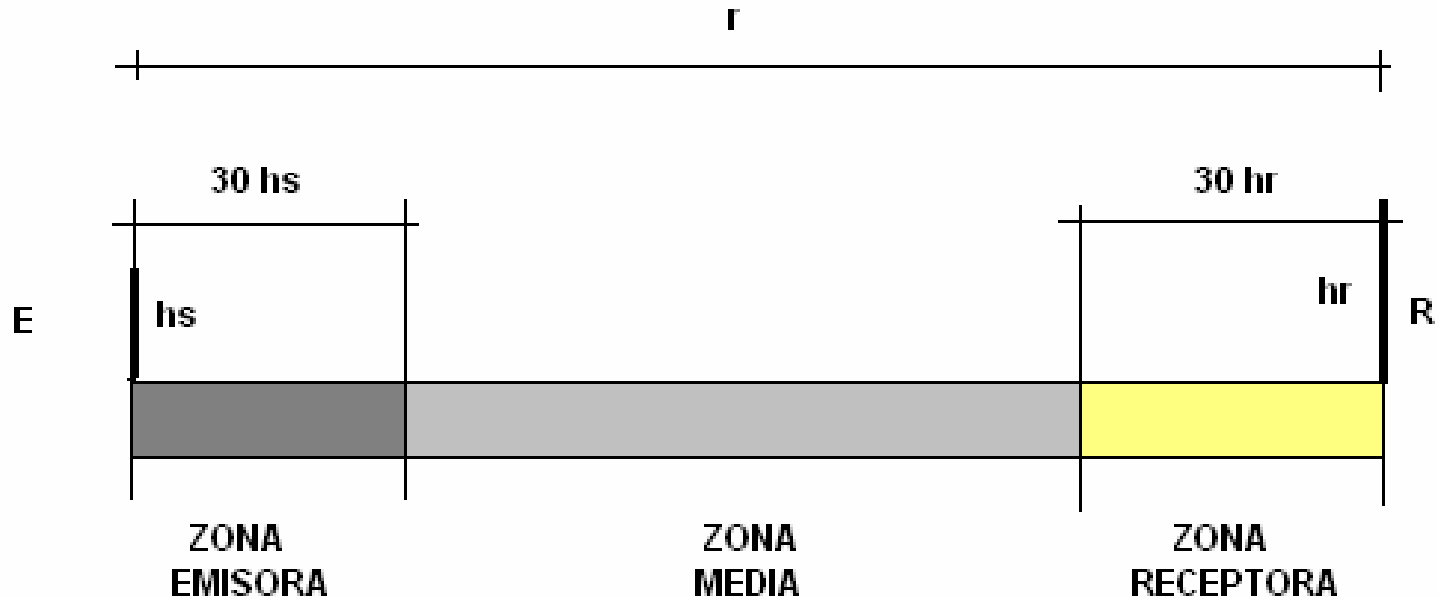
$$A_{\text{aire}} = X \cdot d / 1000 \quad (\text{dB})$$

- $X$  = Coef. Atenuación atmosférica (dB/km)
- $d$  = distancia entre emisor y receptor

# ATENUACIÓN DEL SONIDO EN EL AIRE; VALORES X

TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA %	FRECUENCIA, Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
30 °C	10	0.96	1.8	3.4	8.7	29	96
	20	0.73	1.9	3.4	6.0	15	47
	30	0.54	1.7	3.7	6.2	12	33
	50	0.35	1.3	3.6	7.0	12	25
	70	0.26	0.96	3.1	7.4	13	23
	90	0.20	0.78	2.7	7.3	14	24
20 °C	10	0.78	1.6	4.3	14	45	109
	20	0.71	1.4	2.6	6.5	22	74
	30	0.62	1.4	2.5	5.0	14	49
	50	0.45	1.3	2.7	4.7	9.9	29
	70	0.34	1.1	2.8	5.0	9.0	23
	90	0.27	0.97	2.7	5.3	9.1	20
10 °C	10	0.79	2.3	7.5	22	42	57
	20	0.58	1.2	3.3	11	36	92
	30	0.55	1.1	2.3	6.8	24	77
	50	0.49	1.1	1.9	4.3	13	47
	70	0.41	1.0	1.9	3.7	9.7	33
	90	0.35	1.0	2.0	3.5	8.1	26
0 °C	10	1.3	4.0	9.3	14	17	19
	20	0.61	1.9	6.2	18	35	47
	30	0.47	1.2	3.7	13	36	69
	50	0.41	0.82	2.1	6.8	24	71
	70	0.39	0.76	1.6	4.6	16	56
	90	0.38	0.76	1.5	3.7	12	43

