

# ULTRASONIDO

Jhonny Paul Guillen Peñarreta  
paul\_g10@hotmail.com  
Docente: Ing. René Ávila

**RESUMEN:** *El ultrasonido, a manera sencilla se entiende como una señal de audio que no puede ser captada por el oído humano, sirve en múltiples aplicaciones y es en muchos casos la manera de dar solución a problemas de una manera menos costosa, sin embargo, dependiendo de la aplicación su implementación puede ser de mayor o menor complejidad, su funcionamiento se remite básicamente a los mismos principios que los materiales piezoeléctricos, convirtiendo la energía mecánica en eléctrica y viceversa.*

**PALABRAS CLAVE:** Ultrasonido, frecuencia.

## 1 INTRODUCCIÓN

El ultrasonido siempre ha existido en la naturaleza. Es una herramienta útil para varios seres vivos (como en el conocido caso de los murciélagos). Sin embargo, recién en 1790 se tienen los primeros registros humanos de la existencia del fenómeno y la iniciación humana se encuentra durante la guerra mundial de 1914. Por consiguiente, es un campo de la acústica que se encuentra en constante desarrollo y cuyos avances presentan mejoras a la calidad de vida de manera evidente. En el siguiente trabajo se establecerá qué es el ultrasonido y se hará un análisis histórico desde el punto de vista de la comunidad científica. Además, se estudiarán distintos usos que se le dan hoy en día al ultrasonido con el fin de exponer su relevancia, no sólo para los estudiosos de la acústica sino también para la humanidad en su conjunto.

## 2 CONCEPTOS BASICOS

### Sonido

Vibraciones mecánicas en un medio elástico, las cuales pueden hacer vibrar la membrana timpánica, convirtiéndose en vibraciones sonoras en dependencia de su frecuencia, frecuencias inferiores a 16 Hz son subsónicas y superiores a 16 000 Hz son ultrasónicas.

### Velocidad de propagación

Es la velocidad en la que el sonido viaja a través de un medio, y se considera típicamente de 1.540 m/sec para los tejidos blandos.

La velocidad de propagación del sonido varía dependiendo del tipo y características del material por el que atraviese. Los factores que determinan la velocidad del sonido a través de una sustancia son la densidad y la compresibilidad, de tal forma que los materiales con

mayor densidad y menor compresibilidad transmitirán el sonido a una mayor velocidad. Esta velocidad varía en cada tejido; por ejemplo, en la grasa, las ondas sonoras se mueven más lentamente; mientras que en el aire, la velocidad de propagación es tan lenta, que las estructuras que lo contienen no pueden ser evaluadas por ultrasonido. Por otro lado, la velocidad es inversamente proporcional a la compresibilidad; las moléculas en los tejidos más compresibles están muy separadas, por lo que transmiten el sonido más lentamente.

### Frecuencia

**Infrasonidos:** son ondas por debajo de 16 vibraciones por segundo o, lo que es igual, de menos de 16 Hz, que es el límite inferior de audición del oído humano. Vibraciones más lentas quizá podremos notarlas, pero nunca oír las.

**Sonidos:** son las ondas entre 16 y 16.000 Hz, que conforman todo el espectro de sonidos que el hombre es capaz de escuchar. Hay animales, como perros, delfines o mosquitos, capaces de oír sonidos más agudos, de 25 KHz y aún más, pero estas ondas ya no entran dentro de espectro de los sonidos.

**Ultrasonidos:** son las ondas mecánicas que tienen una frecuencia superior a los 16.000 Hz, aunque los utilizados en medicina son, habitualmente, de frecuencia superior a 0,5 Megahercios (MHz). Suelen oscilar entre 0,5 y 3 MHz para su uso terapéutico y entre 1 y 10 MHz en ecografía.



**Figura 1.** A partir de los 20kHz se da el ultrasonido, el máximo alcance audible humano es hasta los 20 KHz

## 3 PARTES DEL ULTRASONIDO

**Transductor** (cabezal) - es el sitio donde se encuentran los cristales que se mueven para emitir las ondas ultrasónicas. Estos transductores también reciben los ecos, para transformarlos en energía eléctrica.

**Receptor** - capta las señales eléctricas y las envía al amplificador.

**Amplificador** - amplifica las ondas eléctricas.

**Seleccionador** - selecciona las ondas eléctricas que son relevantes para el estudio.

**Transmisor** - transforma estas corrientes en representaciones gráficas para verlas en pantalla, guardarlas en disquete, vídeo; o imprimirlas en papel.

