

# Fundamentos de acústica

## *Control de ruido y calidad de sonido*

**Bill Tolliver**

**Gerente de Soporte Técnico en América del Sur**

**Noviembre 2012**



DELIVERING SOLUTIONS | TRANSFORMING MARKETS | ENHANCING LIVES

# Acústica

- **Qué es el sonido**
  - Propiedades: Ondas, frecuencia, decibeles, absorción, reflexión
- **Control de ruido**
  - Reducción de sonido indeseable entre espacios
- **Calidad de sonido**
  - Mejorando sonidos deseables en los espacios
- **Soluciones acústicas**
- **Referencias**

# ¿ Qué es el sonido?



DELIVERING SOLUTIONS | TRANSFORMING MARKETS | ENHANCING LIVES

# ¿Qué es el sonido?

- **Es el movimiento o vibración de moléculas causadas por perturbaciones físicas**
  - Ejemplo: altoparlantes, fuegos artificiales, motores de vehículos
- **El sonido viaja a través del aire, líquidos, y sólidos en todas las direcciones**



# ¿Qué es el sonido?

- **El sonido viaja a través del aire a una velocidad constante dependiendo de la temperatura a la que se encuentre: 342,9 m/s (en un día de temperatura media)**
- **Conforme las ondas sonoras se alejan de la fuente, pierden intensidad.**



# ¿Qué es el sonido?

## ¿En dónde no existe el sonido?

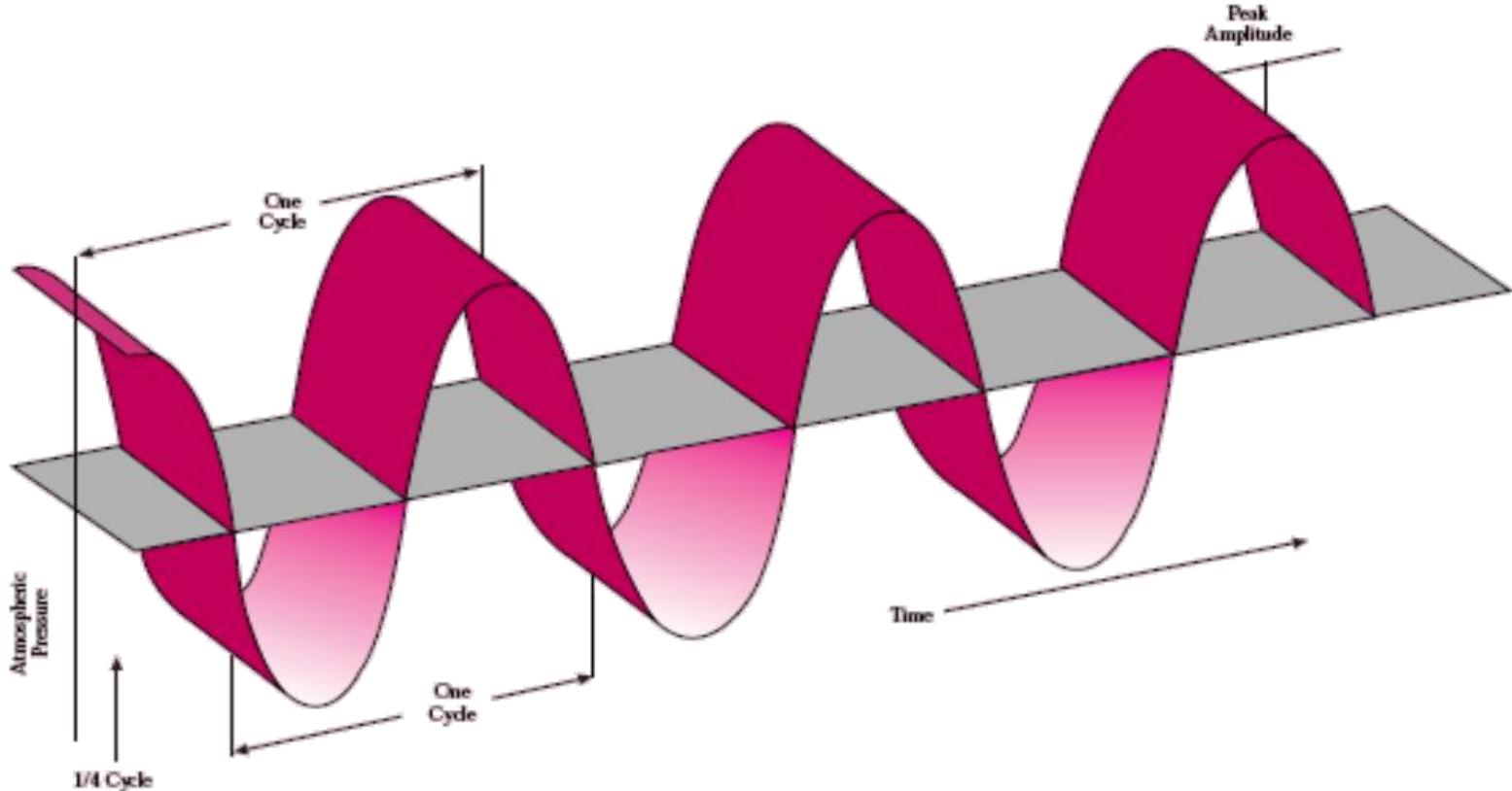
**En el vacío!!!!**

**Porque no tiene un medio para transportarlo.**



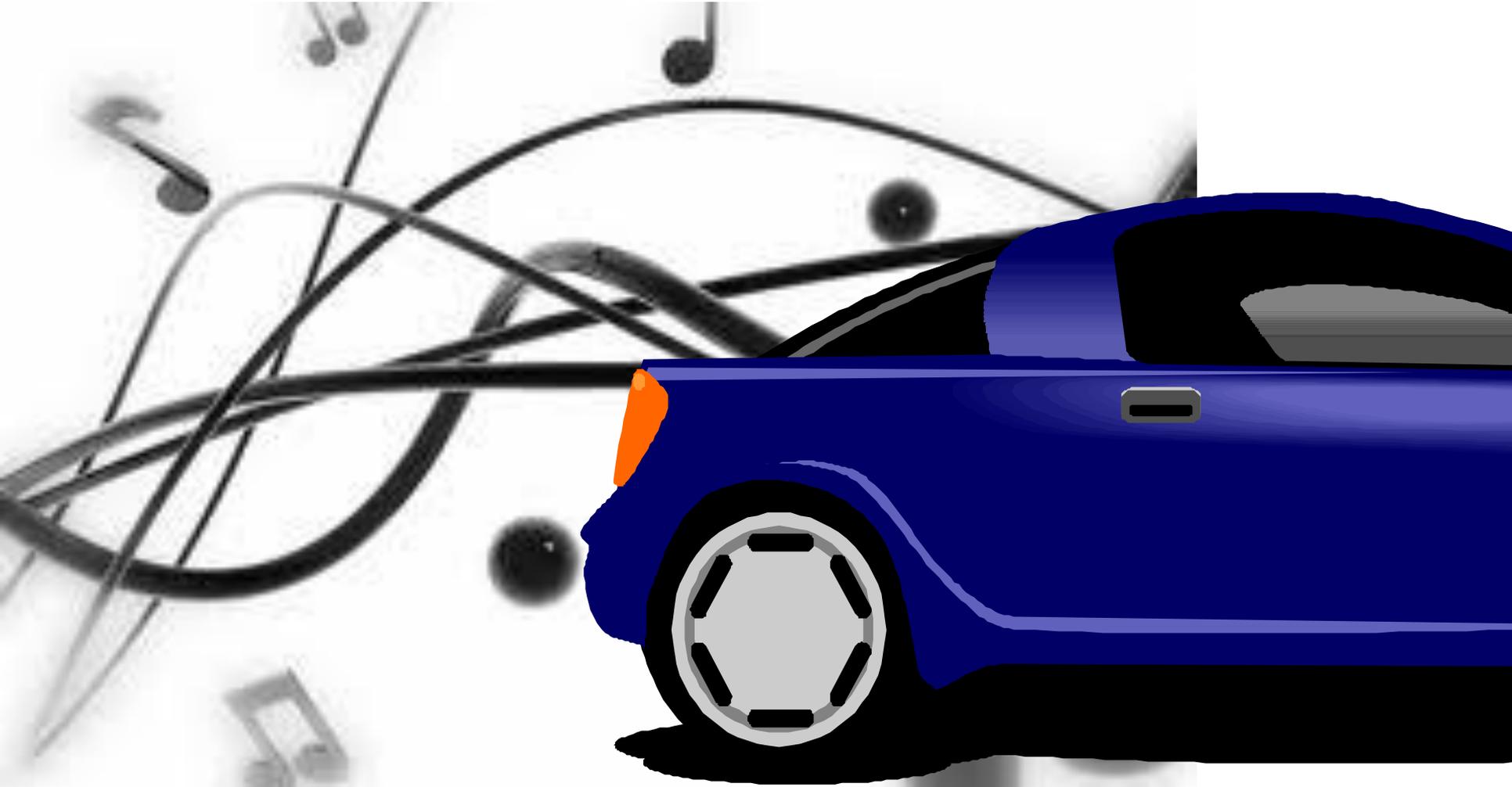
# ¿Qué es el sonido?

- El sonido es caracterizado por su frecuencia y su intensidad.



# ¿Qué es el sonido?

- **Frecuencia: las ondas sonoras tienen frecuencias diferentes**



# ¿Qué es el sonido?

## Frecuencia (Hertz)

- Determina el tono que escuchamos
- Intervalo auditivo humano: de 20 a 20,000 Hz.
- La frecuencia es el número de ondas que ocurren en una unidad de tiempo. Es la resultante de la relación entre la velocidad del sonido y la longitud de onda ( $\lambda$ ), que da la frecuencia ( $f$ ) en ciclos por segundo (hertz). El sonido común es analizado en bandas de octava o tercios de octava de frecuencia.

