

Ultrasonidos (US)

Diagnóstico por la imagen

Sistemas e Imágenes Médicas

Ultrasonidos

Introducción

- ✦ Los US son ondas sonoras de una frecuencia superior a 20 kHz
 - ✦ En diagnóstico, se usan frecuencias de 1 a 5 MHz
- ✦ Se usan para generar imágenes al medir los ecos que se producen en los bordes entre tejidos y en las pequeñas estructuras dentro del tejido.
 - ✦ Da información anatómica de alta resolución
 - ✦ Buen contraste para tejidos blandos
 - ✦ Permite visualizar imágenes en tiempo real
 - ✦ No utiliza radiaciones ionizantes

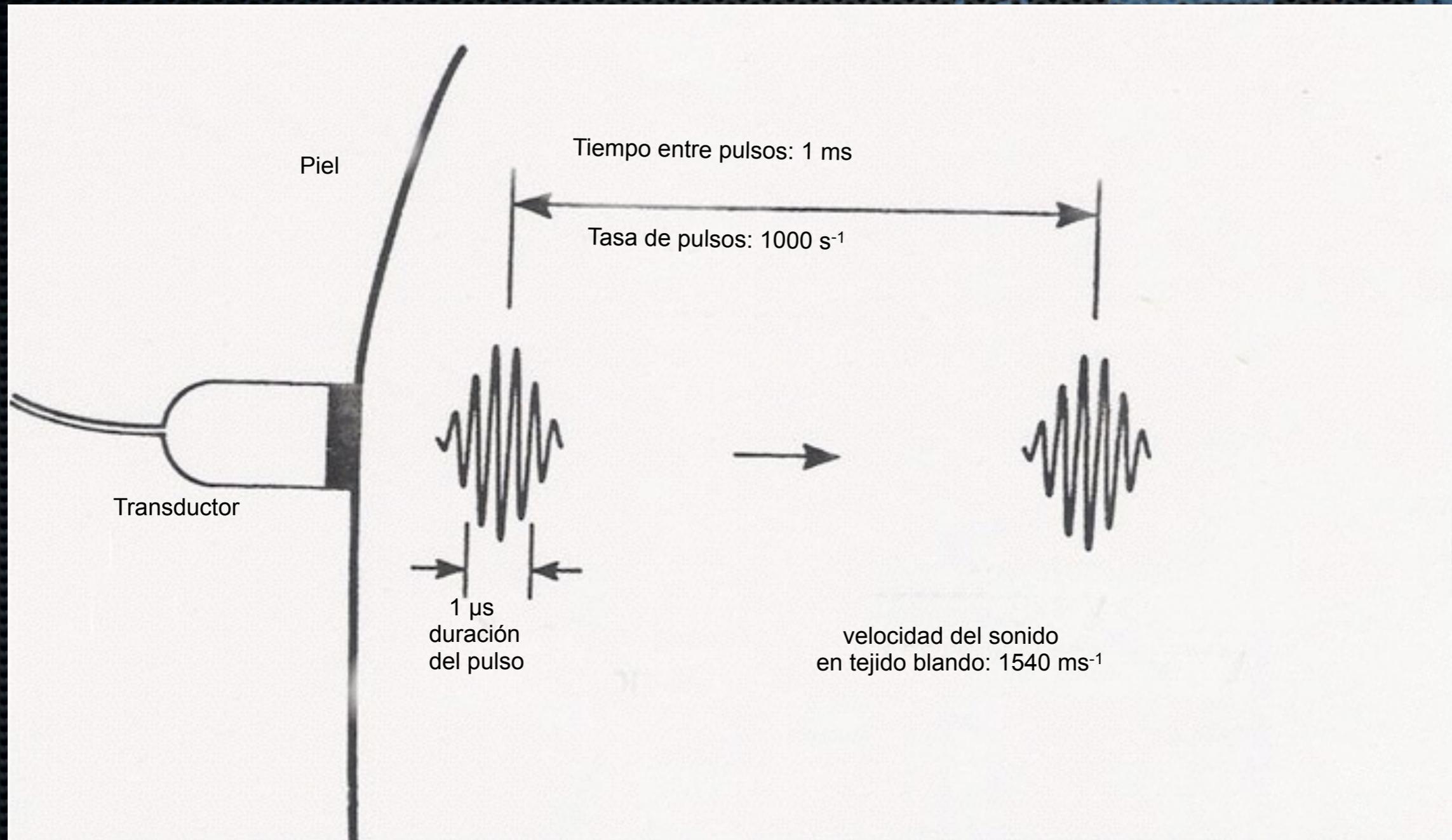
Ultrasonidos

Principio de funcionamiento

1. Un transductor de US transmite un pulso corto ($1-5 \mu\text{s}$) al interior del cuerpo humano.
2. El transductor produce un haz estrecho de US que se propaga como onda de presión a través de los tejidos, a unos 1540 m/s .
3. Cuando el frente de US encuentra la superficie de un tejido, un borde o una estructura dentro de un órgano, parte de su energía se dispersa en todas direcciones.
 - ✦ Una parte de esta energía es transmitida de vuelta hacia la dirección del transductor
4. El transductor mide la energía devuelta
 - ✦ Usando el tiempo medido del eco y la velocidad de transmisión, se puede conocer la profundidad del elemento

Ultrasonidos

Principio de funcionamiento



Ultrasonidos

Uso en diagnóstico médico

- ✦ Se aplican al estudio de tejidos blandos y en ginecología:
 - ✦ Estudio de riñones, hígado, etc.
 - ✦ Estudios fetales
 - ✦ Estudios de músculos
 - ✦ Estudios de la velocidad de la sangre
- ✦ Los equipos de US producen imágenes:
 - ✦ De cortes 2D
 - ✦ Medidas anatómicas en 1D, 2D y 3D
 - ✦ Estudios de movimientos
 - ✦ Imágenes 3D y 4D

Fundamentos físicos

Propagación en el medio

- ✦ Las ondas sonoras producen una compresión y descompresión armónica del medio conforme lo atraviesan.
- ✦ Las ondas se mueven a una velocidad v :