# ATENUACIÓN PRODUCIDA POR EL SUELO: G



**SUELOS DUROS  $G=0$ ; SUELOS POROSOS  $G=1$ ; SUELOS MIXTOS**

**Nota: Si  $r < 30 (h_s + h_r) \rightarrow$  no hay zona intermedia**

# CÁLCULO DE Asuelo=

## As + Ar + Am

Frecuencia de banda de octava, Hz	A <sub>s</sub> o A <sub>r</sub> , dB	A <sub>m</sub> , dB
63	-1,5	-3q
125	(a.G) - 1,5	-3q(1-G)
250	(b.G) - 1,5	-3q(1-G)
500	(c.G) - 1,5	-3q(1-G)
1000	(d.G) - 1,5	-3q(1-G)
2000	-1,5(1-G)	-3q(1-G)
4000	-1,5(1-G)	-3q(1-G)
8000	-1,5(1-G)	-3q(1-G)

Notas

$$a(h) = 1,5 + 3,0.e^{-0,12(h-5)^2} (1 - e^{-r/50}) + 5,7.e^{-0,09h^2} (1 - e^{-2,8 \cdot 10^{-6} \cdot r^2})$$

$$b(h) = 1,5 + 8,6.e^{-0,09h^2} (1 - e^{-r/50})$$

$$c(h) = 1,5 + 14,0.e^{-0,46h^2} (1 - e^{-r/50})$$

$$d(h) = 1,5 + 5,0.e^{-0,9h^2} (1 - e^{-r/50})$$

1) Para calcular A<sub>s</sub>, h = h<sub>s</sub>. Para calcular A<sub>r</sub>, h = h<sub>r</sub>

2) q = 0 cuando r ≤ 30(h<sub>s</sub> + h<sub>r</sub>)

$$q = 1 - \frac{30(h_s + h_r)}{r} \text{ cuando } r > 30(h_s + h_r)$$

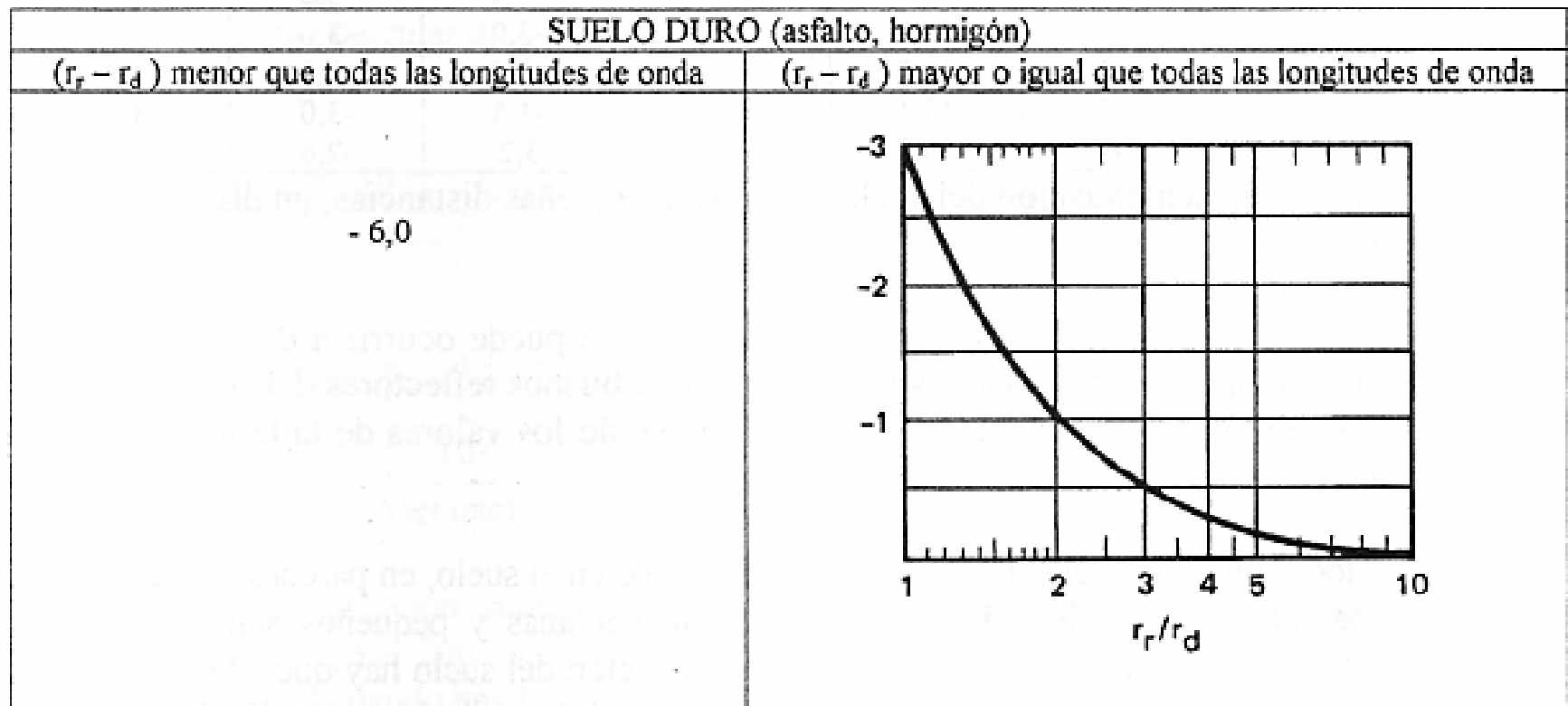
r es la distancia entre el emisor y el receptor, en metros, proyectada sobre el plano del suelo.