**Alta frecuencia**



**Baja frecuencia**

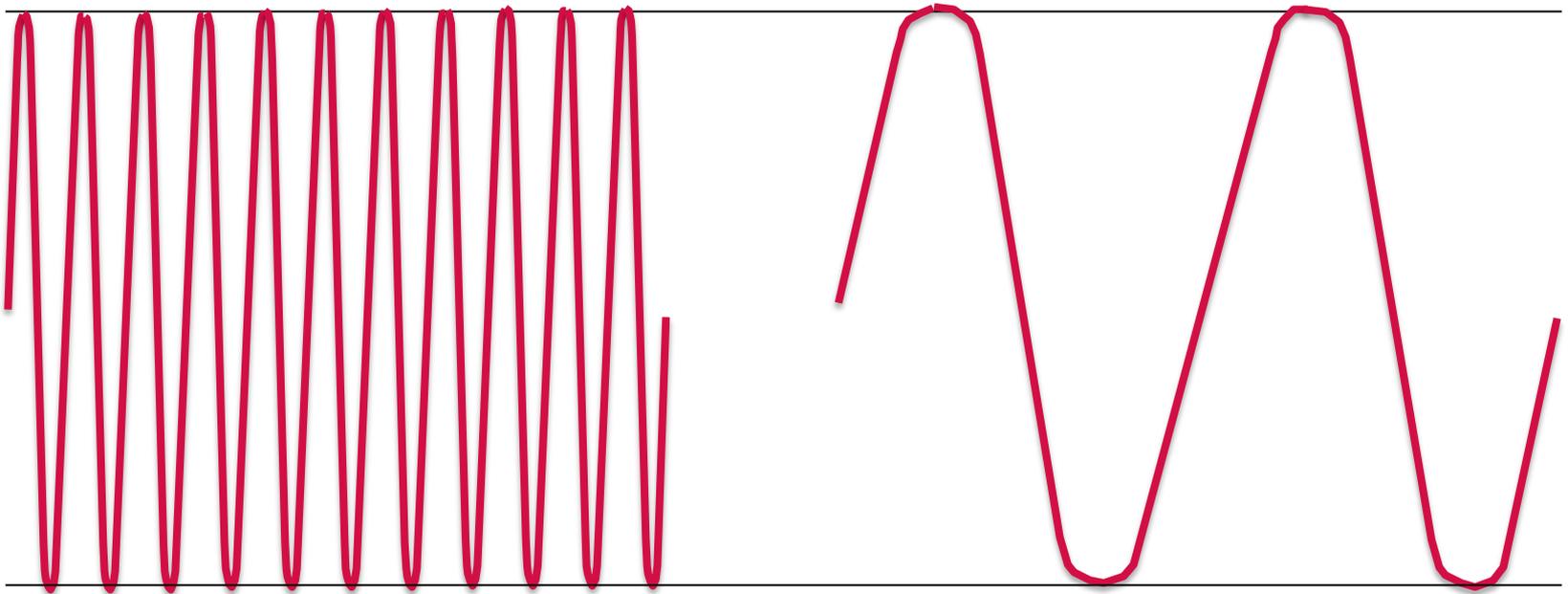


# ¿Qué es el sonido?

- **Frecuencias**

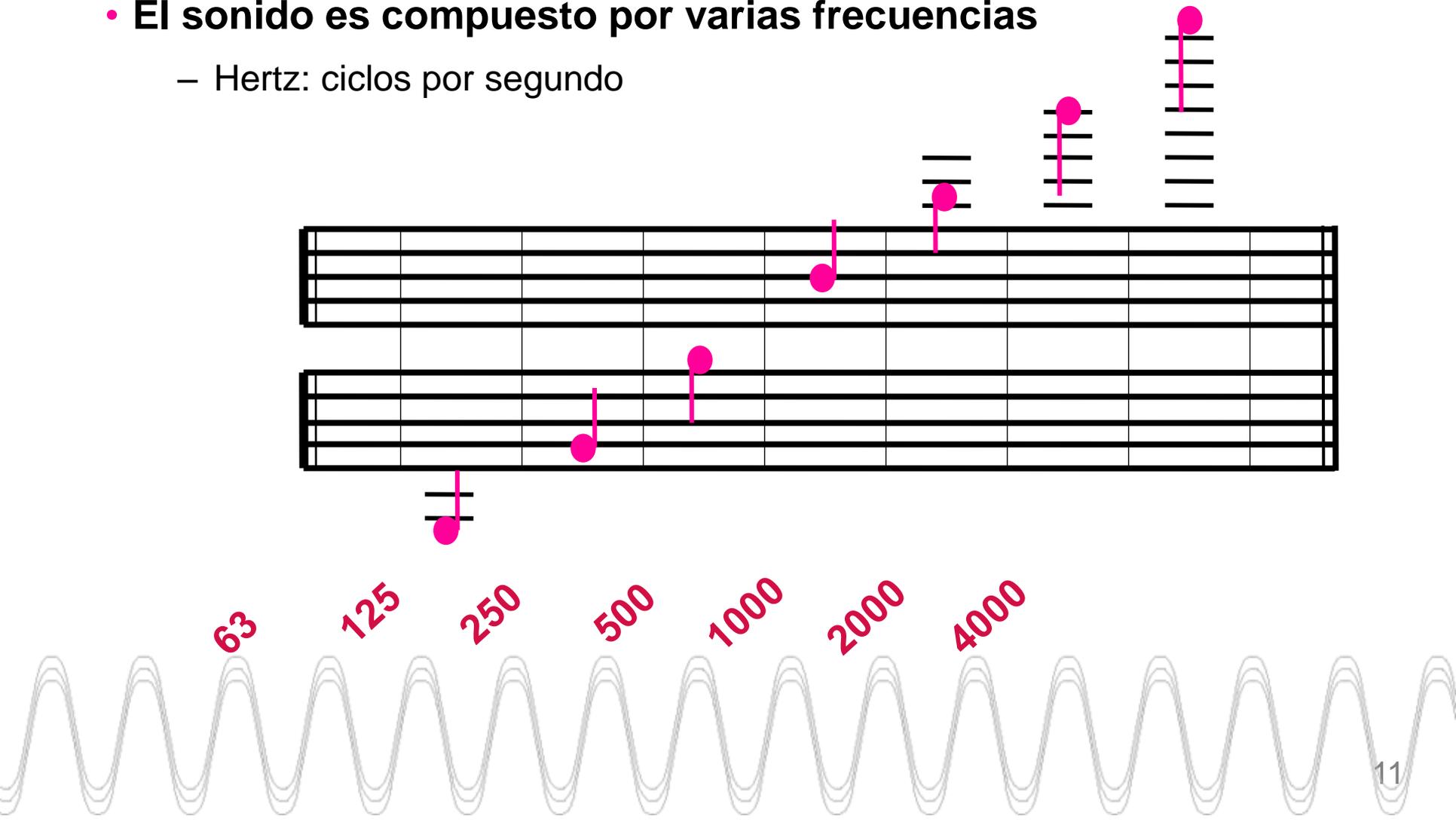
Alta frecuencia

Baja frecuencia



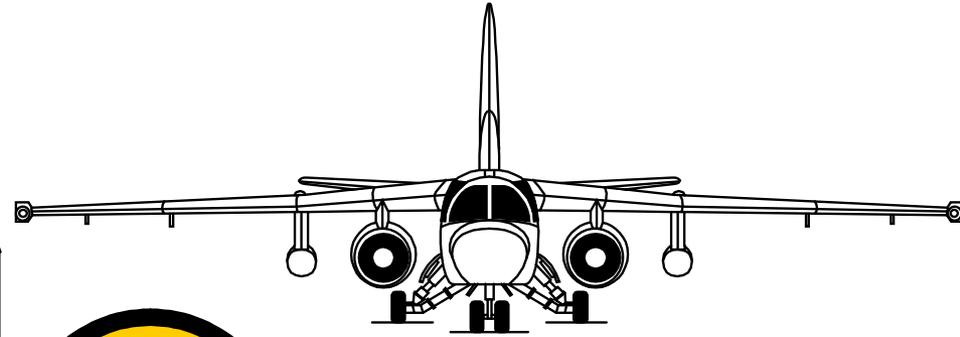
# ¿Qué es el sonido?

- **El sonido es compuesto por varias frecuencias**
  - Hertz: ciclos por segundo



# ¿Qué es el sonido?

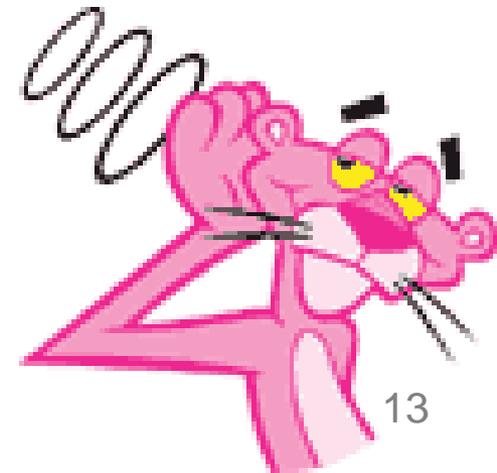
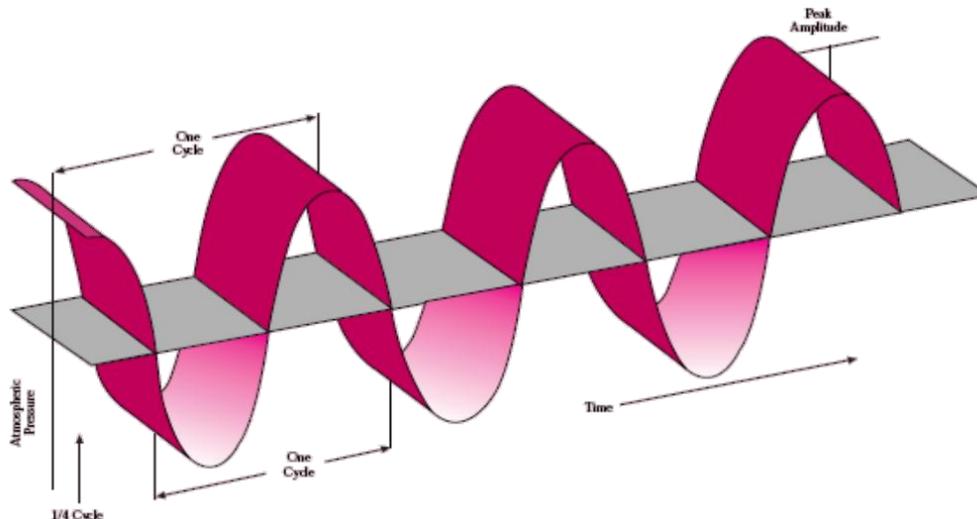
- **Intensidad:** las ondas sonoras presentan diferentes intensidades



# ¿Qué es sonido?

## Intensidad (Pascal)

- Determina el volumen que escuchamos
- Mide las fluctuaciones de presión por encima o debajo de la presión atmosférica normal (100 kPa)
- La amplitud de ondas reflejan la intensidad del sonido emitido por la fuente, y determina la sensación que recibe el receptor. La unidad de medida es el Bel, y la más frecuente es el Decibel.



# ¿Qué es el sonido?

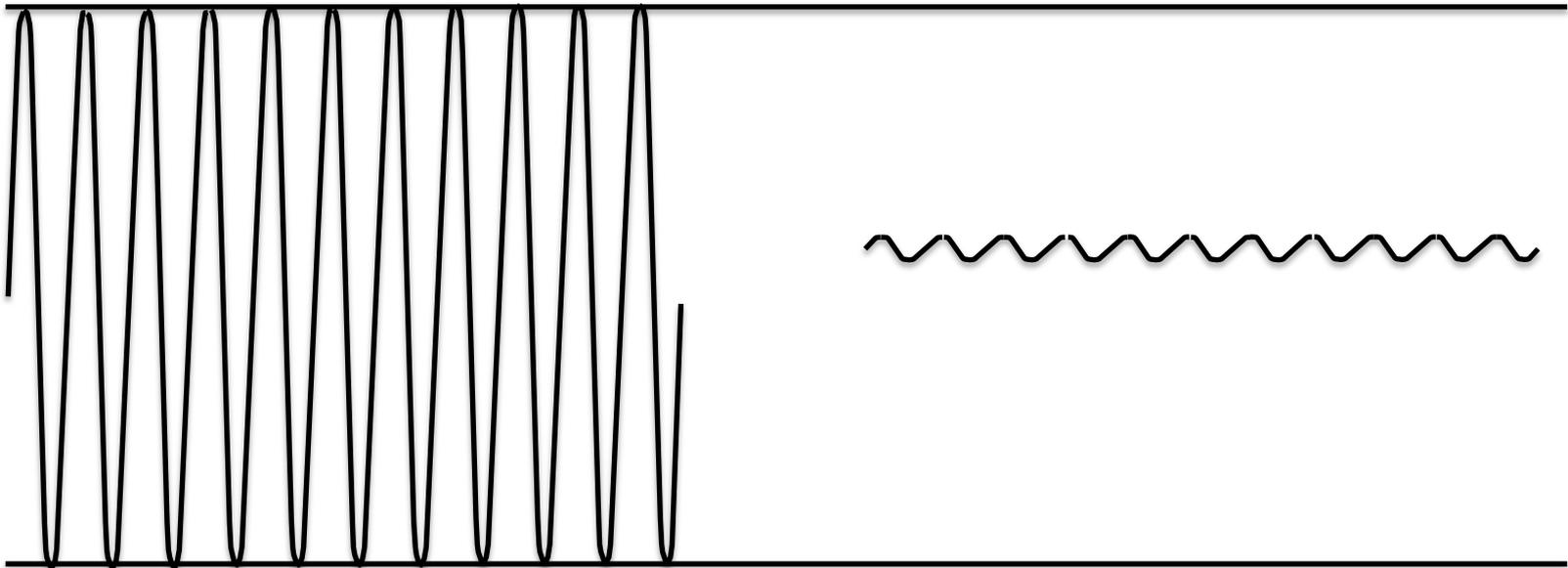
- **Intensidad**

Fuente sonora	Db	Presión (Pa)
Cohete despegando	194	100,000
Avión a reacción	160	2,000
Sonido doloroso	135	
Remachadora	120	20
Tránsito pesado	80	0.2
Conversación cotidiana	60	0.02
Oficina	50	
Residencia	40	0.002
Rumor de fronda (hojas)	20	0.0002
Límite de escucha	0	0.00002

# ¿Qué es el sonido?

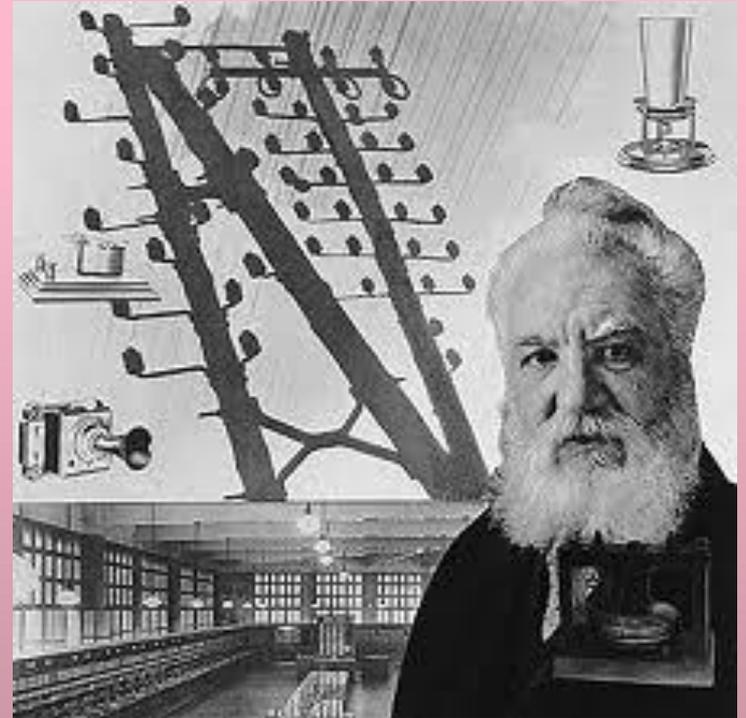
- **Sonidos fuertes:  
altas presiones  
sonoras**

- **Sonidos discretos:  
bajas presiones  
sonoras**



# ¿Qué es el sonido?

- **Definición de Decibel:**
- **Alexander Graham Bell determinó que el medir el sonido se obtienen números muy altos: de la 10<sup>a</sup> a la 13<sup>va</sup> potencia**
- **De su apellido se tomó el nombre de la unidad: Bel o Decibel**



*Alexander Graham Bell*  
*(1845-1922)*

# ¿Qué es el sonido?

- **Un Bel no hace sentido, pues no es perceptible, por eso se usa una escala logarítmica:**
  - Bel=10 Decibeles
  - 2 Beles= 20 Decibeles
- **Cero decibeles es el punto de partida, es el sonido más leve que puede percibir un oído joven (bebé)**

# ¿Qué es el sonido?

- **Es el resultado de la vibración de moléculas**
- **En el aire, las vibraciones forman áreas de alta o baja presión que resultan en ondas sonoras**
- **Las ondas sonoras varían en:**
  - Frecuencia: número de ciclos por unidad de tiempo
  - Presión: intensidad (Db)

