

UNIVERSIDAD  
DE CHILE

# Módulo Ecografía: Transductores, Ecógrafos y Optimización de Imagen

TM. Ecografista Járol Aguilar González

Noviembre 2020





# Introducción

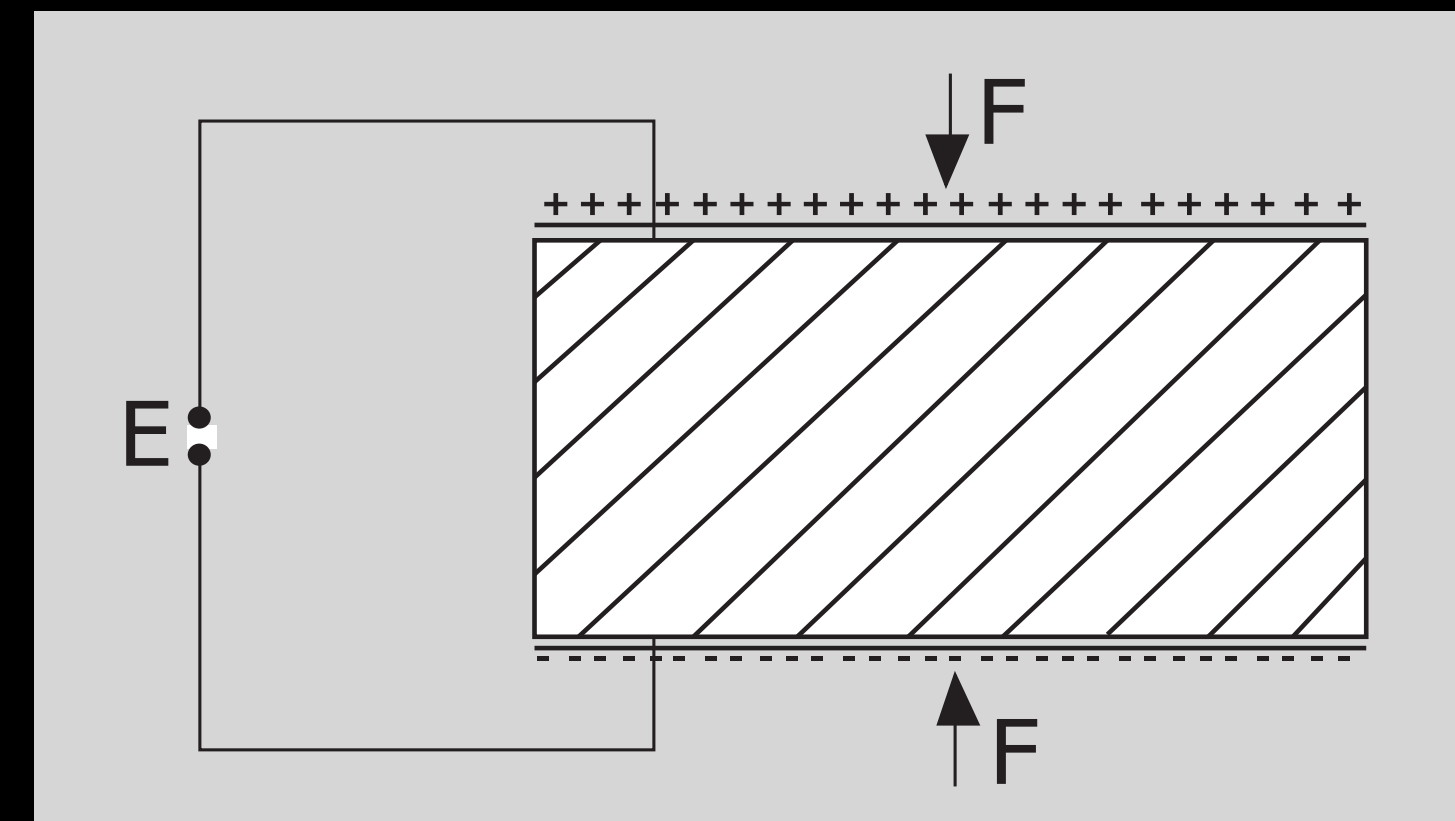
- ❖ Imagen de Ultrasonido → **Sumatoria de procesos**
- ❖ **Transductor** el elemento principal que genera el US, detallando cada una de sus partes estructurales y la física acústica que la acompaña.
- ❖ **Ecógrafo** como aparato funcional y estructural, ahondando en sus componentes y como cada elemento de este colaboran como un engranaje para obtener la imagen ecográfica de la manera más útil posible.
- ❖ Conocer los parámetros básicos y buscar su modificación para optimizarlos a nuestro beneficio.





# Transductores: Efecto Piezoeléctrico

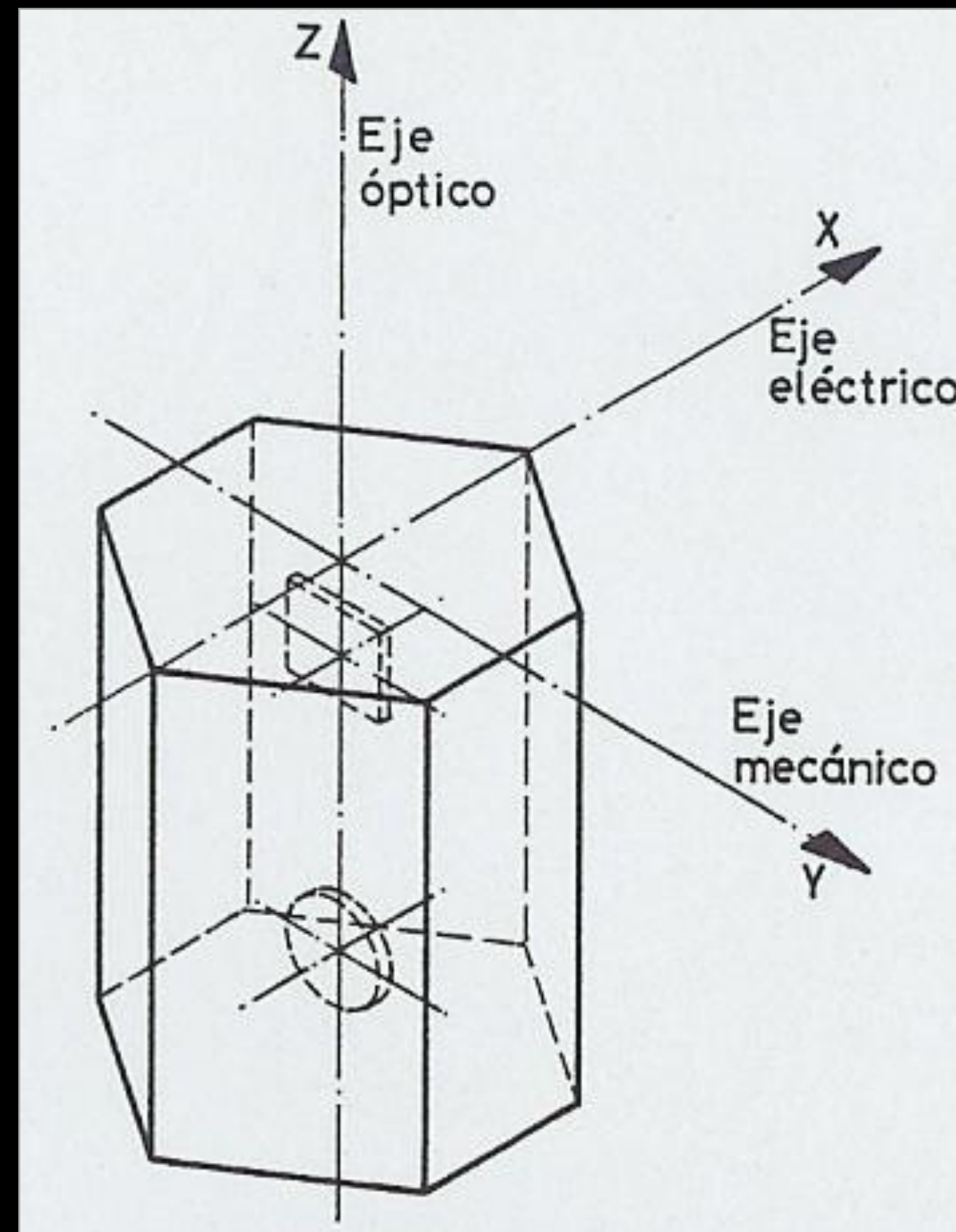
- ❖ Del Griego "piezein" → Estrujar, apretar
- ❖ Año 1881 hermanos Curie → Efecto Piezoeléctrico inverso.
- ❖ Fenómeno de algunos cristales específicos por naturaleza
- ❖ Presión o tracción mecánica → cargas eléctricas en las caras
- ❖ Cuarzo, la turmalina o la sal de Rochelle.







# Transductores: Efecto Piezoeléctrico



- ❖ Sección transversal hexágona, con extremos en punta.
- ❖ 3 ejes: óptico, eléctrico y mecánico.
- ❖ Para que la materia presente la propiedad de la piezoelectricidad debe cristalizar en sistemas que **no tengan centro de simetría**, o sea que posean **disimetría**, y por lo tanto que tengan un eje polar.





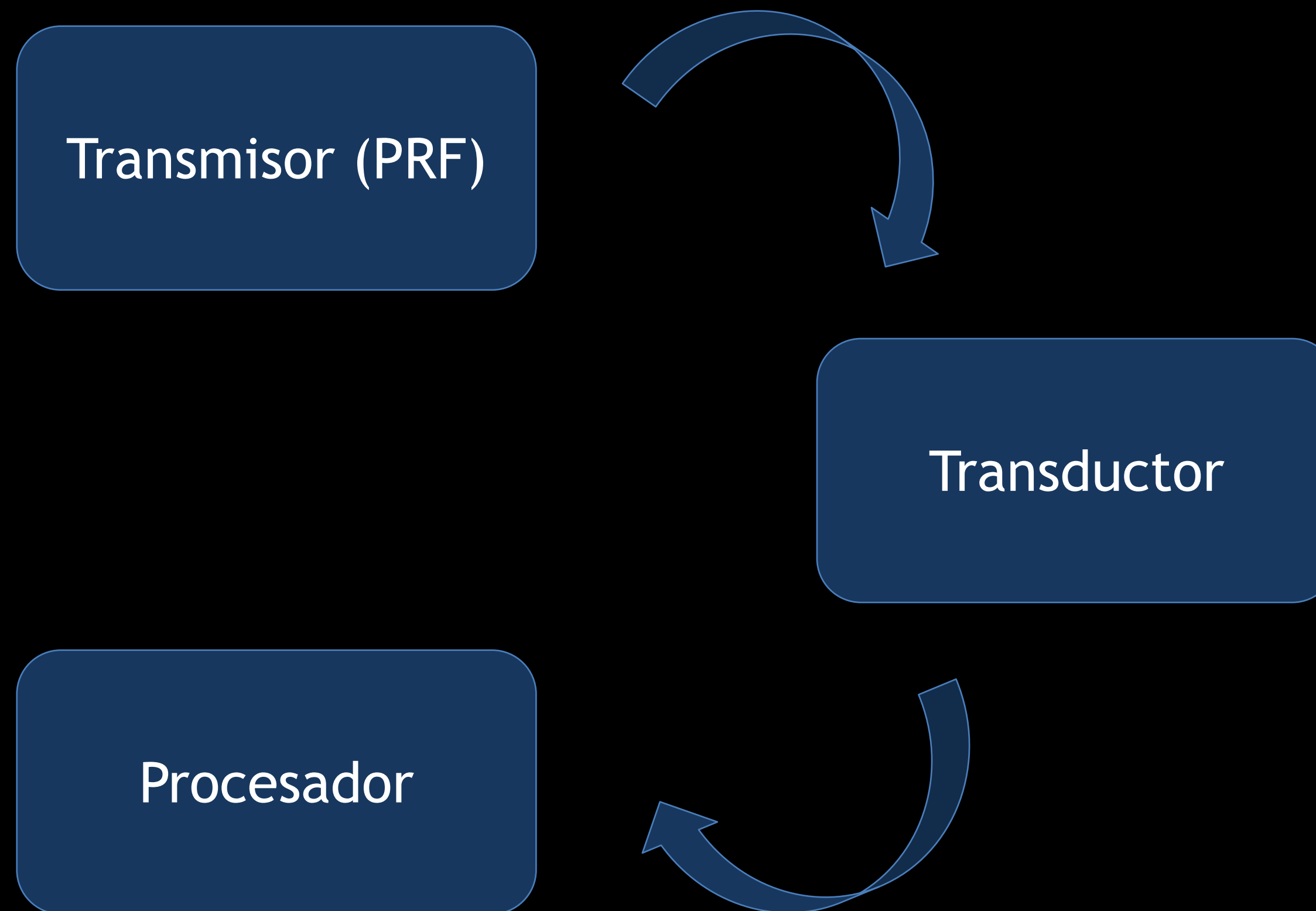
# Transductores: Efecto Piezoeléctrico

- ❖ El tipo, longitud, espesor de corte y el módulo de vibración —> **frecuencia natural** de resonancia del cristal.
- ❖ Estos varían en rangos de frecuencias entre 100 kHz y 30 Mhz.
- ❖ Ahora para poder generar la onda de ultrasonido necesitamos el **efecto inverso**. Para ello se aplicara un campo eléctrico el cual generara estas ondas.