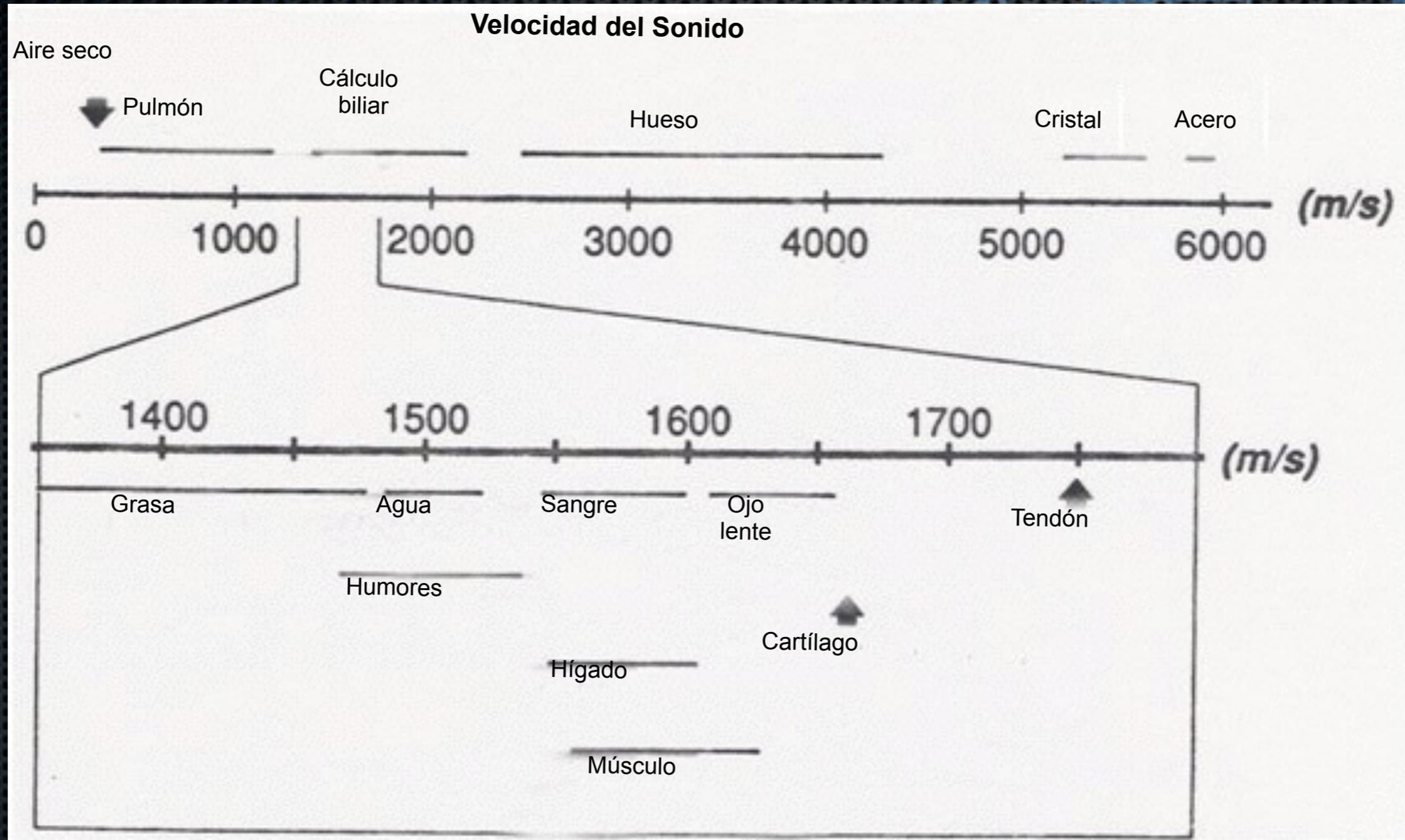
$$v = \lambda \cdot f$$

- ✦ v está relacionada con la compresibilidad y densidad del medio:

$$v = \frac{1}{\sqrt{K\rho}}$$

Fundamentos físicos

Propagación en el medio



Fundamentos físicos

Propagación en el medio

Material	Densidad (kg/m ³)	v (m/s)	v (mm/μs)
Aire	1,2	330	0,33
Pulmón	300	600	0,60
Grasa	924	1450	1,45
Agua	1000	1480	1,48
Tejido Blando	1050	1540	1,54
Riñón	1041	1565	1,57
Sangre	1058	1560	1,56
Hígado	1061	1555	1,55
Músculo	1068	1600	1,60
Hueso Cráneo	1912	4080	4,08
PZT	7500	4000	4,00

(PZT titanato de zirconio y plomo)

Fundamentos físicos

Atenuación del sonido

- ✦ La atenuación del sonido se debe al efecto de la absorción y la dispersión en el medio.
- ✦ Decrece exponencialmente con la profundidad:

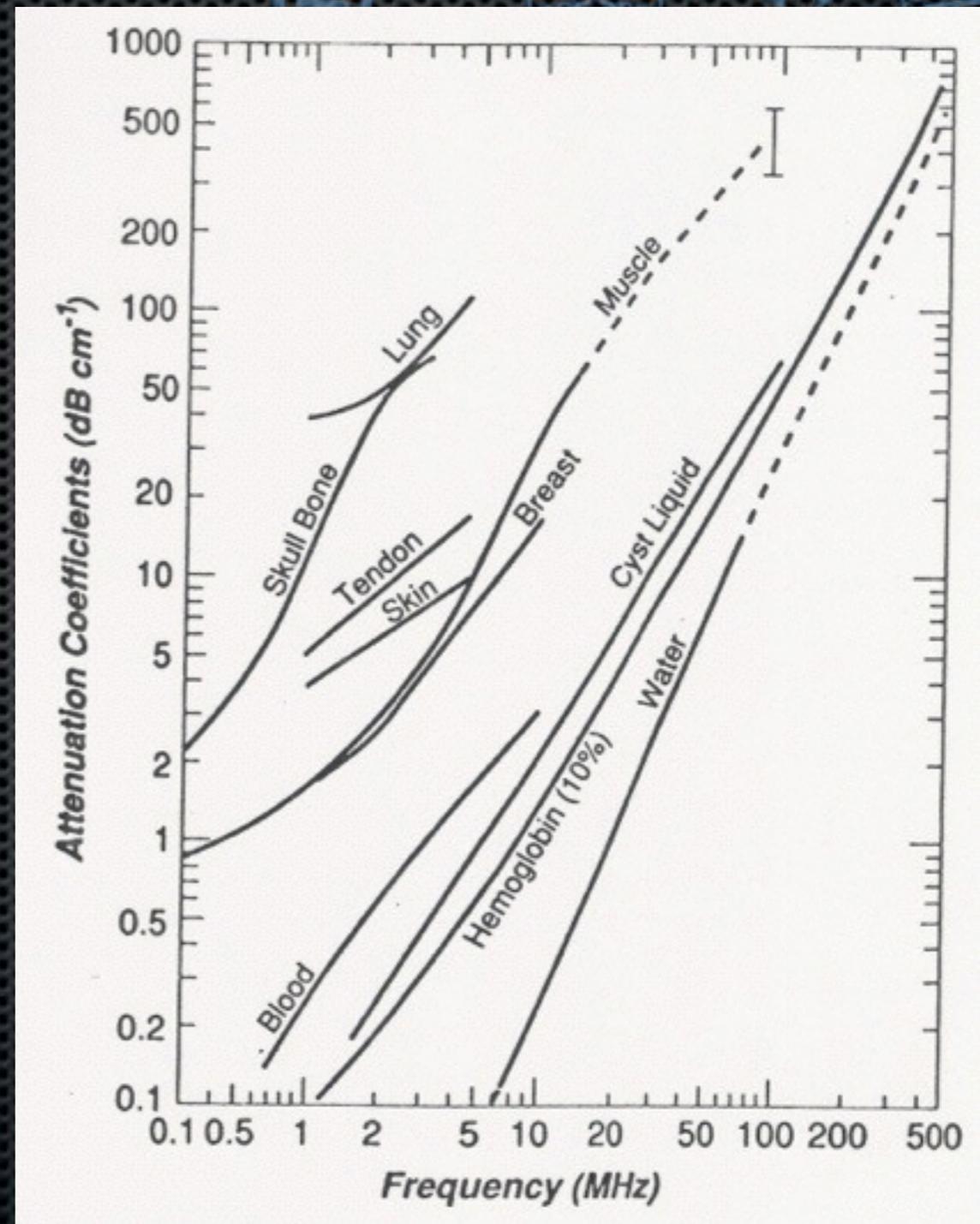
$$I(x) = I_0 e^{-\mu x}$$

- ✦ Se suele expresar en dB: $I_{dB} = 10 \cdot \log(I/I_0)$
- ✦ μ es el coeficiente de atenuación
 - ✦ Se mide en dB/cm

Fundamentos físicos

Atenuación del sonido

- ✦ μ es aproximadamente lineal con la frecuencia para la mayoría de tejidos:
 - ✦ para tejidos blandos,
 $\mu = 1 \text{ dB cm}^{-1} \text{ MHz}^{-1}$
 - ✦ para grasa,
 $\mu = 0.7 f^{1.5} \text{ dB cm}^{-1}$



Fundamentos físicos

Impedancia acústica

- Es el cociente entre presión acústica y velocidad de propagación:

$$Z = \frac{p}{u_z}$$

u_z : vel. en la dirección z

- También se puede expresar en función de las propiedades físicas del medio:

$$Z = \rho v = \rho \frac{1}{\sqrt{\rho k}} = \sqrt{\frac{\rho}{k}}$$

- Se mide en $(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})\cdot(\text{kg}\cdot\text{m}^{-3})$
 - Unidad S.I.: rayl $(\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1})$