# ¿Qué es el sonido?

- **Dispositivos para medir el sonido**



# Control de ruido



DELIVERING SOLUTIONS | TRANSFORMING MARKETS | ENHANCING LIVES

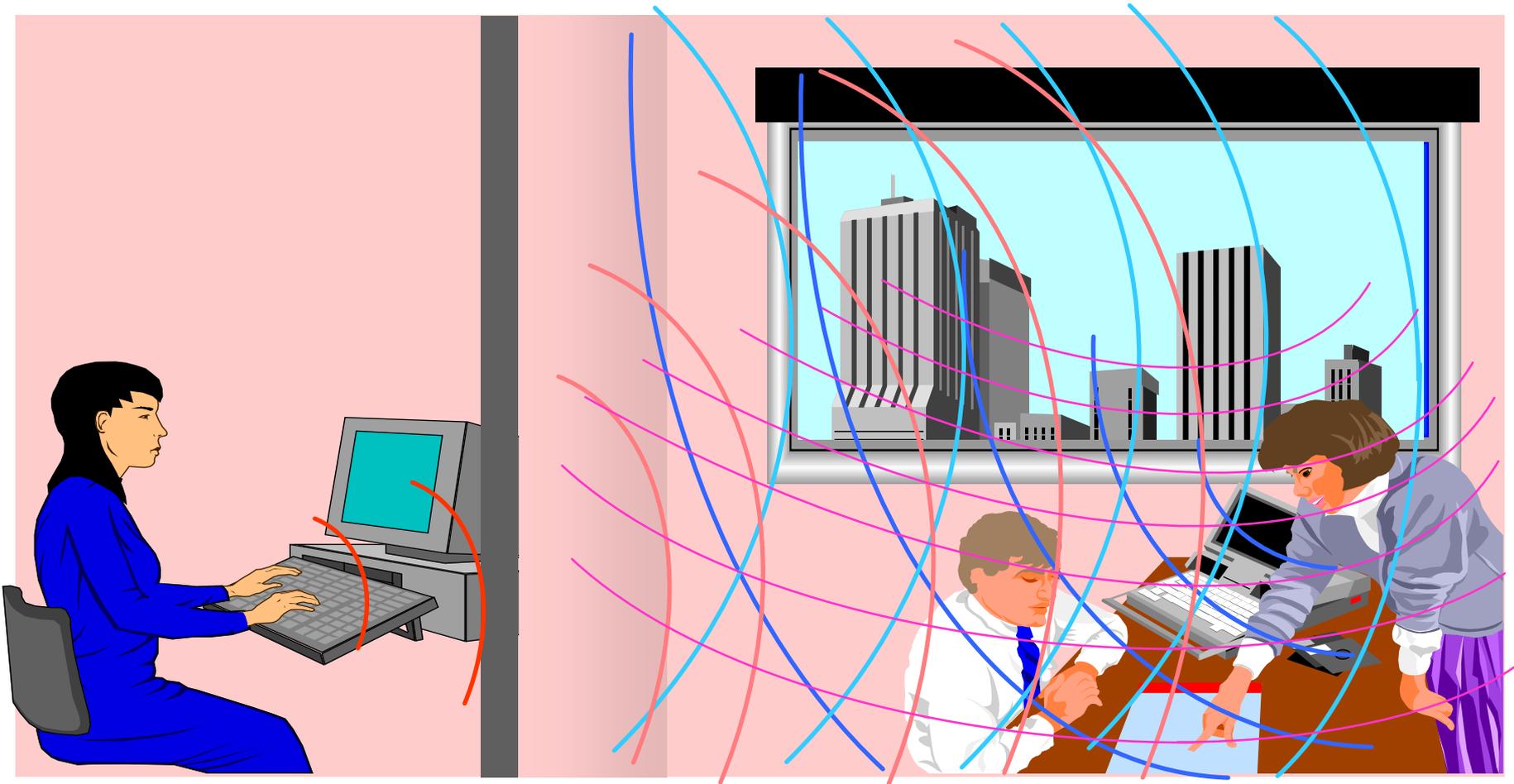
# Control de ruido

- ¿Qué son los efectos de ruido?
- El exceso de ruido puede encontrarse en cualquier lugar
- Causan:
  - Cansancio
  - Disminuye productividad de trabajadores
  - En casos extremos, puede ocasionar pérdida de audición



# Control de ruido

- ¿Dónde se puede encontrar ruido?



# Control de ruido

- Reducción de sonido indeseable

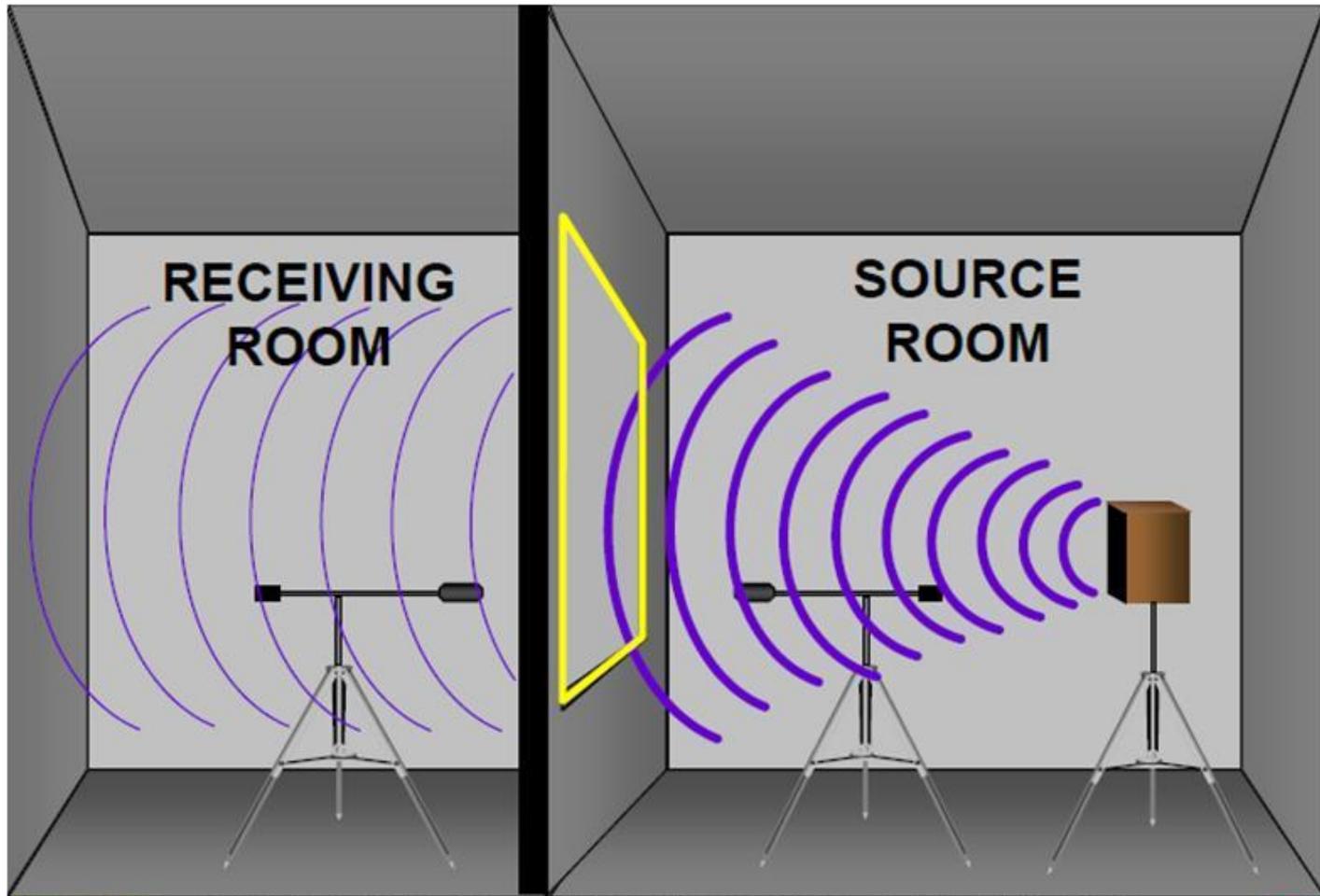


# Control de ruido

- **Métodos para controlar el ruido**
  1. En la fuente: generalmente imposible o muy difícil
  2. Desde el diseño del espacio

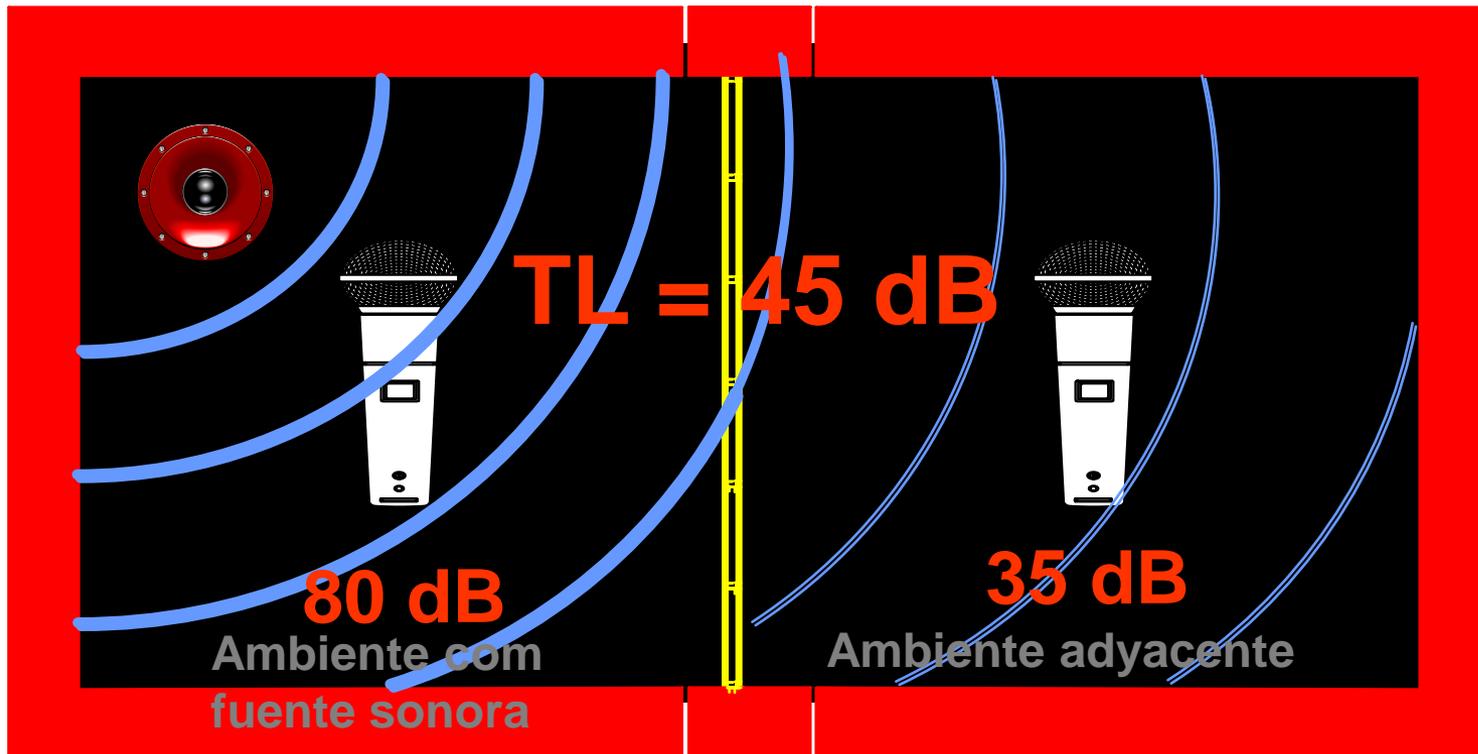
# Medición de atenuación de sonido

- **ASTM E 413 / ISO 717/1**



# Medición de atenuación de sonido

- ¿Cómo se mide la capacidad de aislamiento acústico de un muro?
- ASTM E-90: medición de Pérdida de Transmisión de Sonido

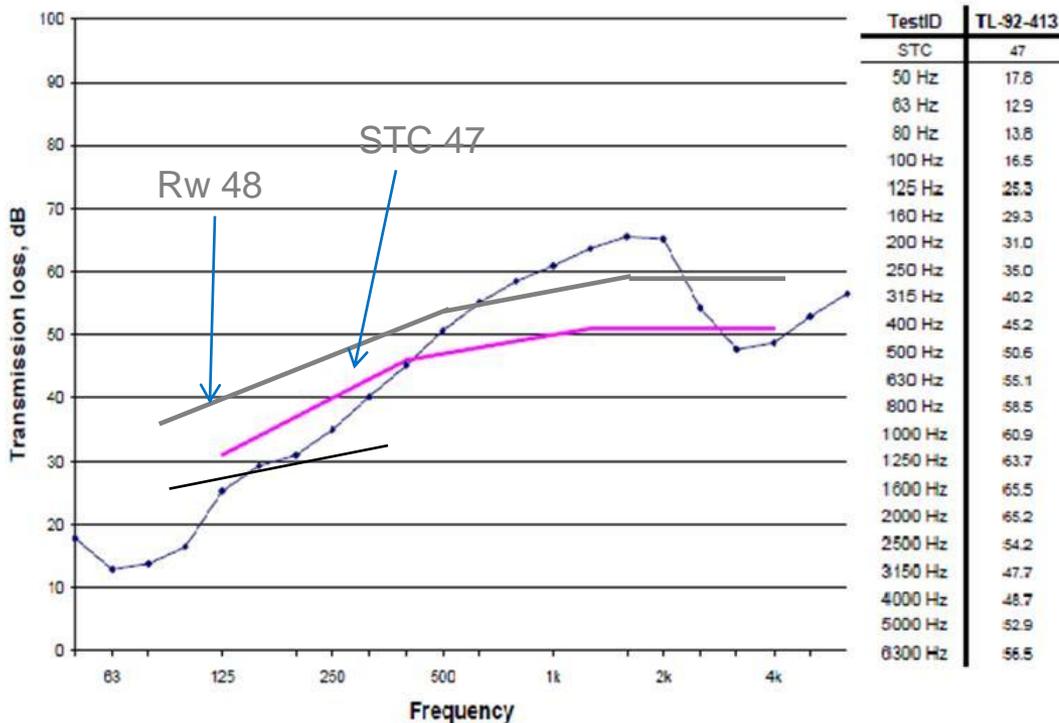


# Control de ruido

- **Índice Ponderado de Reducción de Sonido (RW):** Índice de reducción de sonido transmitido medido en laboratorio de acuerdo a EN ISO 717-1. La medición se hace de acuerdo al método de prueba EN 20140-3 en bandas de tercios de octava de frecuencia de 100 a 3150 Hz.
- **Clase de Transmisión de Sonido (STC):** Índice de pérdida de transmisión de sonido en el aire medido en laboratorio. Calculado de acuerdo a ASR 413-87, los valores de pérdida se miden de acuerdo a ASTM E 90-90 sobre frecuencias de 125 a 4000 Hz.
- En general los valores de RW y STC resultan en el mismo número (o presentan una variación menor a 1 o 2 Db). El valor RW (o STC) es un valor numérico que describe la capacidad de los sistemas constructivos como muros, pisos, cubiertas, puertas o ventanas de minimizar la transmisión de ruido de un área a otra.
- La pérdida real de transmisión de sonido depende de la frecuencia específica y de las características del ambiente.

