

# Instalaciones III



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

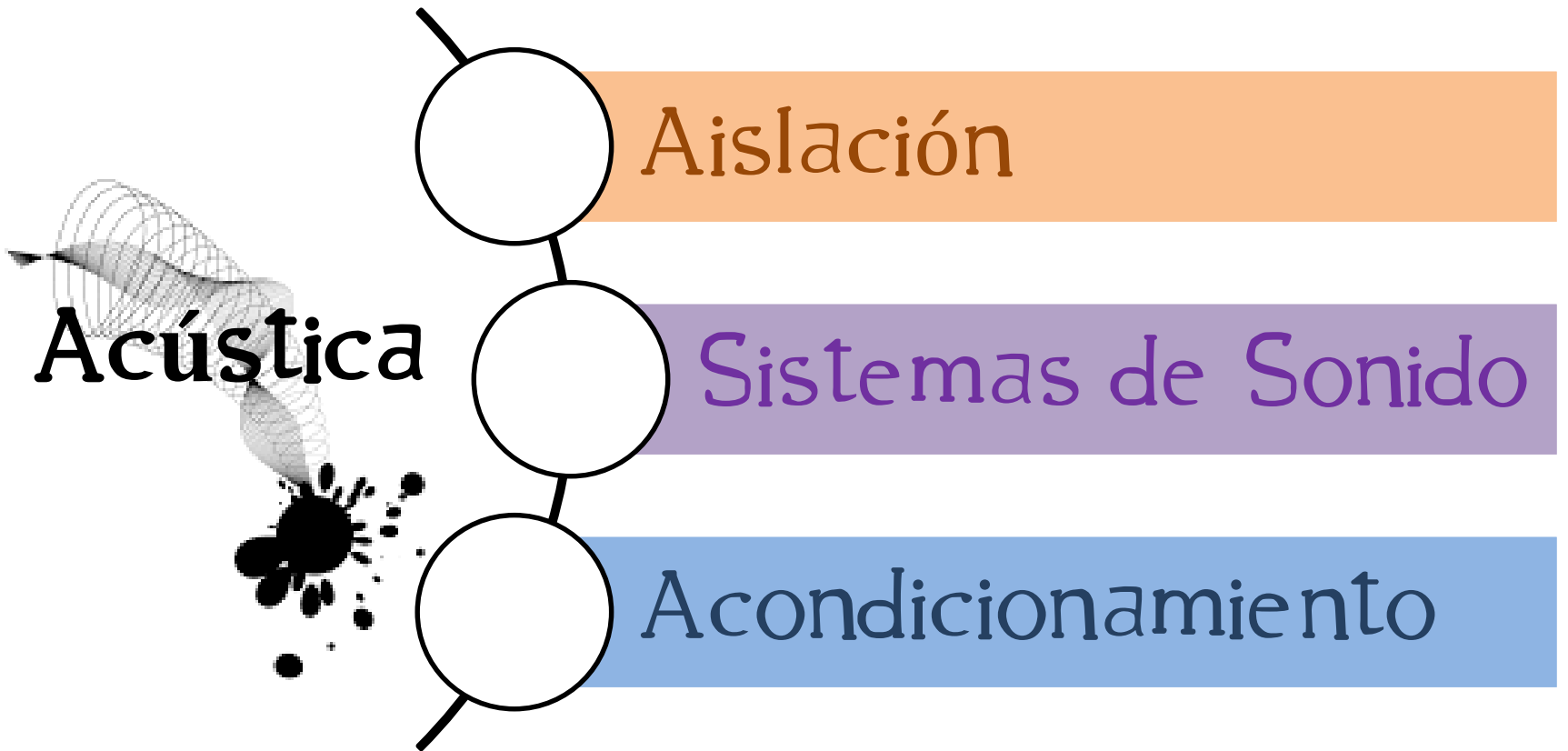
## “Introducción a la Acústica”

**Ing. Juan Bertrán**

*Ingeniero en Electrónica  
Especialista en Audio y Sonido*

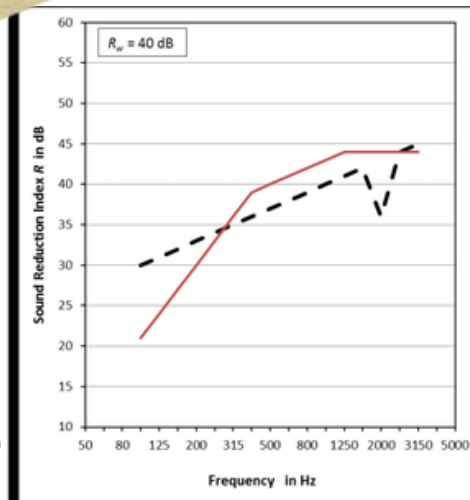
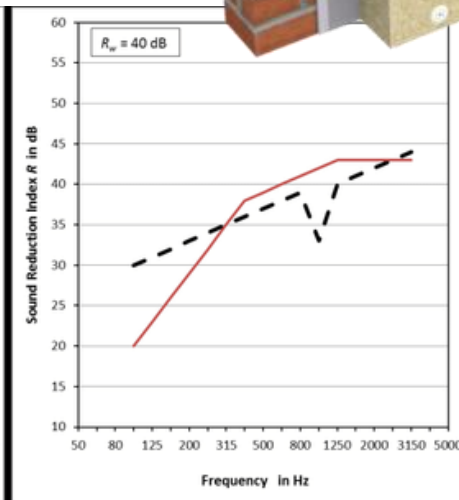
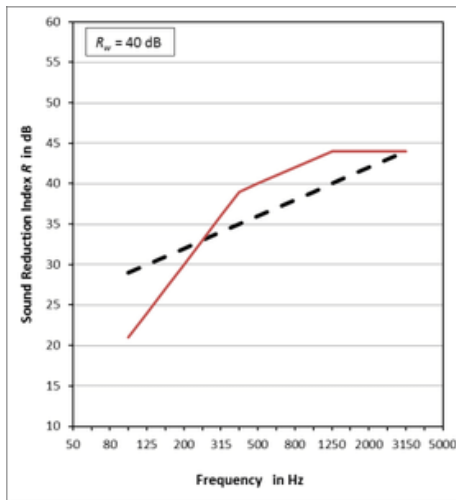
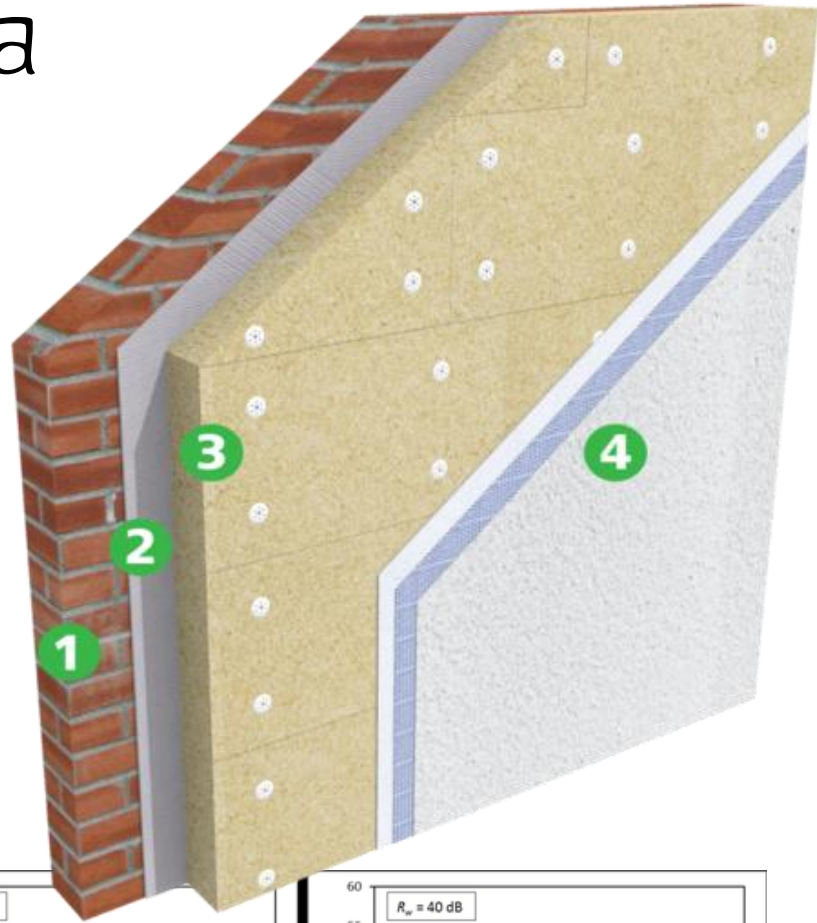
**Mg. Ing. Adriano Sabez**

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

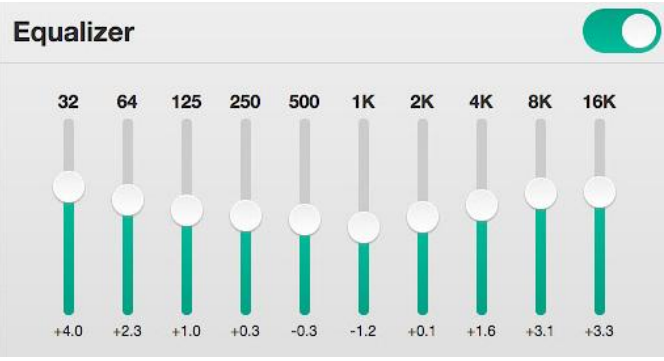


# Aislación acústica

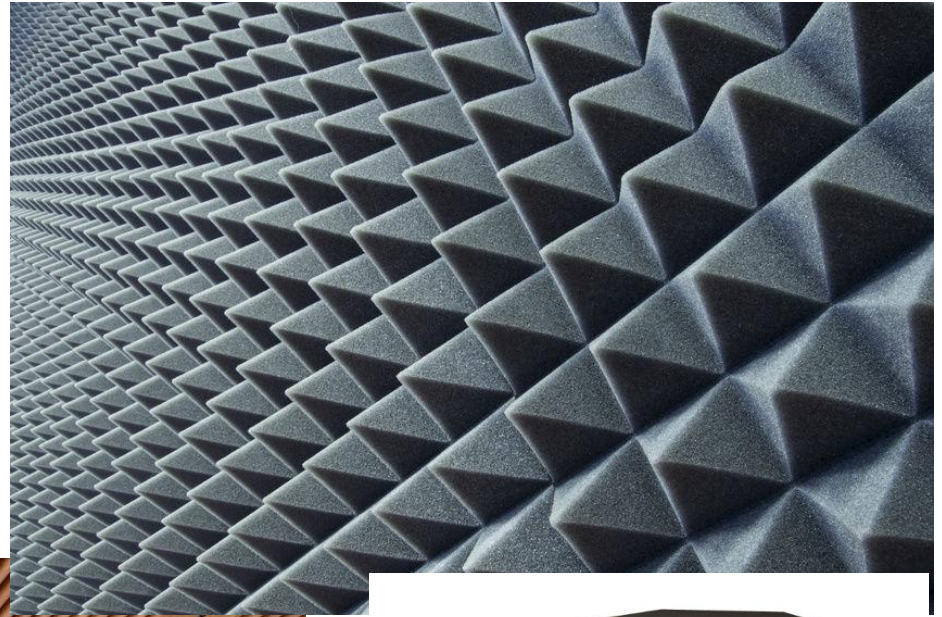
Frequency	Measurement result	ISO 717-1 reference curve	Unwanted deviation
f (Hz)	R (dB)	(dB)	(dB)
50	22.0		
63	19.2		
80	22.1		
100	26.6	31	4.4
125	29.1	34	4.9
160	32.5	37	4.5
200	35.4	40	4.6
250	39.6	43	3.4
315	42.2	46	3.8
400	45.5	49	3.5
500	47.0	50	3.0
630	52.4	51	0.0
800	54.2	52	0.0
1000	56.8	53	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