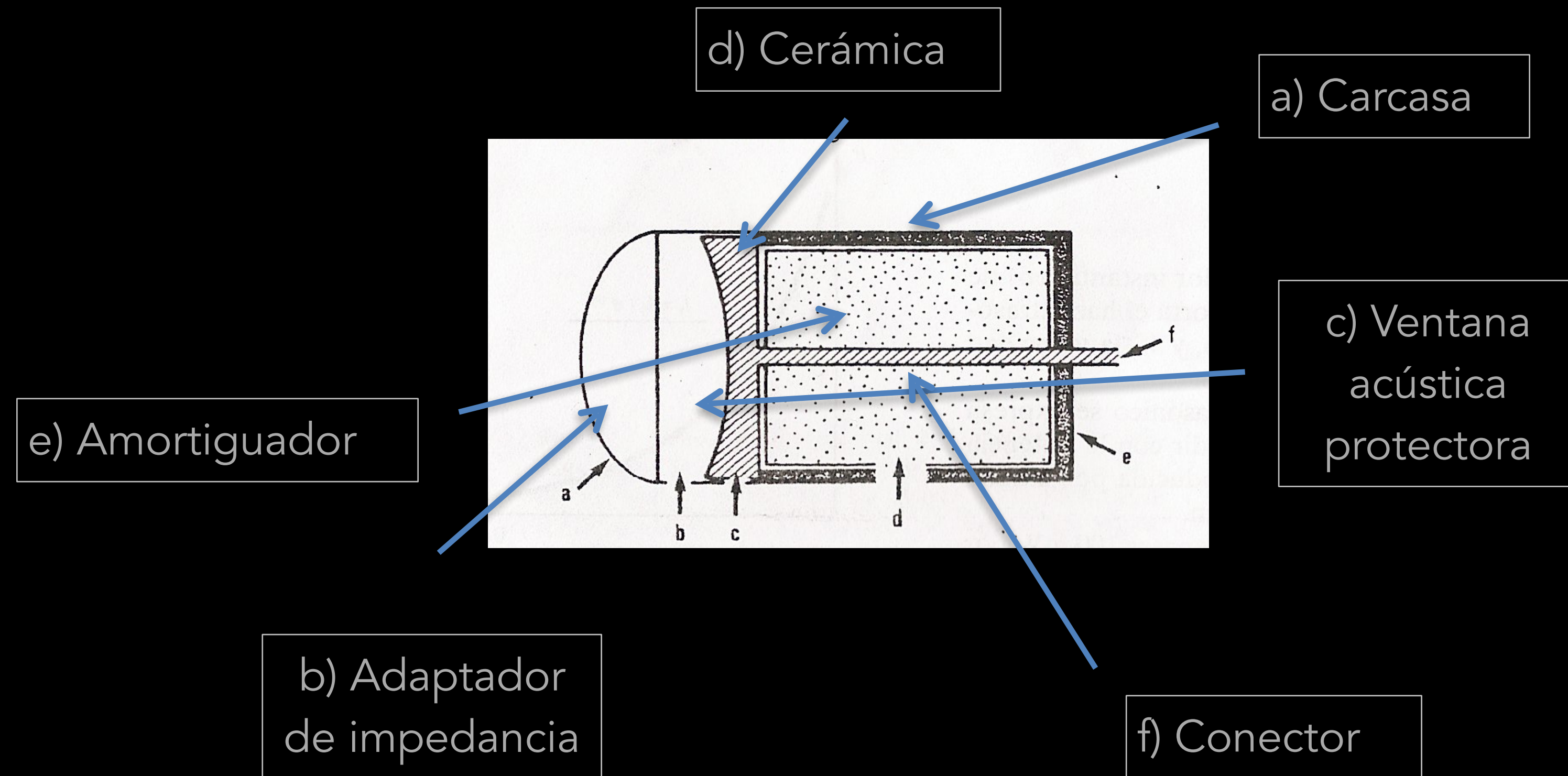
# Equipo







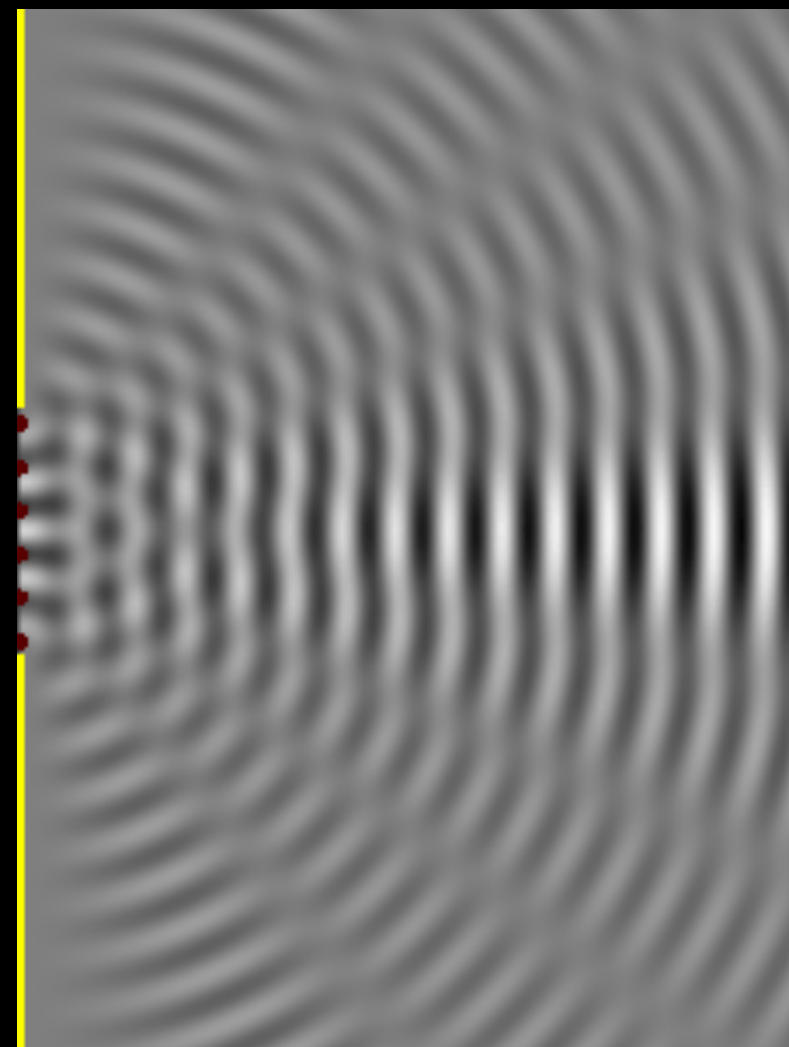
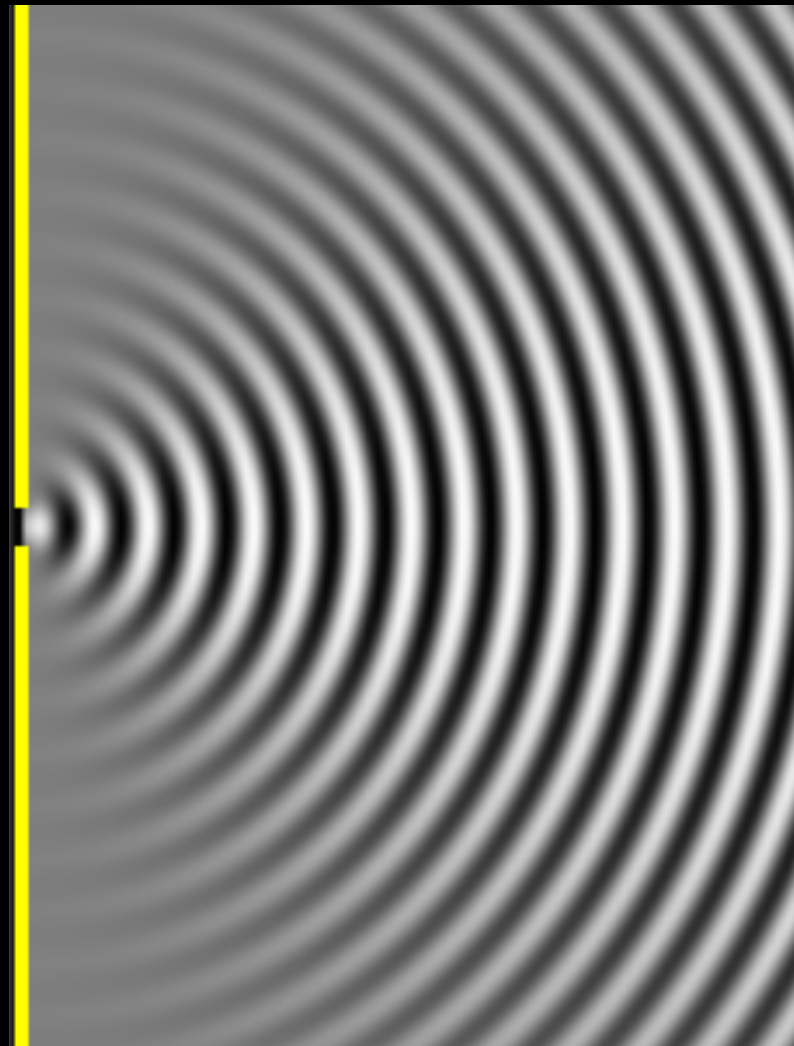
# Transductores: Estructura







# Transductores: Haz de US



## Enfoque del haz

- ❖ Principio de Huygen
  - ❖ Si el haz emitido no dispone de sistemas de focalización, este diverge gradualmente según atraviesa los tejidos, lo cual conduce a una pobre resolución espacial.
- ❖ Haz → Región en la que las ondas se encuentran en **fase**





# Transductores: Haz de US

## Las características del haz

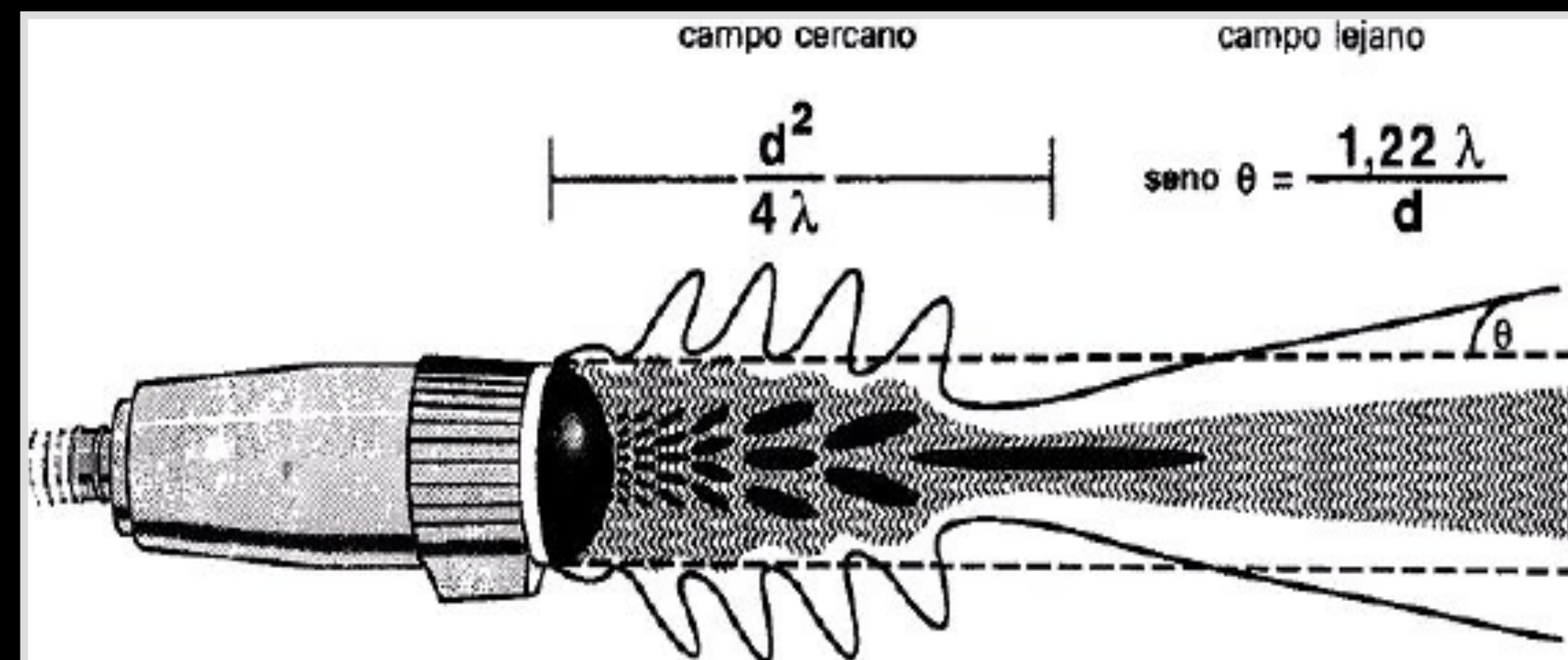
Dirección → Perpendicular al frente de ondas

### *Zona de Fresnel*

- Campo proximal
- Longitud es  $L = D^2 / 4\lambda$ .
- El ancho de este campo = Diámetro de la sonda

### *Zona de Fraunhofer*

- Campo distal
- Dificultad en detección de estructuras pequeñas
- Zona inútil del haz
- $\text{Sen}\theta = 1,22 \lambda/d$





# Transductores: Haz de US

## Ancho de banda

❖ Una sola frecuencia → **Frecuencia de Resonancia.**

❖ Dificultad para iniciar y detener el pulso.

❖ **El Factor Calidad (FC)**

$$FC = \text{Frecuencia de Resonancia(MHz)} / \text{Ancho de banda(MHz)}$$

- Tamaño del cristal

- Material

- Forma en la que fue polarizado





# Transductores: Haz de US

## Barrido del haz

### ❖ El barrido **mecánico**:

#### a) Lineal

-Desplazado en forma lineal y produce una imagen rectangular.

#### b) Oscilante

-Barre un campo de vision (CV) deseado

-Movimiento oscilante con un barrido en forma de semicirculo

#### c) Rotatorio

-Varios anillos concéntricos (annular array)

-Movimiento circular

- No siempre se aprovecha todo el haz

### Desventajas:

❖ Tasa de cuadros limitada (capaces de producir mas menos 30 cuadros por segundo)

❖ Campo de vision restringido

❖ Frecuente la distorsión de la imagen

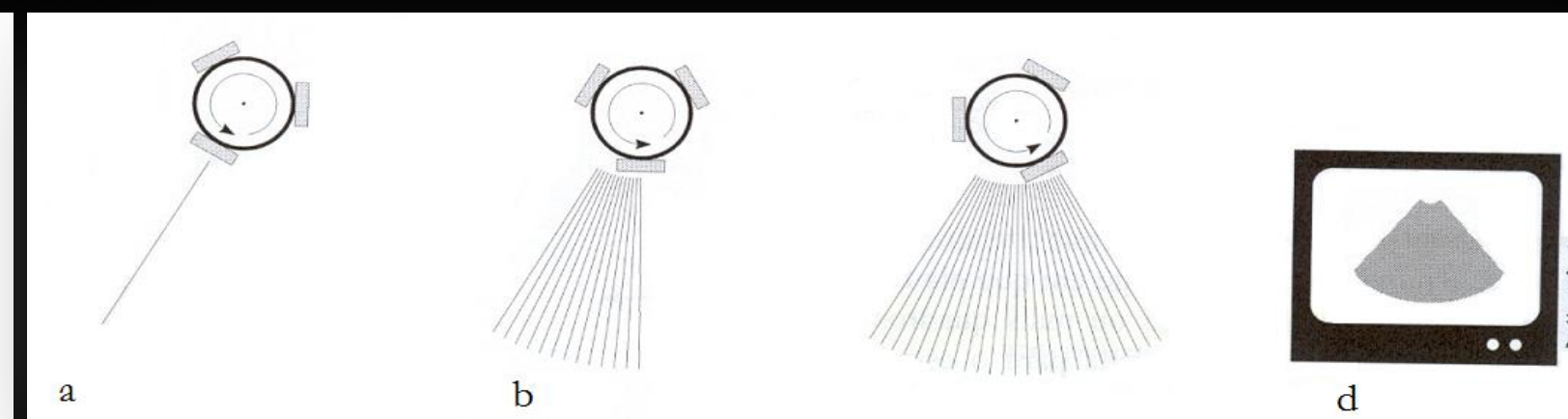
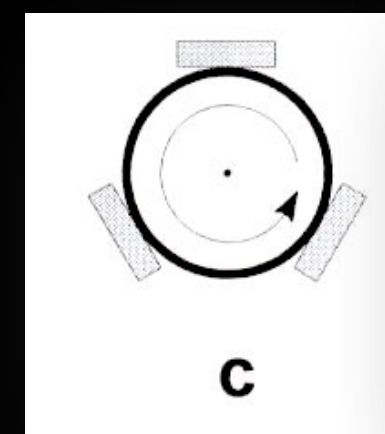
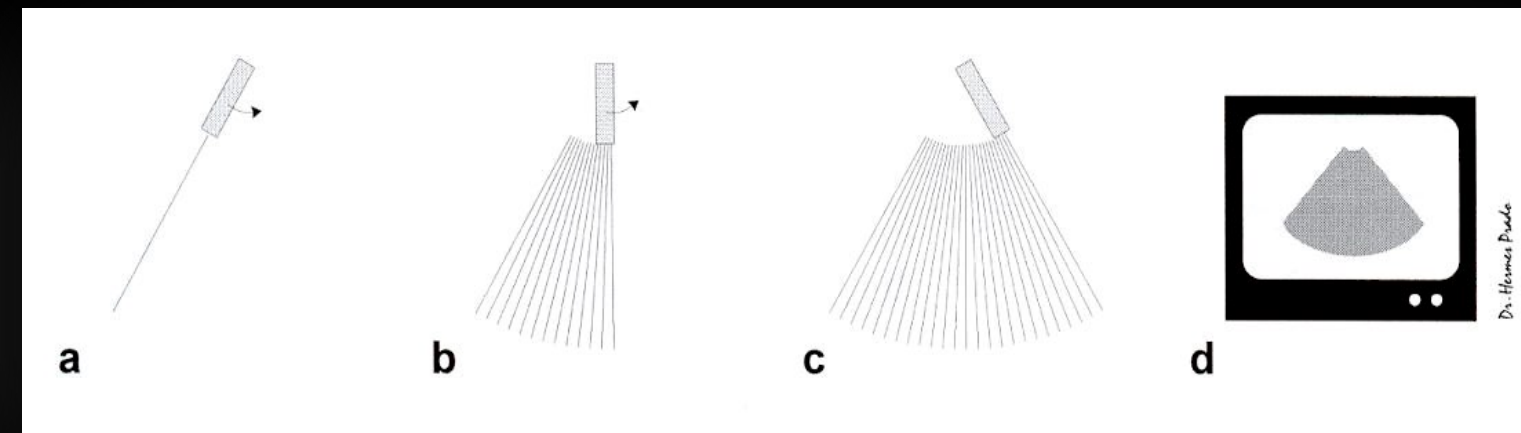
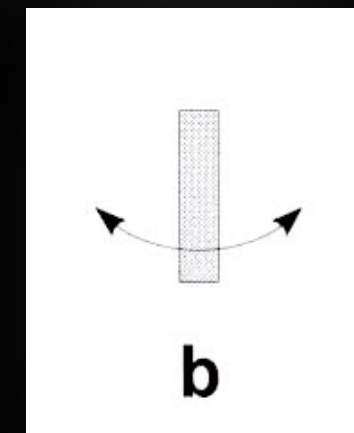
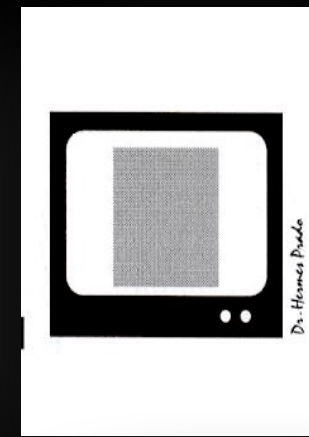
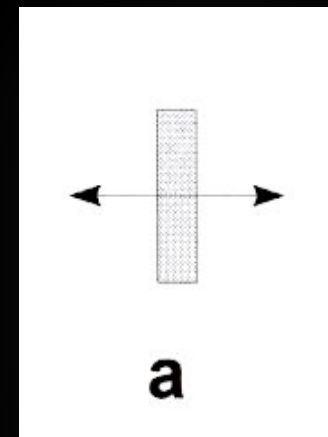
### Ventajas:

❖ Económicas

❖ Faciles de construir



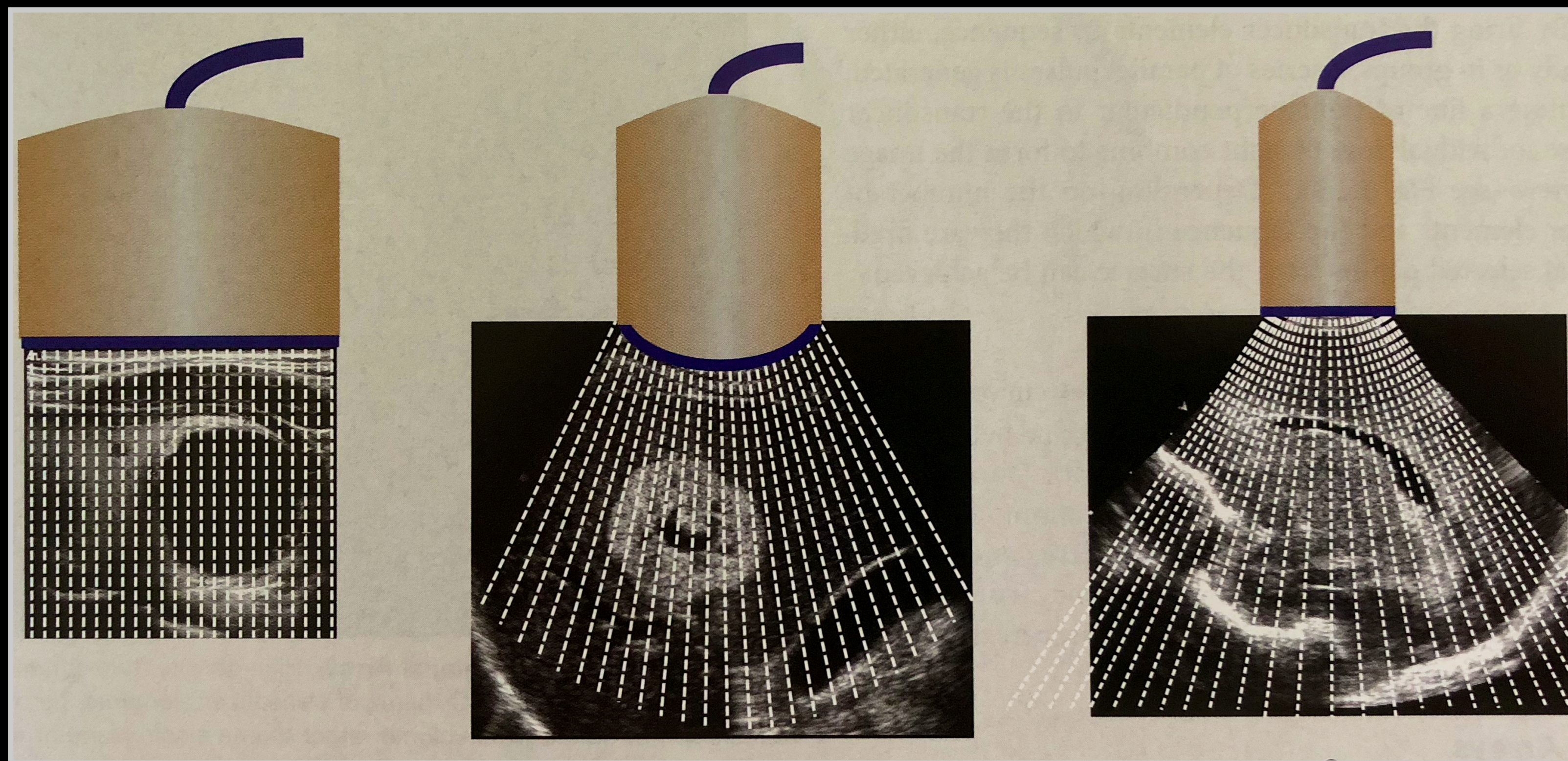
# Transductores: Haz de US







# Transductores: Haz de US







# Transductores: Haz de US

## El Barrido Electrónico

- ❖ Serie de pequeñas sondas
- ❖ Su haz se produce sin la necesidad de movimiento
- ❖ Producen 60 o más cuadros por segundo
- ❖ El frente de ondas puede generarse aplicando voltaje a:
  - Todos los elementos a la vez
  - Secuencialmente a grupos de elementos (matriz lineal)
  - Todos los elementos, pero con pequeñas diferencias de tiempo (matriz en fase)
- Lineal con activación secuencial:
  - Secuencia en grupos de cristales
  - Se espera a que todos los cristales se hayan activados
  - La secuencia total constituye un único cuadro y la imagen que se obtiene es un rectángulo.





# Transductores: Haz de US

-Lineal convexa con activación secuencial

Grupos de cristales

Convexal

Un solo cuadro

Segmento de un círculo.

-Lineal con activación en fase

Ligero desfase en la emisión del US cada cristal

Haz en forma de abanico

Ventanas pequeñas

Estudio de cerebro o corazón.

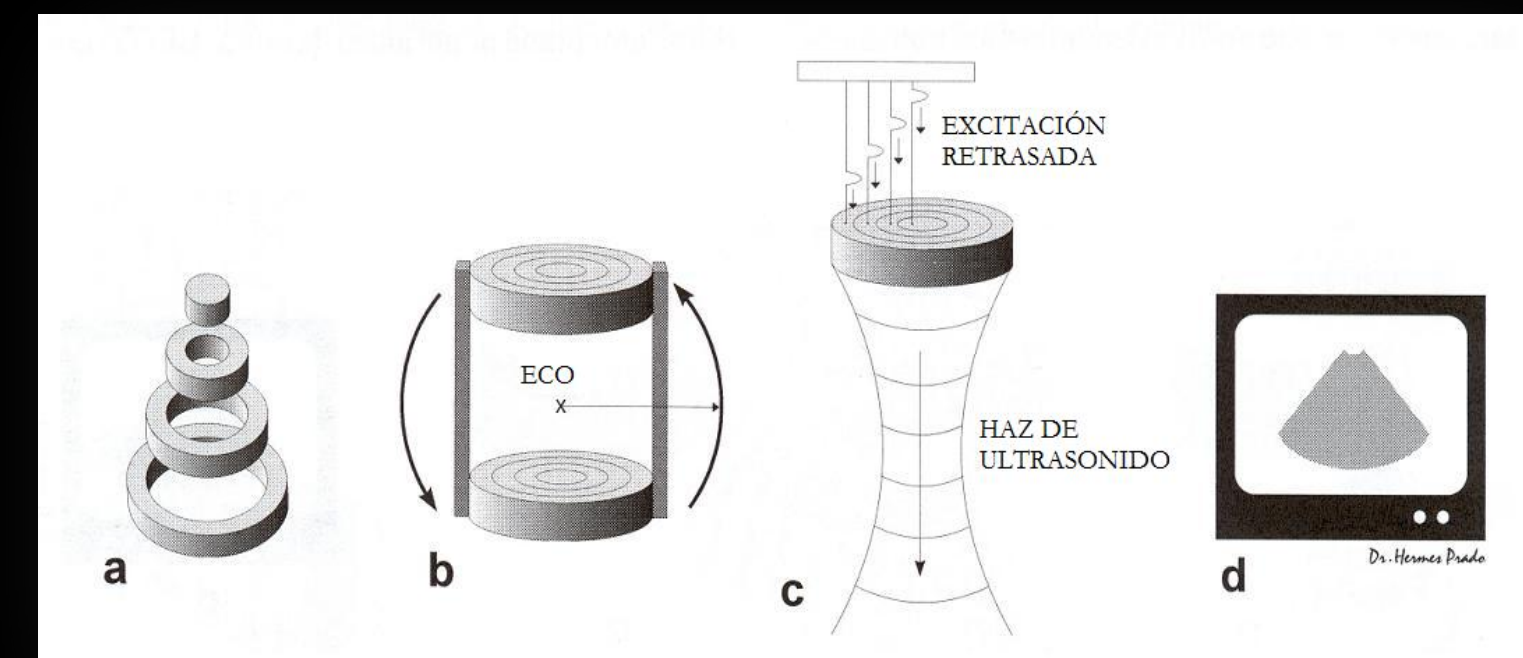
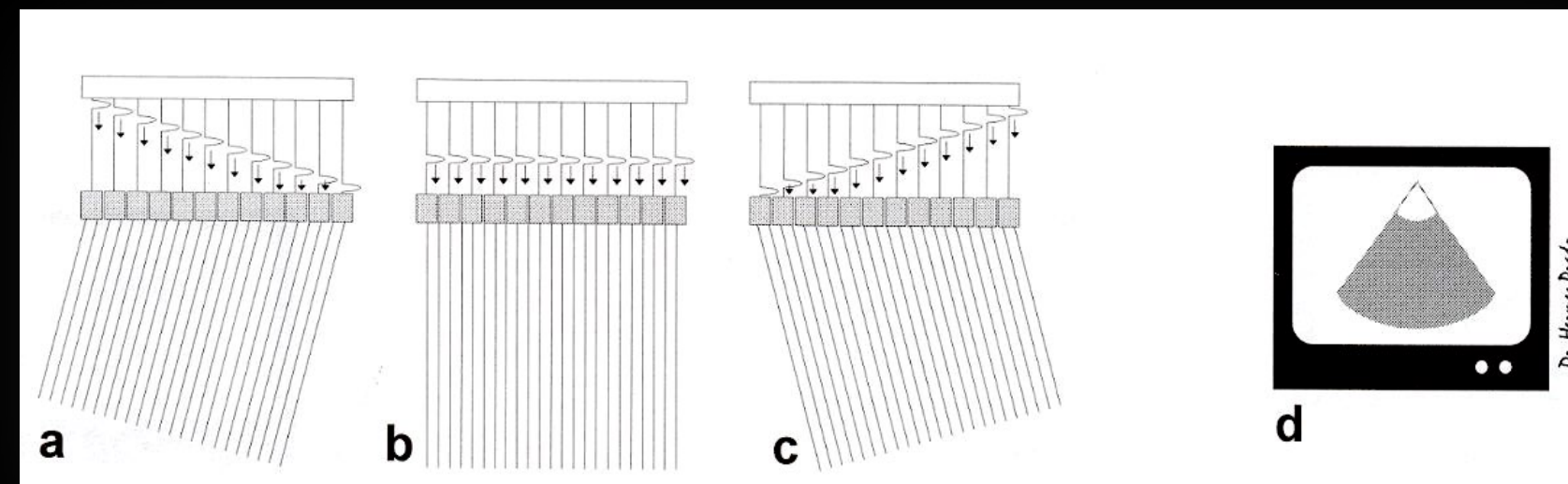
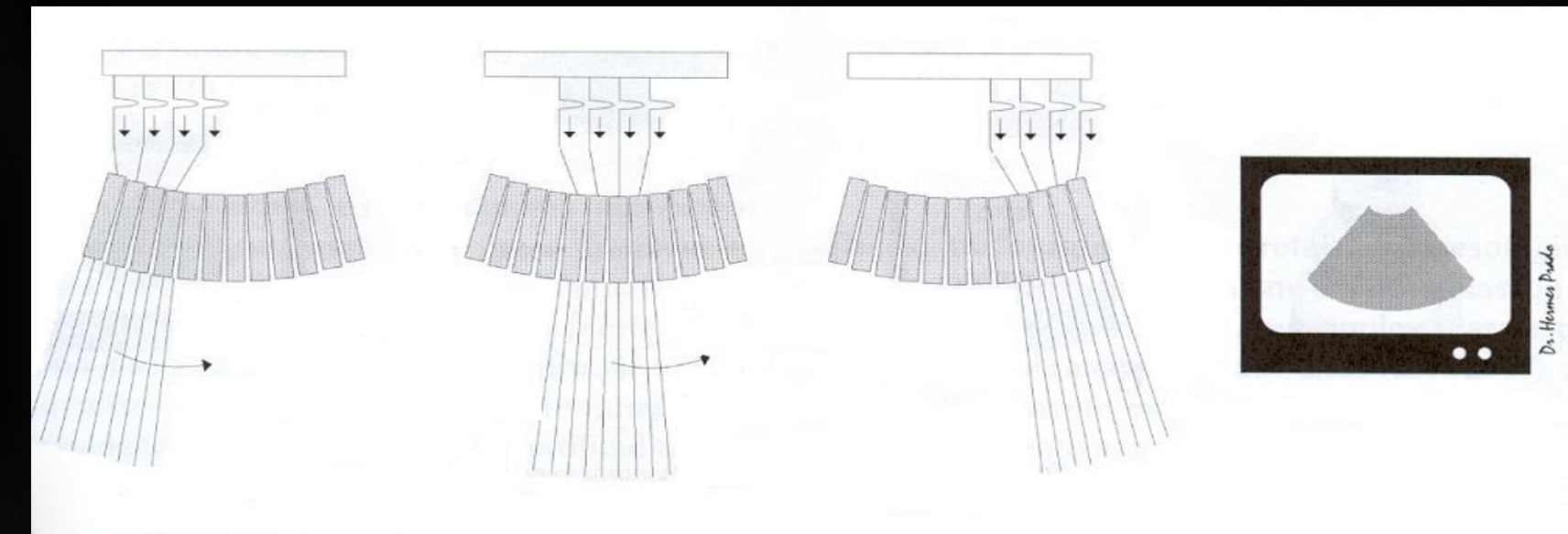
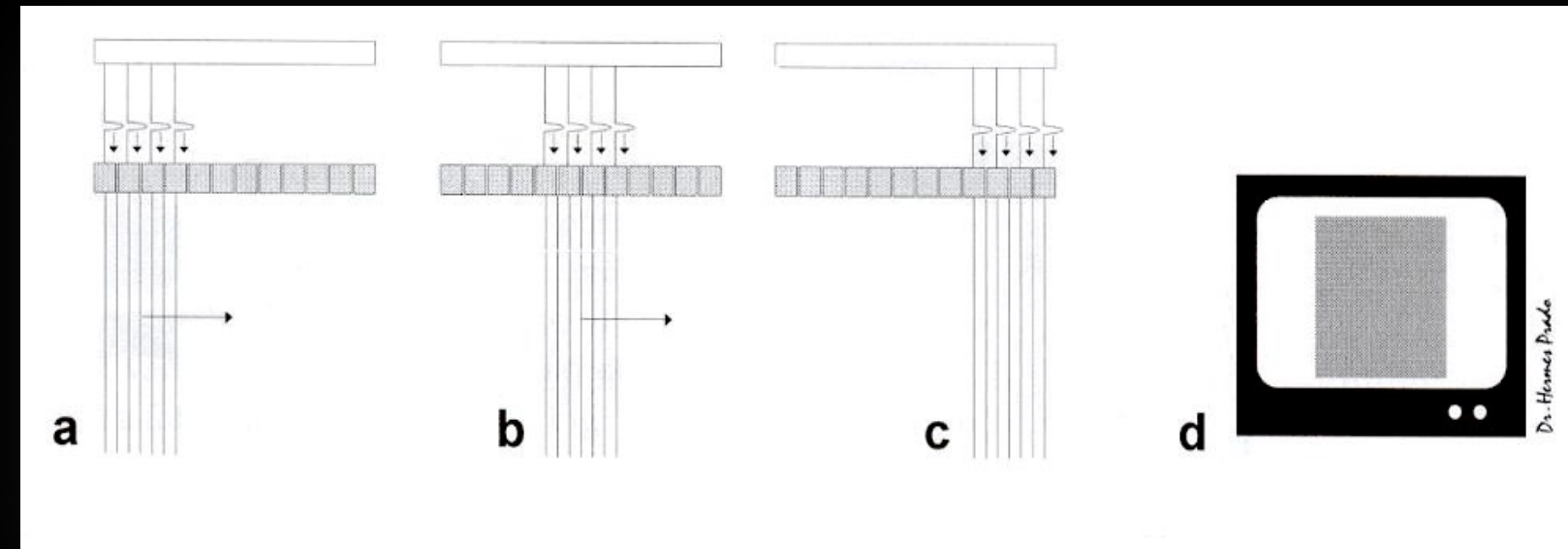
-Anular con activación en fase:

Piezas en forma anulares y en disposición concéntrica con activación en fase





# Transductores: Haz de US







# Transductores: Haz de US

Las características de los **ecos recibidos** por el transductor o sonda son las siguientes:

- 1.- Los ecos recibidos son *ecos de reflexión* producidos en las interfases y *ecos de dispersión* emitidos en todas las direcciones y característicos de la estructura interna del órgano.
- 2.- Los ecos alcanzan el transductor tanto más tarde cuanto más profundamente se forman.
- 3.- *Su amplitud es inversamente proporcional a la profundidad de su formación.* Se dice entonces que los ecos están atenuados.