# Control de ruido

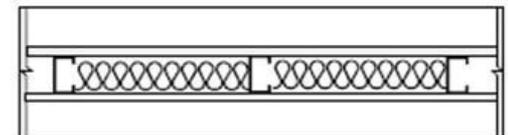
- Ejemplos de resultados de pruebas



- Element**      **Description:**
- single layer of 13 mm gypsum board
  - 90 mm steel studs at 610 mm on centre
  - 90 mm of glass fibre insulation in cavity
  - single layer of 13 mm gypsum board

TL-92-413	element 1	element 2	element 3	element 4
type	gypsum board	stud	insulation	gypsum board
material	B	steel	G1	B
thickness mm	13	90	90	13
gauge		25		
spacing mm		610		
surface density kg/m <sup>2</sup>	8.3		1.2	8.2
linear density kg/m		0.6		
total weight kg	61.4	13.0	8.7	61.1
fastener spacing - edge mm	305			305
fastener spacing - field mm	305			305
fastener top track pattern	c			c
fastener base track pattern	c			c
stud attached to top track		yes		
double header				
orientation	vertical			vertical

G13\_5S90(610)\_GFB90\_G13



# Grado de transmisión sonora (STC o RW)

Valor STC o RW	Audición de conversaciones	Grado de control de sonido
15-25	Voz normal, de fácil comprensión	Malo
25-35	Voz alta, de fácil comprensión	Regular
35-45	Voz normal, apenas audible e ininteligible	Bueno
45-55	Voz alta apenas audible e ininteligible	Muy bueno
55 o más	Voz alta generalmente inaudible	Excelente

# Percepción de Decibeles

- **Varía en cada persona, pero por lo general se define:**

0 a 3 dB	Casi imperceptible
4 a 5 dB	Perceptible y significativo
6 dB	Nivel de sonido resultante de $\frac{1}{4}$ de nivel inicial
7 a 9 dB	Reducción importante
10 dB	Nivel resultante de $\frac{1}{2}$ de nivel de sonido inicial

# Control de ruido

## Principios de control de ruido:

### 1. Aumentar masa sólida:

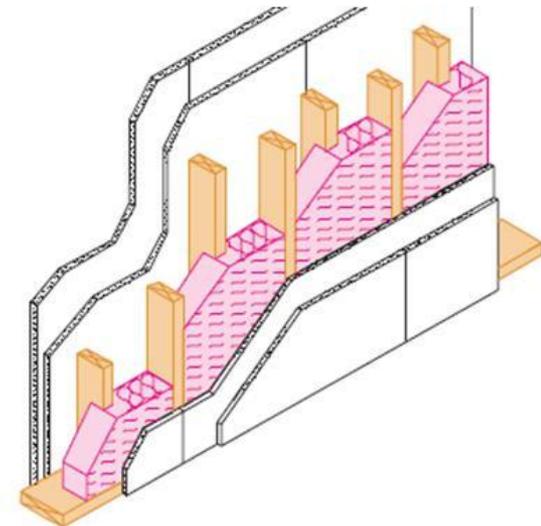
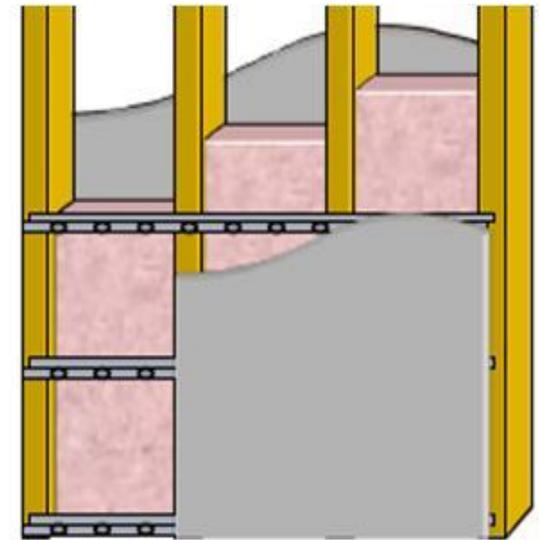
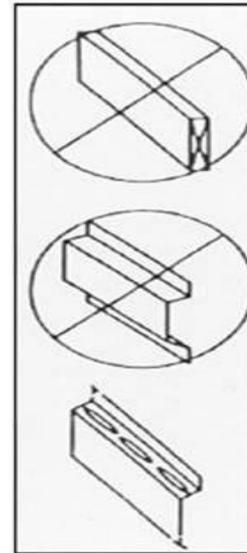
- Número de capas de hojas de yeso.
- Aumentar espesor de hojas de yeso
  - 12.7mm. a 15.9 mm.



# Control de ruido

## 2. Romper trayectoria

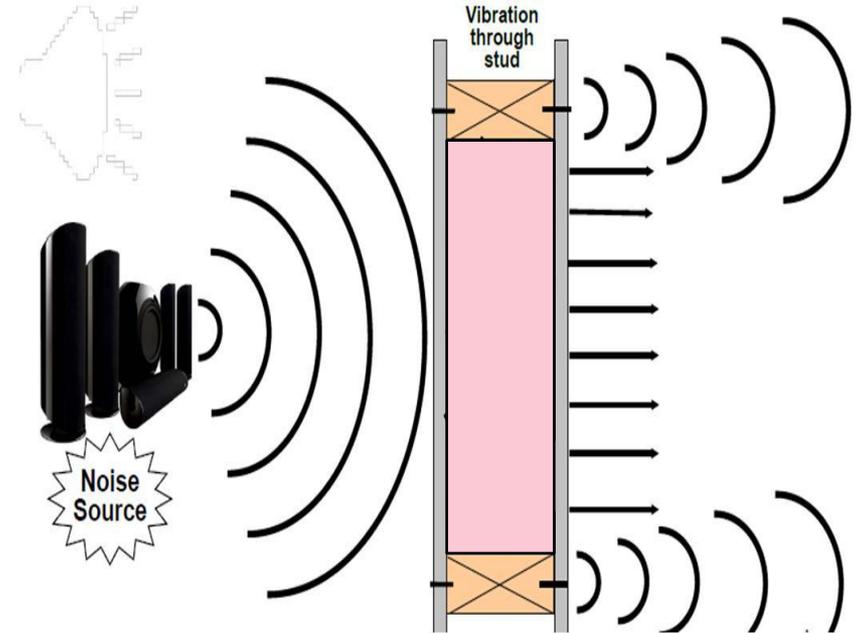
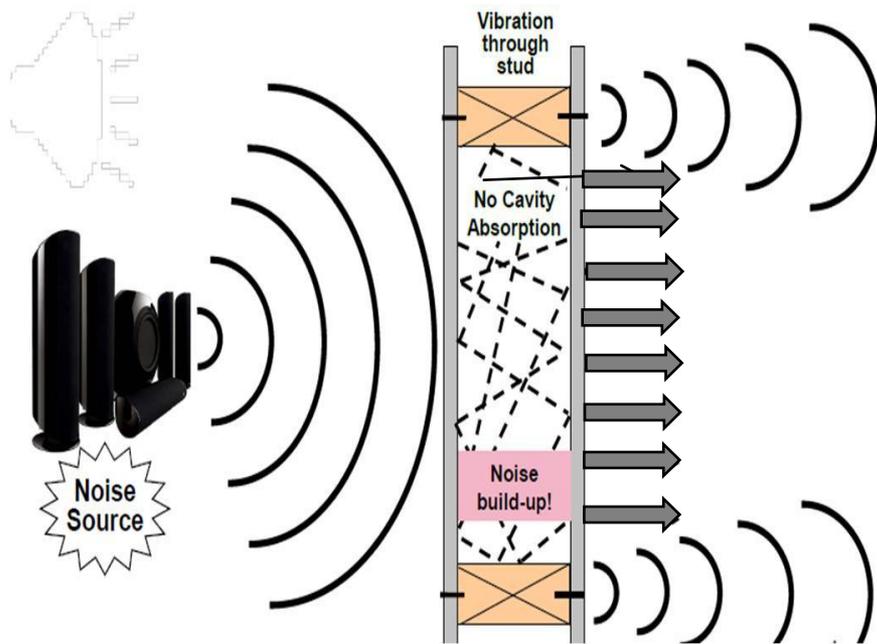
- Usar bastidores ligeros (Acero en lugar de madera)
- Usar perfiles resilientes
- Sistemas de doble bastidor



# Control de ruido

## 3. Absorción en cavidad de sistema

- Instalar fibra de vidrio dentro del bastidor.



# Importancia de la densidad de aislamiento

- **La densidad del aislamiento por sí sola no cambia el STC de manera significativa en un sistema.**
- **La resistencia de flujo de aire (e sonido) es un factor que contribuye a la pérdida de transmisión, y depende de:**
  - Diámetro de fibra (Cuando el diámetro de fibra es menor..mejor es la absorción )
  - Densidad (Cuando la densidad es mayor, mejor es la absorción)
- **La fibra mineral de roca tiene mayor densidad (33 kg/m<sup>3</sup>), y también mayor diámetro (9 microns).**
- **La fibra de vidrio generalmente presenta menor densidad (de 10 a 12 kg/m<sup>3</sup>) más un diámetro menor de fibra (6 microns)**
- **La resistencia de flujo de aire total en lana mineral de roca y fibra de vidrio son similares.**
- **La diferencia de desempeño en pruebas es mayor que la diferencia de los valores nominales de STC usando ambos materiales. La diferencia también es menos que la capacidad de la oreja humana para oír la diferencia..**

Fuente: National Research Council Canada. Reporte IRC-IR-693 Oct. 1995

# La importancia de la densidad del aislamiento



**3-1/2" Mineral Wool**

**47**

**53**

**55**

**3-1/2" Fibre Glass**

**49**

**52**

**56**

# Importancia de espesor de aislamiento en cavidad

- **El espesor del aislamiento instalado en la cavidad de los sistemas tiene un efecto significativo en la transmisión de sonido: mientras mayor sea el espacio ocupado por fibra, mayor pérdida de sonido se obtendrá (STC y  $R_w$ ).**

***“The amount (thickness) of absorption in the cavity has a significant effect on the sound transmission: the greater the fraction of the cavity filled with absorption, the higher the sound transmission loss (STC and  $R_w$ )”***

Fuente: National Research Council Canada. Reporte IRC-IR-693 Oct. 1995

# Importancia del espesor del aislamiento en la cavidad

**La disminución de transmisión de sonido aumenta al elevar el espesor del material de absorción.**

**Cuando el material aislante no rellena completamente la cavidad del bastidor el STC del sistema puede variar hasta en 5 dB menos de lo que podría absorber con la cavidad llena.**

**“The sound transmission loss continued to increase within increasing thickness of the absorptive material, the sound transmission loss was about **5 dB STC (or 3 dB RW)** less than obtained by filling the cavity completely”**

Fuente: National Research Council Canada, Reporte IRC-IR-693 Oct 1995.

# Control de sonido

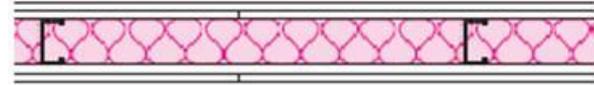
## ¿Por qué bastidor metálico + fibra de vidrio?

### Ejemplo:

- **Mismo desempeño acústico STC: 58**
- **Representa el 10% del peso de un muro de concreto (45kg/m<sup>2</sup> vs. 430kg/m<sup>2</sup>)**
- **Mas espacio libre debido al menor espesor de muro (152mm vs. 203mm)**
- **Mejor desempeño térmico: en concreto sería necesario un espesor de muro de 894 mm para igualar el valor R.**

( R1.43m<sup>2</sup>K/W vs. R0.31 m<sup>2</sup>K/W )

- **Construcción rápida y limpia**
- **Sistema ligero: facilita la colocación de instalaciones eléctricas y tuberías.**



Bastidor metálico de 92 mm con postes a cada 61 cm. Doble capa de hojas de yeso de 15 mm. por ambas caras. Fibra de vidrio AISLHOGAR® R11 de 89 mm. en la cavidad.

Espesor de muro=152mm

STC=58 dB

Peso= 45 kg/m<sup>2</sup>

Desempenho Termico

U=0,70 W/m<sup>2</sup>K, R=1,43 m<sup>2</sup>K/W



Muro de concreto armado sólido (203mm).

Espesor de muro de 203 mm. de espesor.