Fundamentos físicos

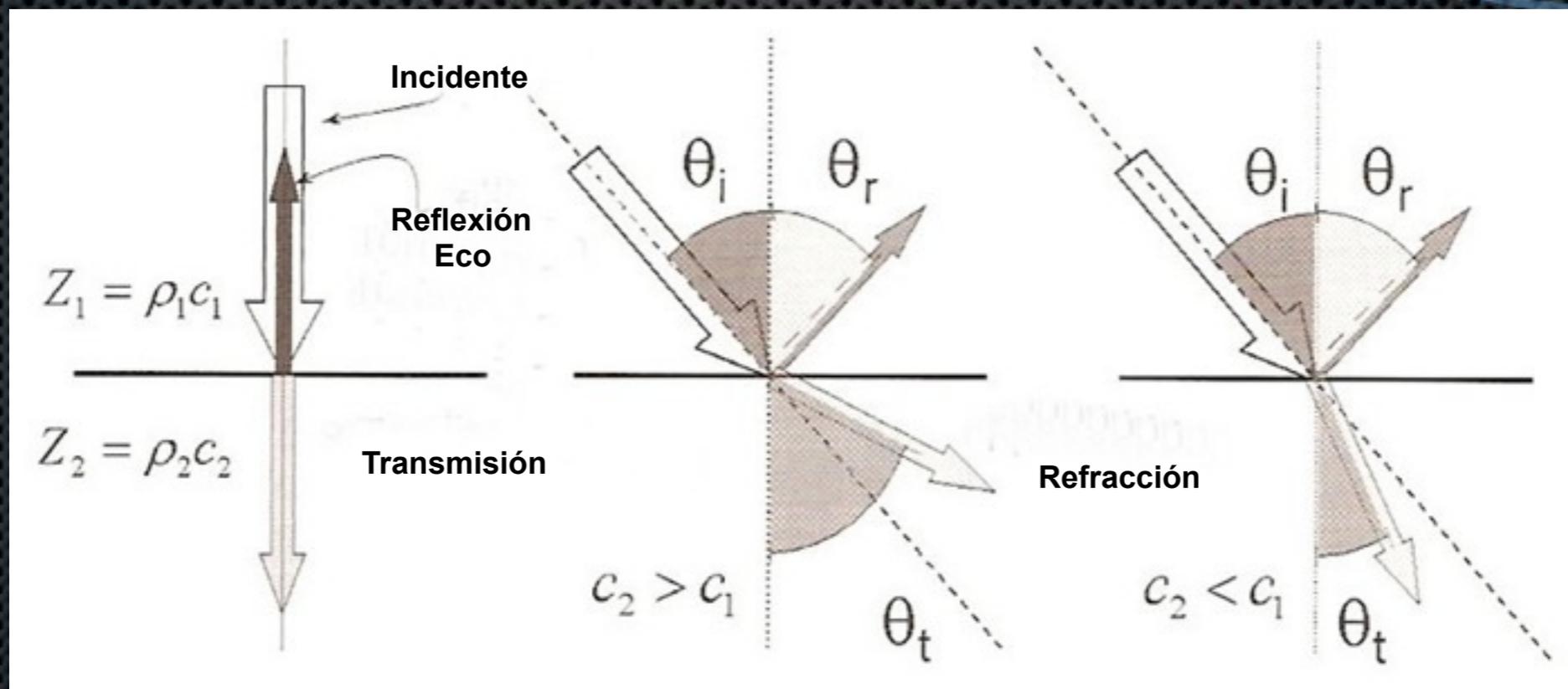
Impedancia acústica

Tejido	Z (rayls)
Aire	0,0004 10
Pulmón	0,18 10
Grasa	1,34 10
Agua	1,48 10
Riñón	1,63 10
Sangre	1,65 10
Hígado	1,65 10
Músculo	1,71 10
Hueso del Cráneo	7,8 10