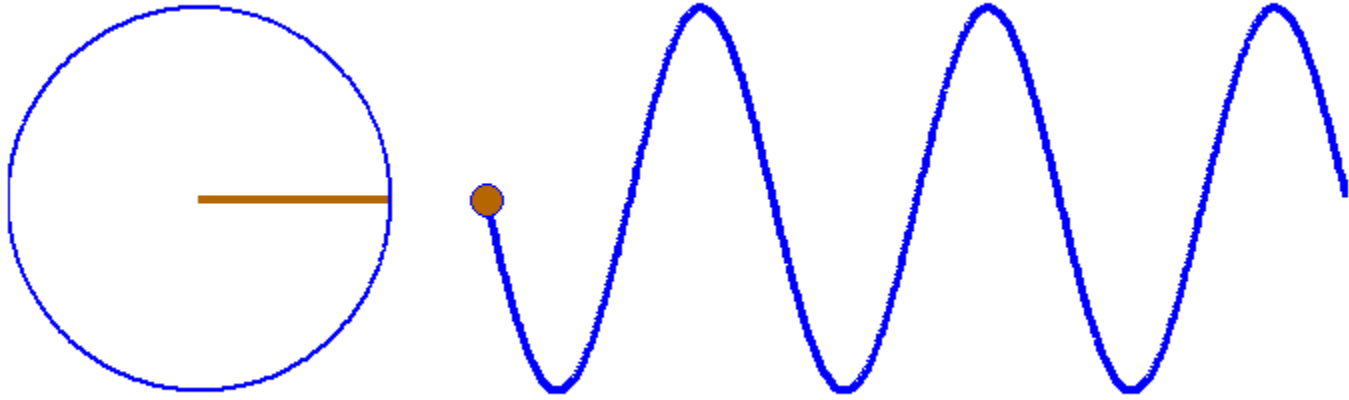
# Sistemas de Sonido



# Acondicionamiento Acústico

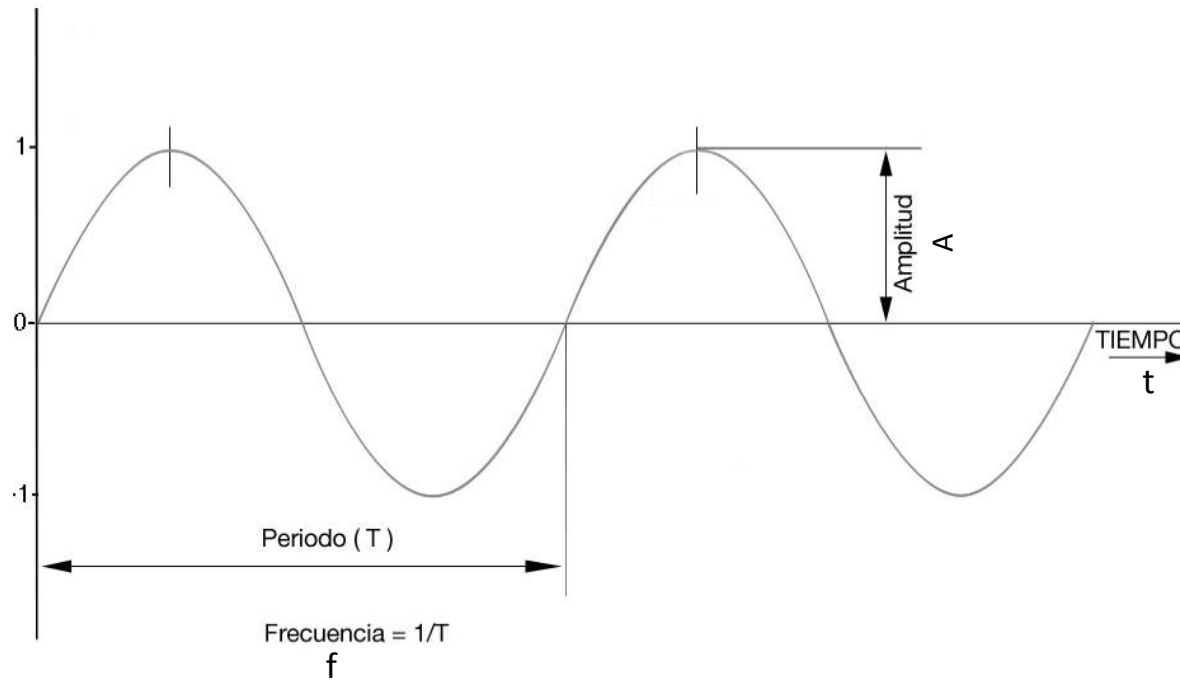


# Representación del fenómeno Ondulatorio



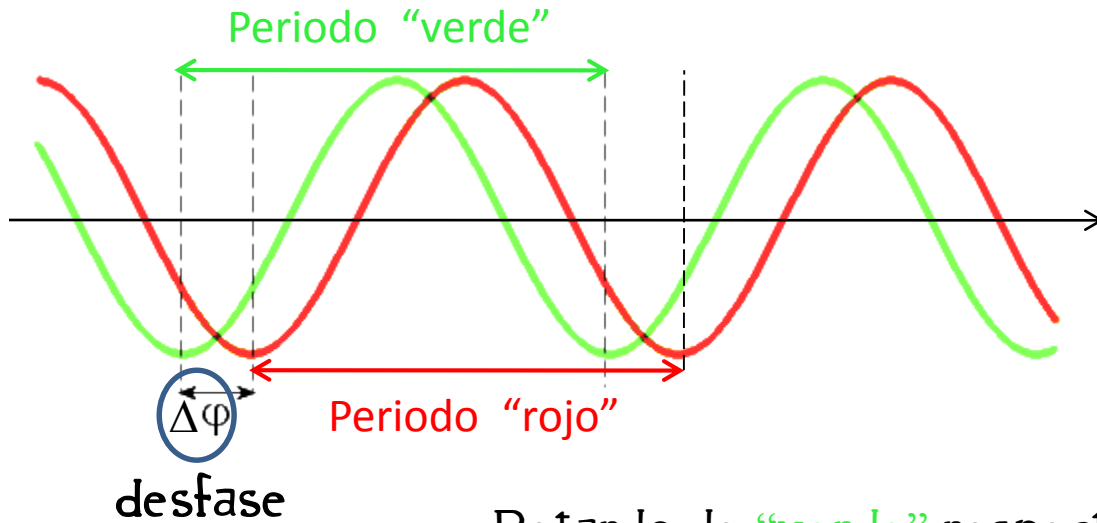
# Función senoidal

1-¿Qué variables me dan información?



$$v(t) = A \cdot \text{sen}(2\pi \cdot f \cdot t)$$

# Otra variable importante: Desfasaje



Retardo de "verde" respecto de "rojo"



## Casos extremos:

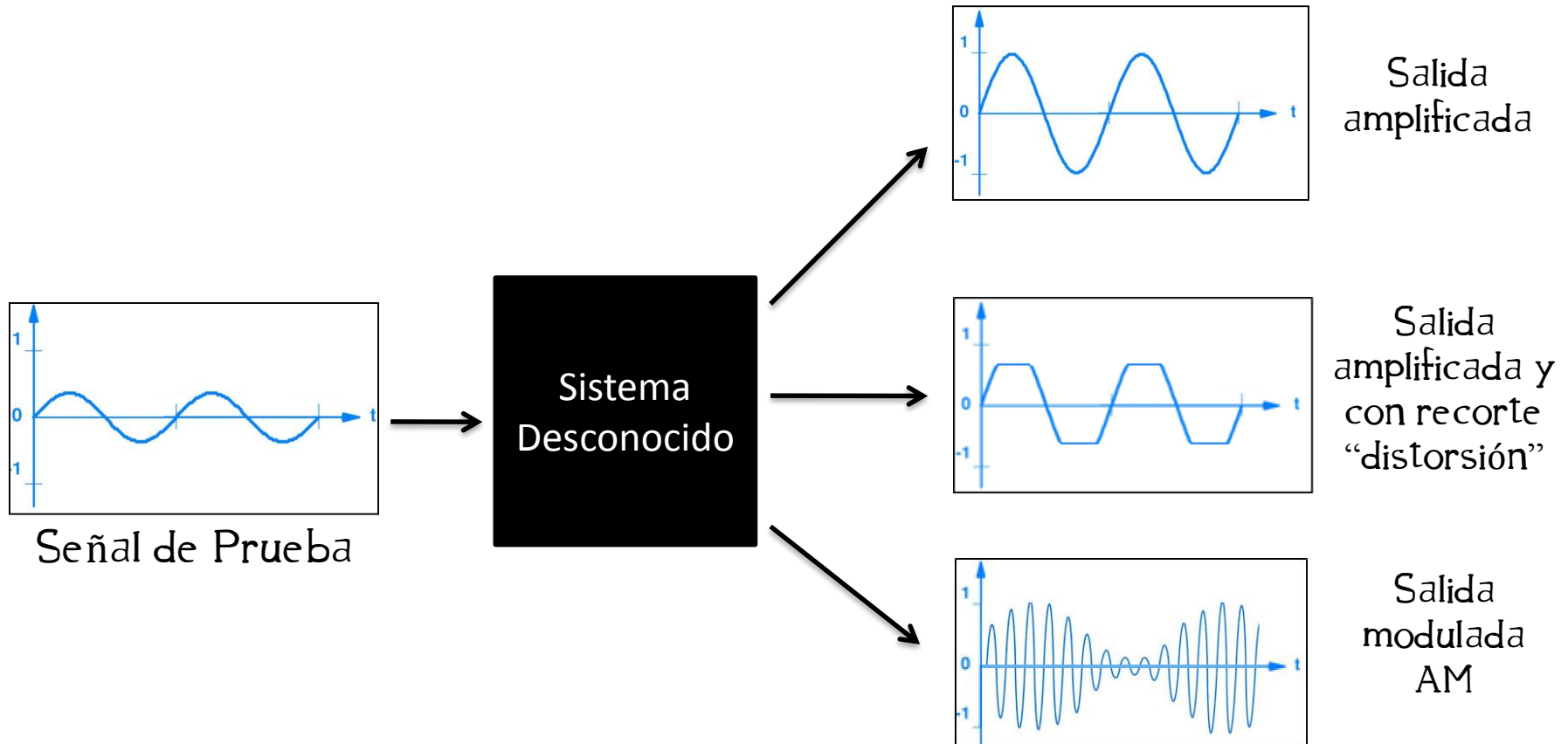
$\Delta\phi = 0$ , están en fase

$\Delta\phi = 180^\circ (= \pi)$ , están en contrafase

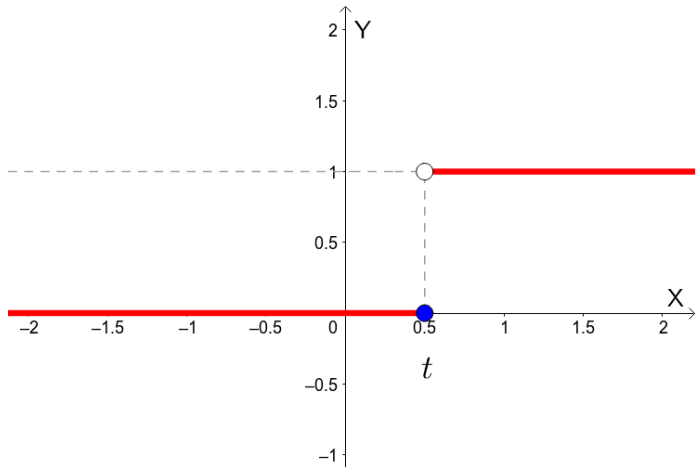


# Evaluación de un Sistema

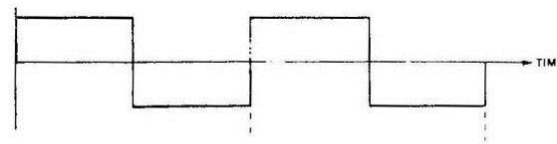
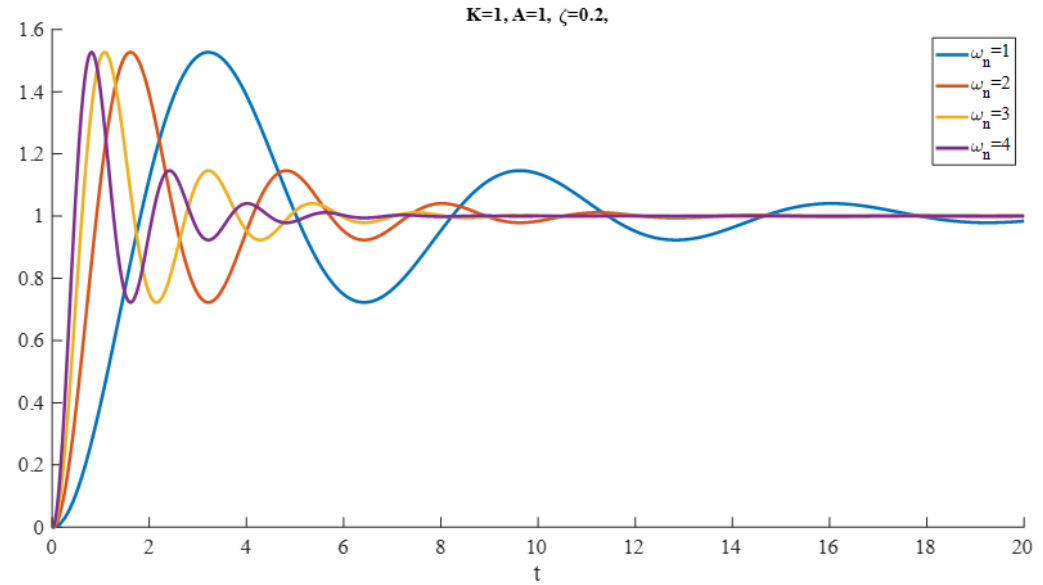
## Ejemplos de resultados