# ATENUACIONES SEGÚN DISTANCIA Y ALTURAS

Distancia, m	Altura de la fuente o receptor, m				
	0,5	1,5	3,0	6,0	>10,0
	Factor a				
50	1,7	2,0	2,7	3,2	1,6
100	1,9	2,2	3,2	3,8	1,6
200	2,3	2,7	3,6	4,1	1,6
500	4,6	4,5	4,6	4,3	1,6
> 1000	7,0	6,6	5,7	4,4	1,7
	Factor b				
50	6,8	5,9	3,9	1,7	1,5
100	8,8	7,6	4,8	1,8	1,5
> 200	9,8	8,4	5,3	1,8	1,5
	Factor c				
50	9,4	4,6	1,6	1,5	1,5
100	12,3	5,8	1,7	1,5	1,5
> 200	13,8	6,5	1,7	1,5	1,5
	Factor d				
50	4,0	1,9	1,5	1,5	1,5
> 100	5,0	2,1	1,5	1,5	1,5

# ATENUACIÓN DEL SUELO DURO

$r(d)$  distancia onda directa;  $r(r)$  distancia onda reflejada



# ATENUACIÓN DEL SUELO BLANDO - POROSO

SUELO BLANDO o POROSO (hierba, vegetación), $h_r = 1,8$ m							
Altura de la fuente, m	Distancia, m	Frecuencia, Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
0,01	10	-5,7	-5,0	-3,6	-1,4	1,1	4,1
	20	-5,6	-4,6	-1,8	1,9	5,1	8,5
	40	-5,5	-3,9	-1,4	6,7	10,1	13,7
	60	-5,4	-3,3	4,2	9,8	13,2	16,9
	80	-5,4	-2,7	6,8	12,2	15,5	19,3
	100	-5,3	-2,2	9,2	14,0	17,4	21,1
0,3	10	-5,4	-4,3	-0,9	5,9	-2,5	-1,9
	20	-5,4	-4,0	-0,1	6,3	-0,1	-3,0
	40	-5,4	-3,4	2,9	10,2	4,1	-2,9
	60	-5,3	-2,8	5,8	13,1	7,1	-0,4
	80	-5,3	-2,2	8,4	15,3	9,3	1,7
	100	-5,2	-1,7	10,8	17,1	11,1	3,4
1,2	10	-4,0	2,0	0,1	-3,0	-3,0	-3,0
	20	-4,8	-1,9	7,5	-2,7	-3,0	-3,0
	40	-4,9	-2,1	6,9	0,5	-3,0	-3,0
	60	-4,9	-1,6	9,1	2,9	-3,0	-3,0
	80	-4,8	-1,0	11,6	4,8	-2,8	-3,0
	100	-4,8	-0,5	13,8	6,4	-1,5	-3,0