# Transductores: Resolución



- Temporal
- Axial
- Lateral
- Contraste





# Transductores: Resolución

## 1.- Resolución axial:

*“Distancia mínima que debe existir entre dos reflectores en la dirección del haz para producir ecos separados”*

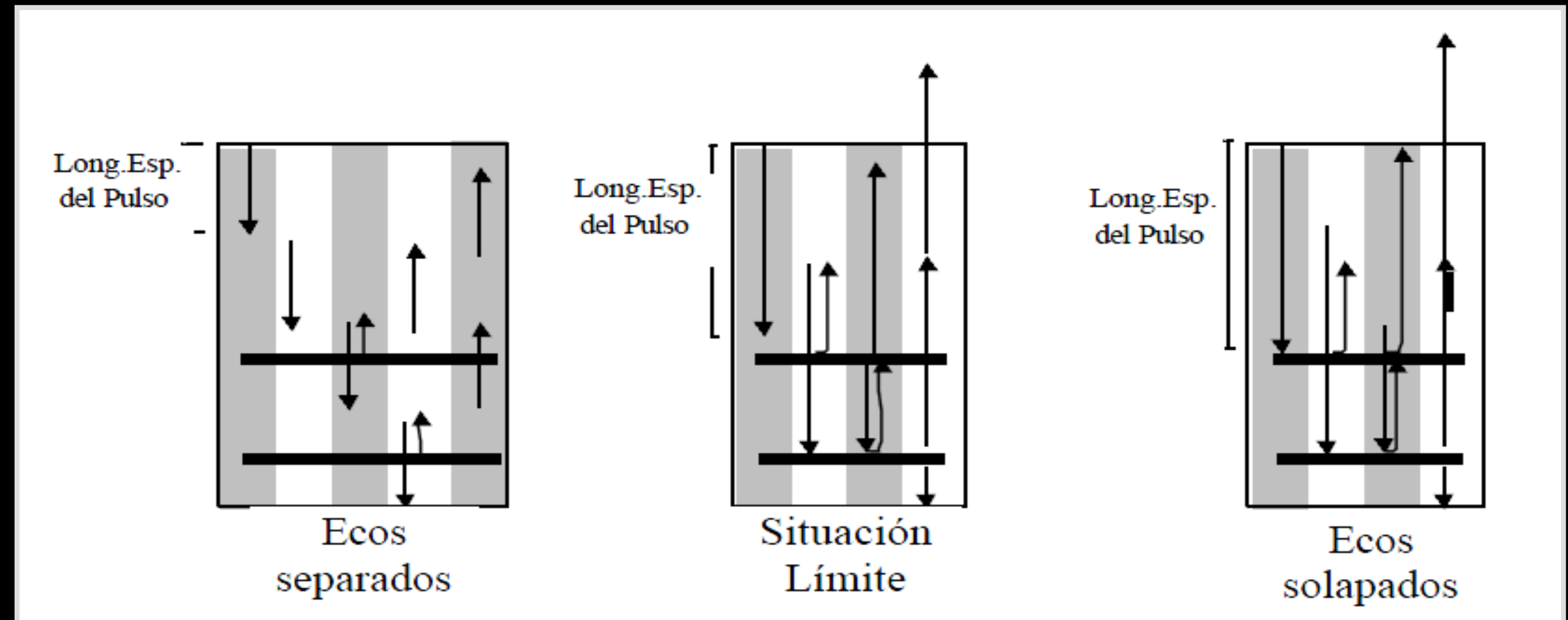
- Longitud de la onda
- Número de ciclos que contenga este pulso

Incremento de la frecuencia → disminución de la longitud de onda → disminuye la longitud espacial del pulso



# Transductores: Resolución

## Resolución axial





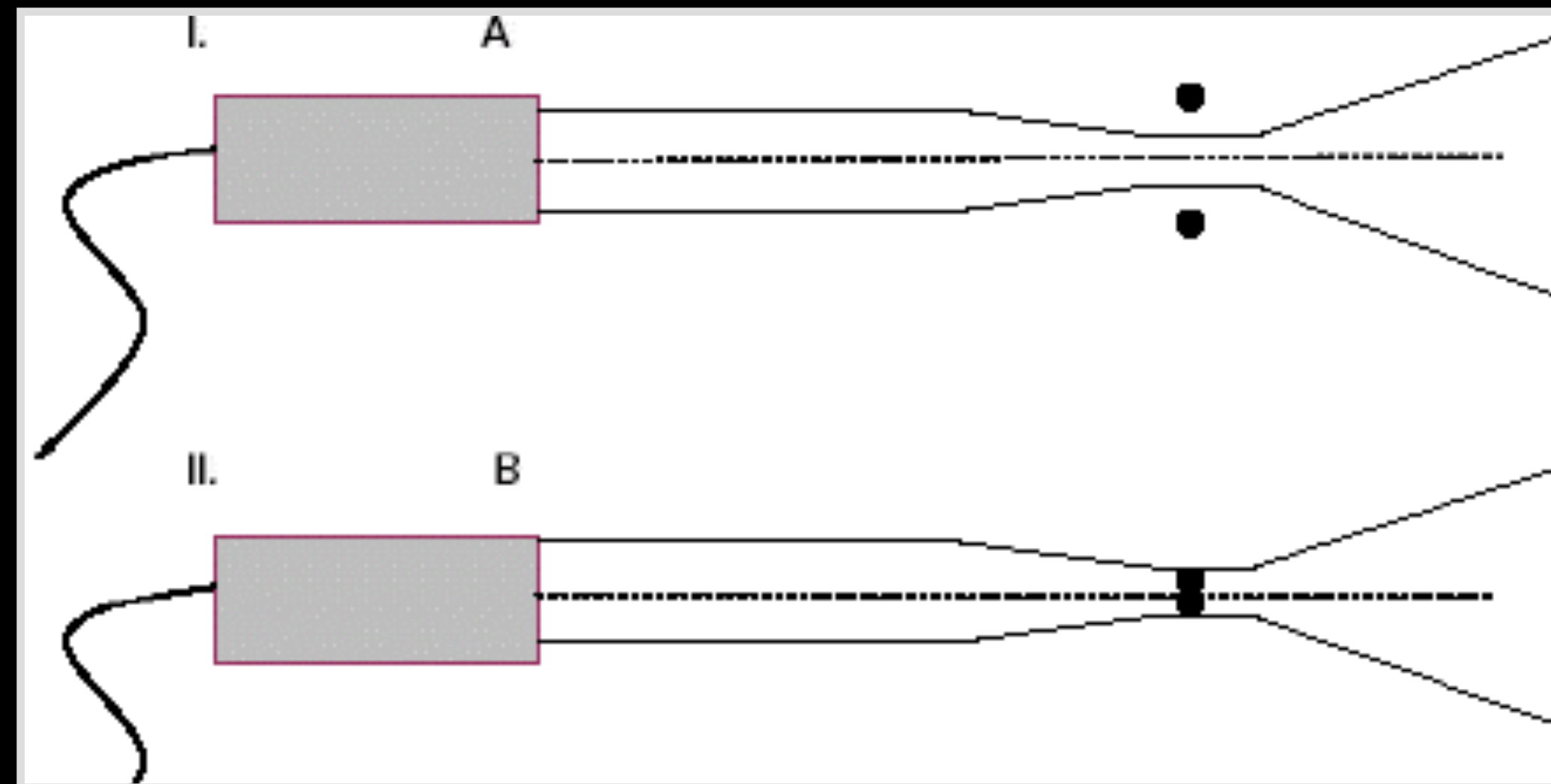


# Transductores: Resolución

## Resolución lateral

*“Mínima separación entre dos objetos reflectores en **dirección perpendicular al haz** tal que produzcan ecos separados durante el barrido del haz. Su valor esta definido por el ancho del haz en el punto de barrido”*

Resolución lateral = **ancho del haz**



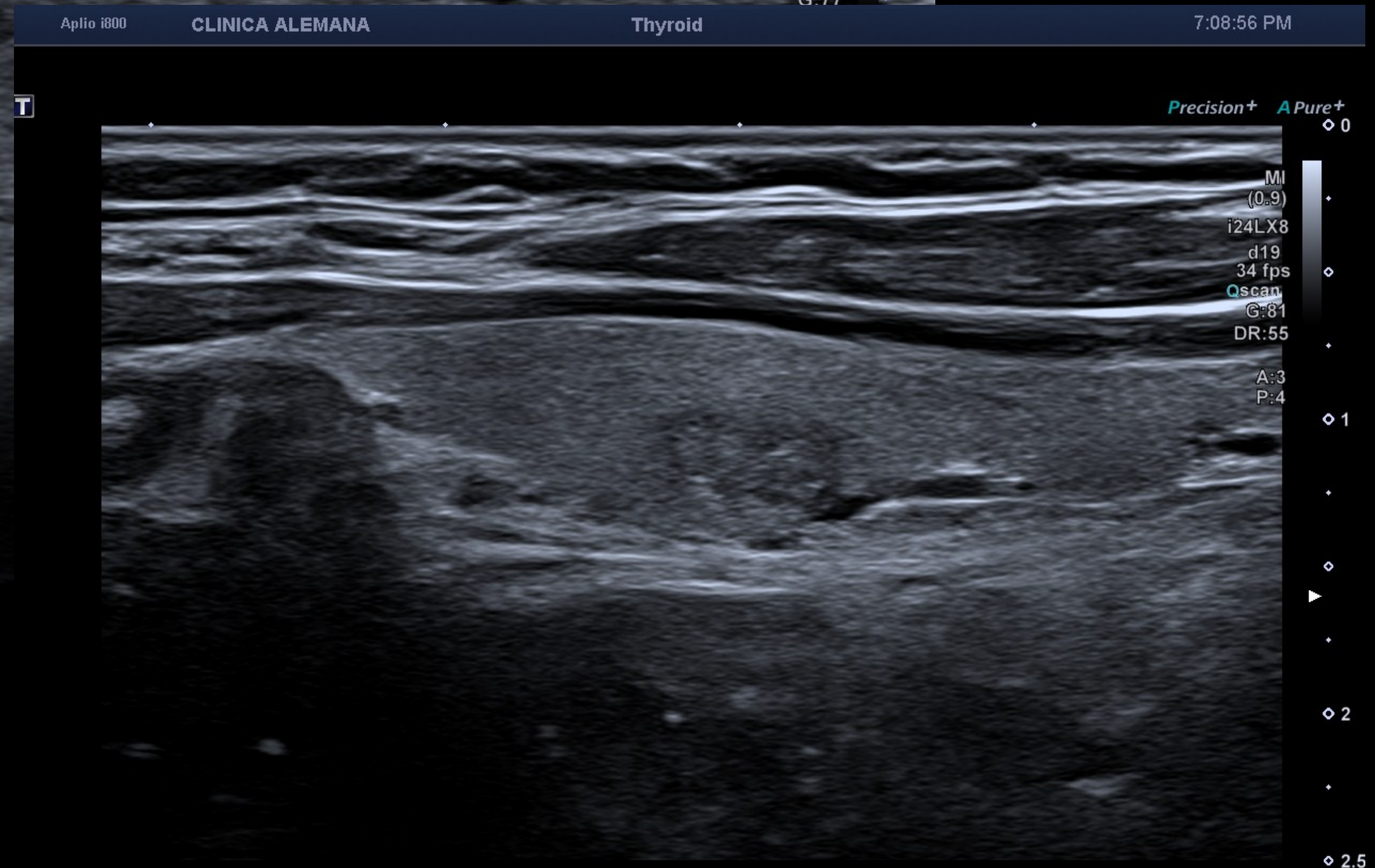




# Transductores: Resolución



TR L14-5



TR L24-11





# Transductores: Resolución

## Resolución Temporal

*"Es el número de imágenes adquirida por segundo y por la suma y superposición de imágenes sucesivas para obtener una imagen sin saltos (frame averaging)"*

- **Profundidad del campo explorado** (campos profundos implican un retraso en la recogida de datos).

Los equipos actuales son capaces de adquirir por encima de **100 imágenes/s**, si bien para una exploración abdominal es suficiente un **frame rate de 20-30**.

Artefacto temporal: si la imagen que queremos observar se encuentra en movimiento, necesitaremos trabajar con un frame rate superior.





# Transductores: Resolución

## ❖ **Contraste**

*“Diferencia en los niveles de brillo entre la imagen de la zona de interés y la del tejido circundante”*

## ❖ **Resolución de contraste**

*“Capacidad de distinguir entre los distintos niveles de grises, va entre 64 y 256 tonos de grises distintos”*

## ❖ **Ruido aleatorio**

*“Cualquier señal que cause variaciones fortuitas en los niveles de brillo en cualquier punto de la imagen. Consideramos dos fuentes de “ruido”: Acústico (“speckle”) y electrónico”*





# Transductores: Resolución

- ❖ **Ruido acústico:** En toda imagen generada por ultrasonidos existe una fluctuación espacial conocida como "speckle". Los pequeños ecos generados por la dispersión de la señal, al atravesar las dishomogeneidades de los tejidos, son los responsables de esta interferencia. Este ruido acústico o speckle disminuye, por tanto, la resolución de contraste de la imagen. La longitud de onda del ultrasonido, la apertura del transductor y su posición, son factores que influyen en la presencia del ruido.
- ❖ **Ruido electrónico:** Generado por fuentes tanto internas como externas al scanner. El aumento de la ganancia requerido para amplificar las señales eco débiles, amplifica igualmente el ruido eléctrico de origen térmico y de otras fuentes presente en cualquier circuito electrónico. Por otra parte, los aparatos de eco-doppler son sensibles detectores de señales de radiofrecuencia generadas por



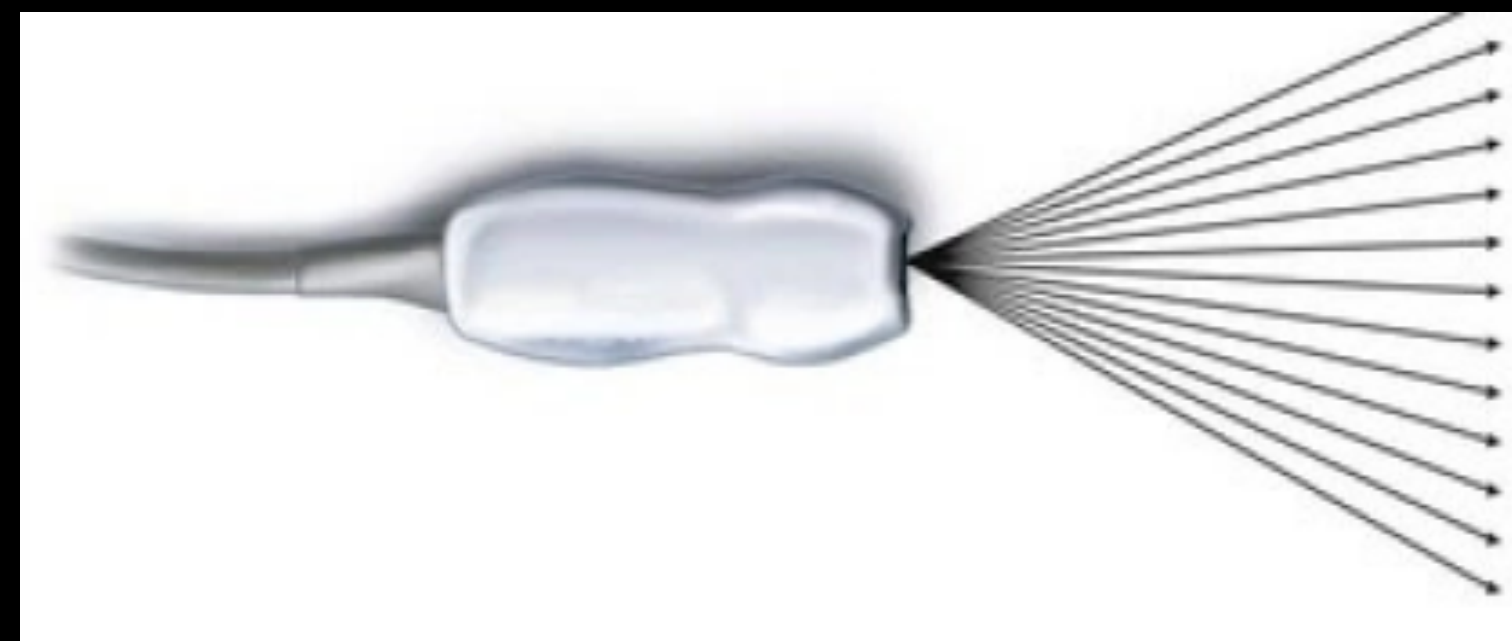


# Transductores: Haz de US



## Transductor lineal o escáner paralelo:

- Formato de imagen rectangular
- En cada nivel de profundidad el anchos de las líneas son constantes.
- Estructuras superficiales y trabajan a frecuencias entre 7.5 a 13 MHz.
- Buena resolución cercana al transductor

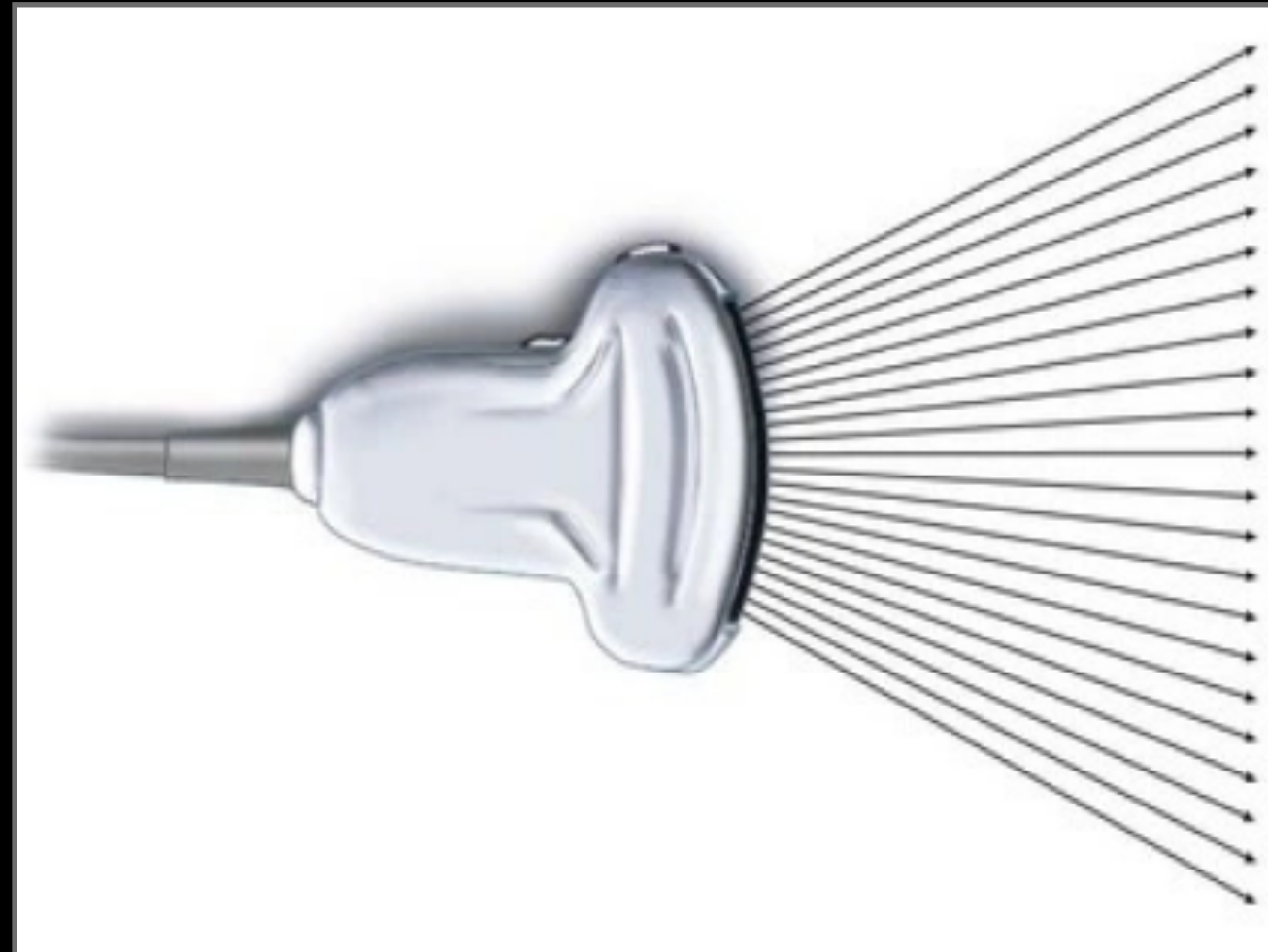


## Transductor sectorial:

- Formato de imagen triangular o en abanico.
- Exploración cardiaca y abdominal.
- Frecuencias de 3.5 y 5 MHz (2-3 MHz) .
- Posee una baja resolución espacial cercana



# Transductores: Haz de US



## Transductor convexo o "curved array":

- Formato de imagen de trapecio.
- Exploración abdominal y obstétrica.
- Frecuencias de 3.5 y 5 MHz.
- Imagen en filtro de café
- Buena resolución cercana con una resolución aceptable en profundidad.
- La forma convexa

## Transductor intracavitario:

- Pueden ser lineales y/o convexos.
- Exploración intravaginal o intrarectal.
- Frecuencias 5 y 7.5 MHz.