STC=58 dB

Peso= 430 kg/m<sup>2</sup>

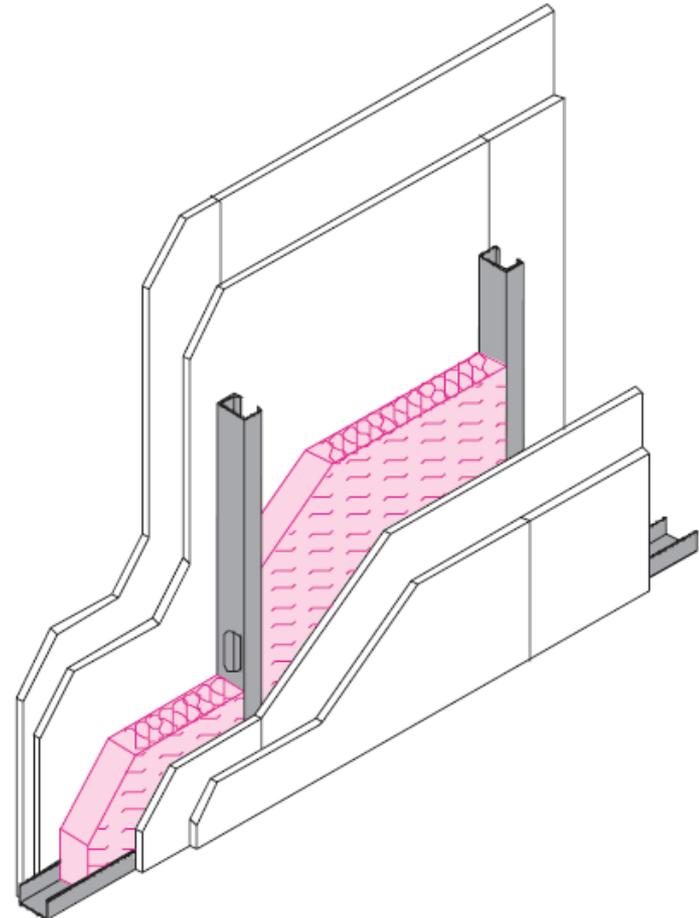
Desempenho Termico

U=3,19 W/m<sup>2</sup>K, R=0,31 m<sup>2</sup>K/W

# STC: Índices de reducción de sonido

Bastidor: **64 mm.** Hojas de yeso de **12.7 mm.**, 61cm entre bastidores

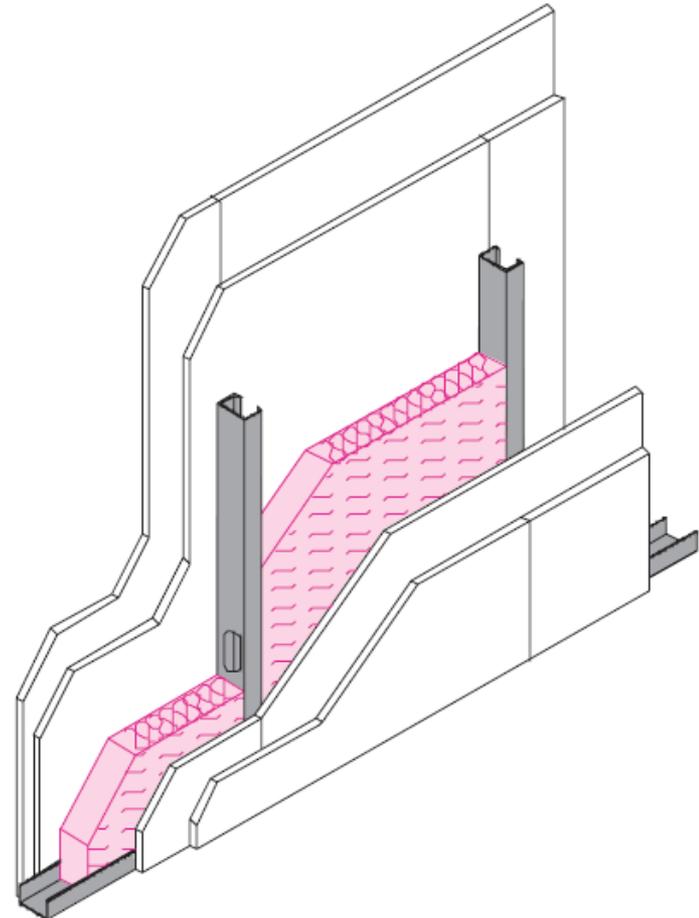
- **Sin aislamiento: 34-49 STC**
  - Capa sencilla en cada cara
- **Sin aislamiento: 46 STC**
  - Capa doble en cada cara
- **Con aislamiento: 44-46 STC**
  - Owens Corning R8 de 64 mm
  - Capa sencilla en cada cara
- **Con aislamiento: 51-55 STC**
  - Owens Corning R8 de 64 mm.
  - Doble capa en cada cara



# STC: Índices de reducción de sonido

**Bastidor: 64 mm. Hojas de yeso de 15.9 mm, 61cm entre bastidores**

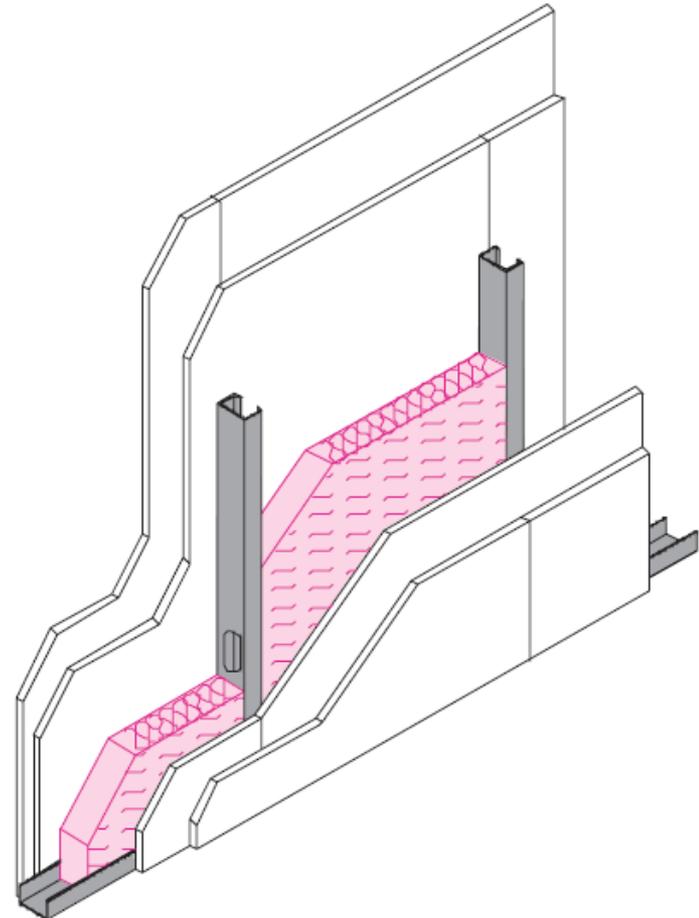
- **Sin aislamiento: 35-42 STC**
  - Capa sencilla en cada cara
- **Sin aislamiento: 48 STC**
  - Capa doble en cada cara
- **Con aislamiento: 45-47 STC**
  - Owens Corning R8 de 64 mm
  - Capa sencilla en cada cara
- **Con aislamiento: 53-55 STC**
  - Owens Corning R8 de 64 mm.
  - Doble capa en cada cara



# STC: Índices de reducción de sonido

**Bastidor: 92 mm. Hojas de yeso de 12.7 mm, 61cm entre bastidores**

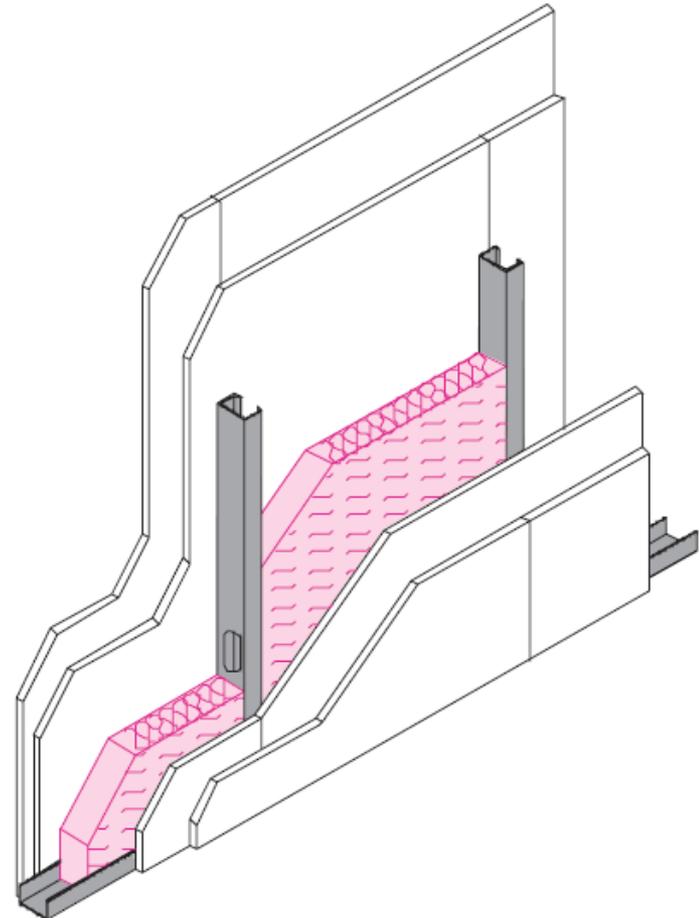
- **Sin aislamiento: 36-41 STC**
  - Capa sencilla en cada cara
- **Sin aislamiento: 43-46 STC**
  - Capa doble en cada cara
- **Con aislamiento: 47-48 STC**
  - Owens Corning R11 de 89 mm
  - Capa sencilla en cada cara
- **Con aislamiento: 53-56 STC**
  - Owens Corning R11 de 89 mm.
  - Doble capa en cada cara



# STC: Índices de reducción de sonido

**Bastidor: 92 mm. Hojas de yeso de 15.9 mm, 61cm entre bastidores**

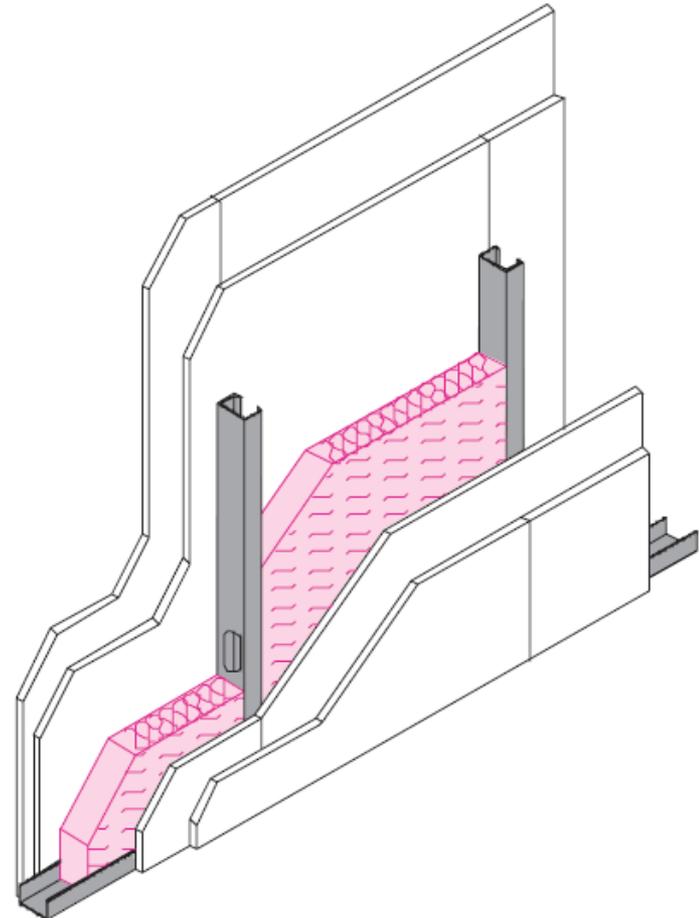
- **Sin aislamiento: 43 STC**
  - Capa sencilla en cada cara
- **Sin aislamiento: 44-48 STC**
  - Capa doble en cada cara
- **Con aislamiento: 48-50 STC**
  - Owens Corning R11 de 89 mm
  - Capa sencilla en cada cara
- **Con aislamiento: 55-58 STC**
  - Owens Corning R11 de 89 mm.
  - Doble capa en cada cara



# STC: Índices de reducción de sonido

**Bastidor: 152 mm. Hojas de yeso de 12.7 mm, 61cm entre bastidores**

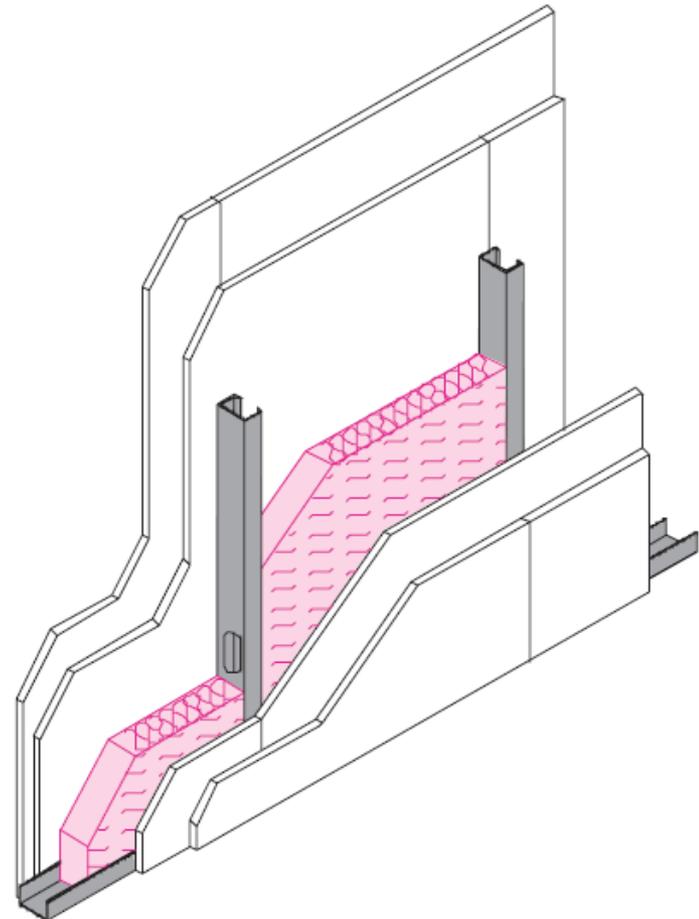
- **Sin aislamiento: 42 STC**
  - Capa sencilla en cada cara
- **Sin aislamiento: 48 STC**
  - Capa doble en cada cara
- **Con aislamiento: 49 STC**
  - Owens Corning R19 de 159 mm
  - Capa sencilla en cada cara
- **Con aislamiento: 54 STC**
  - Owens Corning R19 de 159 mm.
  - Doble capa en cada cara