# ATENUACIÓN DEL SUELO MUY BLANDO

SUELO MUY BLANDO, (nieve, bosque de pinos), $h_r = 1,8$ m							
Altura de la fuente, m	Distancia, m	Frecuencia, Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
0,01	10	-3,1	0,8	3,9	6,0	7,3	7,0
	20	-1,5	5,2	8,6	10,9	12,3	11,9
	40	1,4	11,1	14,0	16,3	17,7	17,3
	60	3,9	14,8	17,3	19,6	21,0	20,7
	80	6,2	17,3	19,7	22,0	23,4	23,1
	100	8,4	19,3	21,6	23,8	25,3	24,9
0,3	10	-2,3	2,8	5,0	-0,8	-3,0	-3,0
	20	-0,8	7,0	9,1	2,9	-2,9	-3,0
	40	2,0	12,8	14,2	7,9	1,4	-3,0
	60	4,6	16,5	17,5	11,2	4,5	-1,3
	80	6,9	19,0	18,2	13,5	6,8	0,8
	100	9,1	21,0	21,7	15,4	8,6	2,6
1,2	10	0,1	4,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
	20	0,9	7,0	-0,7	-3,0	-3,0	-3,0
	40	3,6	11,6	3,3	-3,0	-3,0	-3,0
	60	6,3	14,8	6,3	-0,6	-3,0	-3,0
	80	8,7	17,1	8,5	-1,5	-3,0	-3,0
	100	10,9	18,9	10,3	3,2	-2,6	-3,0

Tabla 5.3: Valores de la atenuación del suelo  $A_{\text{suelo}}$  para pequeñas distancias, en dB ( $r < 100$  m)

# ATENUACIÓN DEL SUELO: MÉTODO SIMPLIFICADO

- No es válido para distancias cortas
- Los valores negativos se sustituyen por 0
- Es independiente de la frecuencia

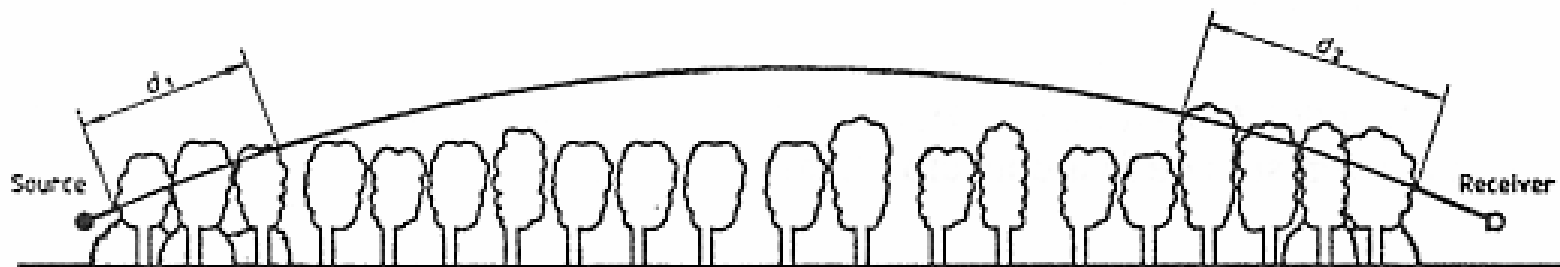
$$A_{\text{suelo}} = 4.8 - \left( \frac{h_s + h_r}{r} \right) \left( 17 + \frac{300}{r} \right) \geq 0 \text{ dB}$$

# ATENUACIÓN POR LA VEGETACIÓN. TIPOS:

- POR VEGETACIÓN PRÓXIMA A LA FUENTE
- PRÓXIMA AL RECEPTOR
- AMBAS
  
- SI HOJA CADUCA, SÓLO CON HOJAS

# ATENUACIÓN POR VEGETACIÓN

- PARA DISTANCIAS SUPERIORES A 200m, A TRAVÉS DE VEGETACIÓN DENSA, SE EMPLEA LA DE 200M



$d_f = d_1 + d_2$  . Para calcular  $d_1$  y  $d_2$  se considera un radio de curvatura de 5 km.

