



# “Introducción a la Acústica”

## “Sonido y Ruido”

**Ing. Juan Bertrán**

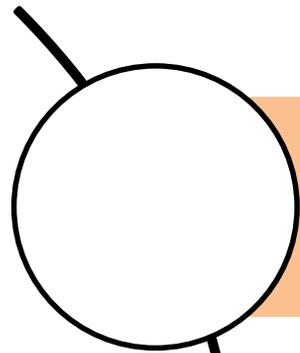
*Ingeniero en Electrónica  
Especialista en Audio y Sonido*

**Mg. Ing. Adriano Sabez**

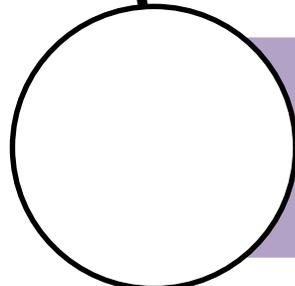
*Ingeniero en Acústica  
Mg. en Acústica Arquitectónica y Medioambiental*



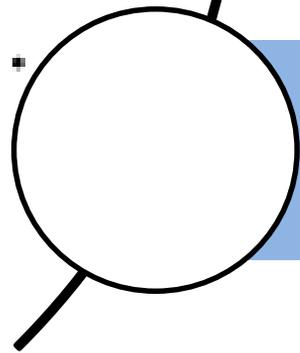
**Acústica**



Aislación



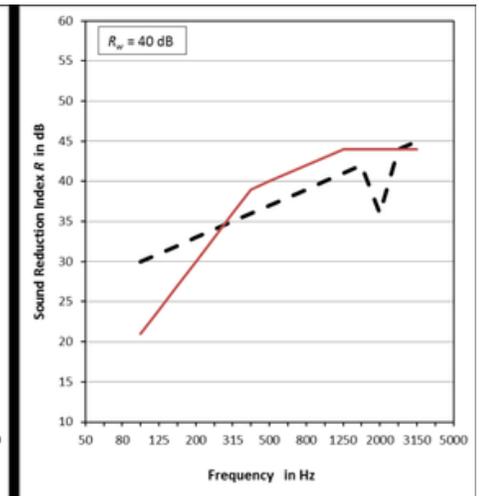
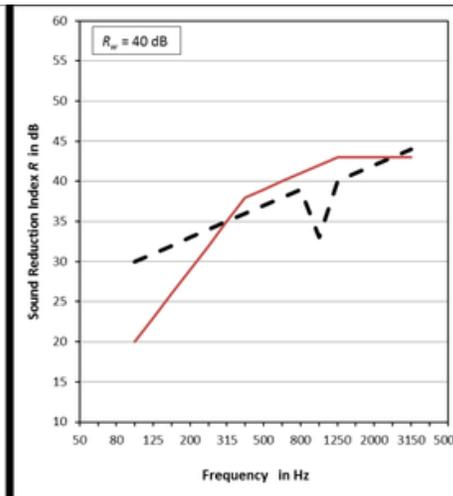
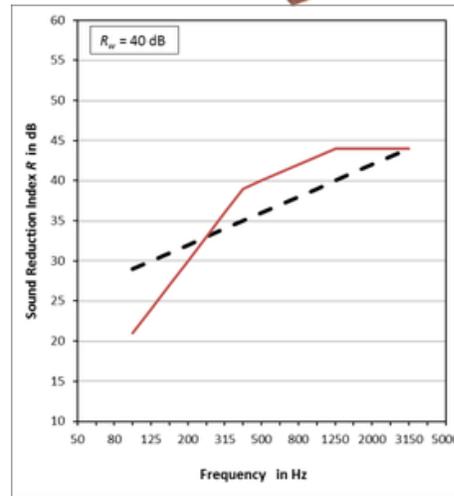
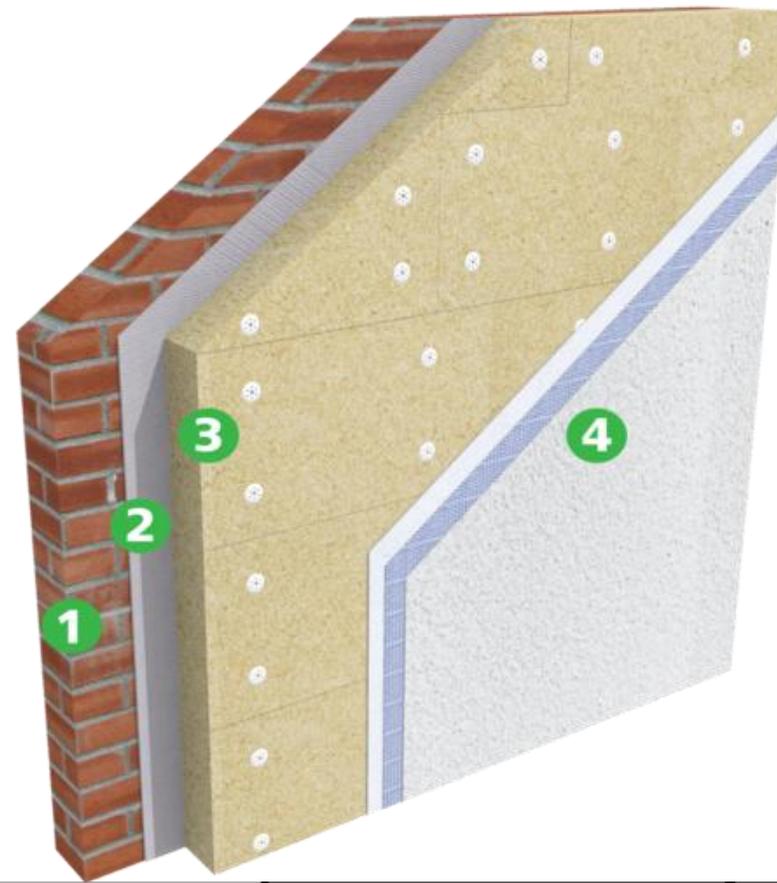
Sistemas de Sonido



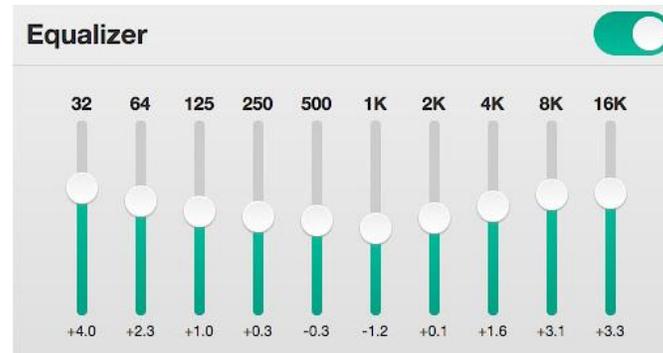
Acondicionamiento

# Aislación acústica

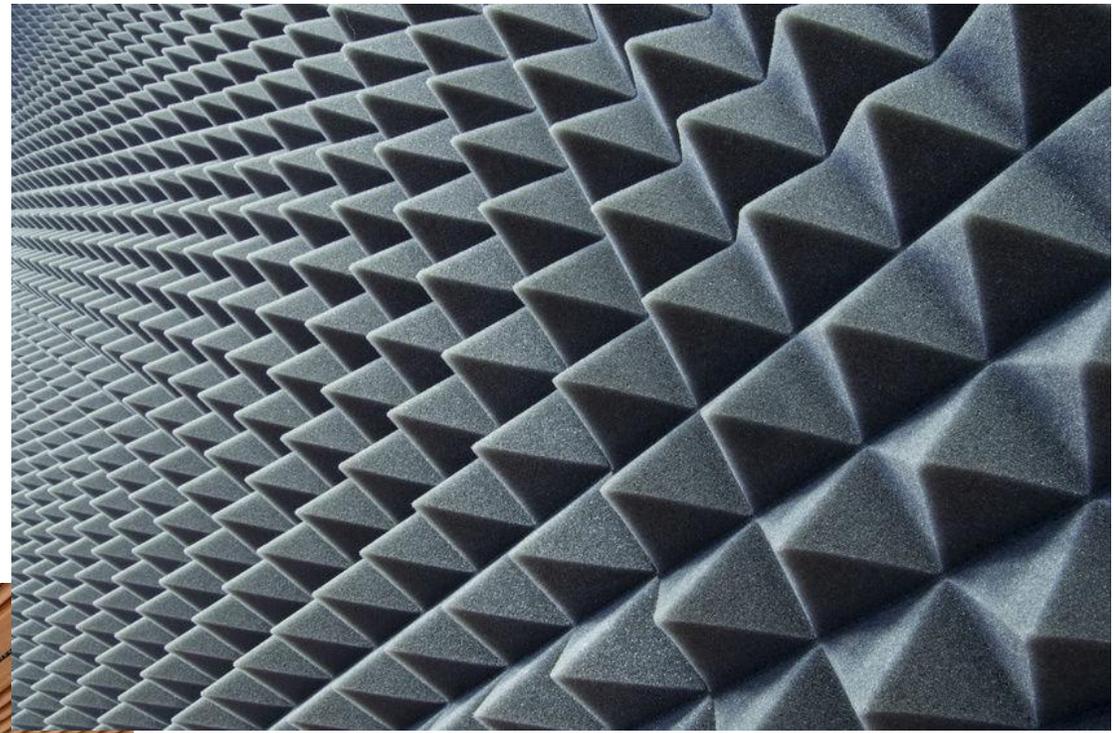
| Frequency | Measurement result | ISO 717-1 reference curve | Unwanted deviation |
|-----------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| f (Hz)    | R (dB)             | (dB)                      | (dB)               |
| 50        | 22.0               |                           |                    |
| 63        | 19.2               |                           |                    |
| 80        | 22.1               |                           |                    |
| 100       | 26.6               | 31                        | 4.4                |
| 125       | 29.1               | 34                        | 4.9                |
| 160       | 32.5               | 37                        | 4.5                |
| 200       | 35.4               | 40                        | 4.6                |
| 250       | 39.6               | 43                        | 3.4                |
| 315       | 42.2               | 46                        | 3.8                |
| 400       | 45.5               | 49                        | 3.5                |
| 500       | 47.0               | <b>50</b>                 | 3.0                |
| 630       | 52.4               | 51                        | 0.0                |
| 800       | 54.2               | 52                        | 0.0                |
| 1000      | 56.8               | 53                        | 0.0                |
| 1250      | 61.7               | 54                        | 0.0                |
| 1600      | 62.0               | 54                        | 0.0                |
| 2000      | 57.9               | 54                        | 0.0                |
| 2500      | 61.7               | 54                        | 0.0                |
| 3150      | 62.6               | 54                        | 0.0                |
| 4000      | 64.0               |                           |                    |
| 5000      | 62.6               | sum                       | 32.0               |