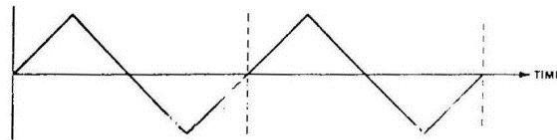
# Otras funciones



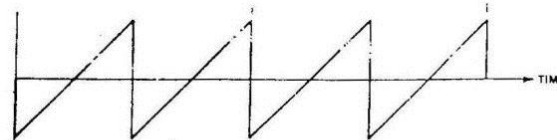
Función Escalón



Ondas Cuadradas

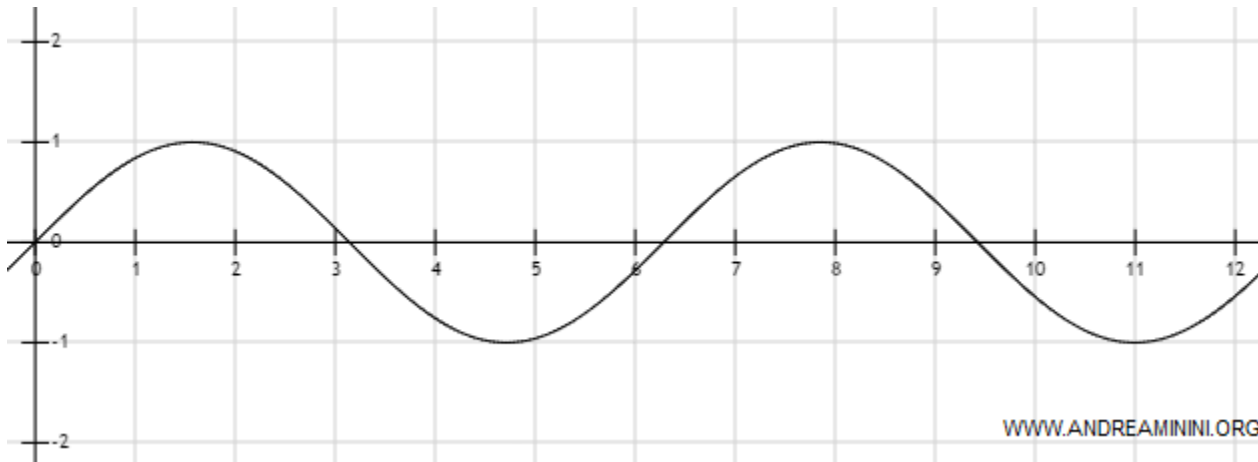


Ondas Triangulares

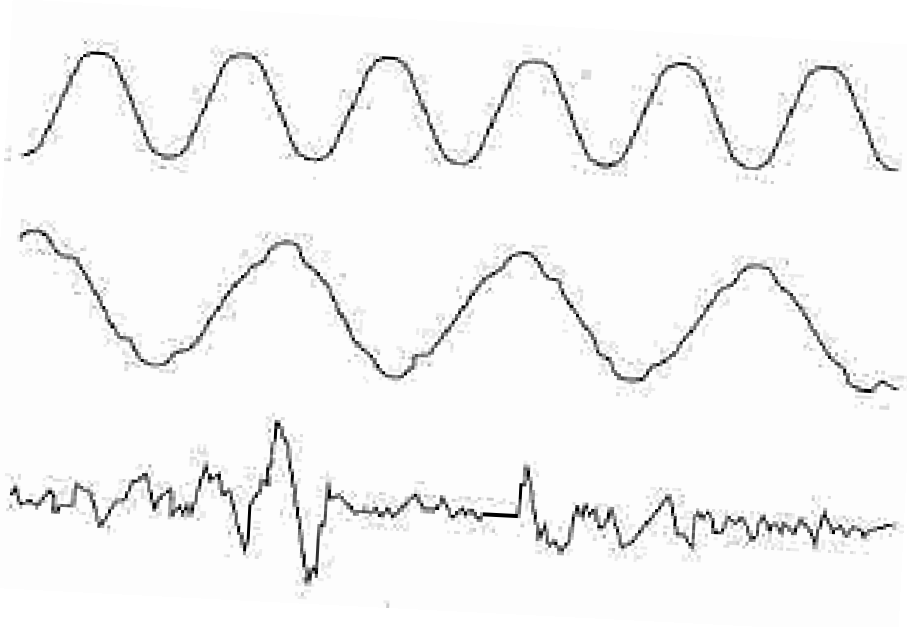


Ondas de Dientes de Sierra

# Señales puras en la naturaleza

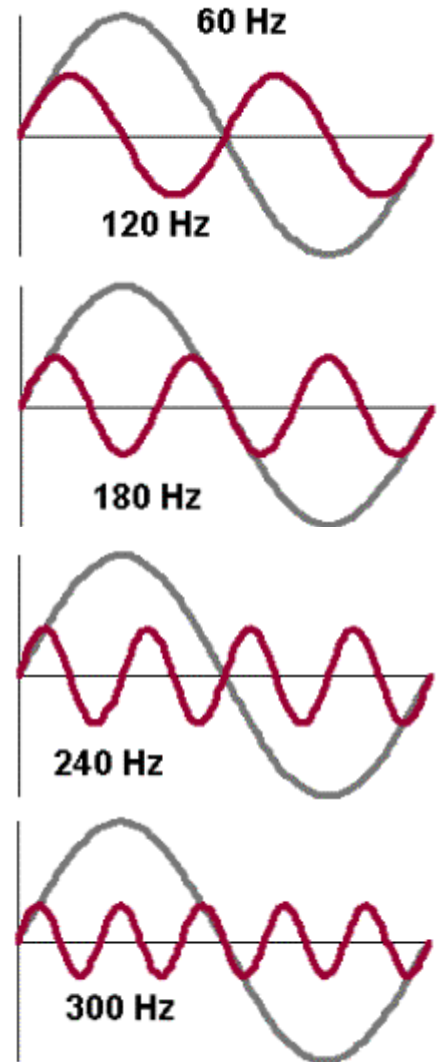
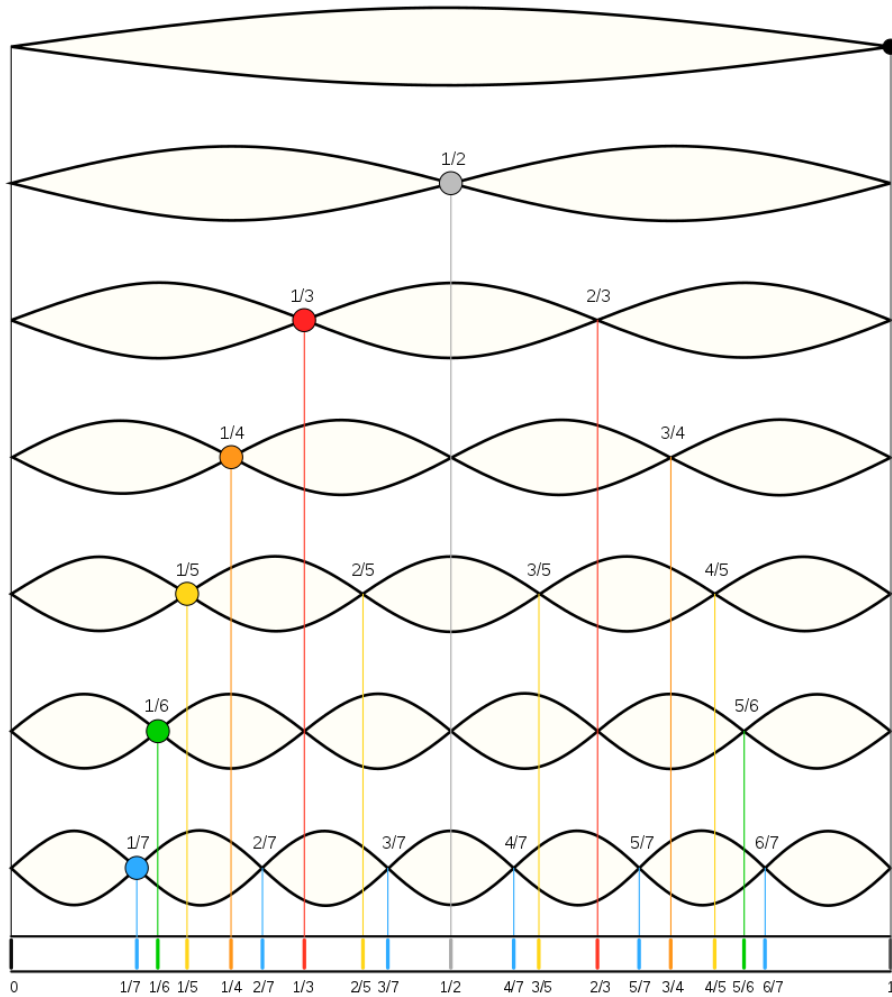


No Existen



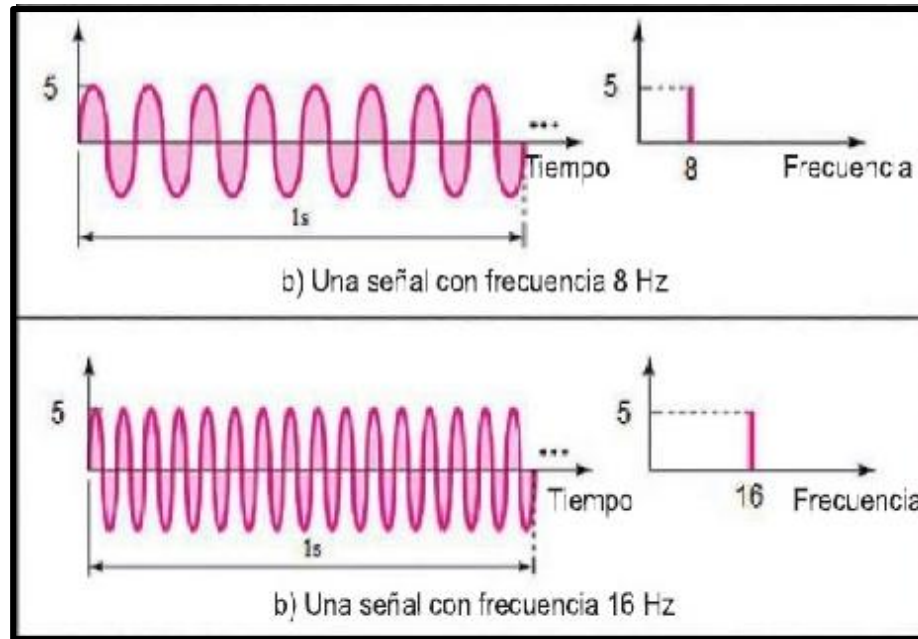
DIAPASON

# Armónicos



Armónicos en una Cuerda vibrante

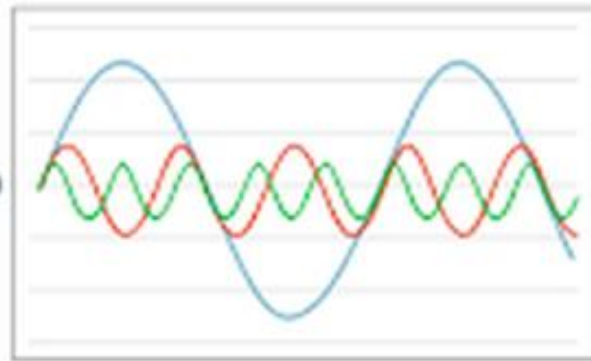
# Otra forma de representar resultados



Descargar  
App  
"Spectroid"