# Ecógrafo

Procesador

Pantalla

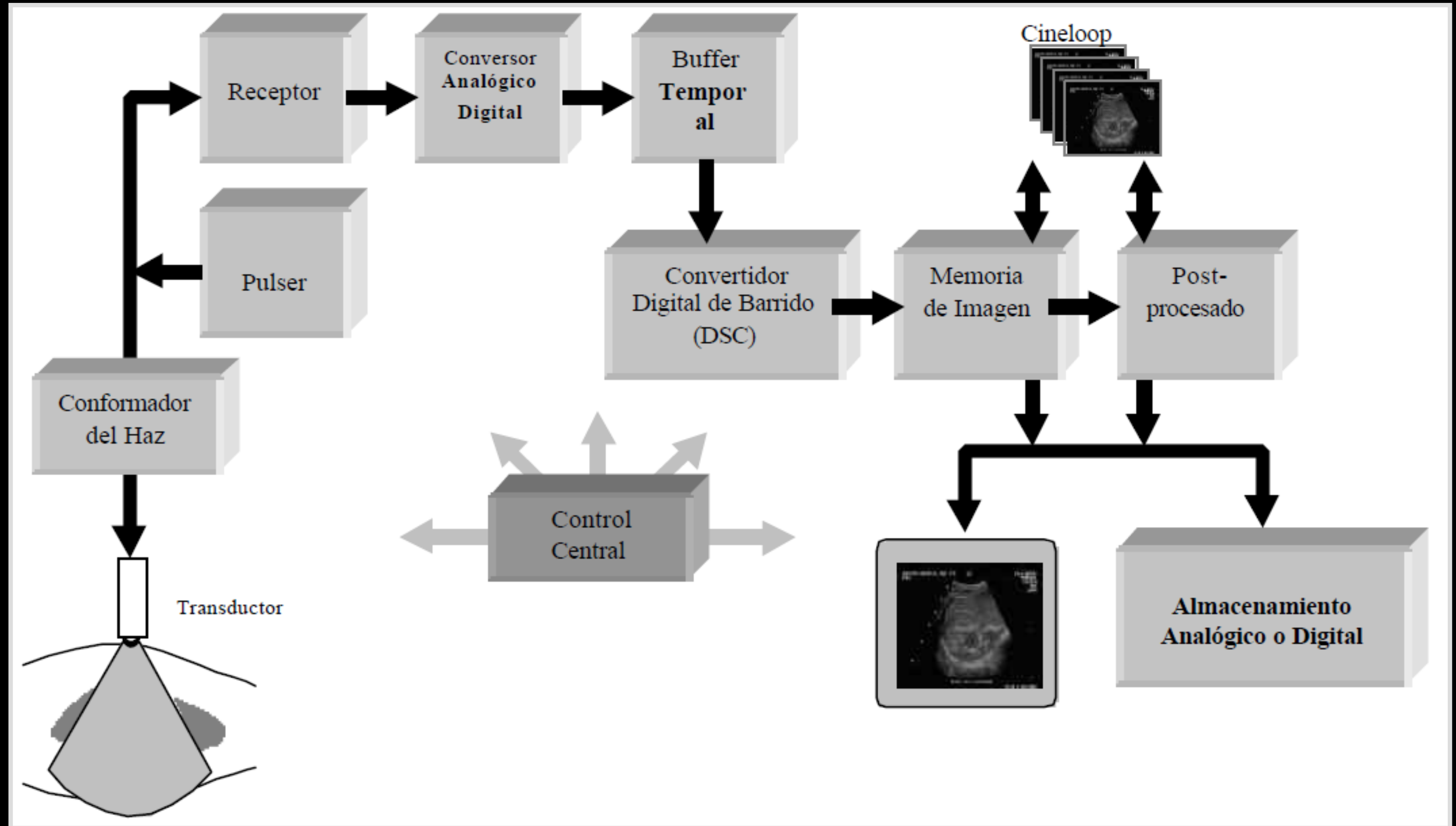
Panel de control

Transductores





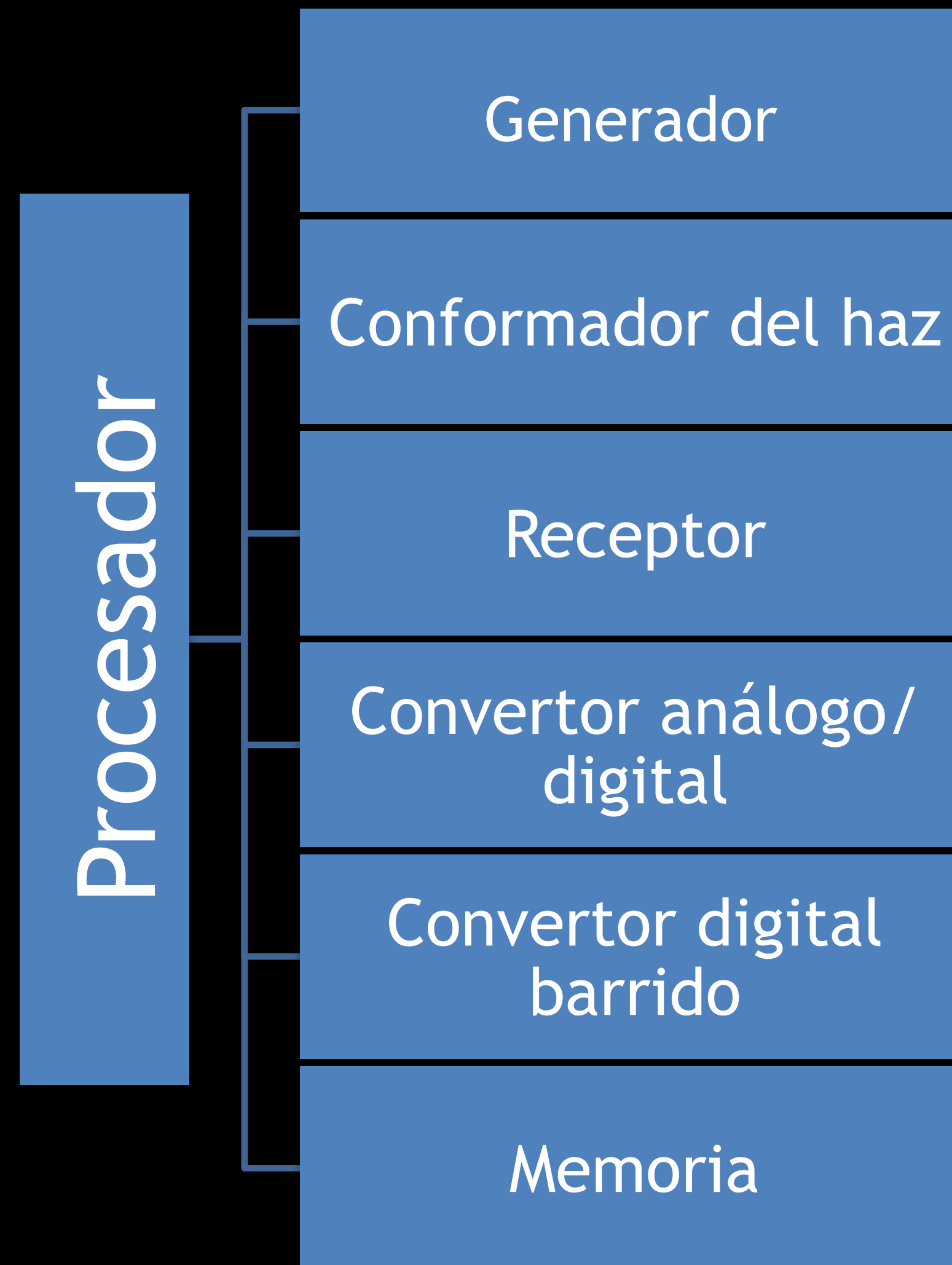
# Ecógrafo







# Ecógrafo: Procesador







# Ecógrafo: Procesador

## 1.- Generador

**Entrega de energía eléctrica** a los cristales mediante dos formas:

- Forma continua → El cristal está **constantemente** estimulado por energía eléctrica, lo cual produce una constantemente emisión de US. Para la recepción de los ecos se necesita otro cristal que esté silencioso.
- Forma pulsátil → Mediante un **pulso de energía eléctrica** se estimula el cristal para emitir un pulso de US, luego se mantiene silencioso hasta que recibe el eco de la señal. Después de cumplido lo anterior, es estimulado nuevamente repitiéndose el proceso. Es decir el mismo cristal emite el pulso de US y recibe el eco. La forma pulsada es usada en la mayoría de las aplicaciones medicas.





# Ecógrafo: Procesador

- ❖ Frecuencia de repetición del pulso (PRF)
- ❖ Periodo de repetición del pulso (PRP)
- ❖ Duración del pulso
  - 3 ciclos en ecografía y 5-20 ciclos en ecografía doppler.
  - Aumenta la frecuencia de emisión → disminuye el pulso de US.





# Ecógrafo: Procesador

## 2.- Conformador del haz

- Coordinar el **sincronismo** en la excitación de los cristales
- **Dirigir el haz** (barrido) y lo enfoca diferentes profundidades

## 3.- Receptor

Luego de ser recibida los haces de eco son enviadas al receptor donde se realizan cinco funciones básicas:

- ❖ Amplificación
- ❖ Compensación
- ❖ Compresión
- ❖ Demodulación
- ❖ Rechazo

*Aunque todos los receptores realizan estas funciones, el orden en el procesamiento es distinto o bien pueden fusionarse varias en el diseño.*



# Ecógrafo: Procesador

## a) Amplificación (Ganancia General)

*“Conversión a señales adecuadas para el procesamiento y posterior almacenamiento”*

- ❖ Se denomina **ganancia** a la relación entre la potencia de salida y la de entrada, y esta se mide en decibeles.
- ❖ Los amplificadores habitualmente tienen ganancias entre el 60 y 100 dB. De este modo, la tensión de entrada proveniente del transductor del orden de los microvoltios se amplifica a voltajes del orden de los voltios.

*Si la ganancia es pequeña, **no se visualizaran los ecos débiles**. Por el contrario, si la ganancia tiene un valor alto, se produce  **saturación**  y no se pueden observar las diferencias entre las distintas estructuras.*





# Ecógrafo: Procesador

## b) Compensación (Ganancia en Profundidad)

*"Ecuilizar según profundidad de cada reflector"*

❖ Este proceso también es llamado **compensación de tiempo**, ganancia variable con el tiempo, control temporal de sensibilidad, compensación de tiempo-ganancia y compensación de ganancia-profundidad.

Abd.-Gral.  
C5-1  
35Hz  
R/V  
Z 1.2  
2D  
50%  
Rango din. 55  
P Baj.  
ArmónGral



TIs0.2 MI 1.3

M3

Abd.-Gral.  
C5-1  
35Hz  
R/V  
Z 1.2  
2D  
57%  
Rango din. 55  
P Baj.  
ArmónGral