# STC: Índices de reducción de sonido

Bastidor: **152 mm**. Hojas de yeso de **15.9 mm**, 61cm entre bastidores

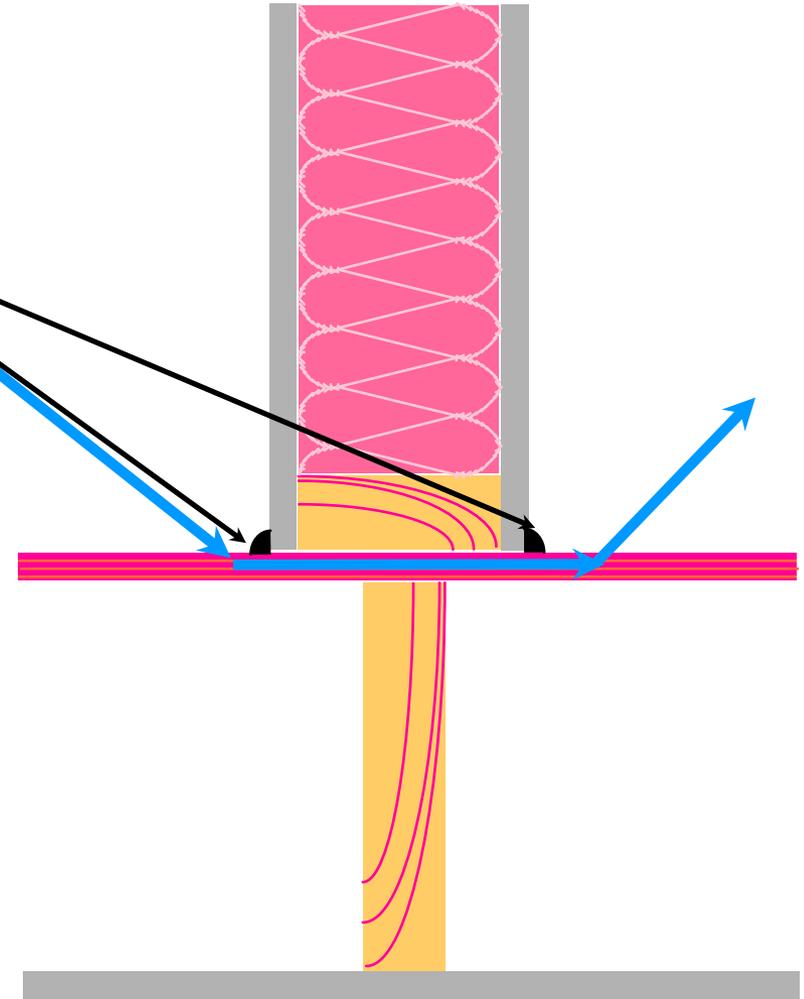
- **Sin aislamiento: 44 STC**
  - Capa sencilla en cada cara
- **Sin aislamiento: 50 STC**
  - Capa doble en cada cara
- **Con aislamiento: 50 STC**
  - Owens Corning R11 de 89 mm
  - Capa sencilla en cada cara
- **Con aislamiento: 56 STC**
  - Owens Corning R11 de 89 mm.
  - Doble capa en cada cara



# Control de ruido

- **Otras consideraciones de diseño**

- Trayectorias paralelas
- Sellar perímetros de muros
- Sellar penetraciones
- Puertas
- Ventanas
- Cajas eléctricas
- Sujetar tuberías hidráulicas
- Aislar ductos



# Recomendaciones

## • Muros

- Sellar perímetros
- Aplicar sellador por ambas caras del muro
- Ubicar teléfonos, timbres, y otras instalaciones en muros que no sean acústicos
- Colgar cuadros y repisas, esto ayuda a disipar el sonido.

## • Puertas

- En un corredor, no ubicar una puerta frente a otra
- Preferentemente usar puertas abatibles, no corredizas
- Usar puertas sólidas
- Si son de tambor, rellenar con FV
- Para pisos cerámicos o de madera, usar sello de felpa en arrastre de puerta

# Recomendaciones

## • Ventanas

- Disminuir tamaño de ventanas en áreas ruidosas
- Asegurar que las ventanas que se abran, cierren herméticamente
- Las ventanas de doble vidrio y el uso de cortinas ayudan a reducir transmisión

## • Pisos y zoclos

- Sellar juntas en muebles fijos
- Usar tapetes
- Sellar ranuras o aperturas para instalaciones con producto flexible

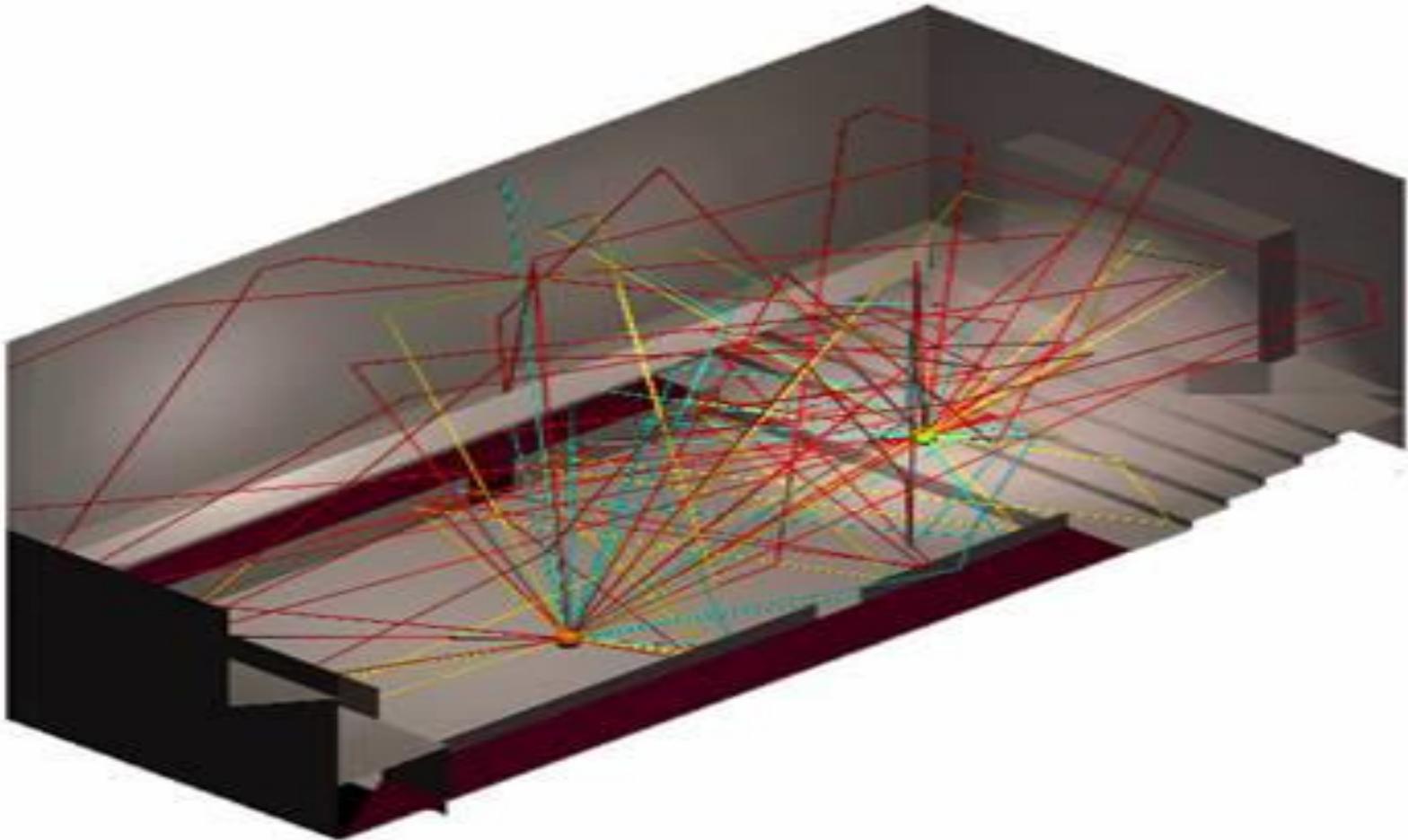
- **Para el “Control de Ruido” utilizamos los valores de STC que se refieren a la reducción de sonido que se transmite de un espacio a otro.**
- **Ya se habló del STC para el “Control de Ruido”, ahora vamos a hablar de la “Calidad de sonido” dentro de un espacio que también se puede mejorar**
- **Objetivo de la siguiente tema:**
  - **Mejorar la calidad de sonido en un espacio interior**
    - NRC (Noise Reduction Coefficient)**
    - Tiempos de reverberación**