Señal compleja

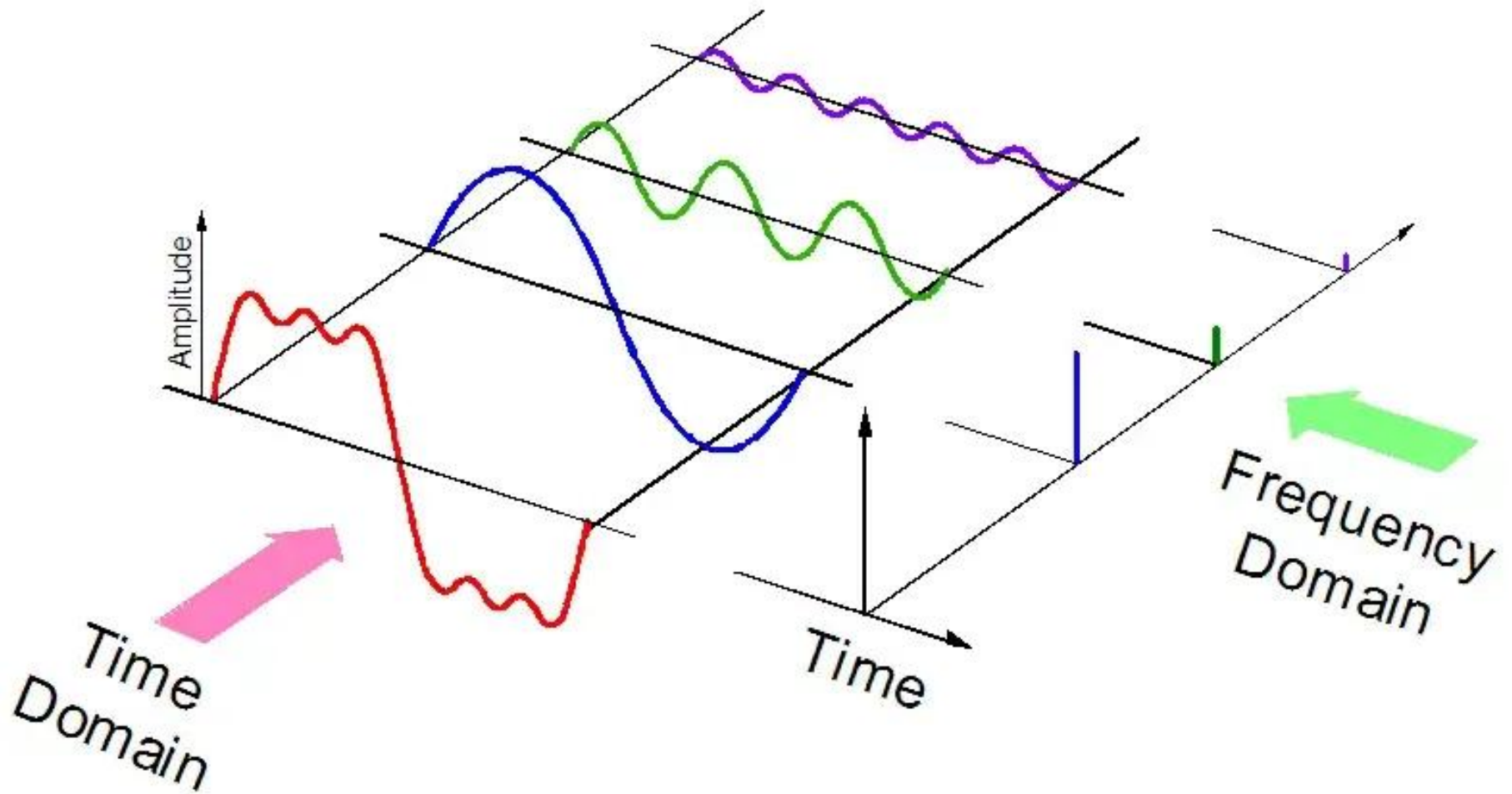


Armónicos en el  
dominio del tiempo

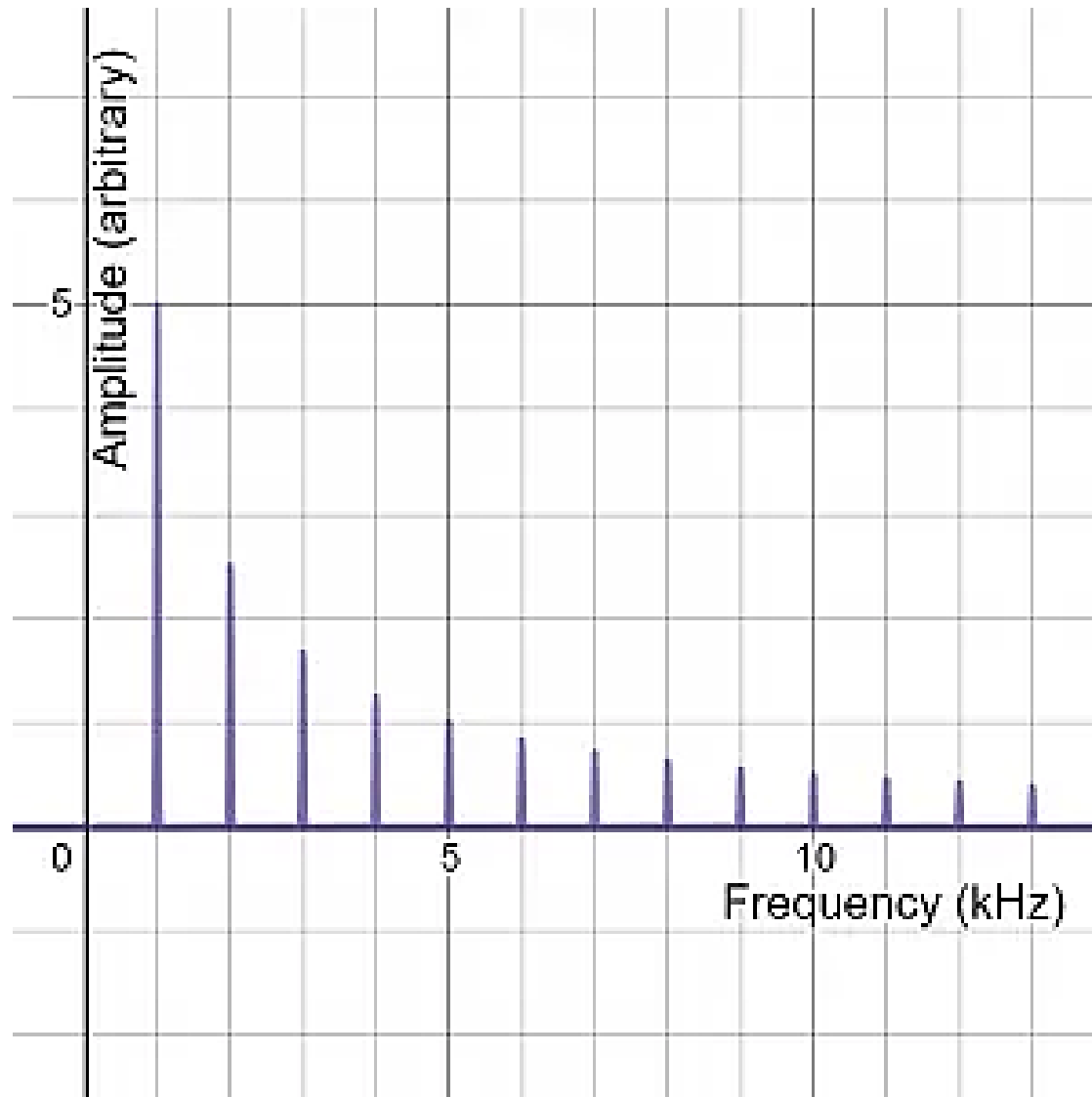


Armónicos en el dominio  
de la frecuencia


# Otra forma de representar resultados



# Otra forma de representar resultados



AS




DO

SOL

ICAS

This block shows a fragment of a document on aged, yellowed paper. At the top, the letters 'AS' are printed in a bold, black, serif font. Below this, there is a circular diagram with two points marked. The upper point is labeled 'DO' and the lower point is labeled 'SOL'. The diagram consists of a circle with lines extending from its center to these two points. At the bottom of the fragment, the letters 'ICAS' are printed in the same bold, black, serif font.

MÚSICA



ACTUAL

This block features a full page of aged, yellowed paper with a double-line border. The word 'MÚSICA' is printed at the top in a large, bold, black, serif font. In the center, there is a stylized illustration of a piano keyboard, showing a sequence of white and black keys. Below the keyboard, the word 'ACTUAL' is printed in the same large, bold, black, serif font.



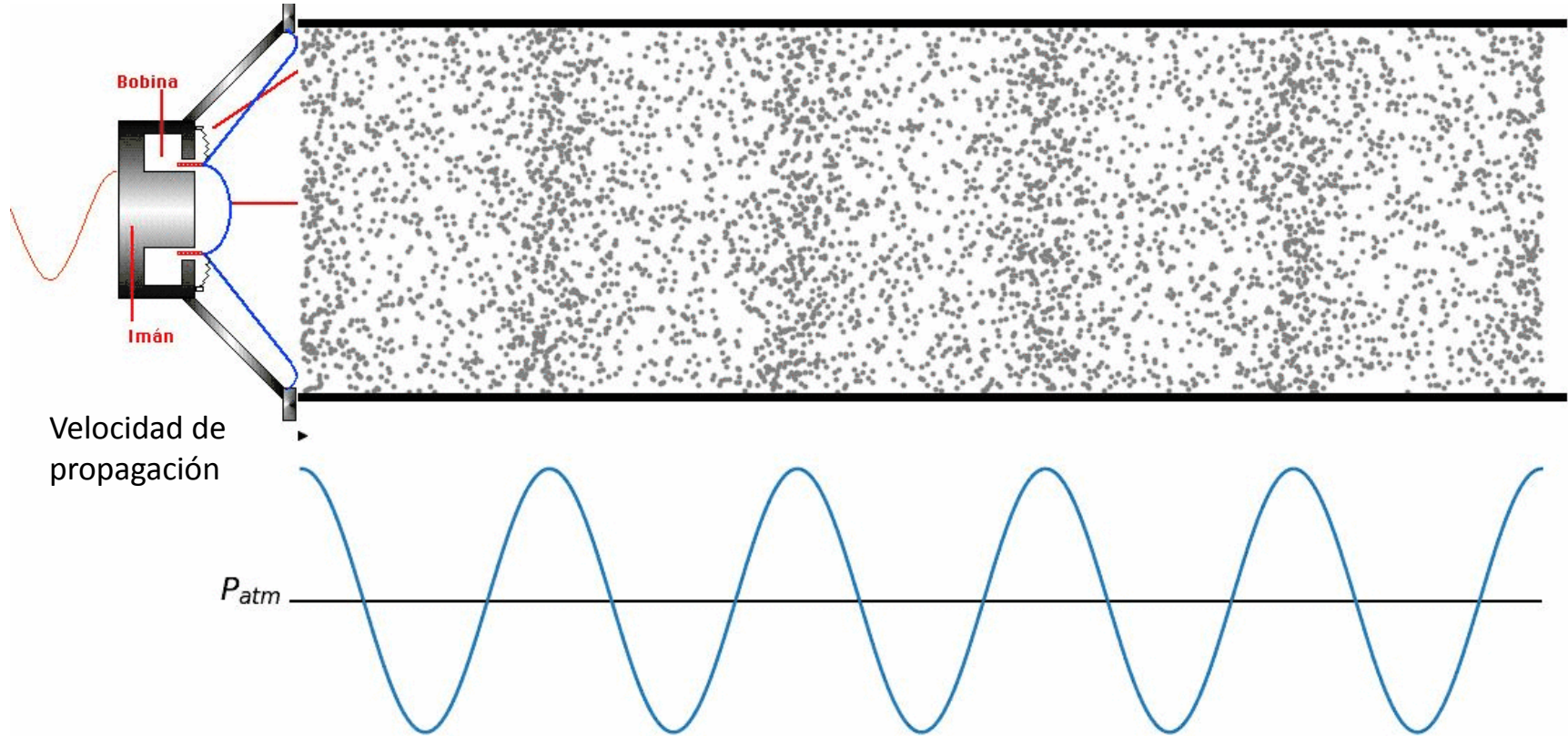
# Onda de sonido

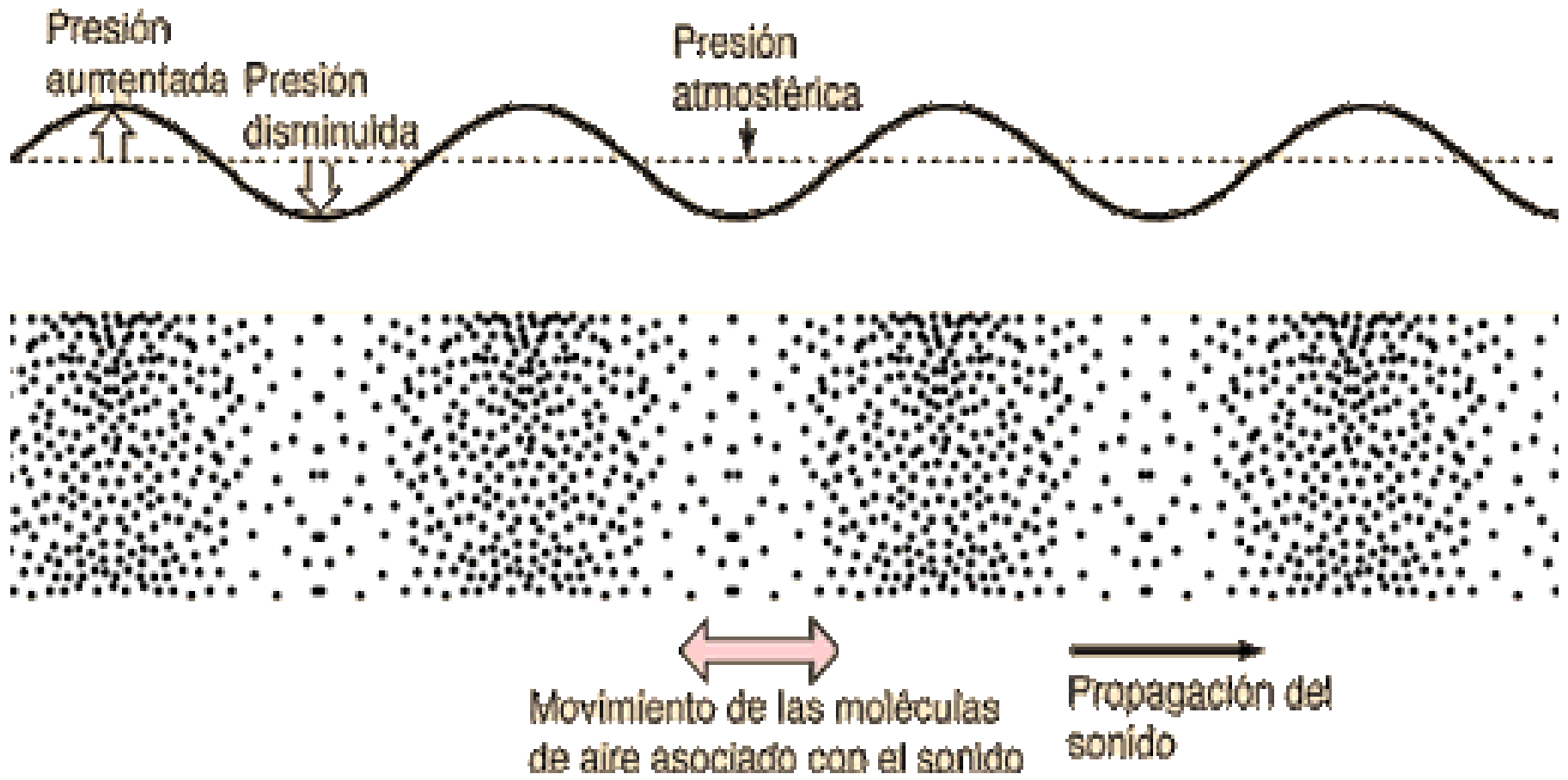
## Características generales

Onda MECANICA: necesita de un medio para existir

Rango de Frecuencia del oído humano: 20Hz a 20.000Hz

Velocidad de Propagación: 344 metros por segundo(\*) (a 20 °C y nivel de mar)