TIs0.2 MI 1.3

M3

HÍGADO

HÍGADO

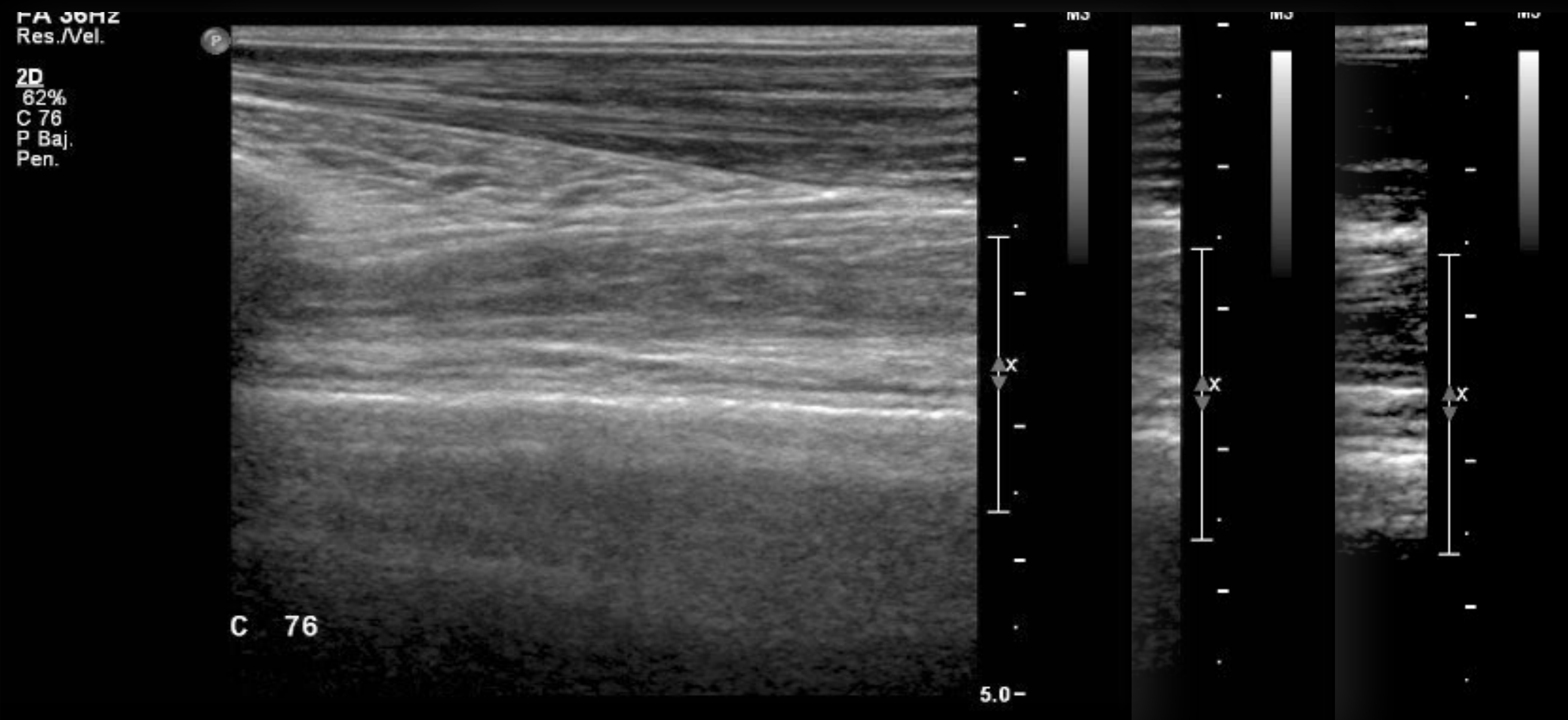




# Ecógrafo: Procesador

## c) Compresión

*"Rango dinámico de escala de grises"*

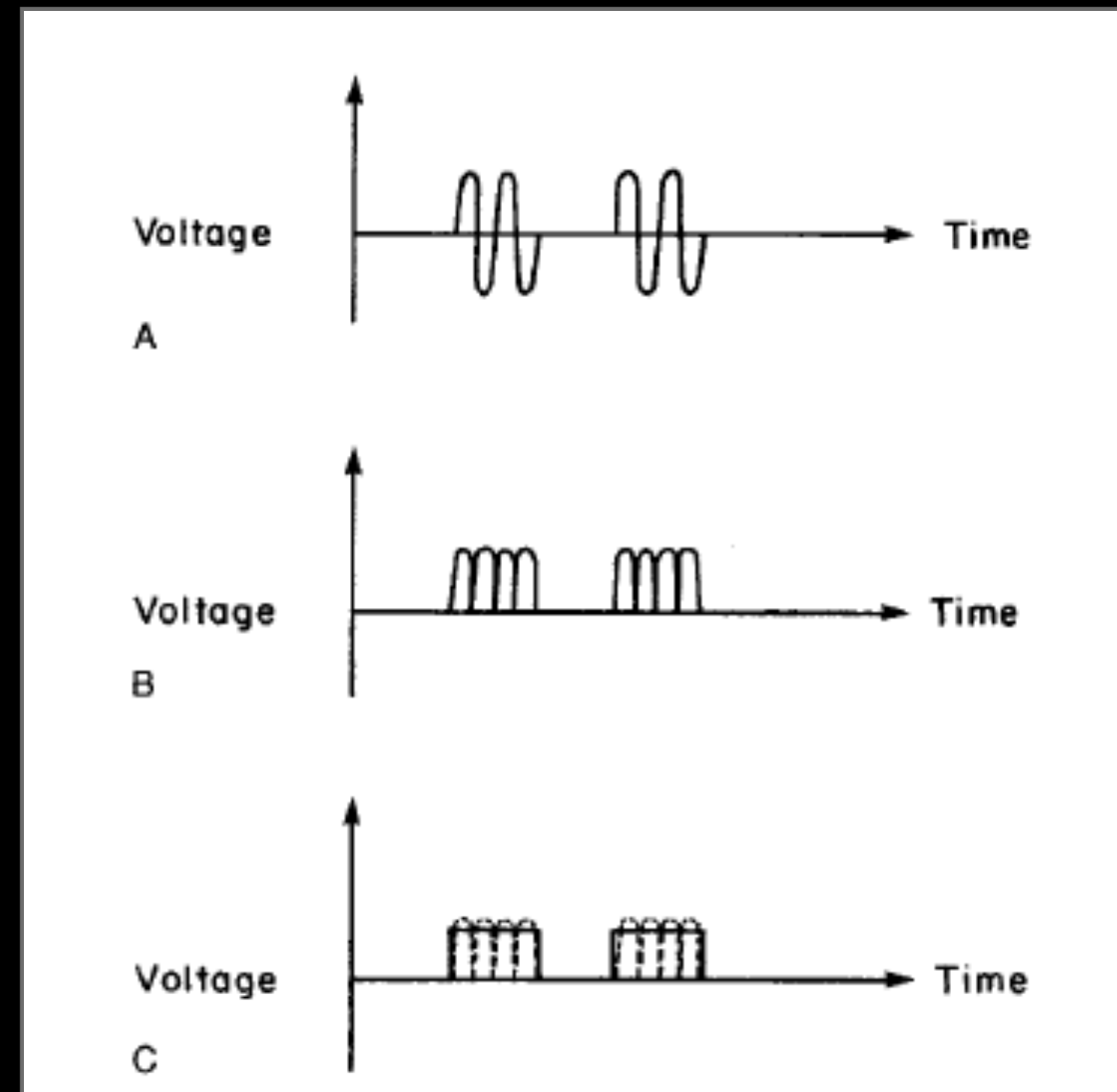






# Ecógrafo: Procesador

## d) Demodulación







# Ecógrafo: Procesador

## e) Rechazo

*“Eliminación de los pulsos de bajo voltaje asegurándose de dejar afuera los ecos débiles y los que son parte del ruido electrónico”*

**Ruido acústico:** generado principalmente por artefactos de lóbulos laterales de emisión o por dispersiones múltiples presente en el tejido, y por tanto constituyen solo al ruido acústico.

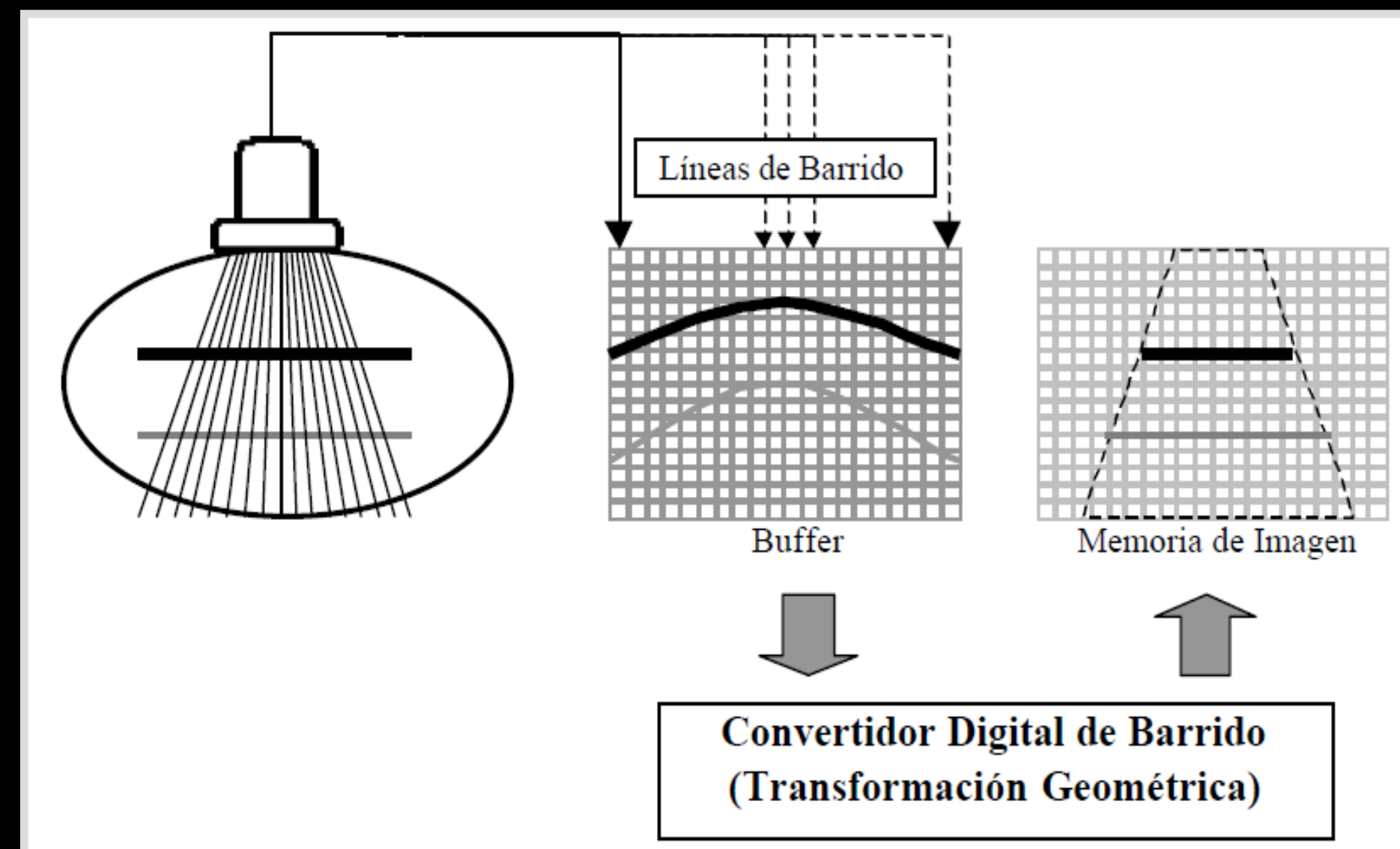
**Ruido electrónico:** proviene de los circuitos eléctricos.



# Ecógrafo: Procesador

Convertidor  
análogo digital

Convertidor  
digital del  
barrido  
(coordenadas  
cartesianas)







# Ecógrafo: Procesador

## 6.- Memoria

- ❖ Imagen adquirida en forma secuencial y en tiempo real.
- ❖ Cine o cine-loop.
- ❖ Resolución espacial:
  - matriz de 521x521 pixeles /profundidad anatómica de 20 cms -> pixel 0.4 mm - -
  - matriz de 521x521 pixeles /profundida anatómica de 10 cms -> pixel 0.2 mm.
- ❖ Resolución de contraste : bits por pixel





# Ecógrafo: Panel de Control



Freeze

RES o Zoom

Calibrador

Ganancia de  
Tiempo

Ganancia

Profundidad/FOV

Rango dinámico

TrackBall

Zonas Focales





# Aplicaciones

- ❖ Preprocesamiento
- ❖ Postprocesamiento

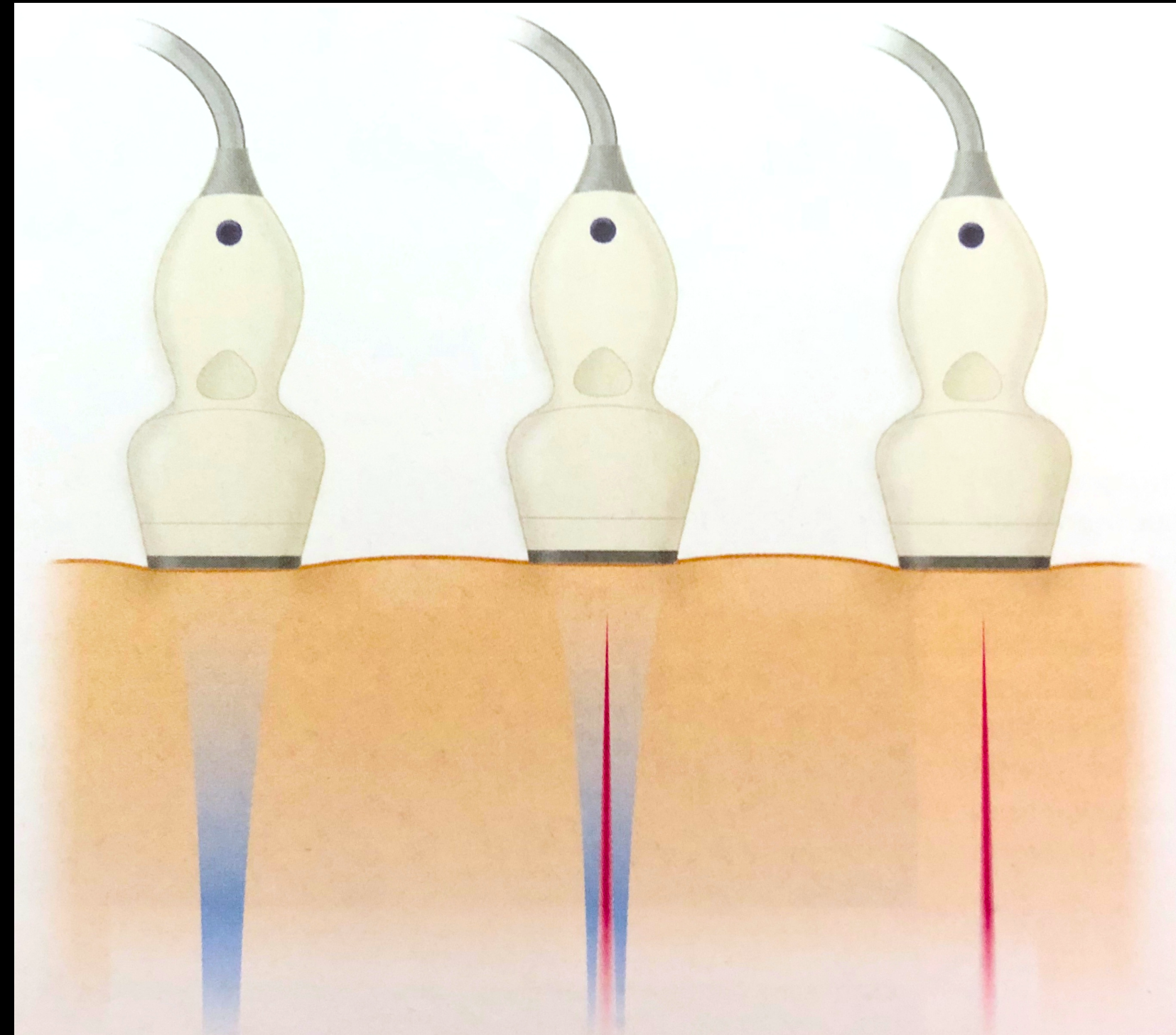
## Magnificación

- Magnificación o Zoom de lectura
- Magnificación o Zoom de escritura





# Aplicaciones: Armónico



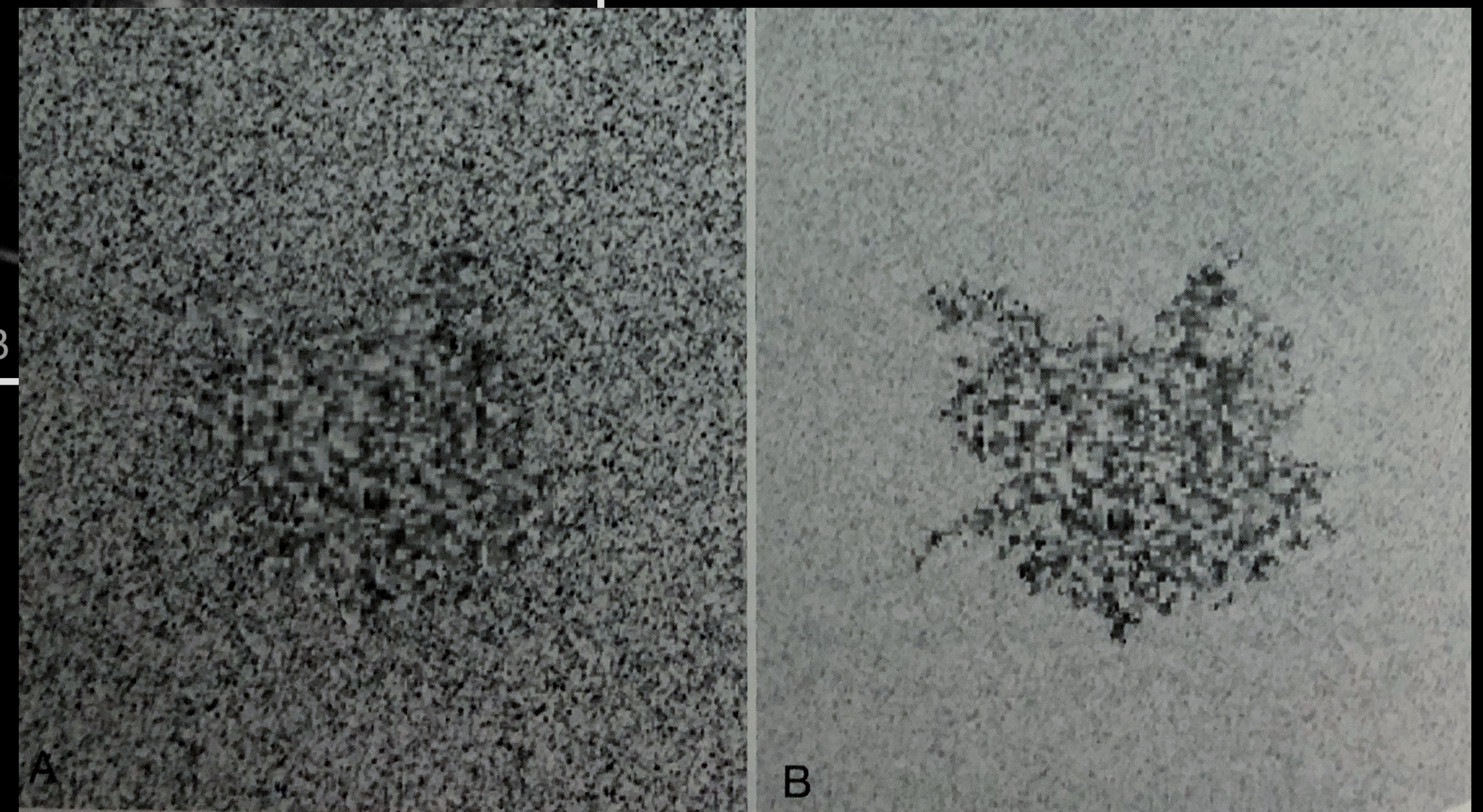
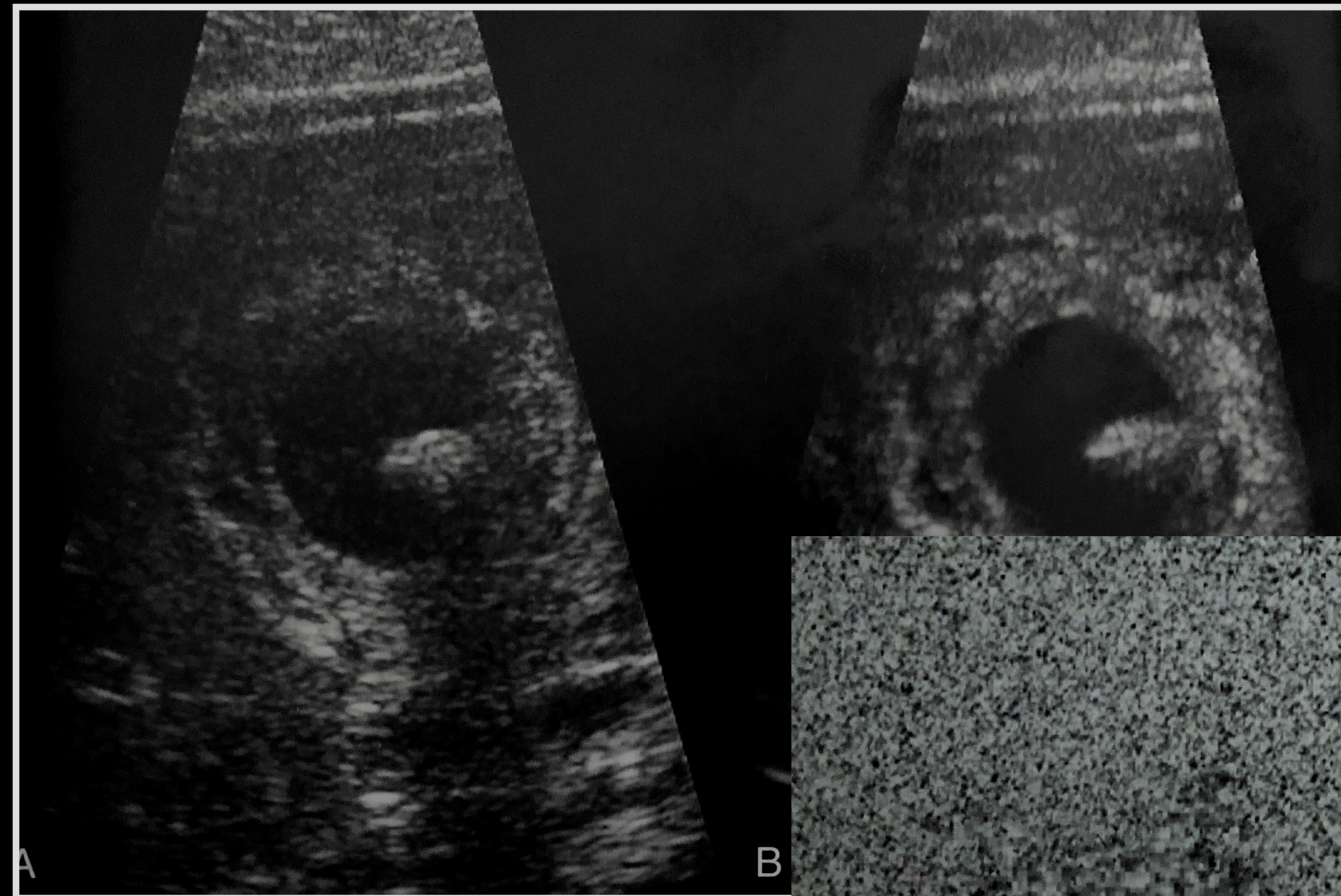
## Imágenes por armónicos tisulares

- ❖ Múltiplo de él que lo origina
- ❖ Principio del cambio de velocidad
- ❖ El número de estos tonos superiores aumentan con la profundidad de la penetración pero su amplitud (intensidad) es claramente inferior a la de la señal de base.