# Sistemas de Sonido



# Acondicionamiento Acústico



AS



ICAS

MÚSICA



ACTUAL

# ¿Cómo medimos el nivel sonoro?

$$\text{Rango Dinámico} = \frac{\text{Valor Máximo}}{\text{Valor Mínimo}}$$

Presión

$$\frac{\text{Valor Máximo}}{\text{Valor Mínimo}} = \frac{20\text{Pa}}{20\mu\text{Pa}} = 1.000.000 \text{ Veces}$$



La presión sonora del recital es **8,933Pa** y la municipalidad me pide que baje a **6,324Pa**



Potencia

$$\frac{\text{Valor Máximo}}{\text{Valor Mínimo}} = \frac{1\text{W/m}^2}{10\text{pW/m}^2} = 1.000.000.000.000 \text{ Veces}$$

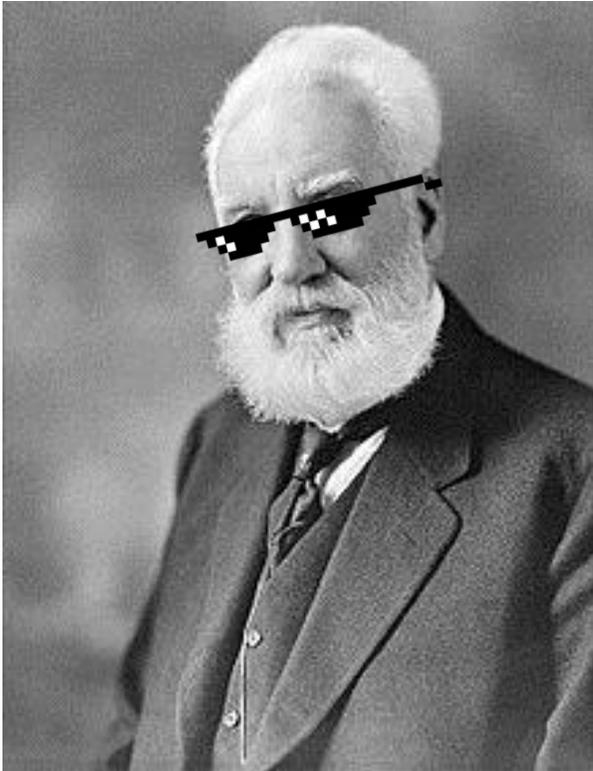


Este stereo tiene **0.0063095 W/m<sup>2</sup>** y molesta al vecino. El muro debería atenuarlo a **0.0031547 W/m<sup>2</sup>**

# El Decibel

“unidad de medición del nivel sonoro”

Alexander Graham Bell



$$B = \log \frac{X}{X_0}$$

Magnitud que queremos medir  
“Actual”

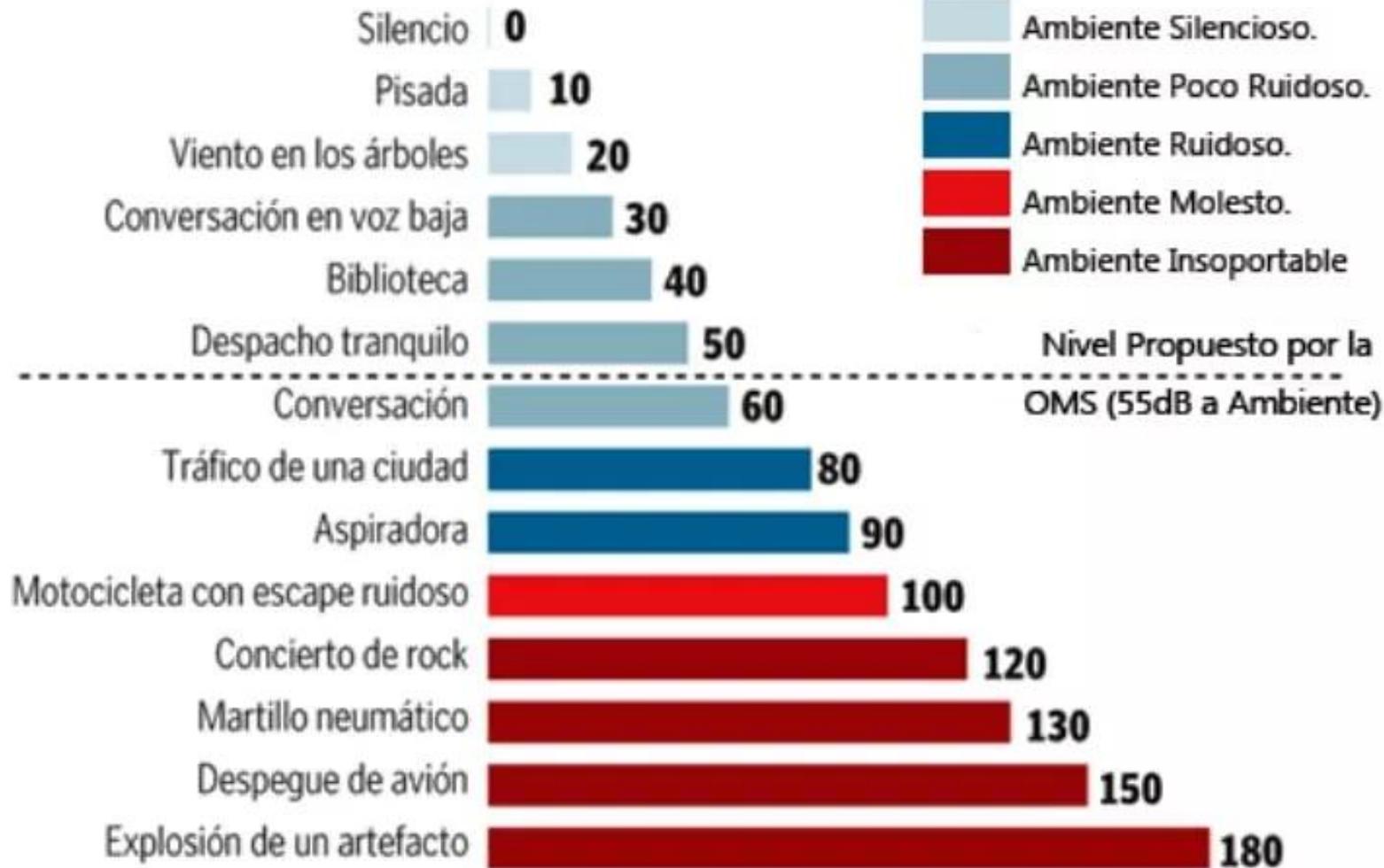
Magnitud conocida  
(de Referencia)

$$dB = 10 \log \frac{X}{X_0}$$

# Niveles conocidos en decibeles

En decibelios (dBs)

Tipo de Ambientes



$0,000000316 W/m^2$

$0,01124 Pa$

# ¿Por que usamos dB?

La escala está comprimida y se aproxima a la respuesta del oído



$$\begin{array}{|c|} \hline 60 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 60 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline 63 \\ \hline \end{array}$$