**Calibradores** (calipers) – son controles que permiten hacer mediciones, poseen botones y teclas para aumentar o disminuir ecos, de acuerdo a la claridad con la que se reciba la señal.

**Teclado** – permite introducir comandos y los datos de paciente, así como los indicadores de la sesión, incluyendo fecha del estudio.

**Impresora** – para imprimir las imágenes en papel.



**Figura 2.** El equipo que se utiliza pa realizar ultrasonidos.

## 4 GENERACION DE UN ULTRASONIDO

Cualquier objeto que vibre es una fuente de sonido. Las ondas sonoras pueden ser generadas mecánicamente (diapazon), en medicina se generan por medio de transductores electroacústicos.

**Efecto piezoeléctrico:** son cambios eléctricos que se producen en la superficie externa del material piezoeléctrico al aplicar presión a los cristales de cuarzo y a ciertos materiales policristalinos (titanato de plomo-circonato y titanato de bario). en el cuerpo humano se observan estos efectos especialmente en tejidos óseos, fibras de colágeno y proteínas corporales. este efecto es reversible.

**Efecto piezoeléctrico invertido:** si los materiales arriba mencionados son expuestos a una corriente eléctrica alterna experimentan cambios en la forma, de acuerdo con la frecuencia del campo eléctrico, convirtiéndose así en una fuente de sonido.

## 5 INTERACCION CON LOS TEJIDOS

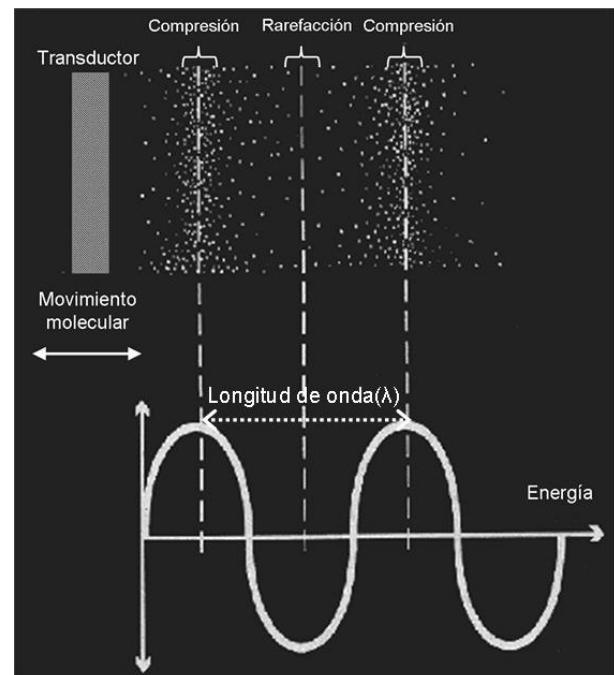
Cuando la energía acústica interactúa con los tejidos corporales, las moléculas tisulares son estimuladas y la energía se transmite de una molécula a otra adyacente.

La energía acústica se mueve a través de los tejidos mediante ondas longitudinales y las moléculas del medio de transmisión oscilan en la misma dirección. Estas ondas sonoras corresponden básicamente a la rarefacción y compresión periódica del medio en el cual se desplazan (Figura 3). La distancia de una compresión a la siguiente (distancia entre picos de la onda sinusal) constituye la longitud de onda ( $\lambda$ ), y se obtiene de dividir la velocidad de propagación entre la frecuencia. El número de veces que se comprime una molécula es la

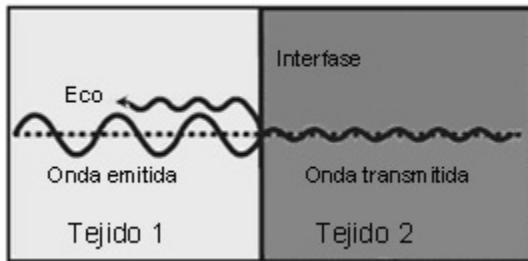
frecuencia ( $f$ ) y se expresa en ciclos por segundo o hercios.