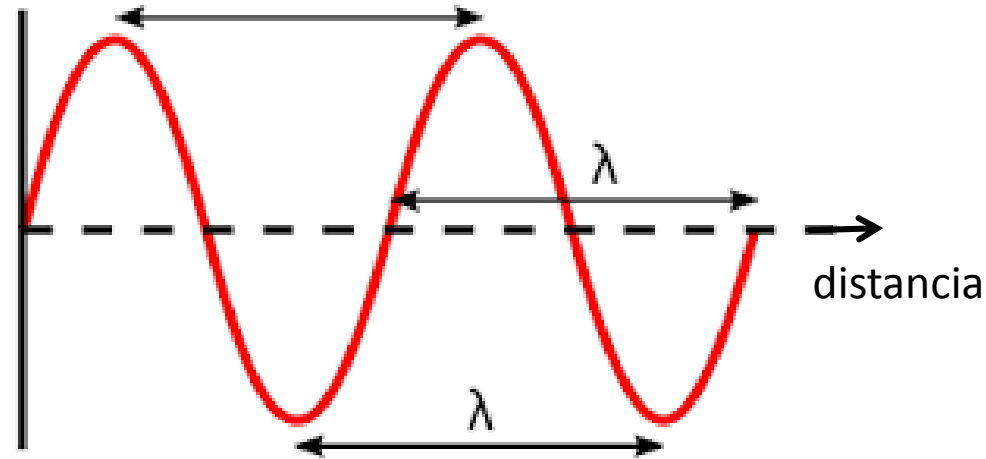




Onda mecánica de compresión y descompresión



# “Tamaño” de una onda



Longitud de onda:  $\lambda = \frac{\vec{v}}{f} = \frac{344 \left[ \frac{m}{s} \right]}{f \left[ \frac{1}{s} \right]} = \boxed{\frac{344}{f} [m]}$

$$\lambda \text{ de } 20\text{hz} = \frac{344}{20} = 17,3 [m]$$

$$\lambda \text{ de } 10.000\text{hz} = \frac{344}{10.000} = 0.0344 [m] \rightarrow 3.44 [cm]$$

$$\lambda \text{ de } 20.000\text{hz} = \frac{344}{20.000} = 0.0172 [m] \rightarrow 1.72 [cm]$$

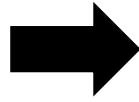
¿En qué se mide el sonido?



# ¿En qué se mide el sonido?

El sonido como diferencia de presión

Sonido

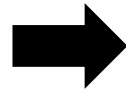


Ondas de  
Compresión  
y Descompresión



¿Cómo medimos la presión?

PASCALES



$$1 \text{ Pa} = 1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

[Fuerza]

[Superficie]



101324,99998 Pa  
101325,00002 Pa

Mínima diferencia de presión percibida por el hombre

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa} = 0,000020\text{Pa} = 20(10^{-6})\text{Pa}$$

Presión de referencia

Mosquito volando a 3 metros

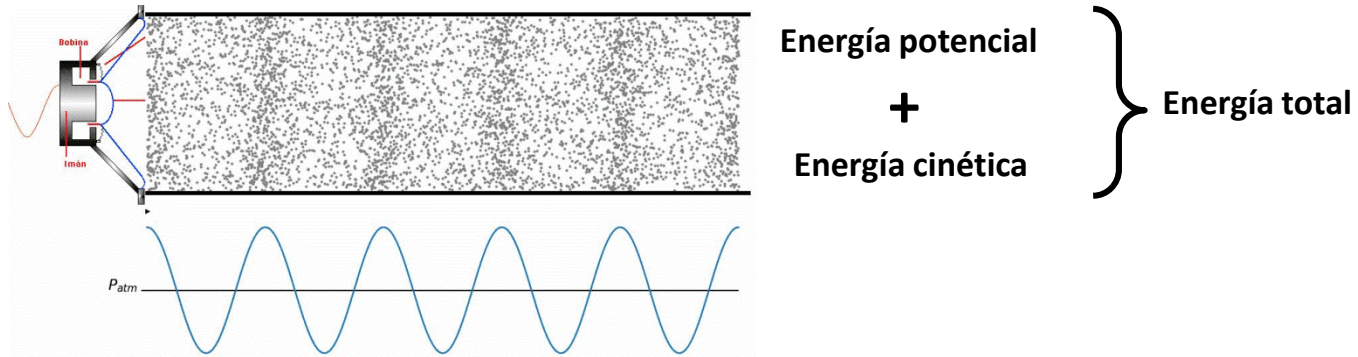


un millón de veces

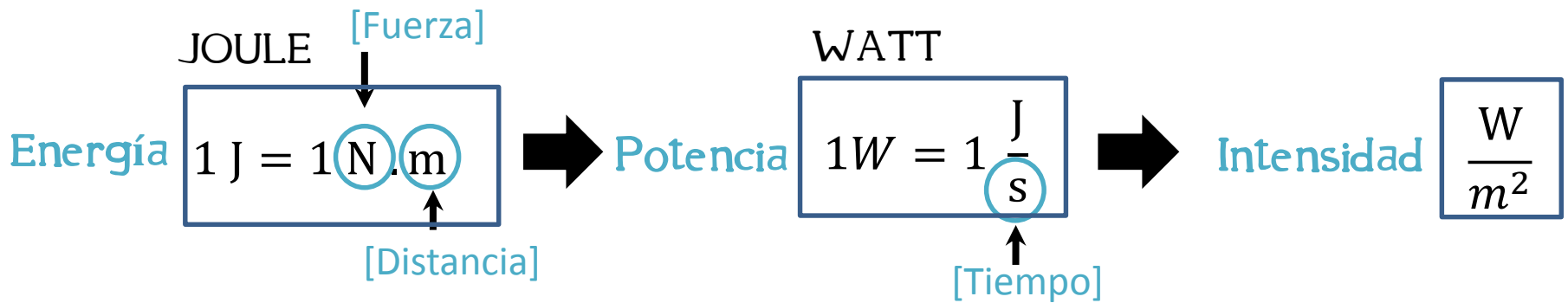
$$P_{dolor} = 20 \text{ Pa}$$



# El sonido como energía



¿Cómo medimos la energía?





Mínima intensidad  
percibida por el  
hombre

$$I_0 = 1 \frac{pW}{m^2}$$

Intensidad  
de referencia

un billón  
de veces

$$= 0,000\ 000\ 000\ 001 \frac{W}{m^2} = 1(10^{-12}) \frac{W}{m^2}$$



El mismo  
Mosquito  
volando a 3  
metros

$$I_{dolor} = 1 \frac{W}{m^2}$$

# ¿Cómo medimos el nivel sonoro?

$$\text{Rango Dinámico} = \frac{\text{Valor M\u00e1ximo}}{\text{Valor M\u00ednimo}}$$




## Presi\u00f3n

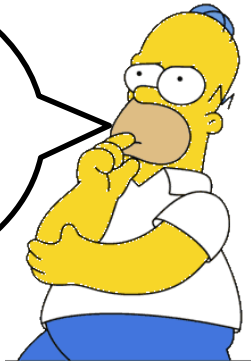
$$\frac{\text{Valor M\u00e1ximo}}{\text{Valor M\u00ednimo}} = \frac{20\text{Pa}}{20\mu\text{Pa}} = 1.000.000 \text{ Veces}$$

## Intensidad

$$\frac{\text{Valor M\u00e1ximo}}{\text{Valor M\u00ednimo}} = \frac{1\text{W/m}^2}{1\text{pW/m}^2} = 1.000.000.000.000 \text{ Veces}$$



La presi\u00f3n sonora del recital es **8,933Pa** y la municipalidad me pide que baje a **6,324Pa**

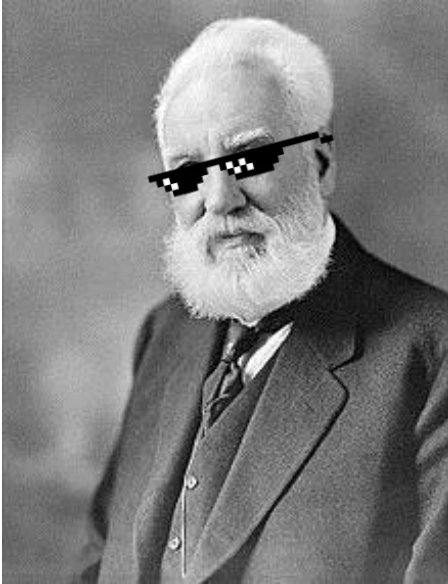


Este stereo tiene **0.0063095 W/m<sup>2</sup>** y molesta al vecino. El muro deber\u00eda atenuarlo a **0.0031547 W/m<sup>2</sup>**

# El Decibel

“unidad de medición del nivel sonoro”

Alexander Graham Bell



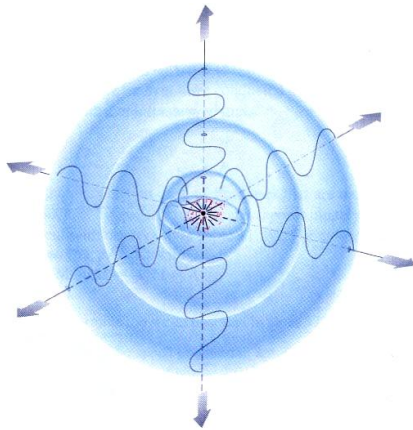
$$B = \log \frac{X}{X_0}$$

Magnitud que queremos medir  
“Actual”

Magnitud conocida  
(de Referencia)

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

# Decibeles de “Nivel de Potencia Sonora” (PWL)



Recordemos que intensidad sonora es:

$$I = \frac{[W]}{[m^2]}$$



$$\text{Onda esferica} = \frac{P_{\text{fuente}}}{4\pi \cdot r^2} = \frac{W}{4\pi \cdot r^2}$$

$$\text{Nivel sonoro en decibeles [dB]} = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{\frac{W}{\cancel{4\pi \cdot r^2}}}{\frac{W_0}{\cancel{4\pi \cdot r^2}}} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

Nivel de potencia  
sonora

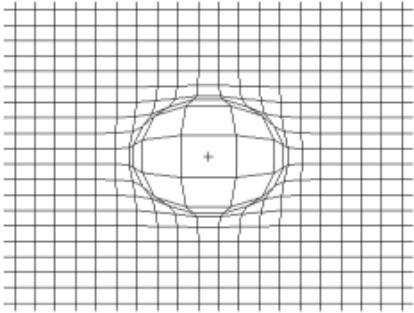
$$\text{PWL}_{[dB]} = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

# Comparación de dB con Watts

$$10 \log \frac{W}{W_0}$$

Intensidad	Decibeles
0,0000000000000001 $W/m^2$	0 dB
0,000000000001 $W/m^2$	20 dB
0,0000000316 $W/m^2$	55 dB
0,01 $W/m^2$	100 dB
0,02 $W/m^2$	103 dB
1 $W/m^2$	120 dB

# Decibeles de “Nivel de Presión Sonora” (SPL)



$$\text{Intensidad Acústica a } 20^\circ\text{C} = \frac{P^2}{\delta \cdot \vec{v}}$$