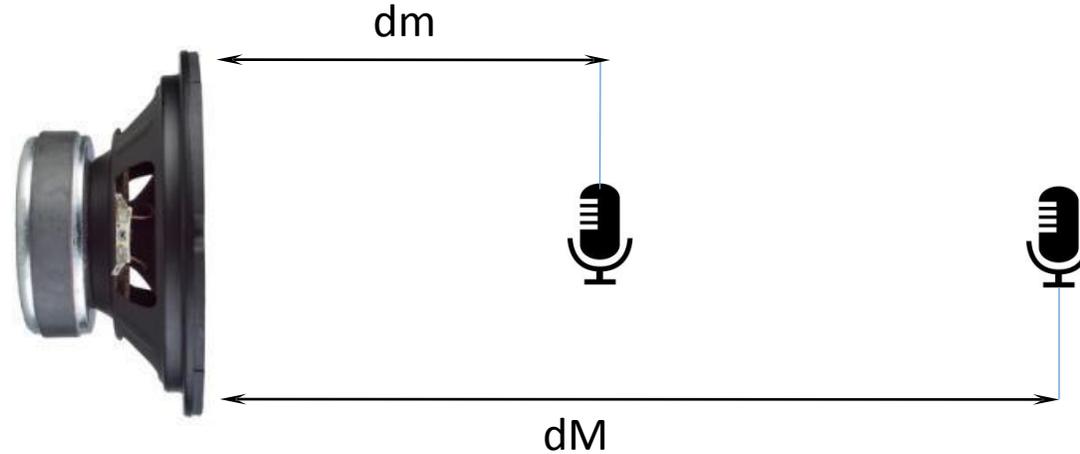
$$\begin{array}{|c|} \hline 70 \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline 60 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline 70 \\ \hline \end{array}$$

Las operaciones son simples

# Niveles conocidos en decibeles



# Propagación en Espacio Libre



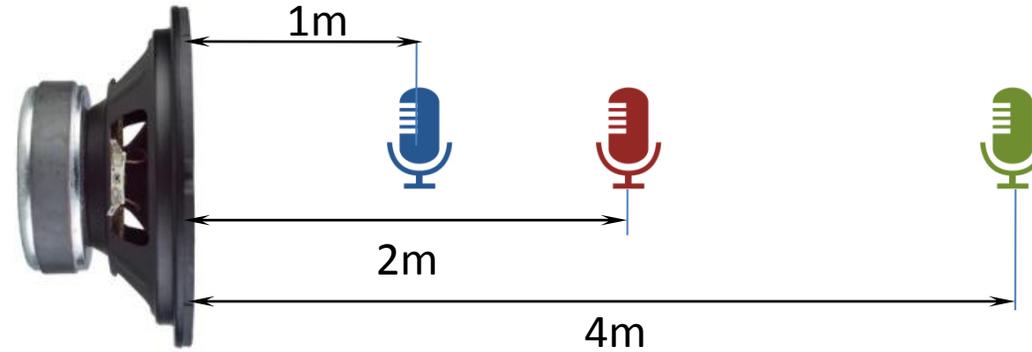
$$\Delta L_{[dB]} = 10 \log \frac{I_{dM}}{I_{dm}} = 10 \log \frac{\cancel{4\pi} \cdot \frac{W}{dM^2}}{\frac{W}{\cancel{4\pi} \cdot dm^2}} = 10 \log \frac{1}{\frac{1}{dm^2}} = 10 \log \frac{dm^2}{dM^2} = 20 \log \frac{dm}{dM}$$

$$\Delta L_{[dB]} = 20 \log \frac{dm}{dM}$$

Formula fundamental para calcular  
la caída del nivel sonoro en el espacio libre

## Caída del nivel sonoro con la distancia

$$\Delta L_{[dB]} = 20 \log \frac{dm}{dM}$$

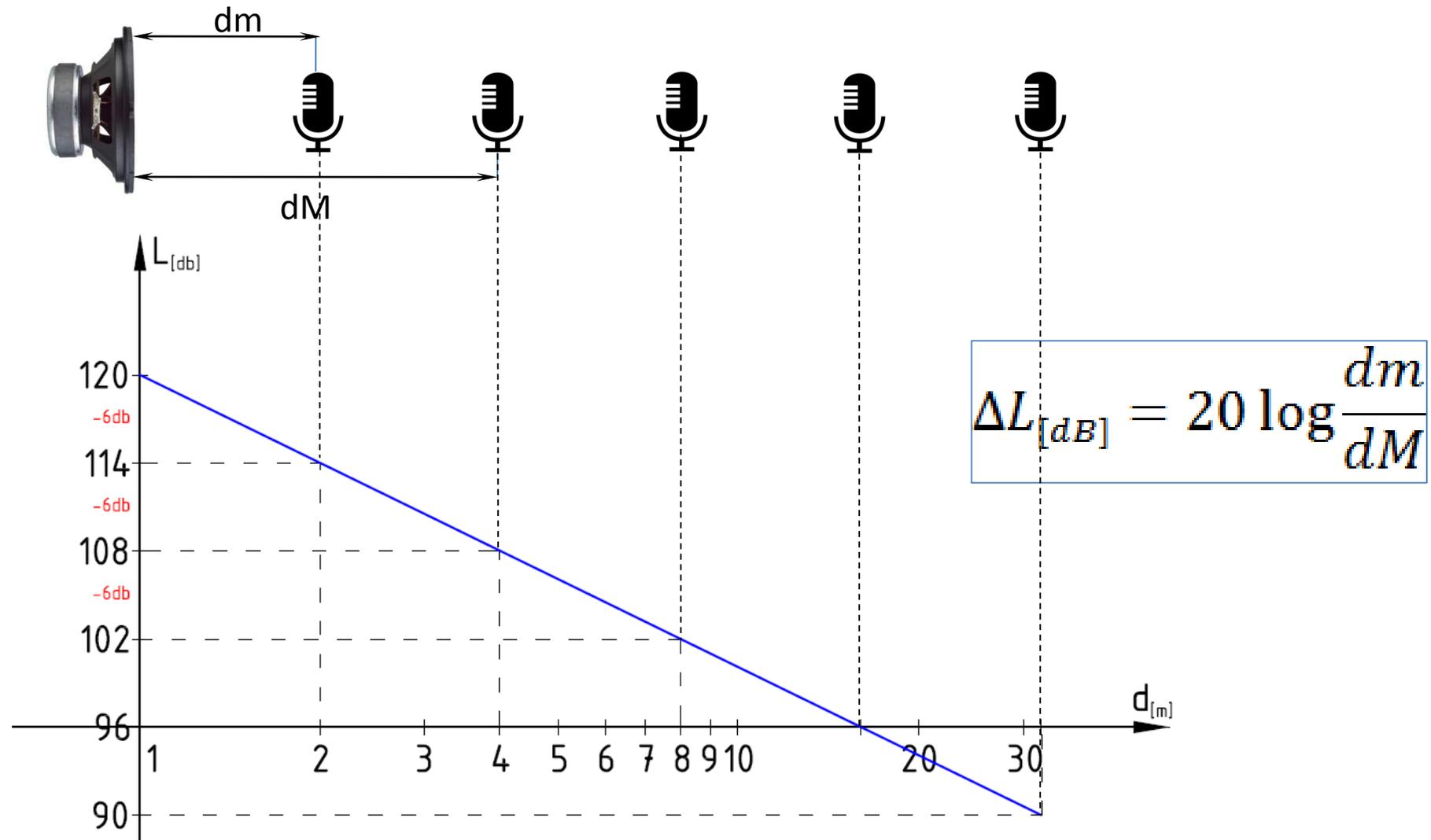


$$\Delta L_{[dB]} = 20 \log \frac{1m}{2m} = 20 \log 0.5 = 20 (-0.30103) = -6dB$$

$$\Delta L_{[dB]} = 20 \log \frac{2m}{4m} = 20 \log 0.5 = 20 (-0.30103) = -6dB$$

$$\Delta L_{[dB]} = 20 \log \frac{1m}{4m} = 20 \log 0.25 = 20 (-0.6020) = -12dB$$