# Calidad de Sonido en espacios interiores



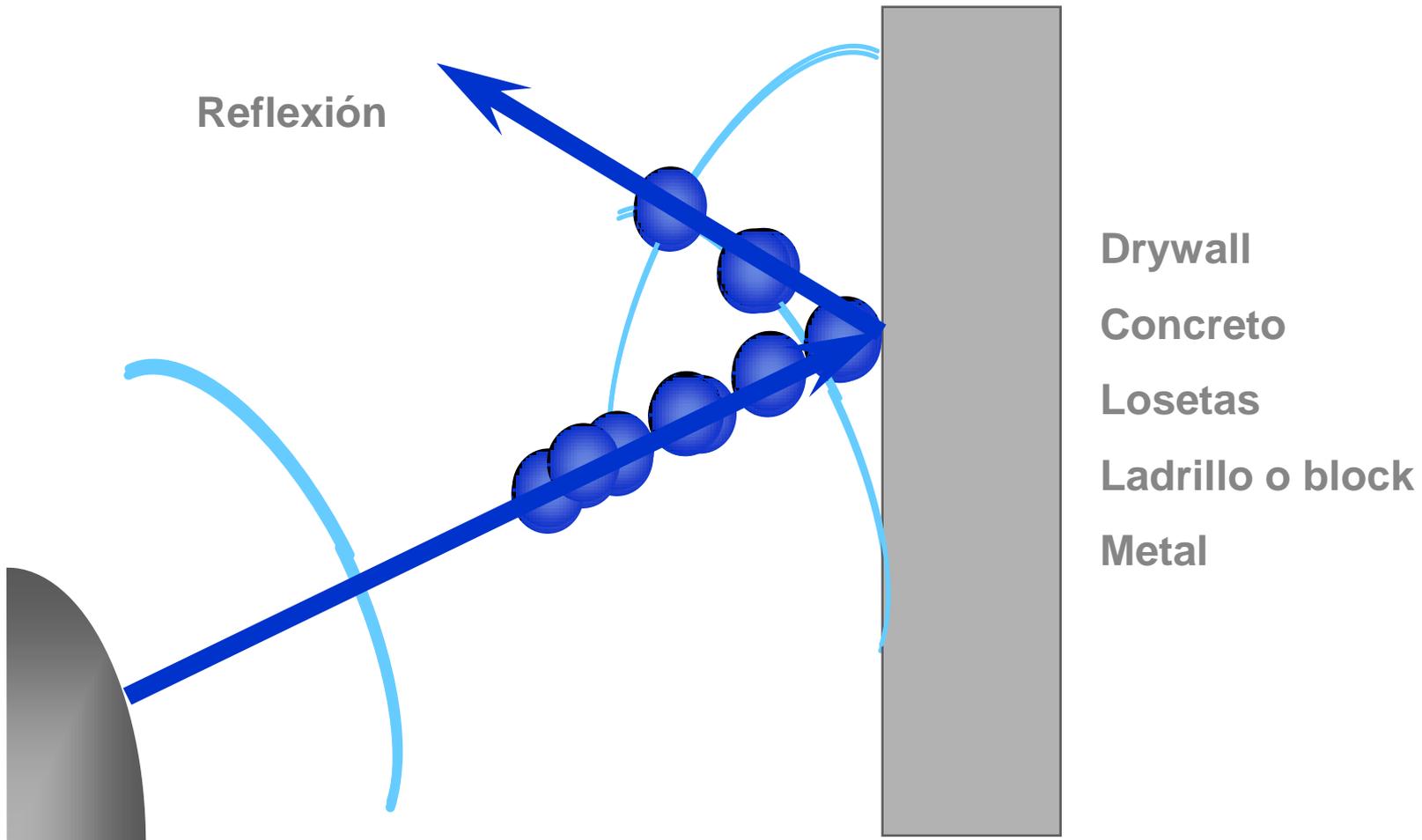
DELIVERING SOLUTIONS | TRANSFORMING MARKETS | ENHANCING LIVES

# Calidad de sonido en un espacio interior



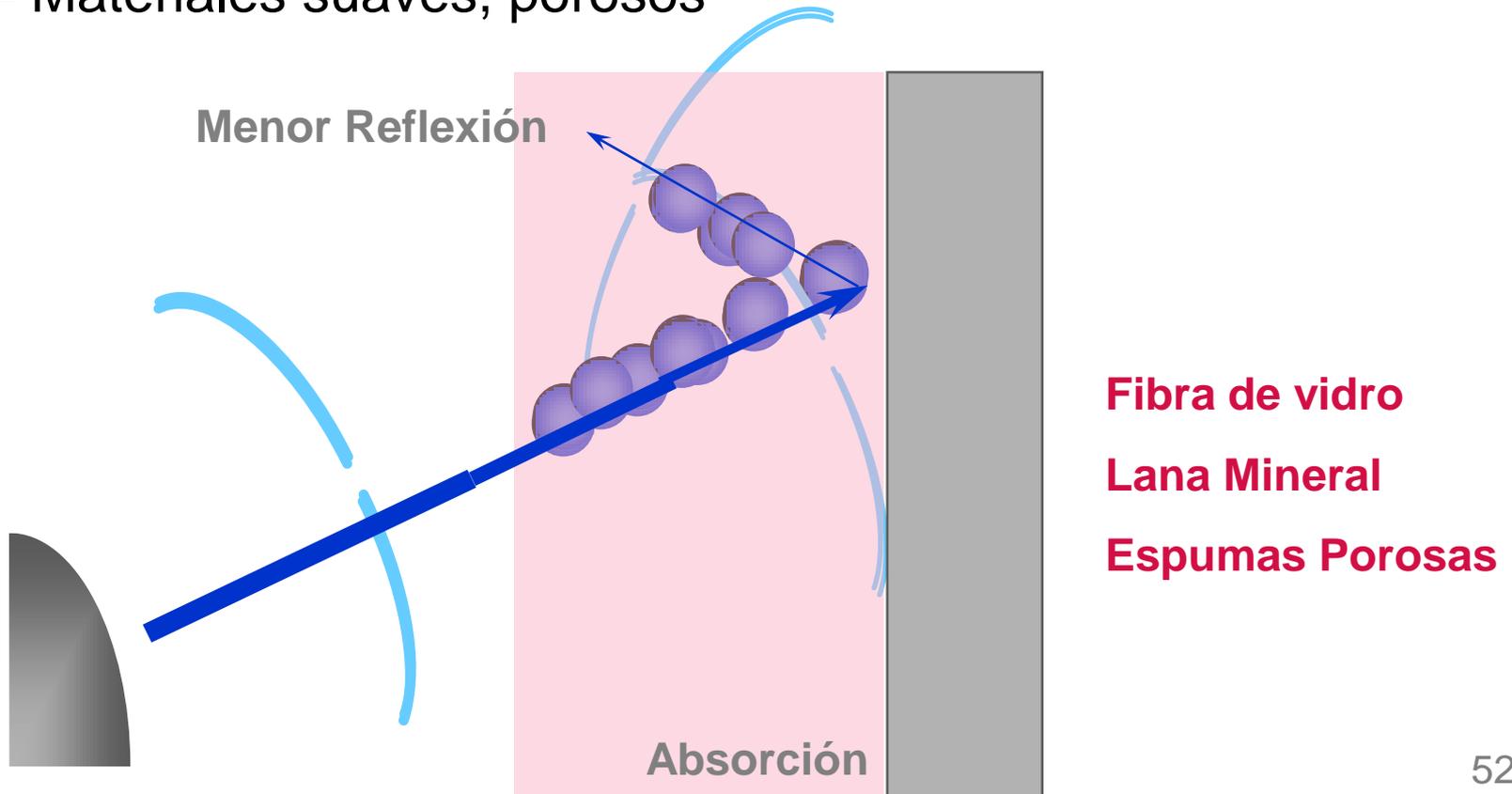
# Calidad de sonido

- Las ondas sonoras se reflejan en las superficies duras



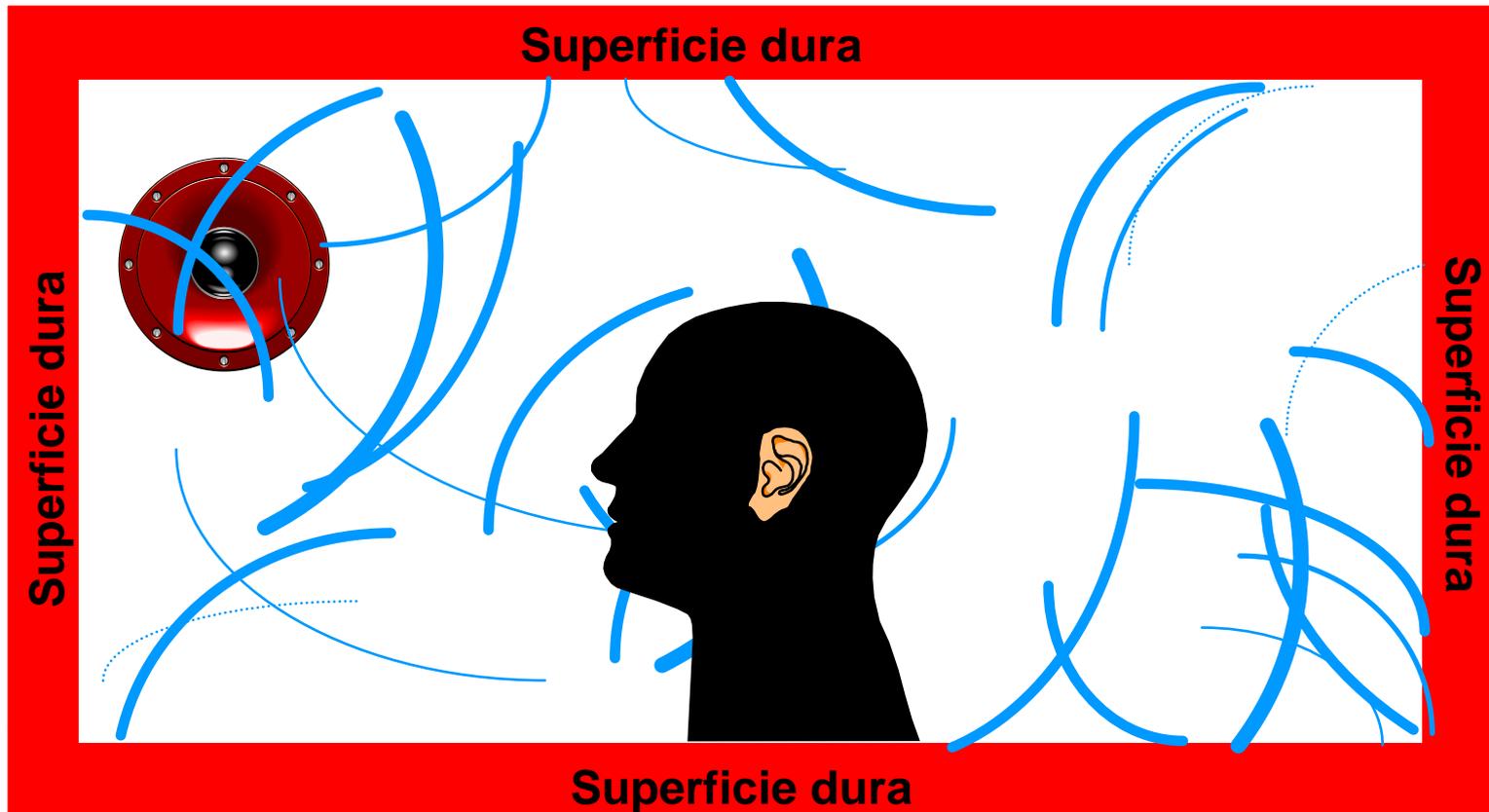
# Calidad de sonido

- **Las ondas sonoras pierden energía cuando se encuentran con materiales de alta absorción**
  - Materiales suaves, porosos



# Calidad de sonido

- **El exceso de reflexión (reverberaciones) reduce la calidad de sonido:**
  - Más eco = Más ruido

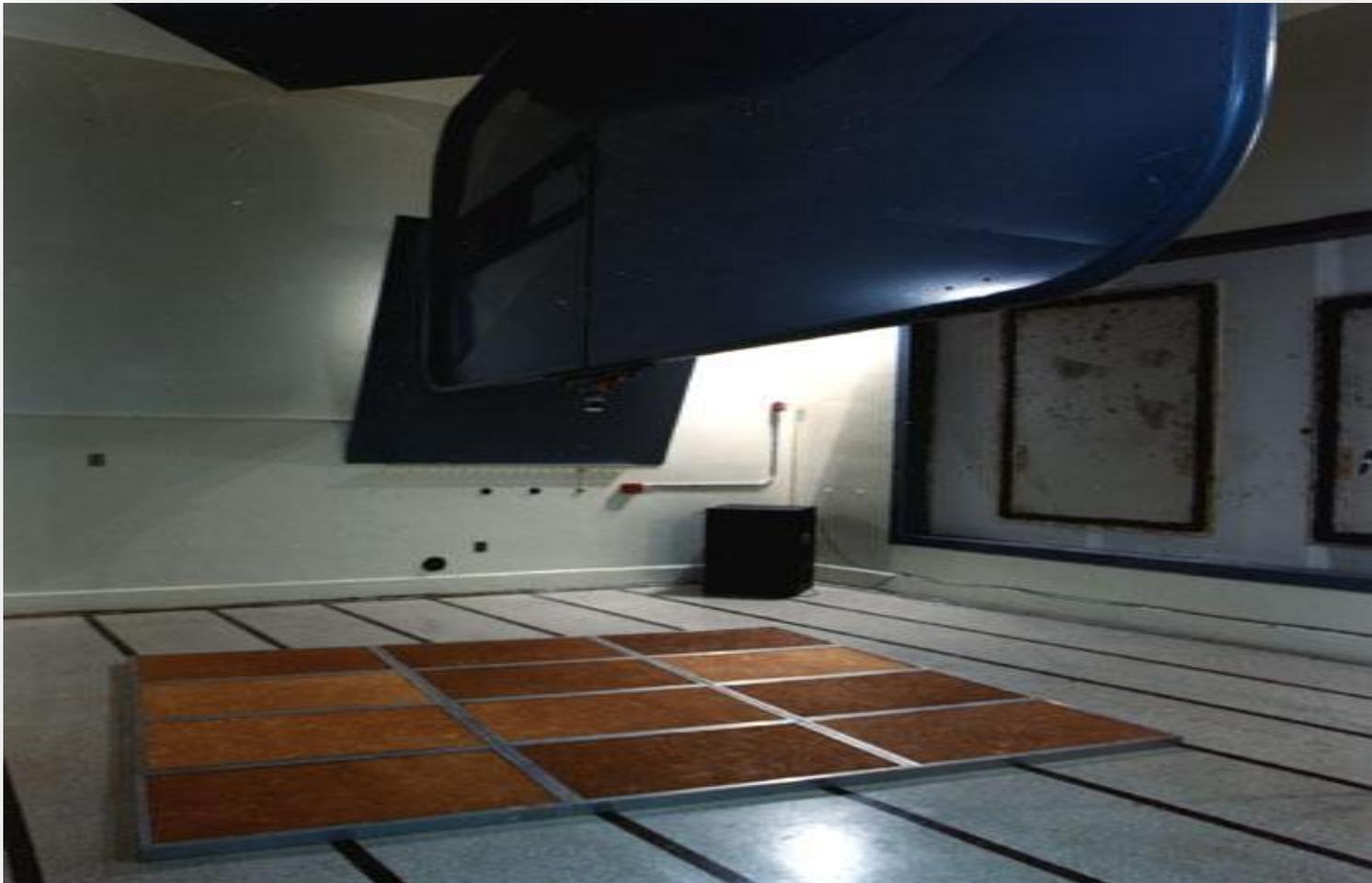


# SAC y NRC

- El SAC o Coeficiente de Absorción de Sonido son registrados en diferentes frecuencias: (125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz)
- El NRC (Coeficiente de Reducción de Sonido) es la media de los cuatro valores de SAC en las frecuencias de 250, 500, 1000 y 2000 Hz
- El NRC se expresa en un número único que corresponde a un porcentaje, en una escala de 0 a 1 que es una fracción de la energía de sonido absorbida por un material.
- Es posible recibir valores mas de 1.0 en las pruebas de ASTM C423 y ISO354 aunque no es posible tener un material con mas de 100% absorción.
- Es importante el NRC para calcular la reducción de nivel de ruido en un espacio, por medio de la absorción de sonido y la reducción de tiempo de reverberación o eco
- Esta es la manera de mejorar la calidad de sonido en un espacio

# Cámara de reverberación

- **ASTM C 423 o ISO 345**
  - Measurement of sound absorption in a reverberation room



# Valores NRC para varios materiales

- Se considera a un material como **ABSORBENTE** de sonido cuando su valor en NRC es mayor a 0,4

Material	NRC
Mármol	0,00
Hoja de yeso con cartoncillo	0.05
Vidrio	0.05
Piso de madera	0.10
Block de concreto sin terminado	0.25
OC Serie 705 de 50 mm con FSK	0.60
OC Serie 703 de 25 mm. con FSK	0.65
OC Serie 703 de 25 mm. simple	0.70
OC Serie 703 de 50 mm. con FSK	0.75
OC Serie 703 de 50 mm. simple	1.00

# Referencias

- Guías de diseño de calidad de sonido
- Las frecuencias más altas son diferencia de las más bajas

### Calculating Change in Sound Levels

Once the total sabins of absorption in a room are known, it is easy to calculate the change in sound pressure level (SPL) when one material is replaced with another.

Calculate the SPL change by using the following equation:

$$\Delta SPL = 10 \log SA/SB$$

Where SA=sabins of absorption after treatment.

Where SB=sabins of absorption before treatment.

Table 1 shows the subjective perception.

To determine the reduction in noise levels produced by adding sound absorbing material to a room, Example 2 can be used. The noise reduction in Line 5 can be further improved by adding more sound absorbing material to the room and again completing steps 2 thru 5. The practical upper limit for reduction of the noise levels is 10 to 12 dB. If estimates are in excess of this amount, they should be carefully analyzed.

### Example 2:

### Example 3:

Procedure for calculating reverberation time.

1. Calculate the volume of the room in cubic feet.	10800
2. Multiply Line 1 by .05.	540
3. Determine total sabins for room.	159
4. Divide Line 2 by Line 3 to obtain reverberation time in seconds.	3.40

### Example 4:

Procedure for determining the amount of sound absorbing material to be added to a room in order to achieve a desired reverberation time.

Calculate the volume of the room in cubic feet.	10800
Multiply Line 1 by .05.	540
Desired reverberation time in seconds.	.70
Line 2 by Line 3 to obtain # sabins required in room.	771
Determine sabins for untreated room.	159
Subtract Line 5 from Line 4 to get # of absorption to be added.	612

### Table 1:

Subjective perception and actual equivalent reduction in terms of changes in the dB level for various decibel reductions.

dB Change	Subjective Perception	Sound Change
0	Barely perceptible	50%
3	Perceptible and significant	69%
6	Resultant sound level is 1/2 less than the original sound	75%
9	Major reduction in sound level	87%
12	Resultant sound is 1/3 less than the original sound	90%

Table 2:  
Sound Absorption Coefficients of General Building Materials

Materials	Octave Band Center Frequencies, Hz.							NRC
	125	250	500	1000	2000	4000		
<b>Brick</b>								
Un glazed	.03	.03	.03	.04	.05	.07	.05	
Un glazed, painted	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.00	
<b>Carpet</b>								
1/8" Pile height	.05	.05	.10	.20	.30	.40	.15	
1/4" Pile height	.05	.10	.15	.30	.50	.55	.25	
3/8" Combined pile and foam	.05	.10	.10	.30	.40	.50	.25	
3/8" Combined pile and foam	.05	.15	.30	.40	.50	.60	.35	
<b>Ceilings</b>								
1/2" Mineral Board Ceiling	.31	.29	.51	.70	.71	.71	.55	
1/2" Form Faced Fiberglass Ceiling	.86	.78	.60	.80	.88	.80	.75	
1 1/2" Glass Cloth Faced Fiberglass Ceiling	.80	.96	.88	1.04	1.05	1.06	1.00	
<b>Concrete Block</b>								
Unpainted	.36	.44	.31	.29	.29	.25	.36	
Painted	.10	.05	.06	.07	.09	.08	.05	
<b>Fabrics</b>								
Light velour, 10 oz. per sq. yd., hung straight in contact with wall	.03	.04	.11	.17	.24	.35	.15	
Medium velour, 14 oz. per sq. yd., draped to half area	.07	.31	.49	.75	.70	.60	.55	
Heavy velour, 18 oz. per sq. yd., draped to half area	.14	.35	.55	.72	.70	.65	.60	
<b>Floors</b>								
Concrete or terrazzo	.01	.01	.01	.02	.02	.02	.00	
Linoleum, asphalt, rubber or cork tile on concrete	.02	.03	.03	.03	.03	.02	.05	
Wood	.15	.11	.10	.07	.06	.07	.10	
Wood parquet in asphalt on concrete	.04	.04	.07	.06	.06	.07	.05	
<b>Glass</b>								
1/2" sealed, large panes	.05	.03	.02	.02	.03	.02	.05	
24 oz. operable window (in closed position)	.10	.05	.04	.03	.03	.03	.05	
<b>Gypsum Board</b>								
1/2" nailed to 2x4 studs, 16" o.c., painted	.10	.08	.05	.03	.03	.03	.05	
<b>Marble or Glazed Tile</b>								
	.01	.01	.01	.01	.02	.02	.00	
<b>Plaster, Gypsum or Lime</b>								
Rough finish on lath	.02	.03	.04	.05	.04	.03	.05	
Smooth finish on lath	.02	.02	.03	.04	.04	.03	.05	
<b>Hardwood Plywood Paneling</b>								