A 20 °C:

$$\delta = 1,204 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

$$\vec{v} = 344 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Nivel sonoro en decibeles [dB]} = 10 \log \frac{P}{P_0} = 10 \log \frac{\frac{P^2}{\cancel{\delta \cdot \vec{v}}}}{\frac{P_0^2}{\cancel{\delta \cdot \vec{v}}}} = 10 \log \frac{P^2}{P_0^2} = 10 \log \left( \frac{P}{P_0} \right)^2$$

Nivel de presión sonora

$$SPL_{[dB]} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

# Comparación de dB con Pascales

$$20 \log \frac{P}{P_0}$$

Pascales	Decibeles
0,00002 Pa	0 dB
0,0002 Pa	20 dB
0,01124 Pa	55 dB
2 Pa	100 dB
20 Pa	120 dB

## Resumiendo...

Potencia de  
Referencia

$$I_0 = 1 \text{ pW/m}^2$$



$$L_{[dB]} = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

Diez veces el logaritmo de la  
intensidad sonora con  
respecto a la intensidad de  
referencia

Presión de Referencia

$$P_0 = 20 \mu\text{Pa}$$



$$L_{[dB]} = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

Veinte veces el logaritmo de  
la presión con respecto a la  
presión de referencia

=

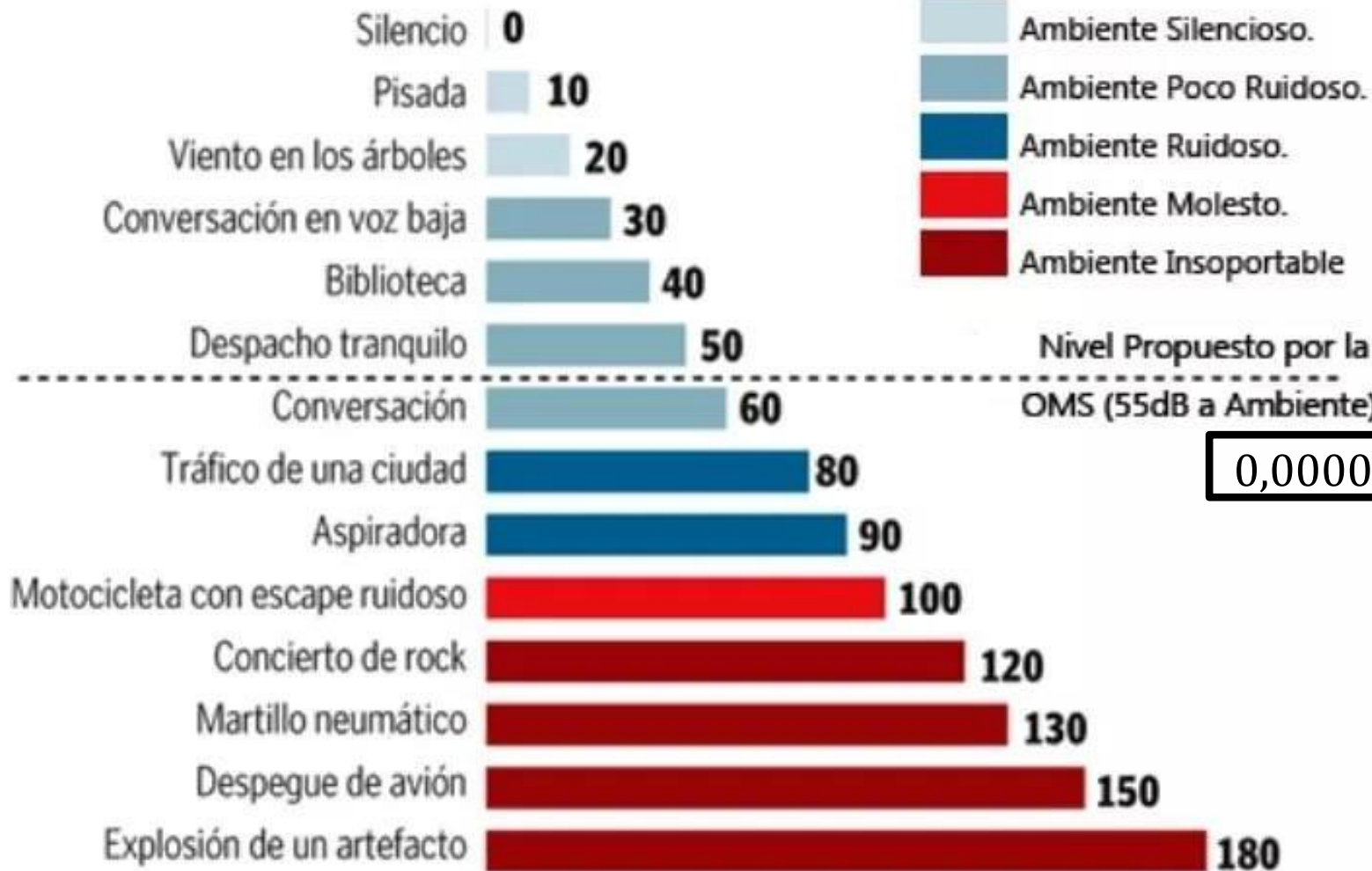




# Niveles conocidos en decibeles

En decibelios (dBs)