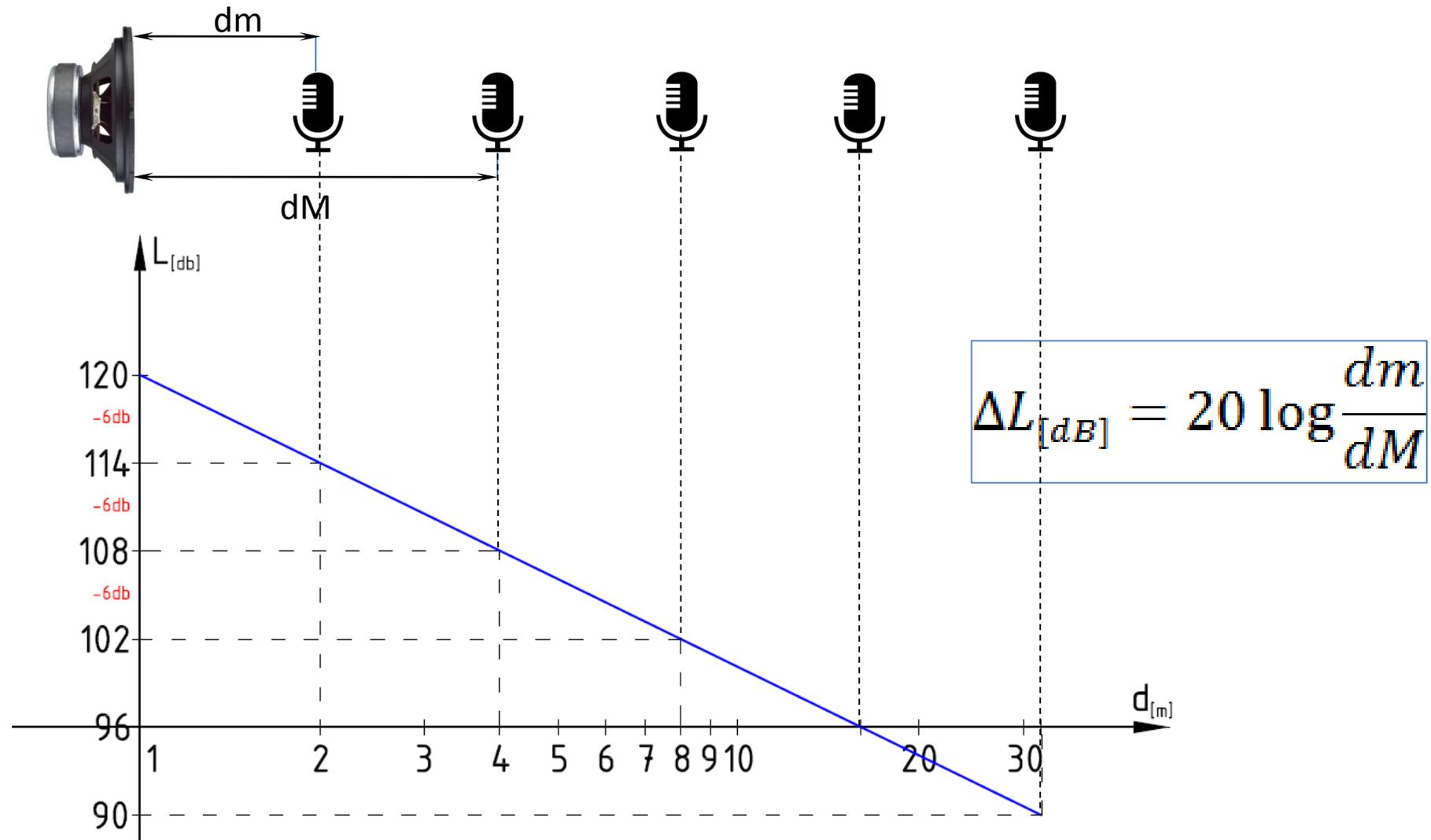
# Curva de la Caída del nivel con la distancia