# ATENUACIÓN SONORA POR LA VEGETACIÓN

$$D_f = d_1 + d_2$$

Distancia de propagación,  $10 \text{ m} \leq d_f \leq 20 \text{ m}$

Frecuencia Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$A_{\text{vegetación}}$ ,dB	0	0	1	1	1	1	2	3

Distancia de propagación,  $20 \text{ m} \leq d_f \leq 200 \text{ m}$

Frecuencia Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$A_{\text{vegetación}}$ ,dB/m	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,09	0,12

# ATENUACIÓN POR LOS EDIFICIOS

- Los edificios actúan como barreras acústicas. (Apantallamiento)
- Mayoración sonora por reflexiones entre ellos.

$$A_{\text{viviendas}} = 0,1 \cdot B \cdot d_b \text{ (dB)}$$

- $d_b$  = longitud del camino acústico a través de a zona de viviendas.
- $B$  = Área total del suelo edificado / Área total del suelo
- No varía con la frecuencia.

# ATENUACIÓN POR LOS EDIFICIOS

- $A_{\text{suelo}} = A_s + A_r + A_m$  = La atenuación del suelo sin viviendas (dB)
- $A_{\text{viviendas}}$
- Calculados los dos valores, el menor = 0
- El otro valor se introduce en
$$A_{\text{combinada}} = A_{\text{aire}} + A_{\text{suelo}} + A_{\text{complementaria-vegetación}}$$

# ATENUACIÓN ADICIONAL

$$A_{fed}$$

- Cuando existe una línea de edificios paralela a la vía de circulación, atenúa menos que una barrera sólida sin huecos de la misma altura.

$$A_{fed} = - 10 \log (1 - (p/100)) \text{ dB}$$

p = % de la long. ocupada por edificios

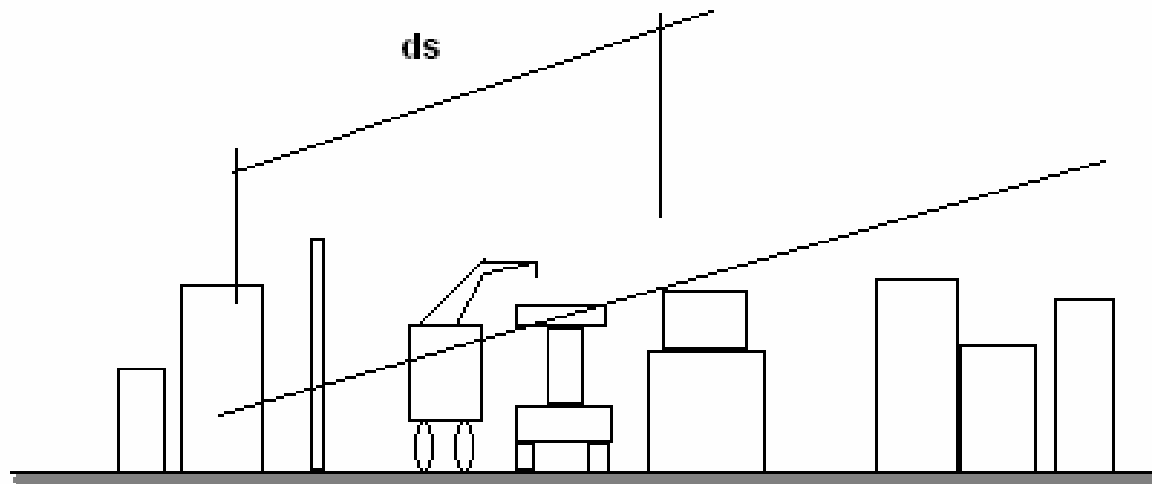
# ATENUACIÓN ZONA INDUSTRIAL

$$A_{ind}$$

- Depende del tipo de industria
- Se recomienda realizar mediciones en campo.
- La atenuación aumenta linealmente con la longitud  $d_s$  siendo este valor la longitud de zona con industria

# ATENUACIÓN ZONA INDUSTRIAL

## $A_{ind}$ . Valor máximo



$A_{ind} < 10 \text{ dB}$

Frecuencia, Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$A_{ind}$ , dB/m	0	0,015	0,025	0,025	0,02	0,02	0,015	0,015

# EFECTOS METEOROLÓGICOS

- PARA  $D < 100$  m: DESPRECIABLE
- PARA  $D > 100$  m:
  - TEMPERATURA
  - HUMEDAD
  - REFRACCIÓN POR GRADIENTES DE VIENTO Y TEMPERATURA

# TEMPERATURA Y VIENTO

- El calor facilita la transmisión sonora, formando zonas de sombra

- Al sumarse temperatura y viento, puede formar zonas acústicas de sombra durante el día, opuesta a la dirección del viento