Tipo de Ambientes



0,01124 Pa

0,000000316 W/m<sup>2</sup>

# ¿Por que usamos dB?

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

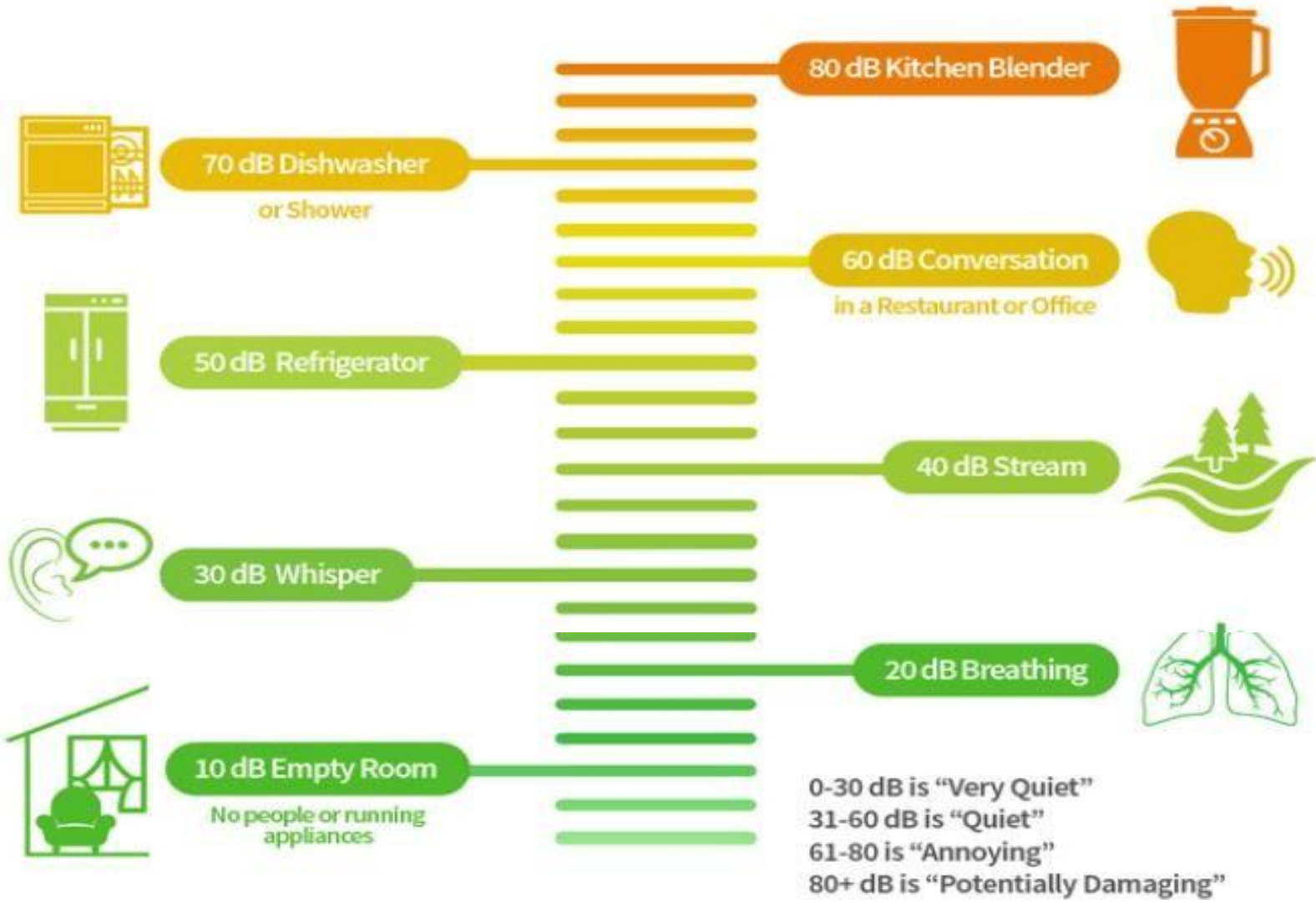


$$60 + 60 = 63$$

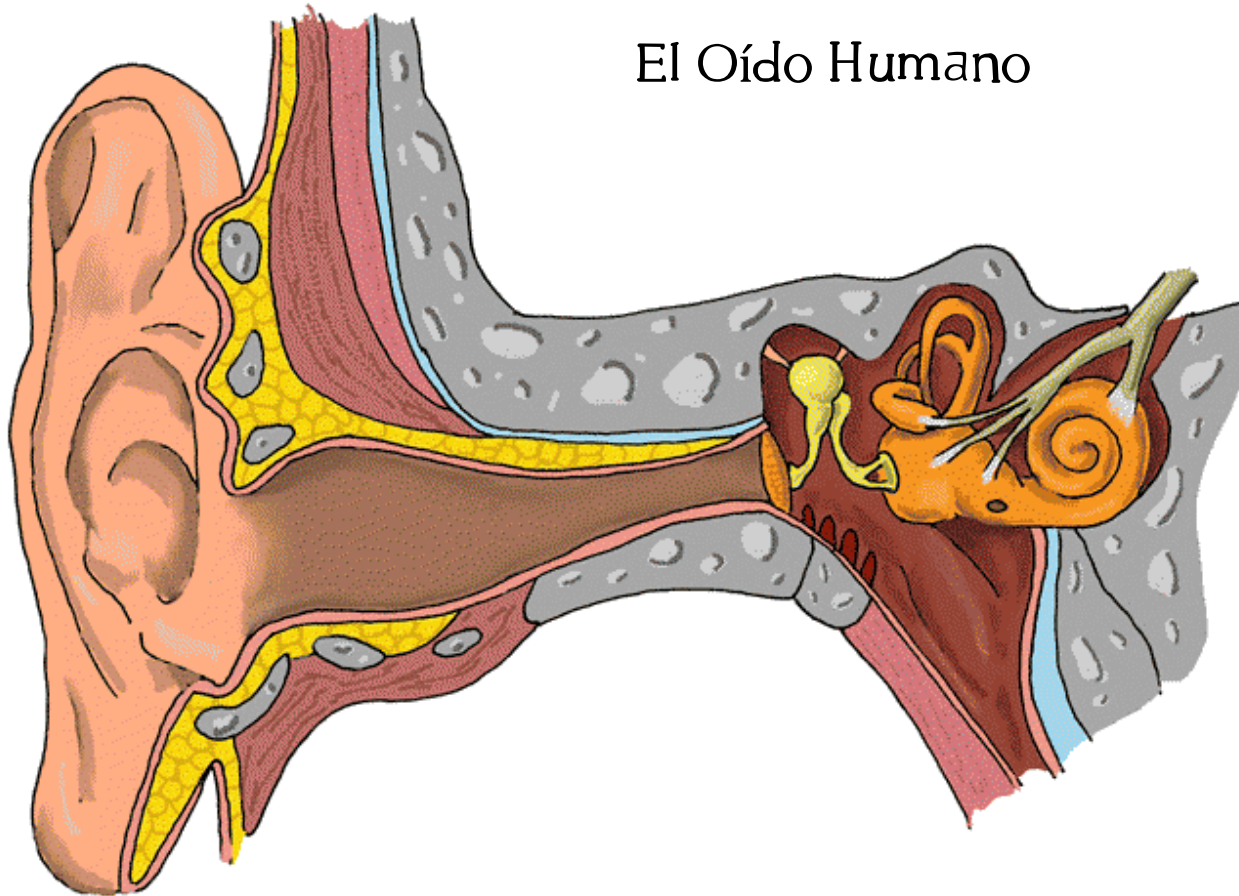
$$70 + 60 = 70$$

Las operaciones son simples

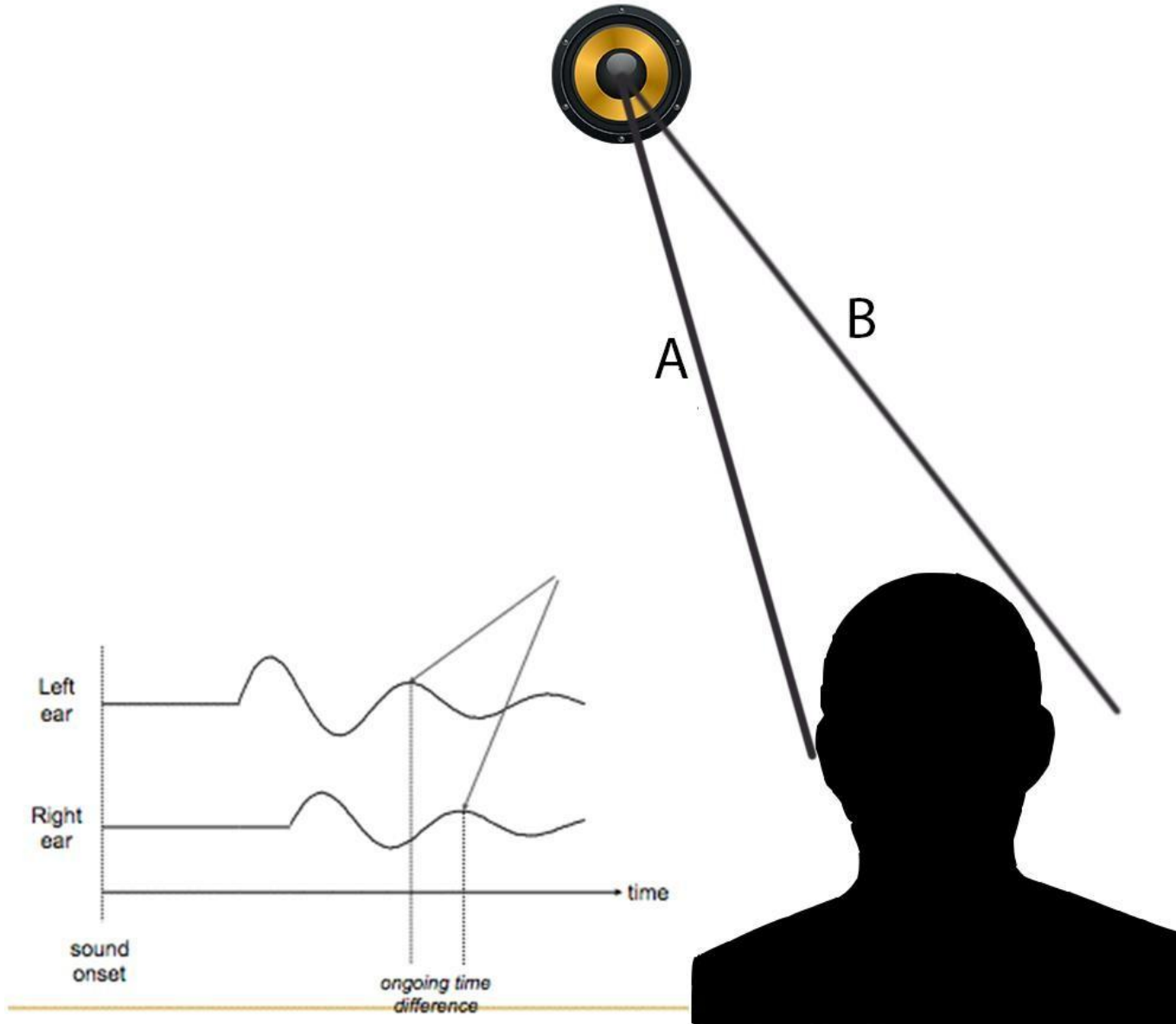
# Niveles conocidos en decibeles



## El Oído Humano

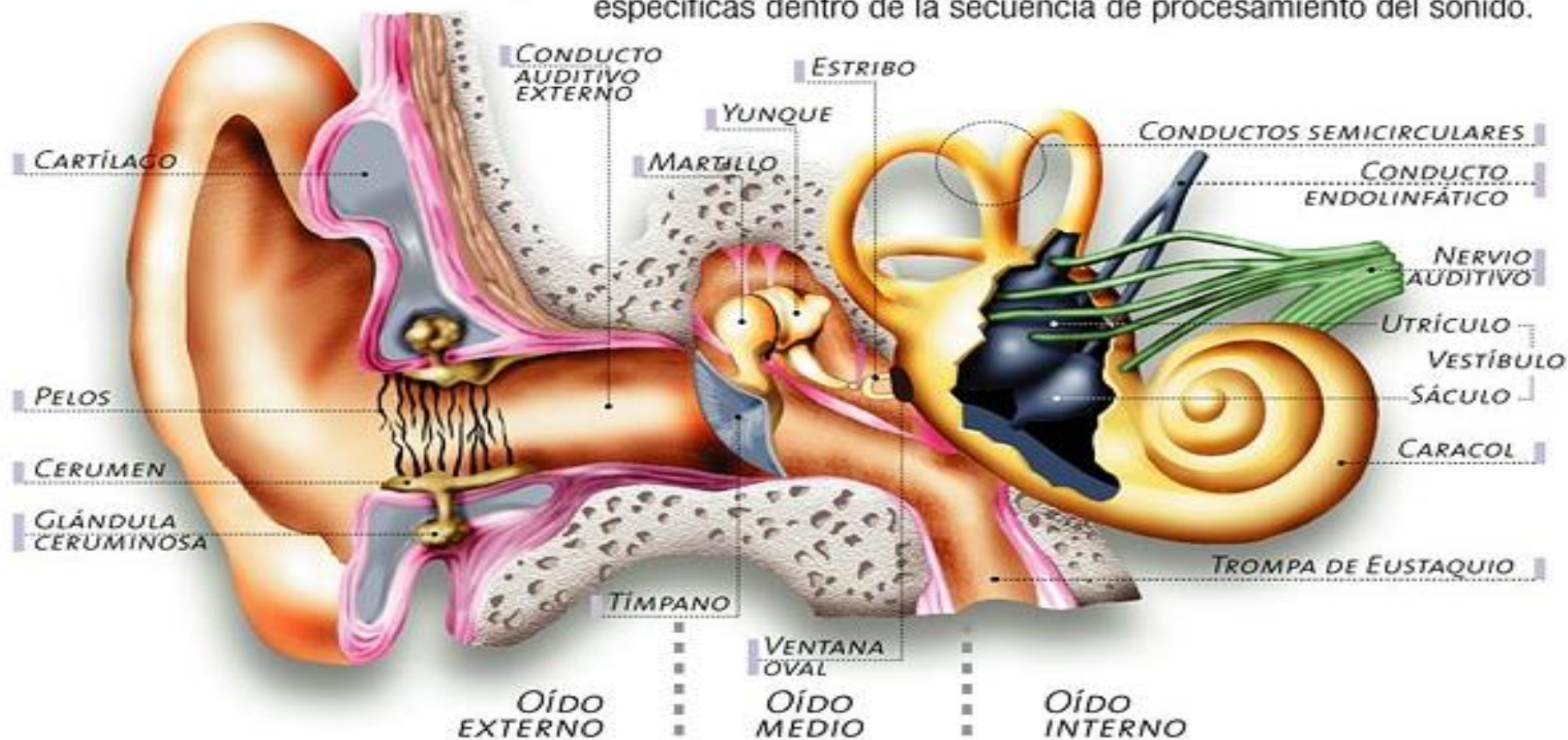


# Percepción Espacial

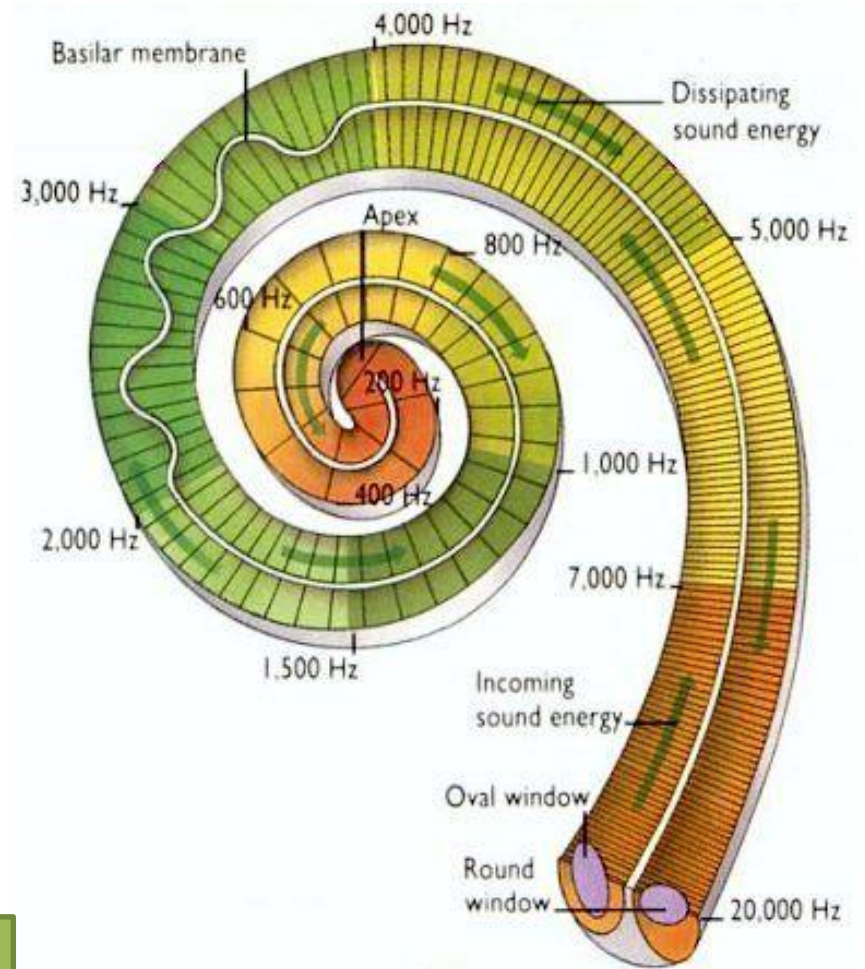
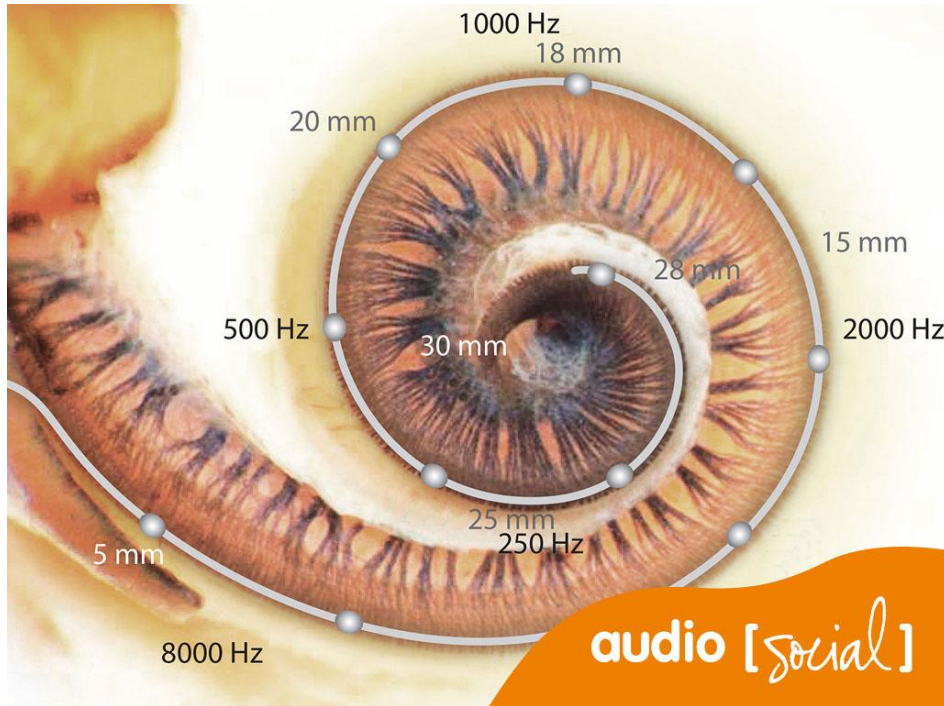