Si se duplica la distancia, la caída del nivel sonoro es de -6db



# Curva de la Caída del nivel con la distancia

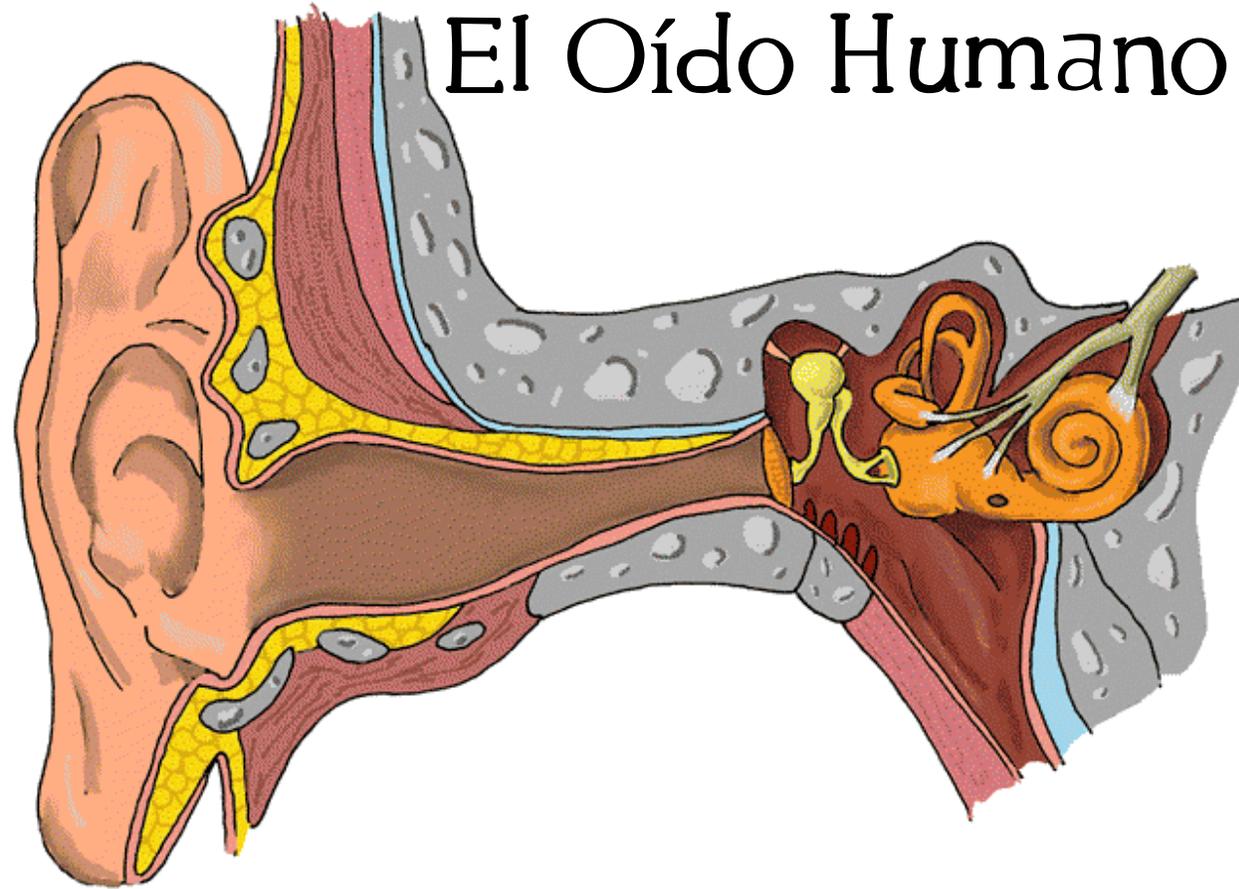


Si se duplica la distancia, la caída del nivel sonoro es de -6db

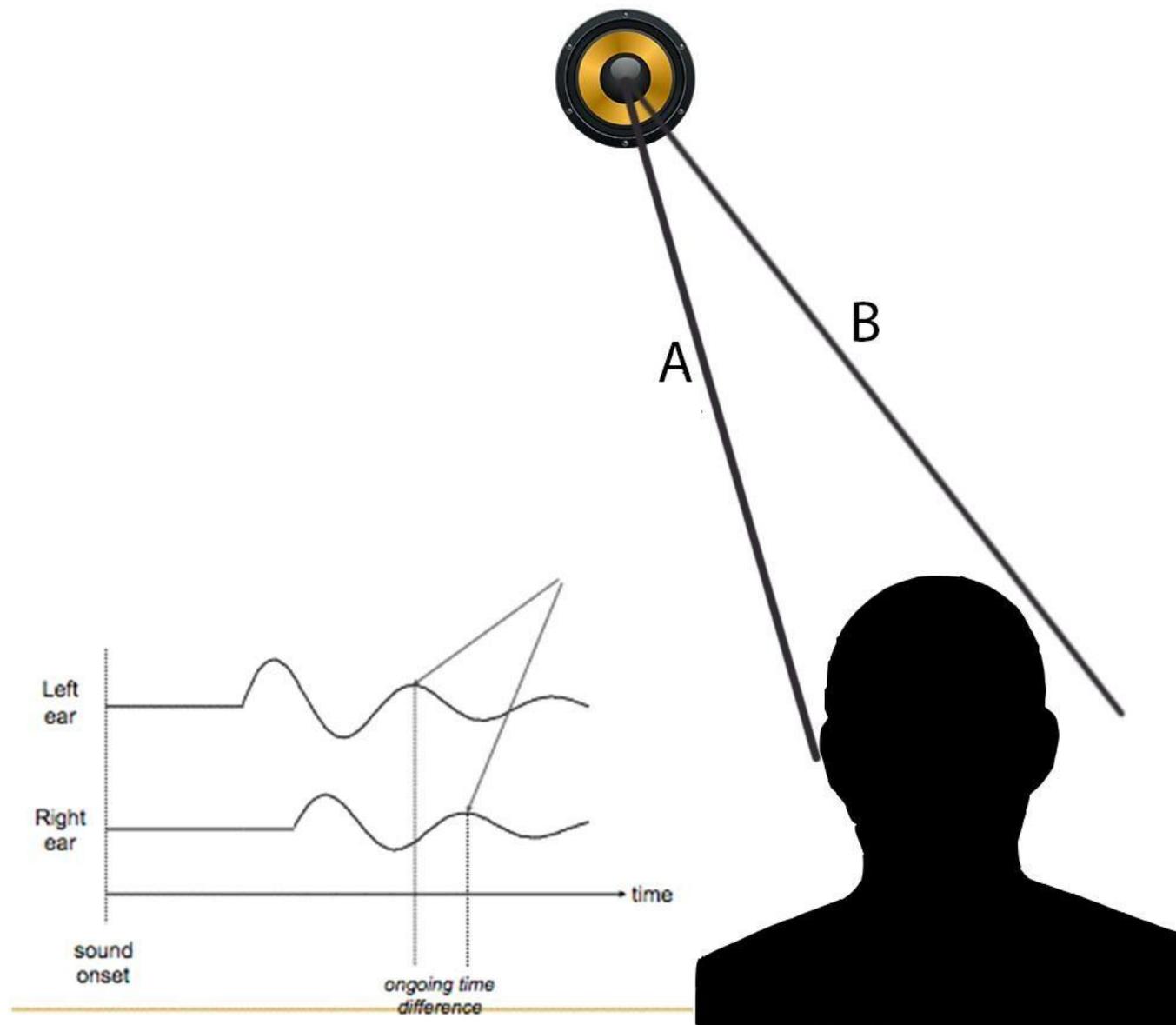
# Propagación en Espacio cerrado

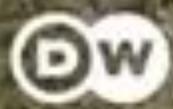


# El Oído Humano

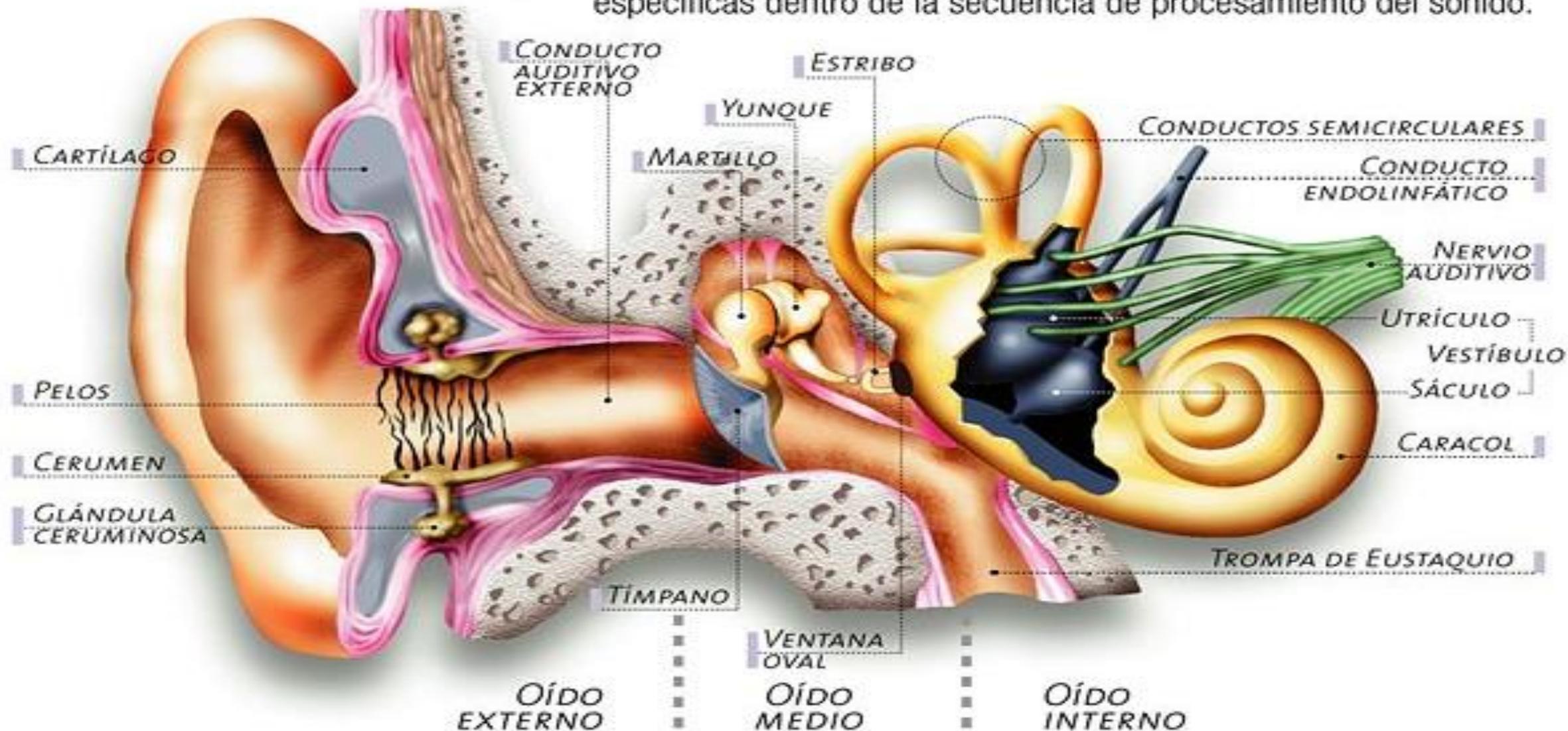


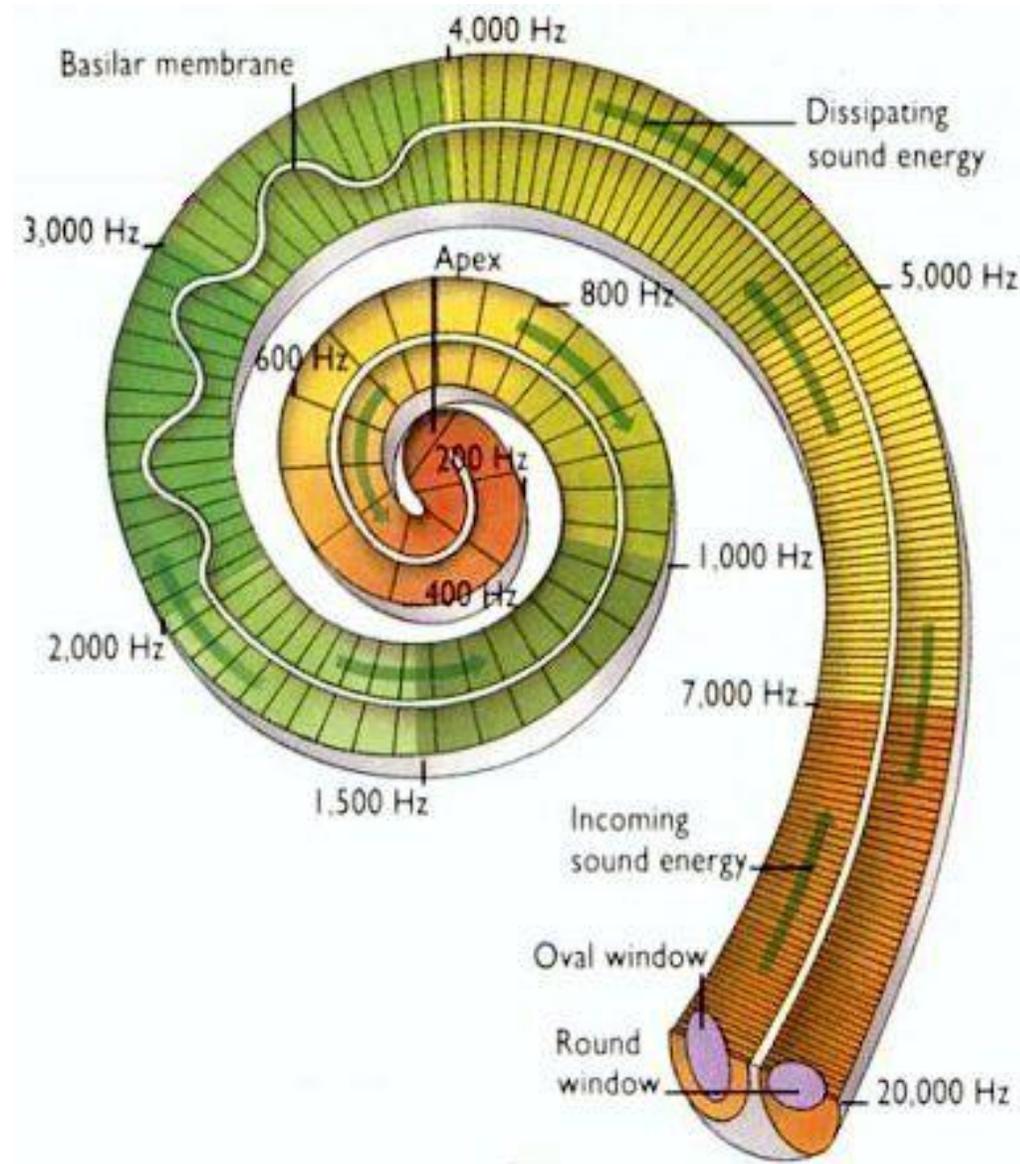
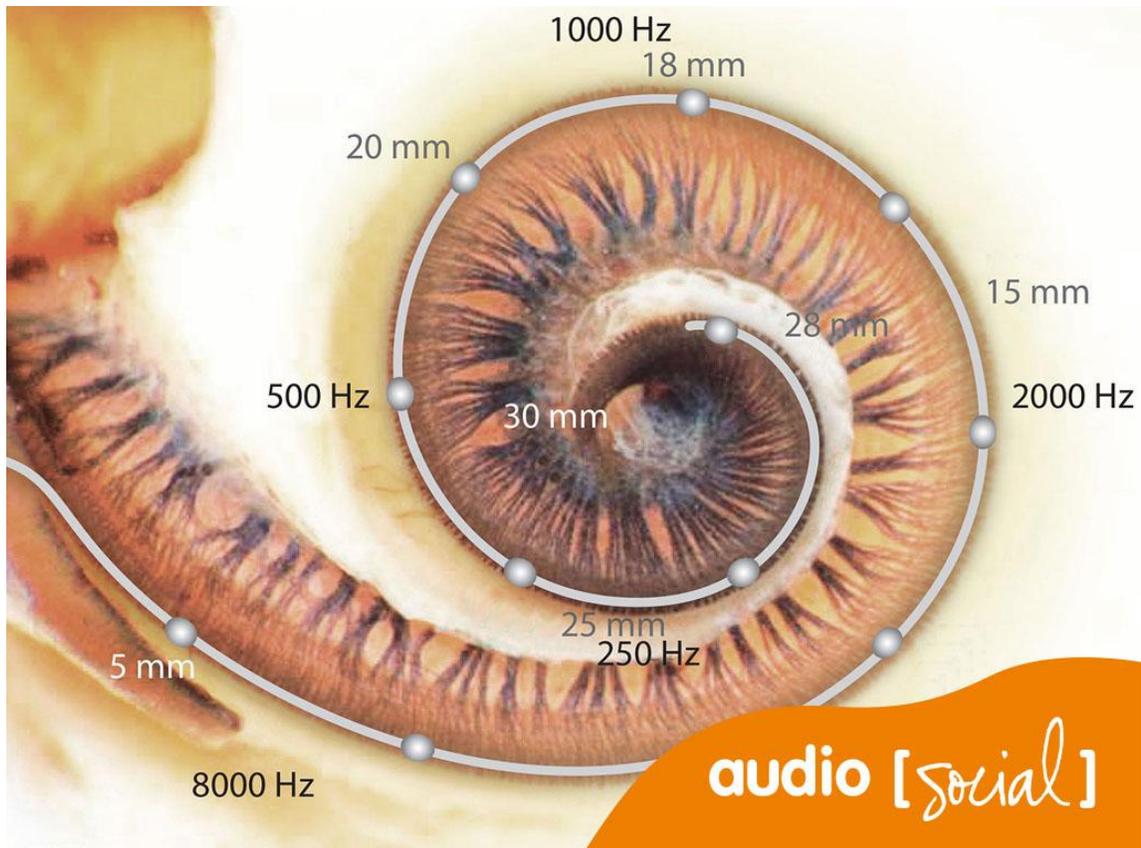
# Percepción Espacial