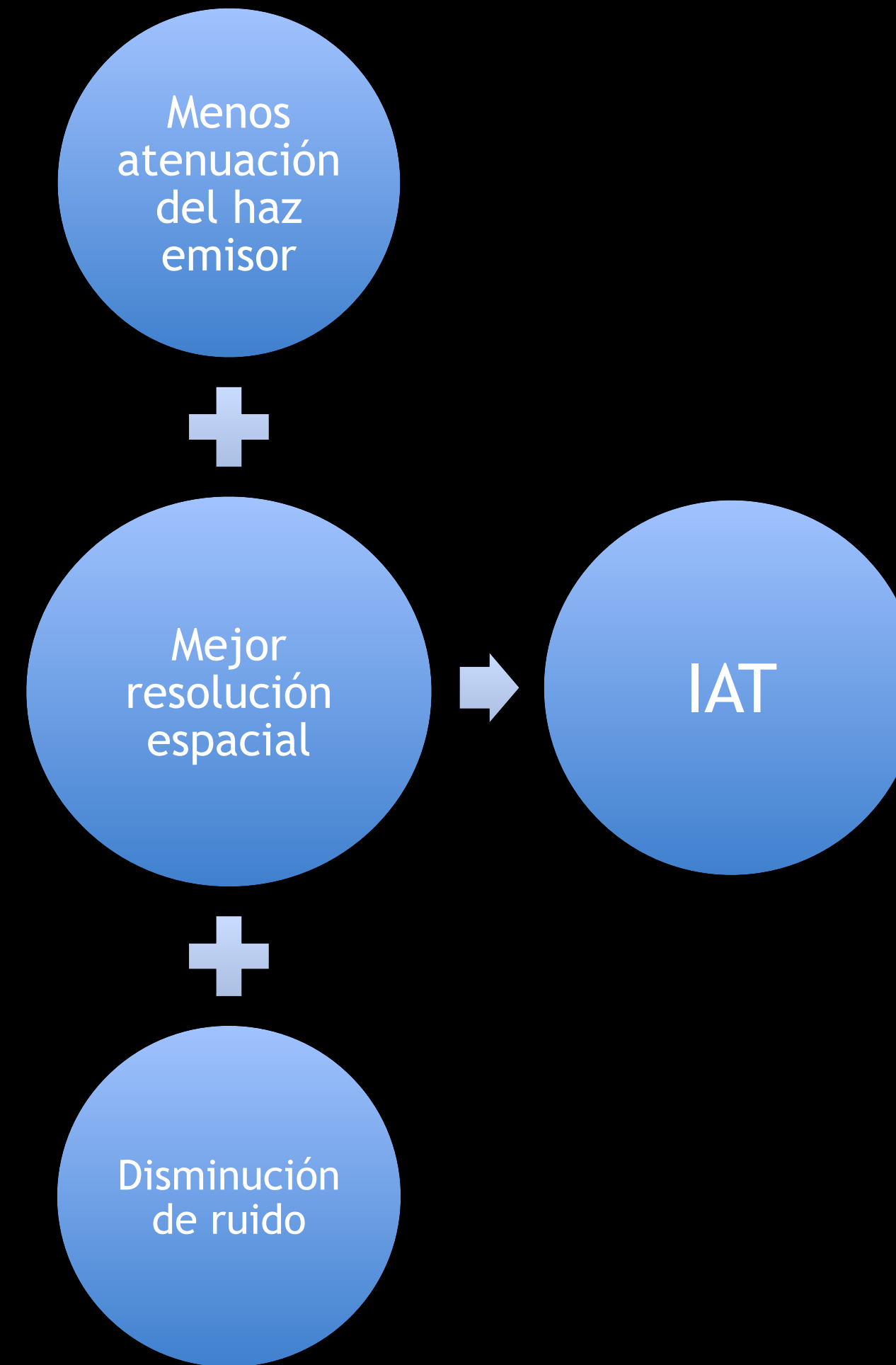
# Aplicaciones: Armónico







# Aplicaciones: Armónico







# Aplicaciones: Eco-TC

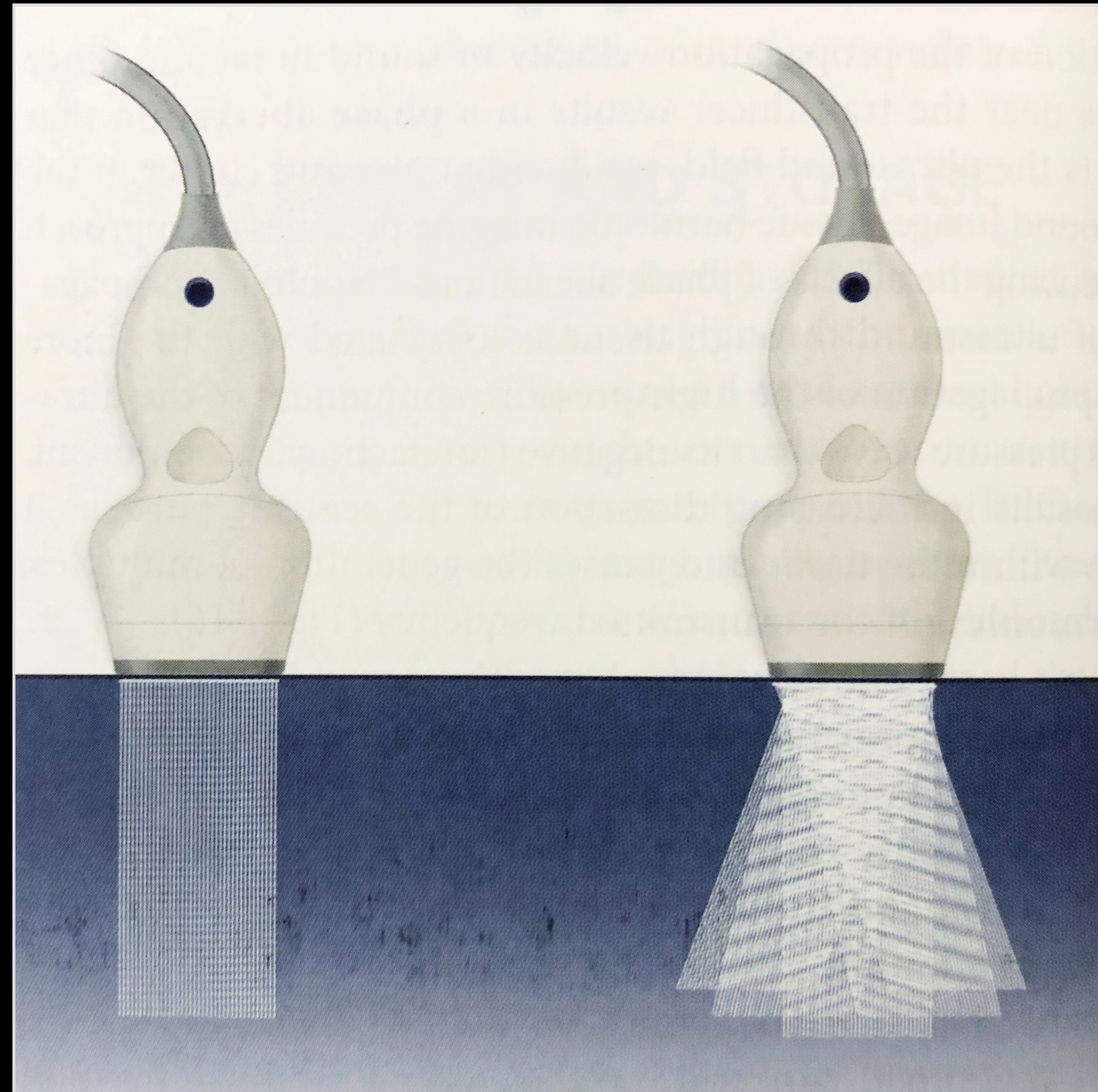


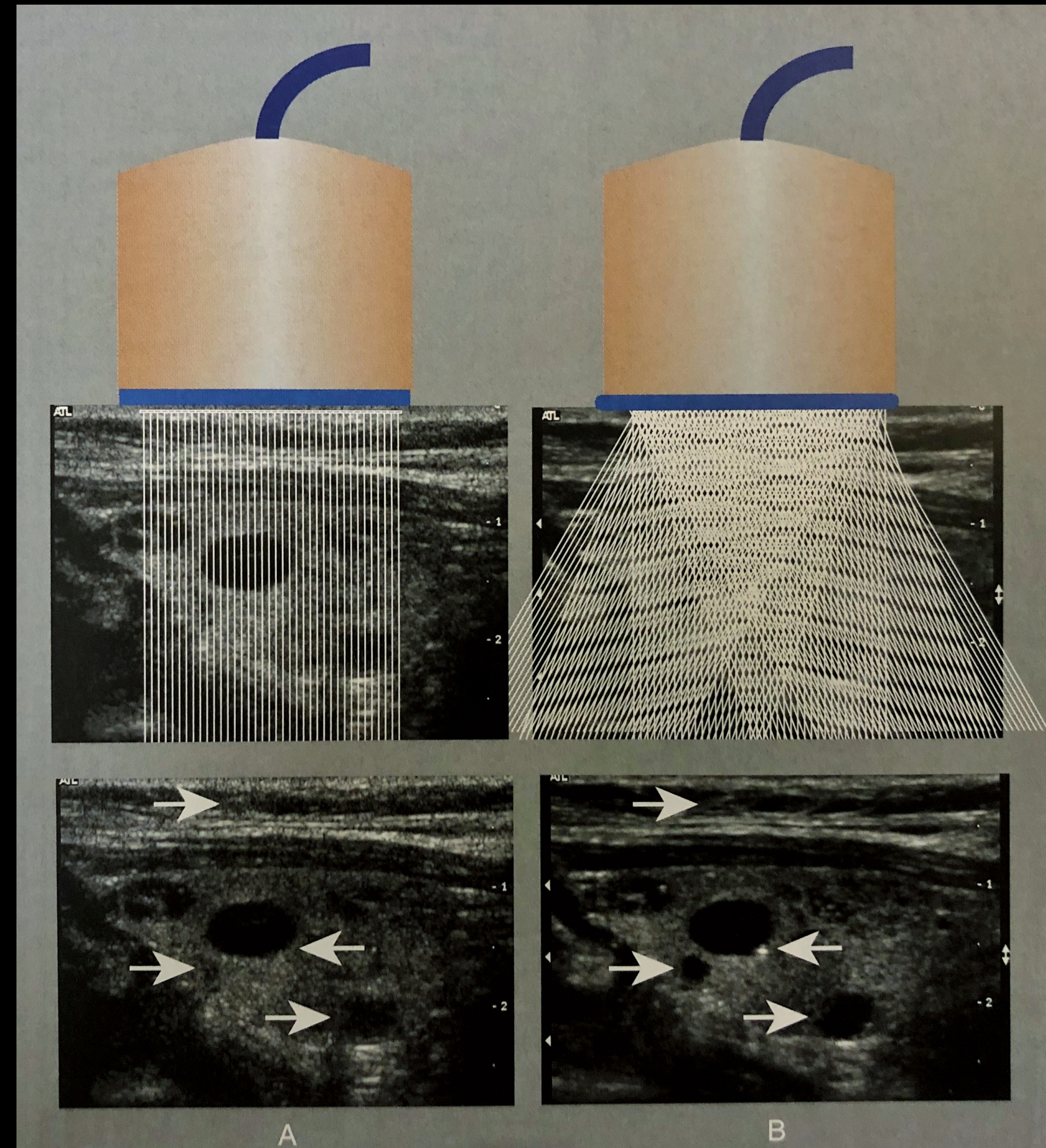
Imagen espacial  
compuesta: Eco-TC  
(SonoCT)





# Aplicaciones: Eco-CT

Imagen espacial  
compuesta: Eco-TC  
(SonoCT)







# Aplicaciones: XRES

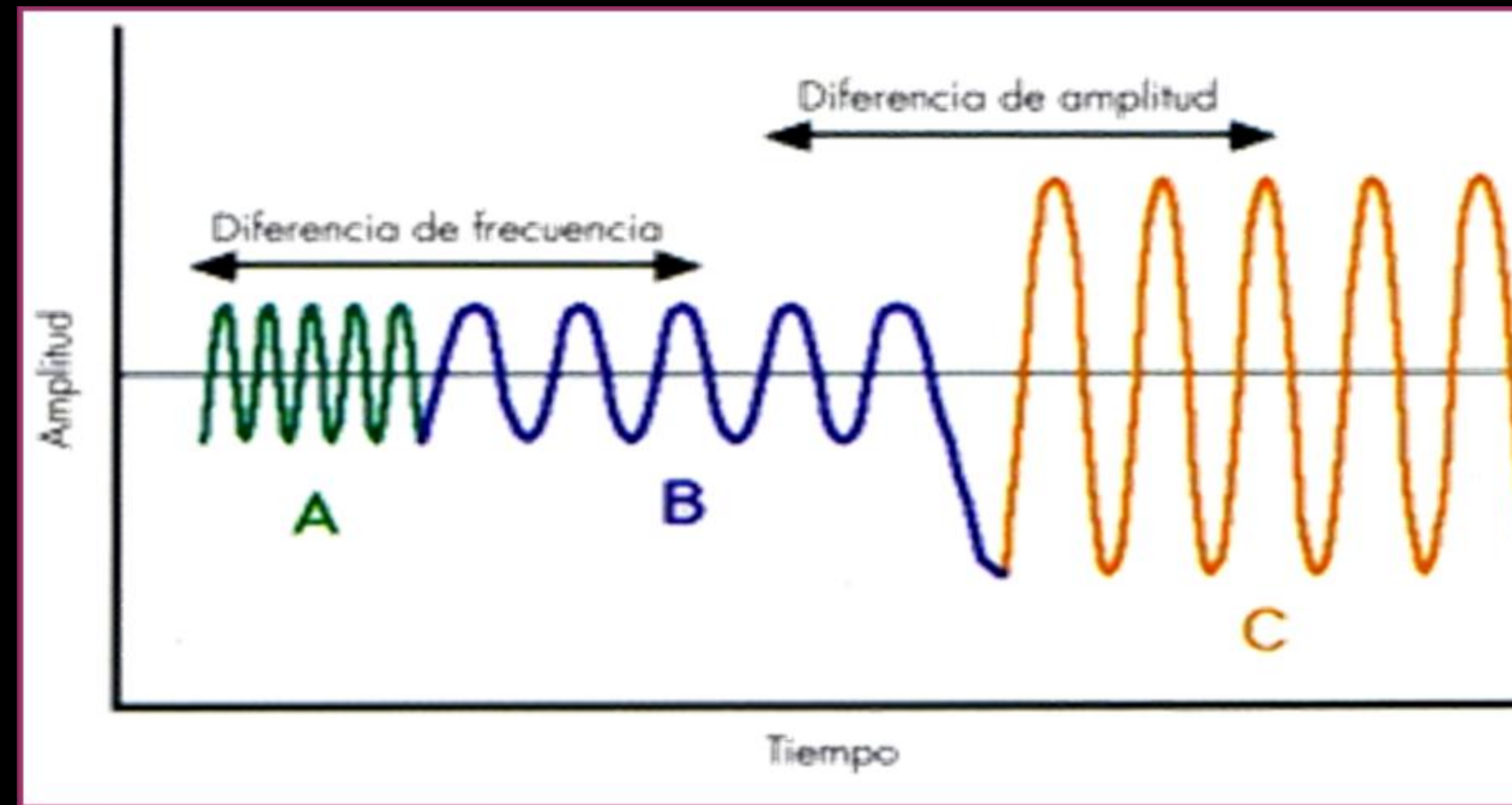
## XRES

- ❖ Proporciona el realce de la imagen en tiempo real
- ❖ Algoritmos que reducen el punto, la neblina y desordenan artefactos
- ❖ Realza bordes corrigiendo discontinuidades entre regiones muy heterogéneas que permiten una mejor visualización de la verdadera información de tejido.
- ❖ Usa 350 millones de cálculos asombrosos por marco de datos. Las subfunciones de tratamiento constantemente se adaptan para cada pixel del marco, para cada marco a tiempo. El resultado es imágenes prácticamente libres de ruido, con la claridad extraordinaria y óptima definición.