Fundamentos físicos

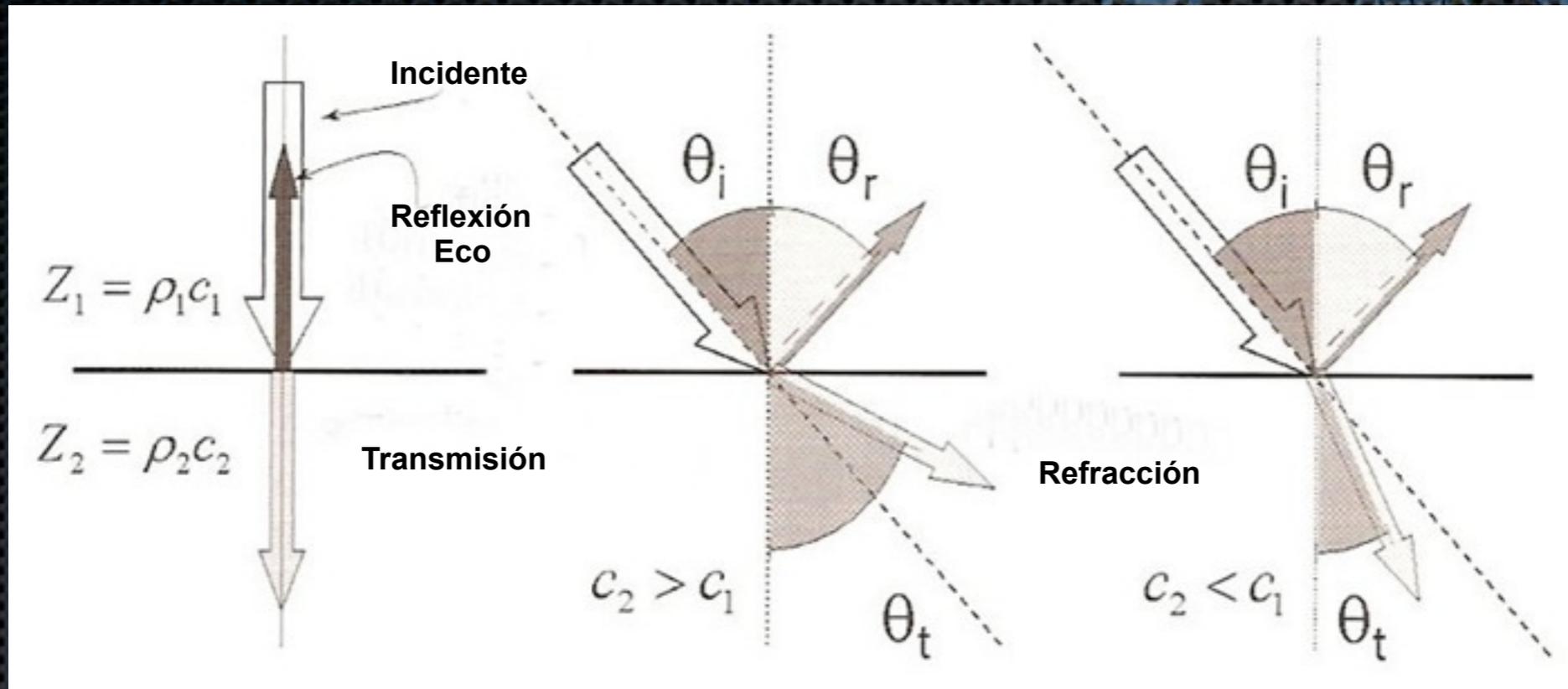
Cambio de medio

- Cuando una onda sonora atraviesa una frontera entre dos medios, si no tienen la misma Z se produce una reflexión parcial.
- Si el ángulo de incidencia no es normal con la frontera, se produce además una refracción de la onda que la atraviesa.



Fundamentos físicos

Cambio de medio



- Coeficiente de reflexión:

$$R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

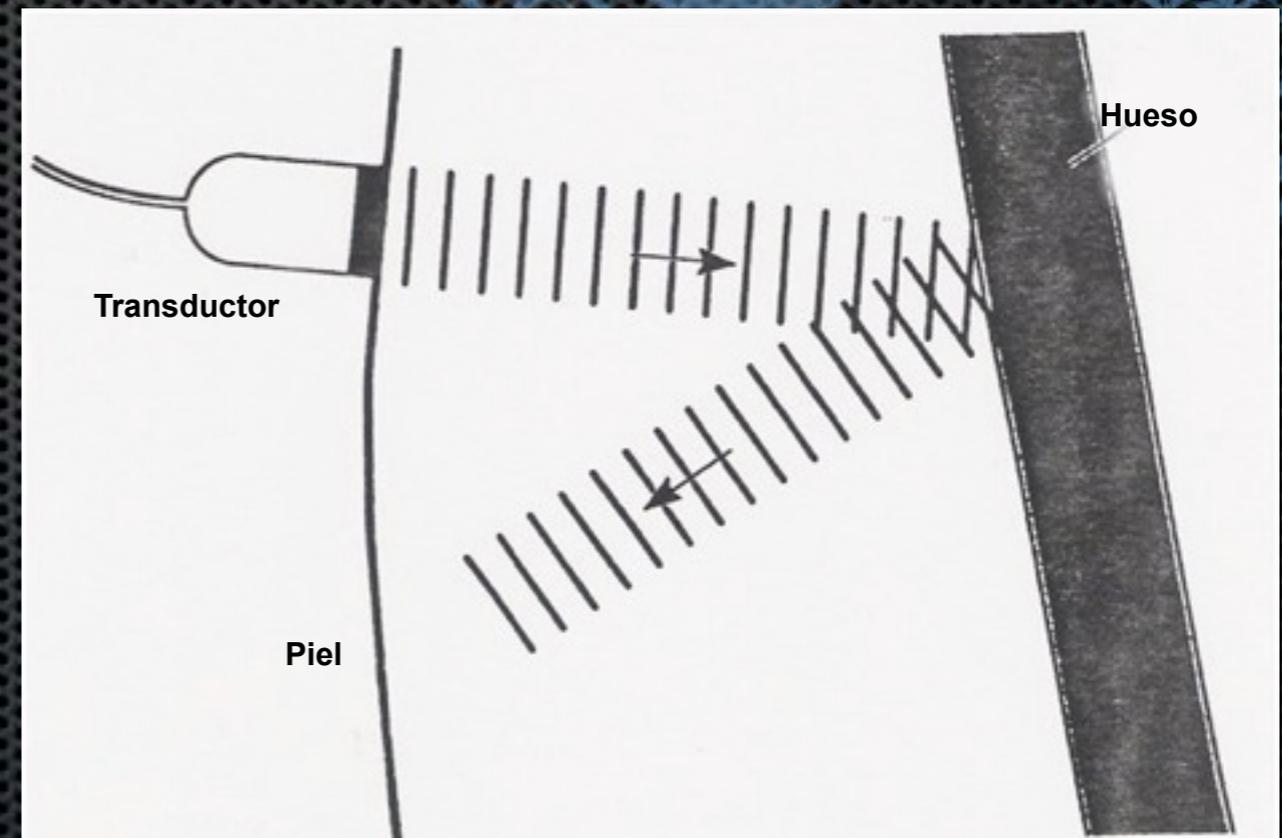
- Ángulo de refracción:

$$\frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_t} = \frac{c_1}{c_2}$$

Fundamentos físicos

Coeficiente de reflexión

-MÚSCULO-GRASA	$R = 0,01$
-MÚSCULO-HUESO	$R = 0,23$
-GRASA-HUESO	$R = 0,3$
-SANGRE-MÚSCULO	$R = 0,0006$
-SANGRE-GRASA	$R = 0,0064$
-GRASA-AIRE	$R = 0,999$



Ultrasonidos

Información clínica que aportan

- ✦ Los US no son útiles para estudios intracraneales o de pulmón por los altos valores de R en los cambios de medio tejido–hueso o tejido–aire (*las ondas no atraviesan la frontera*).
- ✦ Las imágenes en tejidos blandos se basan en las diferencias en densidad ρ o en variaciones de la compresibilidad (elasticidad) k

Ultrasonidos

Información clínica que aportan

- ✦ densidad ρ :
 - ✦ Todos los tejidos blandos excepto la grasa tienen una densidad similar
- ✦ Compresibilidad k :
 - ✦ Es función del contenido de colágeno del estroma

Ultrasonidos

Información clínica que aportan

- ✦ Órganos como riñón, páncreas, bazo e hígado poseen múltiples sub-regiones con diferentes tejidos, que dan lugar a imágenes de US con texturas características
- ✦ Estructuras que contienen fluidos, como vejiga, quistes, conducto biliar, aorta y grandes venas, y que no poseen sub-estructuras internas, dan una imagen totalmente opaca de su interior.

Ultrasonidos

Información clínica que aportan

- ✦ El pulmón también genera una imagen totalmente oscura, debido a:
 - ✦ La reflexión en la frontera tejido-aire es muy alta
 - ✦ La atenuación de las ondas en el aire es muy elevada