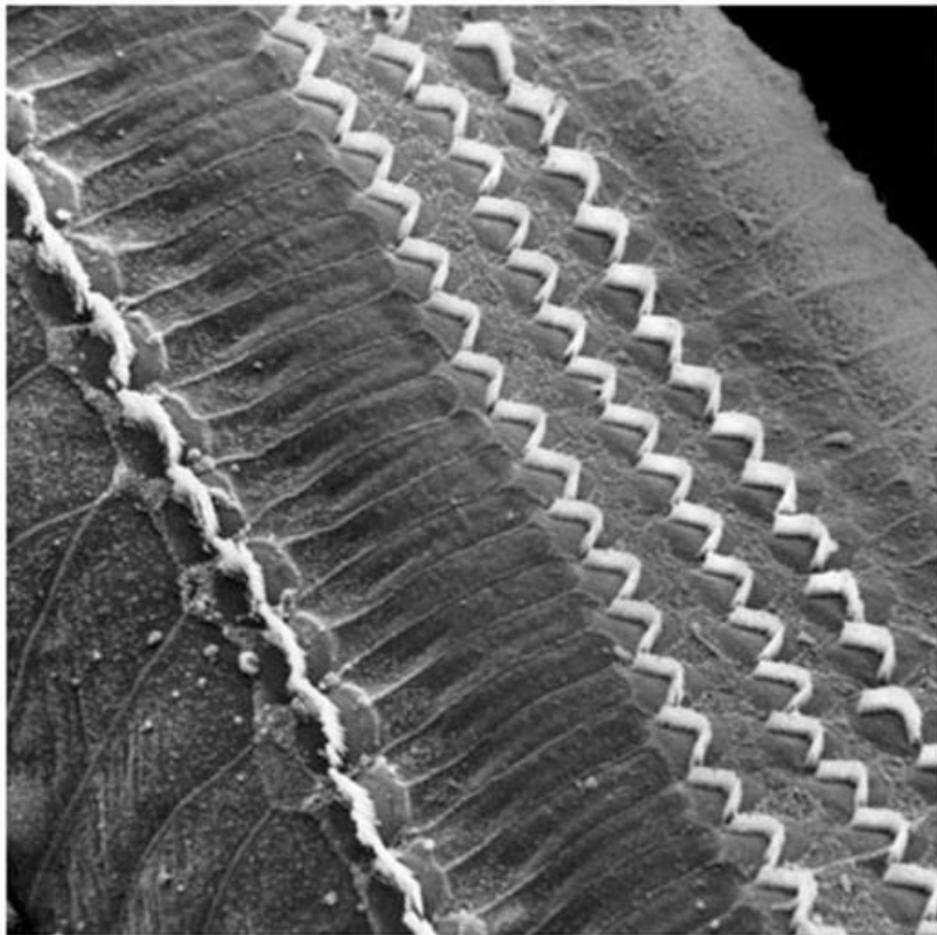


Una de las funciones principales del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulen las células nerviosas, para ello el oído tiene tres partes claramente identificadas. Estas secciones están interconectadas y son el oído externo, el medio y el interno. Cada parte tiene funciones específicas dentro de la secuencia de procesamiento del sonido.