Table 2:  
Sound Absorption Coefficients of General Building Materials

Materials	Octave Band Center Frequencies, Hz.							NRC
	125	250	500	1000	2000	4000		
<b>Brick</b>								
Un glazed	.03	.03	.03	.04	.05	.07	.05	
Un glazed, painted	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.00	
<b>Carpet</b>								
1/8" Pile height	.05	.05	.10	.20	.30	.40	.15	
1/4" Pile height	.05	.10	.15	.30	.50	.55	.25	
3/8" Combined pile and foam	.05	.10	.10	.30	.40	.50	.25	
3/8" Combined pile and foam	.05	.15	.30	.40	.50	.60	.35	

# Cámara anecoide

- **Casi no hay sonido en ellas. Se usan para calibrar equipos**



# Calidad de sonido

- **Cálculo de reducción de ruido ASPL**

$$ASPL=10 \log \left( \frac{SA_{final}}{SA_{original}} \right)$$

- **Donde:**

- $SA_f$ = Sabins después de tratamiento
- $SA_o$ = Sabins inicial

- **Cálculo de Sabins**

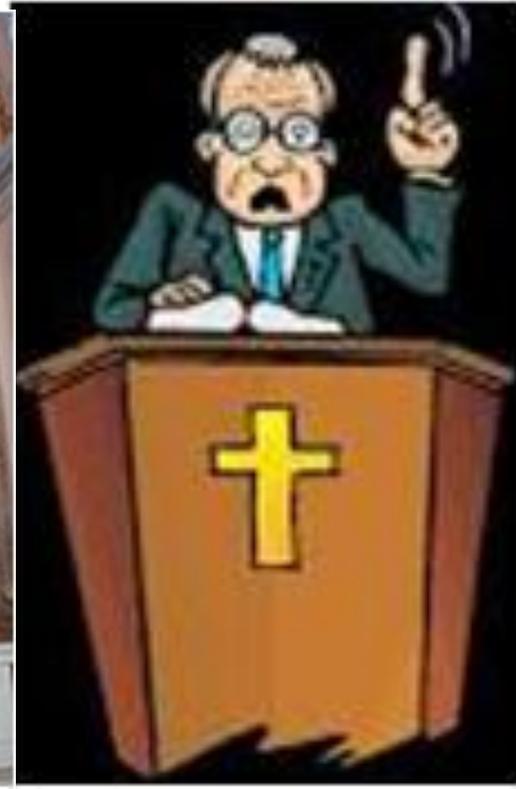
- Multiplicar los coeficientes de absorción de sonido de los diferentes materiales del espacio por el área de cobertura de cada uno
- Los coeficientes deberán considerarse en la misma frecuencia

## Tiempo de reverberación-Alto

Cuando el tiempo de reverberación es demasiado alto deja de ser deseable porque las palabras y sonidos se pierden con las reverberaciones y pierden nitidez.

Ejemplo.....

En una iglesia construida de piedra y sin tratamiento acústico....es mas difícil comprender al pastor.



# Calidad de sonido-Tiempo de reverberación

## Tiempo de reverberación-Bajo

**El tiempo de reverberación demasiado bajo también puede ser indeseable**

- La reflexión inicial puede ayudar a reforzar la claridad del sonido
- Las reflexiones medias pueden ayudar a reforzar la sensación de espacio: equilibrio.

Ejemplo....

En una sinfónica, es importante que el Tiempo de reverberación es mas alto para que la música se pueda mezclar bien mejorando la calidad.



# Calidad de sonido-Tiempo de Reverberación

- **El tiempo óptimo del  $RT_{60}$  dependiendo de:**
  - Tamaño del espacio o local: para espacios pequeños el tiempo de reverberación deberá ser menor
- **Valores de Tiempo de Reverberación ( $RT_{60}$ ):**

Uso o requerimiento	$RT_{60}$
Gimnasio	1.2 a 1.6
Música sinfónica	1.1 a 1.5+
Restaurante	0.8 a 1.2
Área pública	0.5 a 1.0
Sala de juntas	0.6 a 0.8
Aula	0.4 a 0.6
Estudio de grabación	0.0 a 0.3



# Calidad de sonido

- Para la mayoría de los casos, el tiempo de reverberación de en un sitio se determina de acuerdo al uso, para evitar una reverberación de exceso o eco que pueda disminuir la claridad de una voz, e incrementar el ruido indeseable
- Se puede usar la siguiente ecuación para determinar el tiempo de reverberación que existe en un sitio y analizar la manera de disminuirlo.

$$RT_{60} = \left( \frac{0.16 \times V}{SA} \right)$$

- **Donde:**
  - $RT_{60}$ : tiempo de reverberación en segundos
  - $V$ : volumen del sitio en  $m^3$
  - $SA$ : Sabins del sitio en  $m^2$

# Calidad de sonido

## *Ejemplo 1*

### *Sala de Reuniones*

*Tiempo de reverberación*

*y*

*Disminución de sonido*

# Ejemplo: sala de reuniones

## Información de la sala

- **Dimensiones:**
  - 5m x 8m x 3m de alto
- **Elementos**
  - Una puerta de 0.80 x 1.20 m.
  - Una ventana de 1.10 x 1.10 m.
- **Volumen**
  - 120 m<sup>3</sup>

# Ejemplo: Sala de reuniones

## Análisis del sitio sin tratamiento

Concepto	Material	Área (m <sup>2</sup> )	NRC	Sabins
Muro 1	Yeso pintado	13.32	0.05	0.67
	Puerta de madera	1.68	0.10	0.17
Muro 2	Block pintado	24.00	0.05	1.20
Muro 3	Block pintado	13.79	0.05	0.69
	Ventana	1.21	0.10	0.12
Muro 4	Block pintado	24.00	0.05	1.20
Piso	Azulejo-cerámica	40.00	0.00	0.00
Techo	Aplanado de yeso y pintura	40.00	0.05	2.00
		<b>Suma</b>		<b>6.04</b>

# Ejemplo: sala de reuniones

- **Cálculo de tiempo de reverberación existente**

$$RT_{60} = \frac{0.16 \text{ s/m} \times V}{SA} = \frac{0.16 \text{ s/m} \times 120 \text{ m}^3}{6.04 \text{ m}^2}$$

$$RT_{60} = 3.2 \text{ segundos}$$

- **Especificación de tiempo  $RT_{60}$  para salas de reuniones:**  
 **$0.4 > RT_{60} < 0.6$**
- **El tiempo de reverberación calculado es más alto que el permitido por especificación para salas de juntas**

***La calidad de sonido sin tratamiento es mala con problemas de eco: bajo confort***

# Ejemplo: sala de reuniones

## Análisis del sitio con tratamiento A

➤ Incluir cortina en ventana y tapete en piso

Concepto	Material	Área (m <sup>2</sup> )	NRC	Sabins
Muro 1	Yeso pintado	13.32	0.05	0.67
	Puerta de madera	1.68	0.10	0.17
Muro 2	Block pintado	24.00	0.05	1.20
Muro 3	Block pintado	13.79	0.05	0.69
	Ventana	1.21	0.10	0.12
	Cortinas	1.00	0.55	0.55
Muro 4	Block pintado	24.00	0.05	1.20
Piso	Alfombra	40.00	0.30	12.00
Techo	Aplanado de yeso y pintura	40.00	0.05	2.00
		<b>Suma</b>		<b>18.51</b>

# Ejemplo: sala de reuniones

- **Cálculo de tiempo de reverberación existente**

$$RT_{60} = \frac{0.16 \text{ s/m} \times V}{SA} = \frac{0.16 \text{ s/m} \times 120 \text{ m}^3}{18.51 \text{ m}^2}$$

$$RT_{60} = 1 \text{ segundo}$$

Especificación de tiempo  $RT_{60}$  para salas de reuniones:  $0.4 > RT_{60} < 0.6$

- **Disminución de sonido indeseable**

$$10 \text{Log} \frac{SA_f}{SA_i} = \frac{18.51}{6.04}$$

Disminución de ruido en 4.86 Db



- **El tiempo de reverberación mejoró para un espacio con este uso y también la tratamiento ayudó bajar el nivel de ruido.**

***La mejora será perceptible, aunque seguirán los problemas por eco***

# Ejemplo: sala de reuniones

## Análisis del sitio con tratamiento B

– Incluir cortina en ventana, tapete en piso, OC Serie 703 en muro 4

Concepto	Material	Área (m <sup>2</sup> )	NRC	Sabins
Muro 1	Yeso pintado	13.32	0.05	0.67
	Puerta de madera	1.68	0.10	0.17
Muro 2	Block pintado	24.00	0.05	1.20
Muro 3	Block pintado	13.79	0.05	0.69
	Ventana	1.21	0.10	0.12
	Cortinas	1.00	0.55	0.55
Muro 4	Block pintado + OC S 703	24.00	1.00	1.20
Piso	Alfombra	40.00	0.30	12.00
Techo	Aplanado de yeso y pintura	40.00	0.05	2.00
		<b>Suma</b>		<b>41.31</b>

# Ejemplo: sala de reuniones

- **Cálculo de tiempo de reverberación existente**

$$RT_{60} = \frac{0.16 \text{ s/m} \times V}{SA} = \frac{0.16 \text{ s/m} \times 120 \text{ m}^3}{41.31 \text{ m}^2}$$

$$RT_{60} = 0.5 \text{ segundo} \quad \text{😊}$$

- **Disminución de sonido indeseable**

$$10 \text{Log} \frac{SA_f}{SA_i} = \frac{41.31}{6.04}$$

Disminución de ruido en 8.35 Db 😊

***El tiempo de reverberación entra en especificación y la calidad de sonido será excelente sin problemas de eco***

**NOTA IMPORTANTE:** Para el ejemplo no se consideraron ocupantes, muebles, equipos, etc. que también pueden variar el tiempo de reverberación.

# Calidad de sonido

## *Ejemplo 2*

### *Usuario*

***Disminución de sonido/ruido  
antes y después de tratamiento acústico***

# Ejemplo 2: Usuario

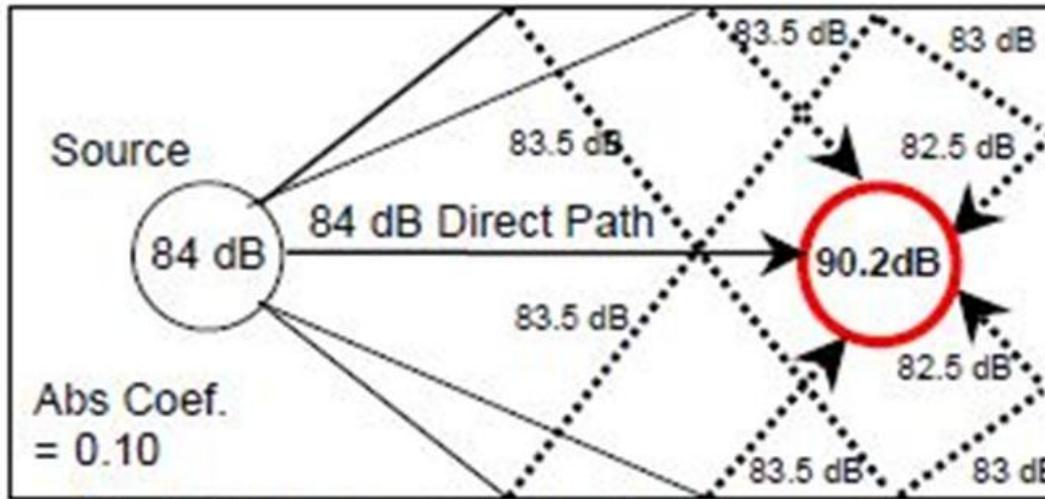


Fig. 1 Hard, untreated wall reflections cause the employee (listener) noise level to rise above 90 dB.

Reducción de sonido por absorción

$$= 10 \log \left\{ \frac{1}{(1 - ABS)} \right\}$$

$$= 10 \log \left\{ \frac{1}{(1 - 0.10)} \right\}$$

$$= 0,5 \text{ db}$$

Entonces...

$$S1 = 84,0 \text{ dB}$$

$$S2 = 84,0 - 0,5 = 83,5 \text{ dB}$$

$$S3 = 83,5 - 0,5 = 83,0 \text{ dB}$$

$$S4 = 83,0 - 0,5 = 82,5 \text{ dB}$$

Etc. Etc..Etc..

$$\text{dB Usuario} = 10 \cdot \text{LOG} (10^{(S1/10)} + 10^{(S2/10)} + 10^{(S3/10)} + 10^{(S4/10)} + 10^{(S5/10)})$$

Donde S1=84,0 dB, S2=83,5 dB, S3=83,5 dB, S4=82,5 dB, e S5=82,5 dB

**dB Usuario = 90,2 dB** **Sonido percibido por el usuario: 90.2 dB**

Se usamos un tratamiento acústico na superficie e o valor de NRC (abs Coef) = 0,95

**dB Usuario = 84,4 dB...** **Sonido percibido por el usuario: 84.4 dB**

**Diferencia de 5.8 dB**

# Referencias

- **Guía de control de sonido  
Owens Corning**



# Productos Owens Corning

- **AISLHOGAR® / Batts in Bags**



- **Serie 700**



## Black Acoustic Board





INNOVATIONS FOR LIVING®



# Gracias

**Ing. Bill Tolliver**

**Gerente de Suporte Técnico América do Sul**

**Cel. +55 19 9649 1517**

**Email: [Bill.Tolliver.iii@owenscorning.com](mailto:Bill.Tolliver.iii@owenscorning.com)**