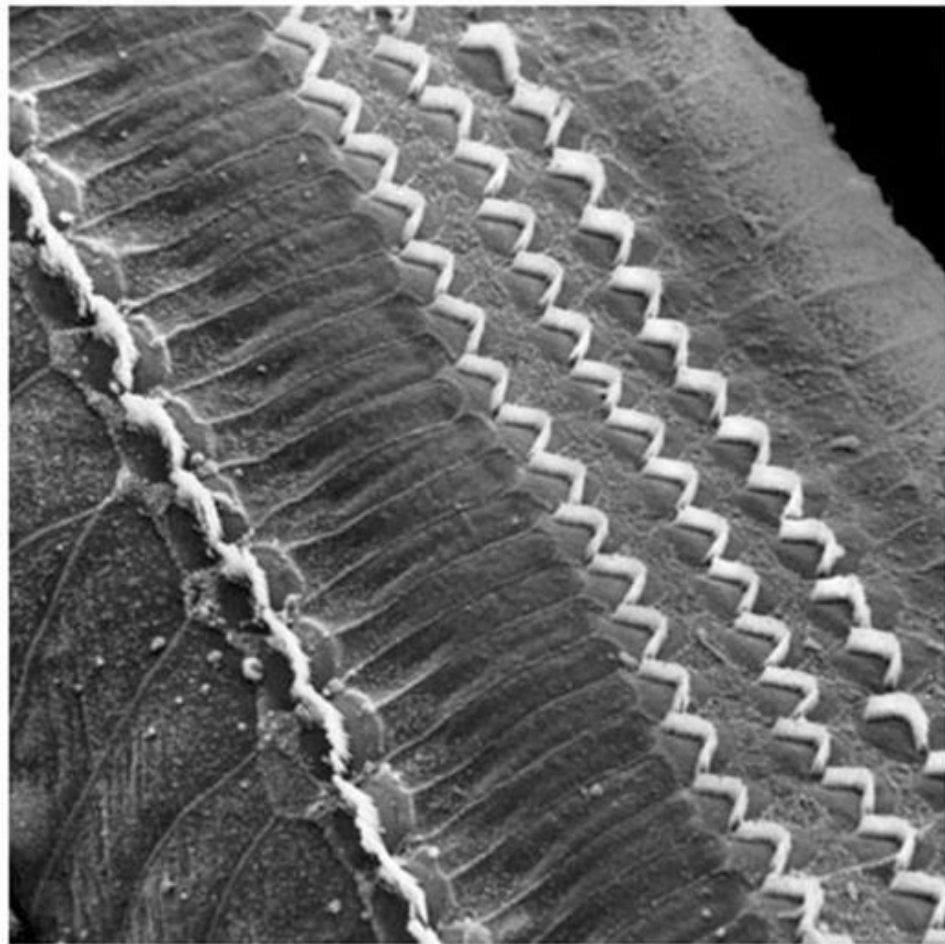
Una de las funciones principales del oído es la de convertir las ondas sonoras en vibraciones que estimulen las células nerviosas, para ello el oído tiene tres partes claramente identificadas. Estas secciones están interconectadas y son el oído externo, el medio y el interno. Cada parte tiene funciones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



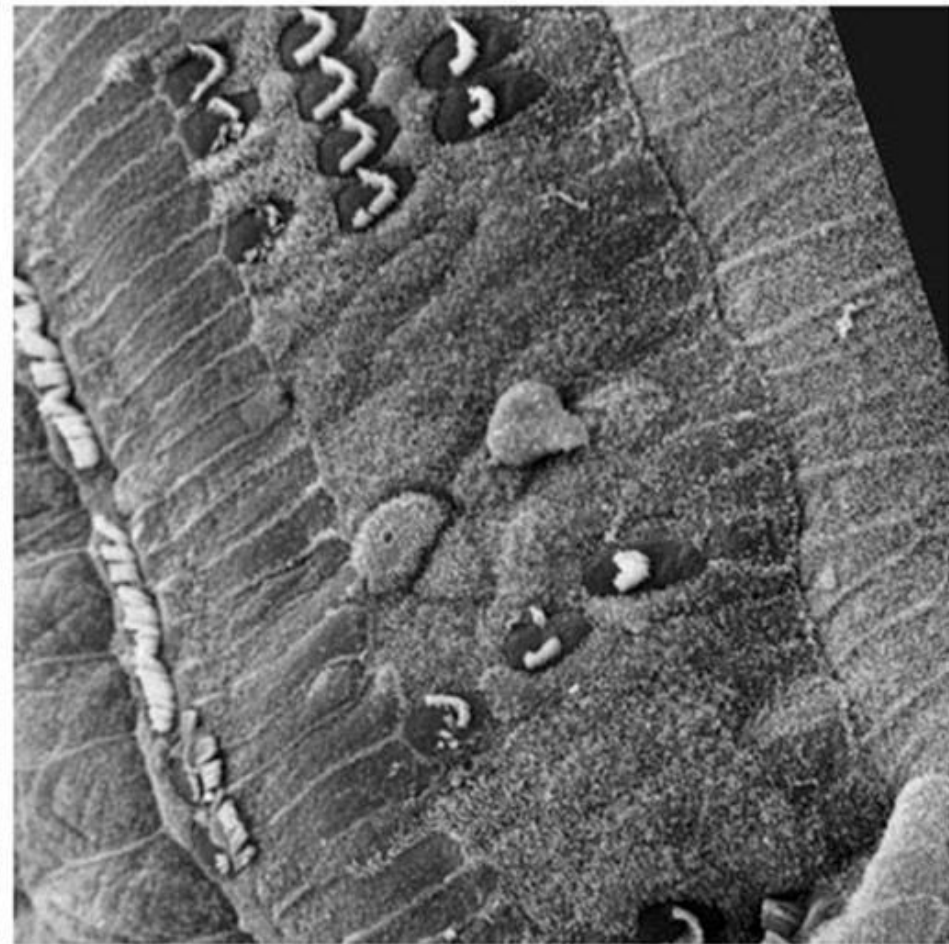




Líquido interior del Oído: Endolinfa

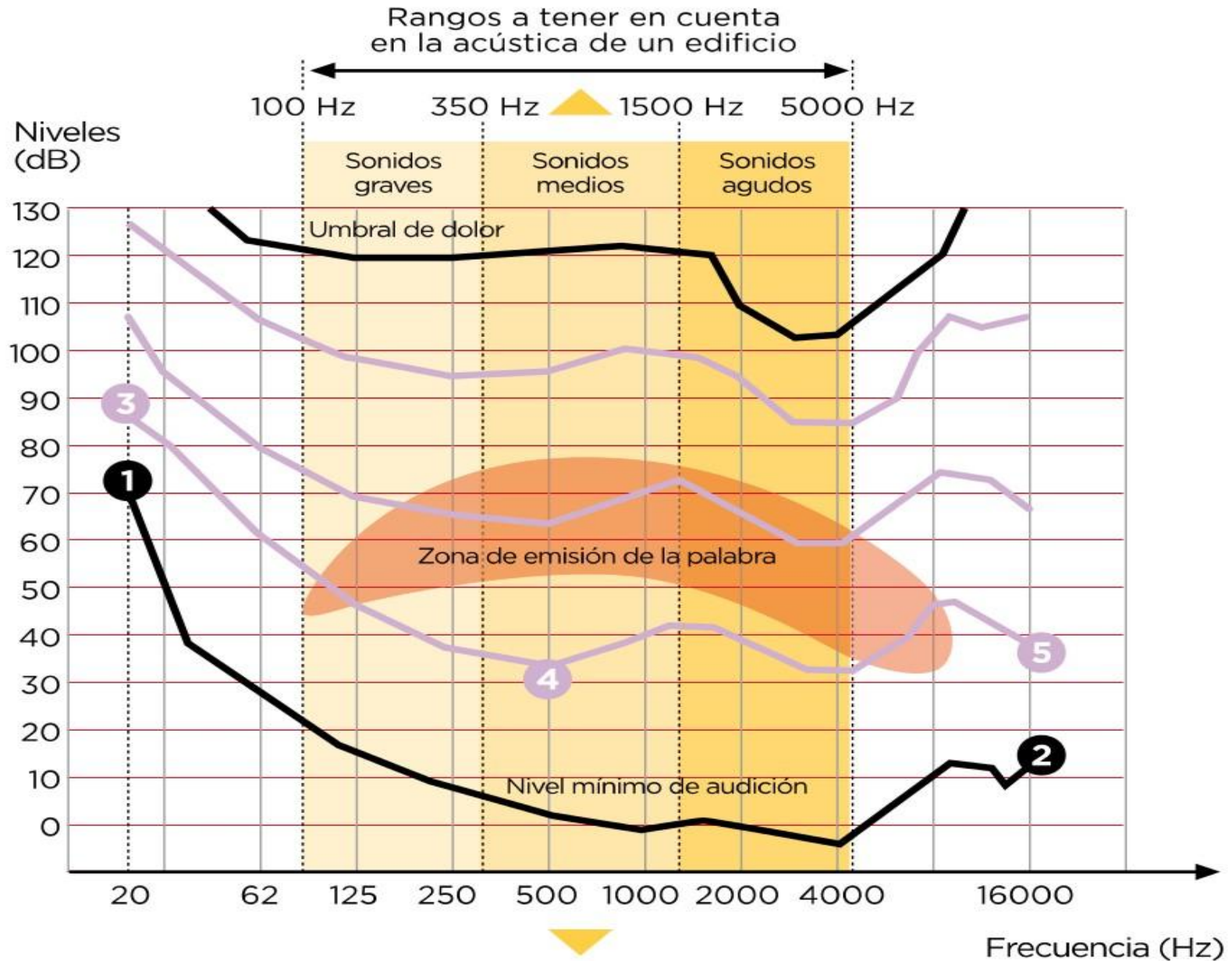


Intact cochlea



Damaged cochlea

# Curvas de Fletcher y Munson



# 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

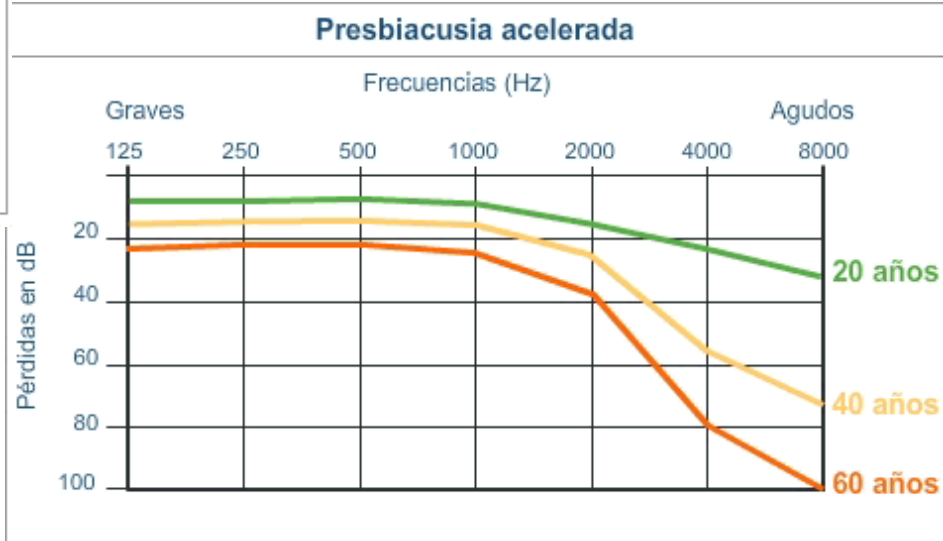
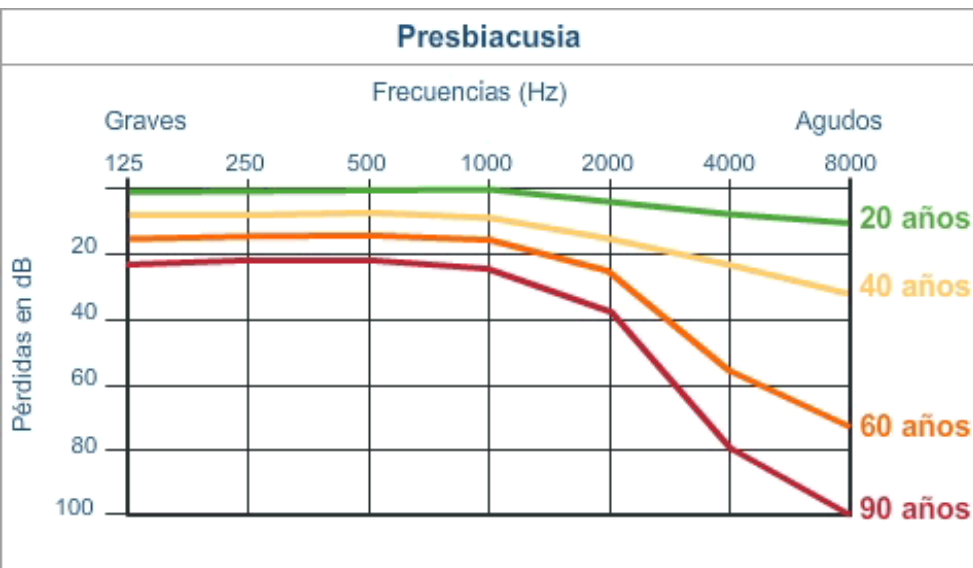
## ➤ Hiperacusia

muerte de algunas células ciliadas  
células restantes trabajando al máximo

# 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 65 dB	Pérdida de oído a largo plazo.	
→	A partir de 110-140 db	Pérdida de oído a corto plazo.	

# 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