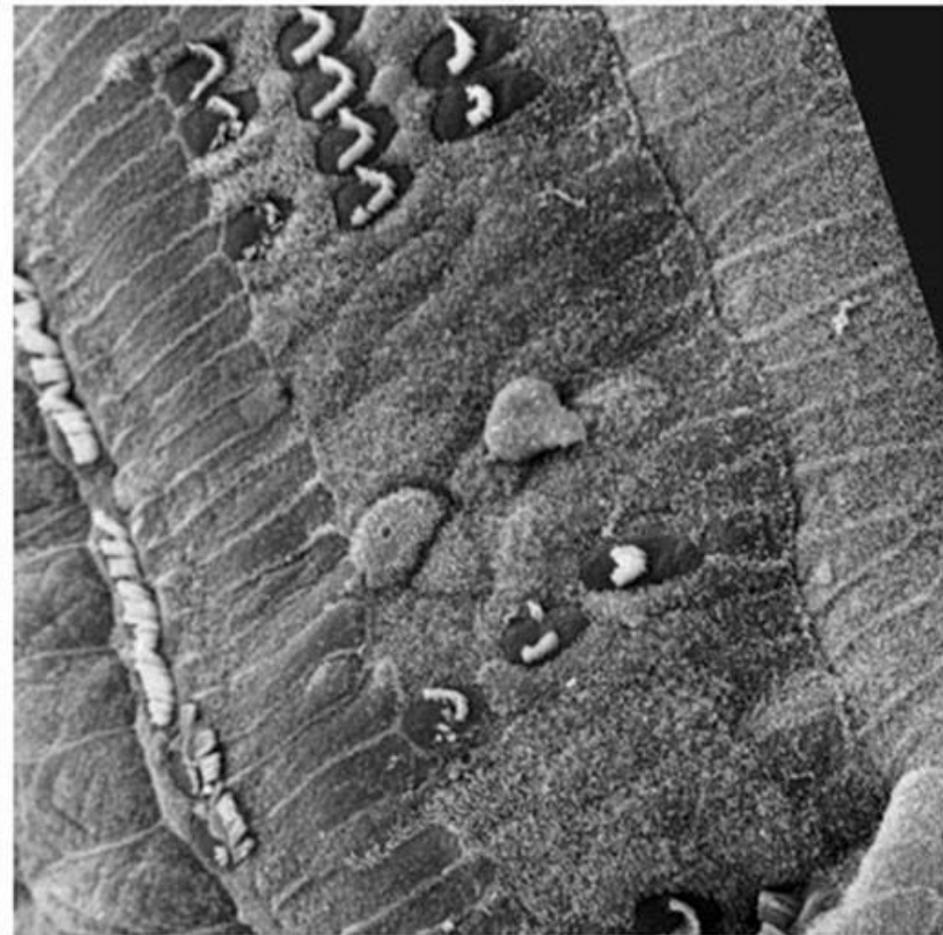




Líquido interior del Oído: Endolinfa

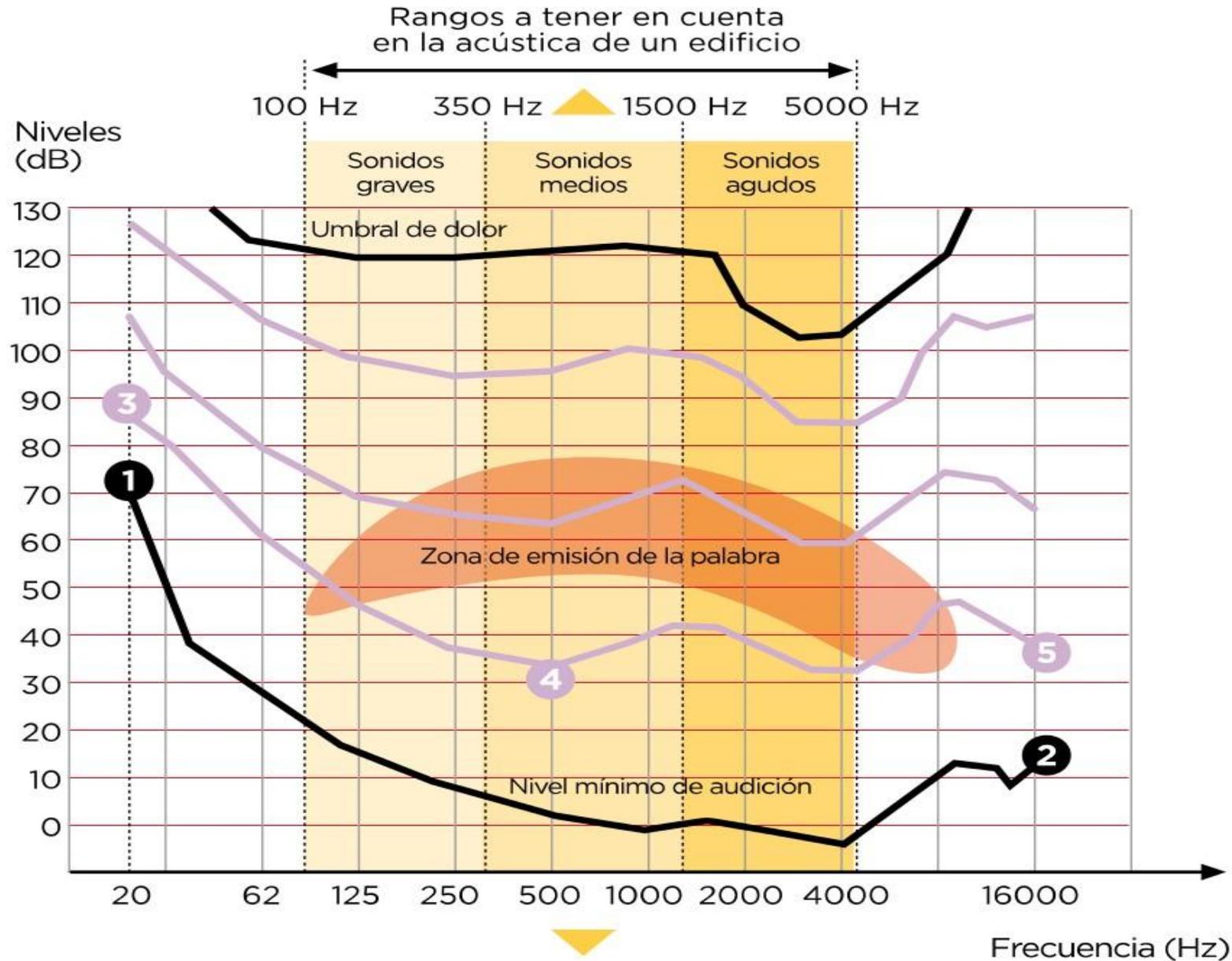


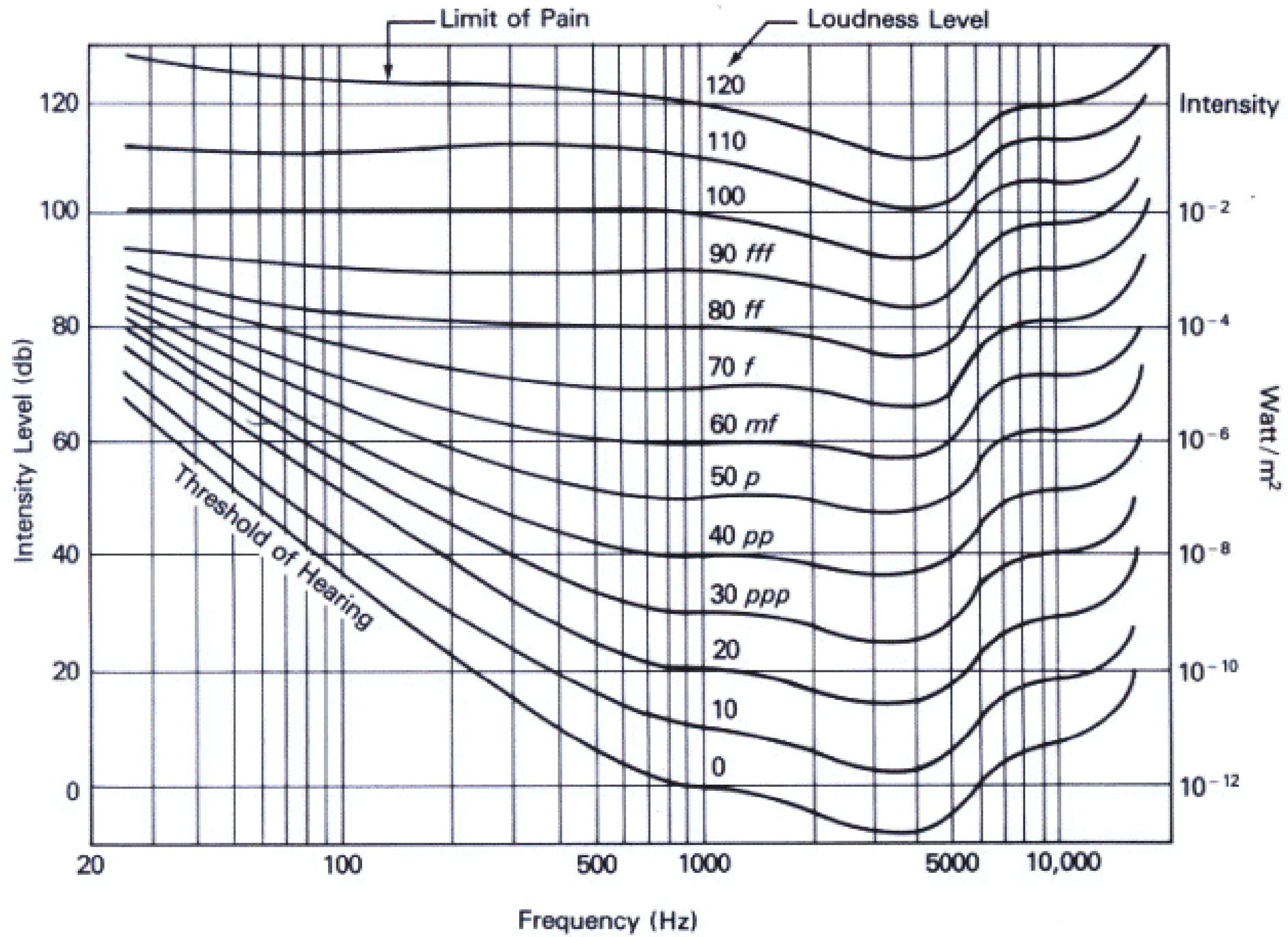
Intact cochlea



Damaged cochlea

# Curvas de Fletcher y Munson





# Mediando Decibeles

## El Sonómetro

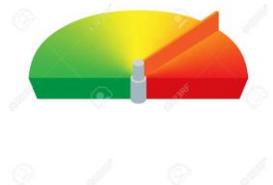
Instrumento analógico o digital que mide el nivel de intensidad o presión sonora





# Control de Ruido

Limite deseable  
de Ruido:  
70dB(A)



Shin-ichi SATO

# Efectos en el Organismo

|   |                        |   |   |
|---|------------------------|---|---|
| → | A partir de 30 dB      | Dificultad para conciliar el sueño.         |    |
| → | A partir de 40 dB      | Probable interrupción del sueño.            |   |
| → | A partir de 45 dB      | Malestar diurno moderado.                   |    |
| → | A partir de 50 dB      | Malestar diurno intenso.                    |   |
| → | A partir de 55 dB      | Comunicación verbal extremadamente difícil. |   |
| → | A partir de 80 dB      | Pérdida de oído a largo plazo.              |   |
| → | A partir de 110-130 db | Pérdida de oído a corto plazo.              |  |