# Representación de información



*Las bases físicas de la sonografía es a través de las variaciones de la amplitud o de la frecuencia del eco recogido. En A y B se tiene las mismas amplitudes y distintas frecuencias, a su vez B con C tienen distinta amplitud con igual frecuencia*

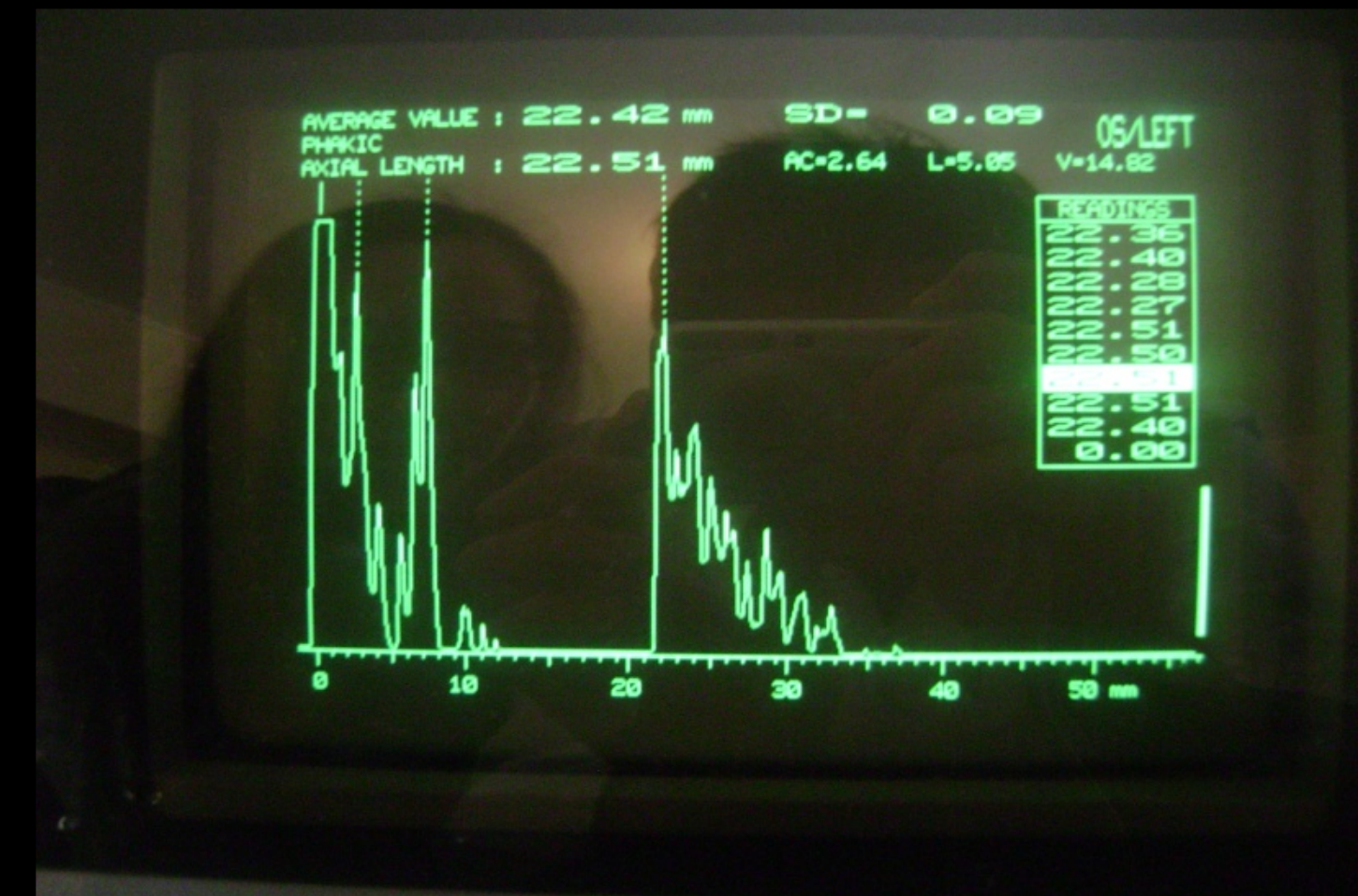
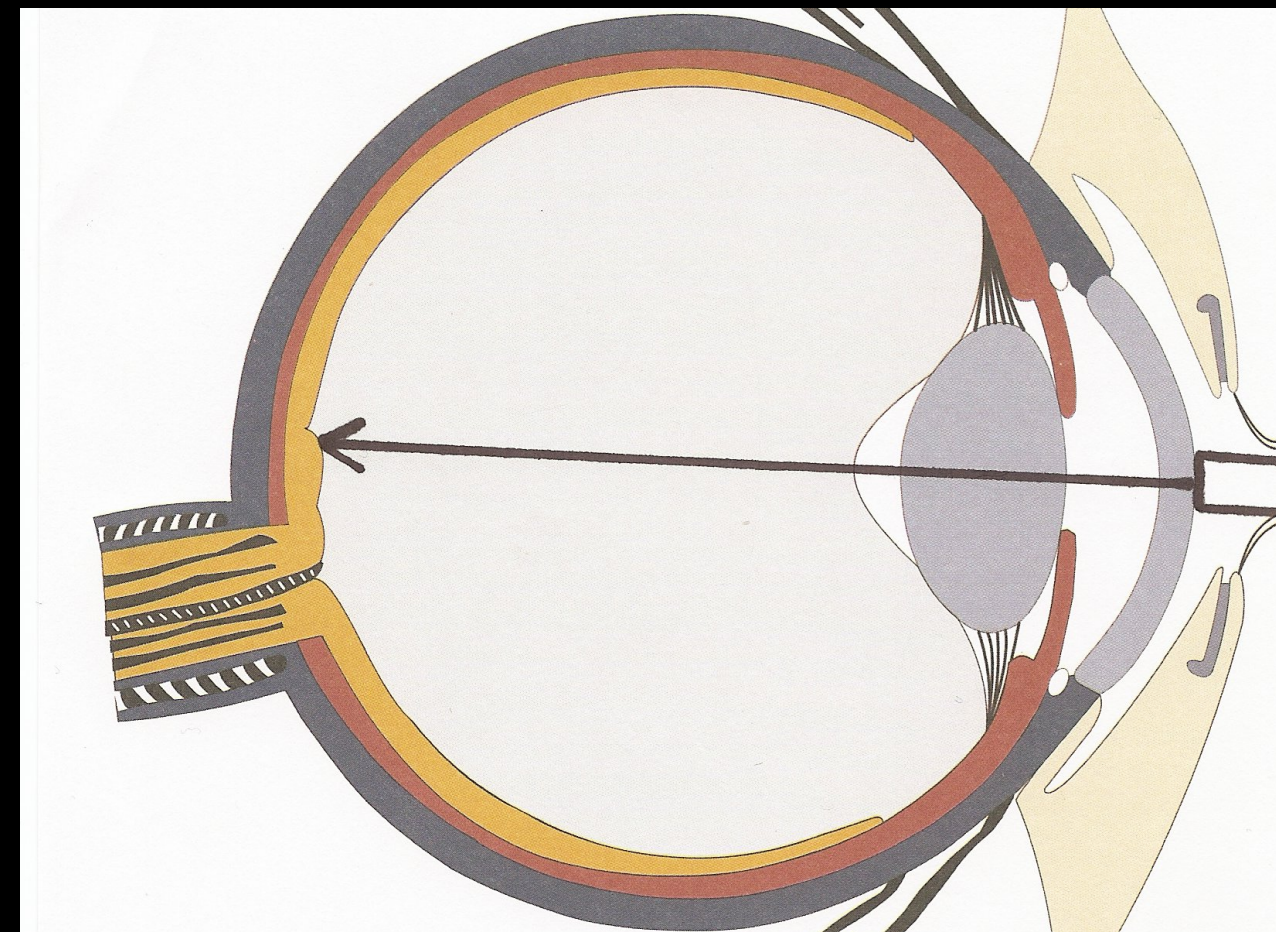




# Modo A

## Modo A (Modulación de amplitud)

- ❖ **Intensidad - tiempo:** Voltaje producido a través del transductor por el eco → una deflexión vertical en un osciloscopio
- ❖ En esta forma de representación la potencia del sonido está representada por la altura de la deflexión vertical representada en el osciloscopio.







# Modo B

## Modo B (Modulación de Brillo)

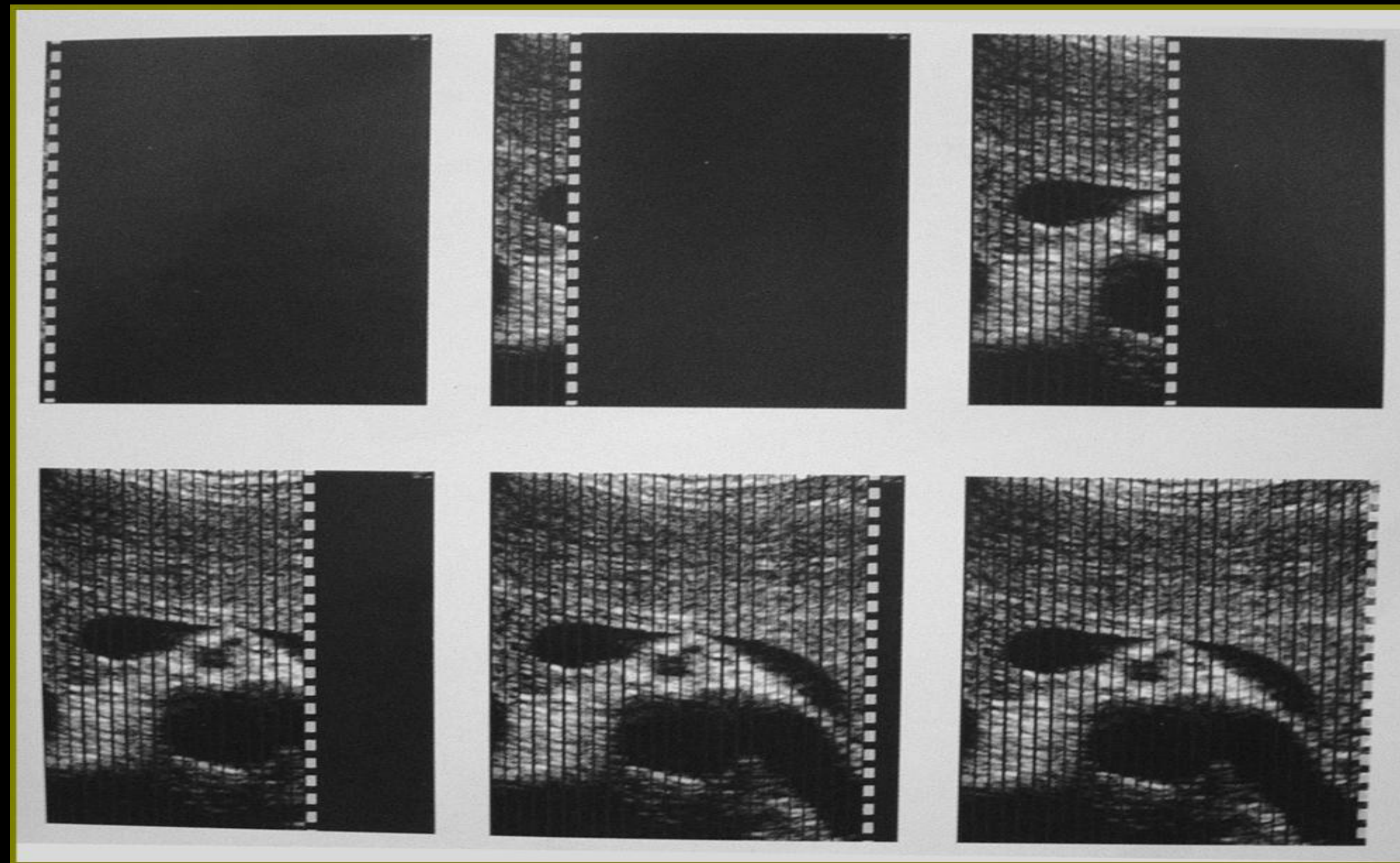
- ❖ La visualización de una imagen anatómica → información sobre las variaciones de la amplitud → **escala de grises** y además de estar en **dos dimensiones (X e Y)** o en un video. : **Intensidad en diagrama cartesiano**
- ❖ Fondo negro las señales que tienen una mayor intensidad son blancas, la ausencia de señal es negra y las señales de intensidad intermedia son grises.
- ❖ La base de la formación de la imagen es que se envían varios pulsos de ultrasonido en serie de líneas de generando **barridos sucesivos**, con lo que se obtiene una representación (2-D) de ecos reflejado por el objeto explorado.
- ❖ La formación de la imagen con ultrasonido requiere que la información del eco sea recibida a lo largo de un camino generado por líneas de escaneos. El tiempo requerido para completar cada línea es determinado por la velocidad del sonido en el medio





# Modo B

## Modo B (Modulación de Brillo)



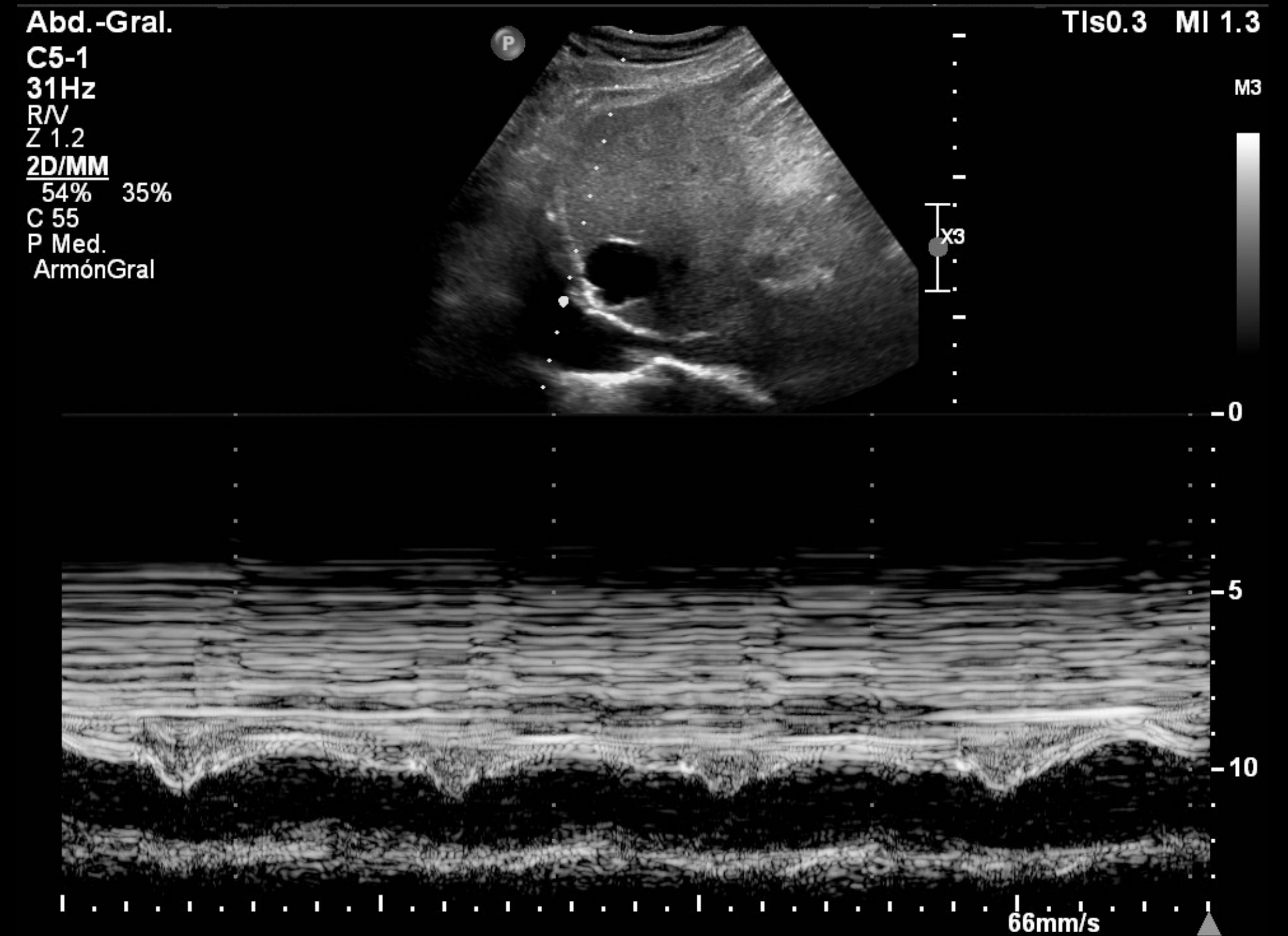




# Modo M

## Modo M (tiempo de movimiento)

- ❖ Describir estructuras en movimiento (tiempo/movimiento)
- ❖ La profundidad de la estructura explorada se coloca en el eje de las Y y el tiempo en el eje horizontal (X)







# PRESET CAROTIDEO



# PRESET TIROIDES