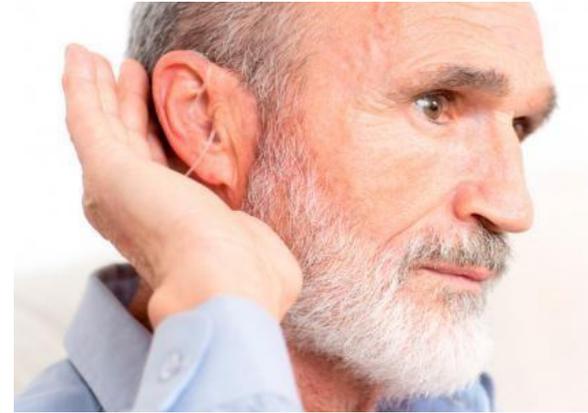
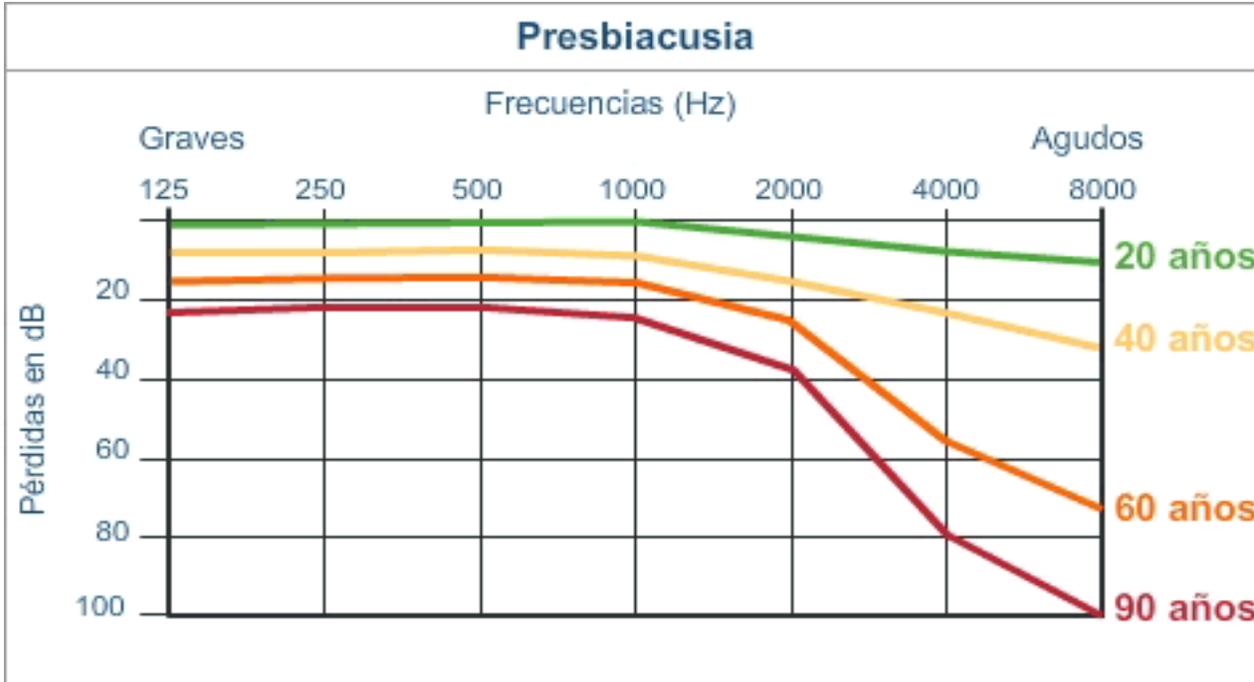
# Patologías del Oído

Exposición a Intensidades superiores a 65db

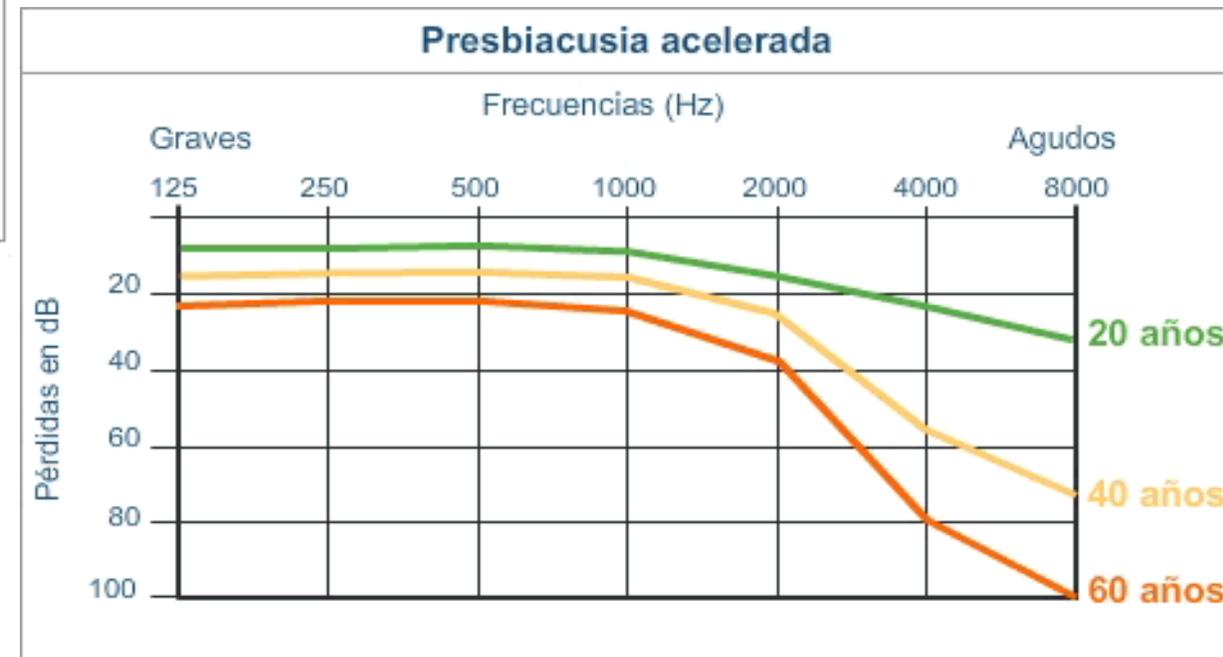


- **Alteraciones físicas**
  - alteraciones del ritmo cardiaco
  - hipertensión arterial
  - aumento de la secreción de adrenalina
  - alteraciones gástricas
- **Alteraciones psíquicas**
  - estrés
  - irritabilidad y agresividad
  - dificultad de concentración
  - disminución del rendimiento
- **Tinítus**
  - sonido sibilante y persistente por horas
- **Hiperacusia**
  - muerte de algunas células ciliadas
  - células restantes trabajando al máximo

# Ruidos y Presbiacusia



- Normal con la edad (60 años o más)
- Acelerada por condiciones laborales y otras exposiciones a altas intensidades
- Muy acelerada por exposición excesiva a ruidos/sonidos intensos de más de 90 dB



# Control de Ruido

Métodos de Medición del Ruido presión sonora en dB(A)

**Leq:** Nivel promedio de presión sonora de un ruido fluctuante en un periodo de tiempo

**SEL:** Nivel de exposición de sonido, cuantas veces se supera el nivel de ruido tolerado.

**LAMAX:** Máximo nivel de presión sonora continuo, con ponderación A

**LKeq,T** Leq, discriminado por fuente, carácter (impulsivo/tonal) y periodo (dia/noche)

**LDN** Nivel equivalente Dia/Noche, Leq que se produce en 24 horas

- OMS establece que los niveles de ruido no deben exceder los 50 decibeles (dB) durante el día y los 45 dB por la noche.
- Ruido nocturno: se penaliza con 10 dBA a los ruidos que se producen entre las 10 de la noche y las 7 de la mañana

# Control de Ruido

Deterioro Auditivo Voluntario

Socioacusia



Exposición a un nivel de sonido excesivo en forma prolongada

# Control de Ruido

## Consecuencias

### **Desplazamiento temporal del umbral de audición (TTD)**

- Recuperación total después de un periodo
- Se produce durante la 1er hora de exposición
- Dilatación de pupilas, fatiga, Dolor de cabeza

### **Desplazamiento permanente del umbral de audición (PTD)**

- Someterse a varios TTD durante largos periodos
- Recuperación mas lenta y dificultosa hasta volverse irreversible
- Sordera

# Control de Ruido

## Interferencia en la comunicación verbal

- El oído no discrimina entre fuentes de ruido
- La voz humana esta en el rango de 100Hz a 10.000Hz
  - La información verbal 200Hz a 6.000Hz
    - La inteligibilidad de la palabra esta entre 500Hz y 2.500Hz