Cuando una onda de US atraviesa un tejido se sucede una serie de hechos; entre ellos, la reflexión o rebote de los haces ultrasónicos hacia el transductor, que es llamada “eco”. Una reflexión ocurre en el límite o interfase entre dos materiales y provee la evidencia de que un material es diferente a otro; esta propiedad es conocida como impedancia acústica y es el producto de la densidad y velocidad de propagación. El contacto de dos materiales con diferente impedancia acústica da lugar a una interfase entre ellos (Figura 4). Así es como tenemos que la impedancia ( $Z$ ) es igual al producto de la densidad ( $D$ ) de un medio por la velocidad ( $V$ ) del sonido en dicho medio:  $Z = VD$ .<sup>(5)</sup>

Cuando dos materiales tienen la misma impedancia acústica, este límite no produce un eco. Si la diferencia en la impedancia acústica es pequeña se producirá un eco débil; por otro lado, si la diferencia es amplia, se producirá un eco fuerte y si es muy grande se reflejará todo el haz de ultrasonido. En los tejidos blandos la amplitud de un eco producido en la interfase entre dos tejidos representa un pequeño porcentaje de las amplitudes incidentes. Cuando se emplea la escala de grises, las reflexiones más intensas o ecos reflejados se observan en tono blanco (hiperecoicos) y las más débiles, en diversos tonos de gris (hipoecoicos) y cuando no hay reflexiones, en negro (anecoicos).



**Figura 3.** Longitud de la onda. Compresión y rarefacción. La energía acústica se mueve mediante ondas longitudinales a través de los tejidos; las moléculas del medio de transmisión oscilan en la misma dirección que la onda. Estas ondas sonoras corresponden a la rarefacción y compresión periódica del medio en el cual se desplazan.



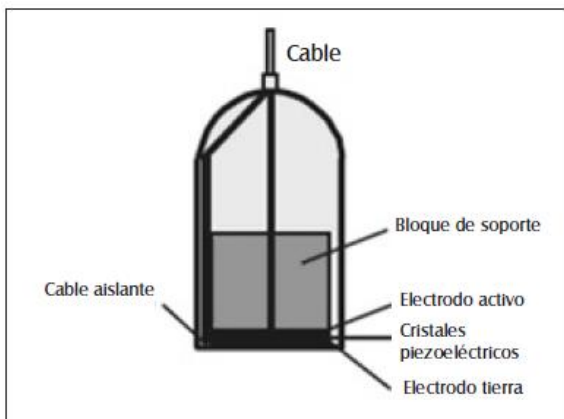
**Figura 4.** Interacción del US(Ultrasonido) con los tejidos. Al entrar en contacto con dos tejidos de diferente impedancia acústica una parte de la onda acústica emitida por el transductor se refleja como eco; la otra parte se transmite por el tejido.

## 6 TRANSDUCTORES

Un transductor es un dispositivo que transforma el efecto de una causa física, como la presión, la temperatura, la dilatación, la humedad, etc., en otro tipo de señal, normalmente eléctrica.

En el caso de los transductores de ultrasonido, la energía ultrasónica se genera en el transductor, que contiene los cristales piezoeléctricos; éstos poseen la capacidad de transformar la energía eléctrica en sonido y viceversa, de tal manera que el transductor o sonda actúa tanto como emisor y receptor de ultrasonidos(Figura 5).

La circonita de plomo con titanio es una cerámica usada frecuentemente como cristal piezoeléctrico y constituye el alma del transductor. Existen cuatro tipos básicos de transductores: sectoriales, anulares, de arreglo radial y los lineales; difieren tan sólo en la manera en que están dispuestos sus componentes. Los transductores lineales son los más frecuentemente empleados en ecografía musculoesquelética: se componen de un número variable de cristales piezoeléctricos, usualmente de 64 a 256, que se disponen de forma rectangular y que se sitúan uno frente al otro. Funcionan en grupos, de modo que al ser estimulados eléctricamente producen o emiten simultáneamente un haz ultrasónico.



**Figura 5.** Transductor. Al transmitirse el impulso eléctrico a los cristales éstos vibran de manera proporcional a la potencia de la electricidad dentro del transductor, creando ondas similares a las del sonido dentro de una campana.

## 7 FORMACION DE LA IMAGEN

Las imágenes ecográficas están formadas por una matriz de elementos fotográficos. Las imágenes en escala de grises están generadas por la visualización de los ecos, regresando al transductor como elementos fotográficos (píxeles). Su brillo dependerá de la intensidad del eco que es captado por el transductor en su viaje de retorno.

El transductor se coloca sobre la superficie corporal del paciente a través de una capa de gel para eliminar el aire entre las superficies (transductor-piel). Un circuito transmisor aplica un pulso eléctrico de pequeño voltaje a los electrodos del cristal piezoeléctrico. Éste empieza a vibrar y transmite un haz ultrasónico de corta duración, el cual se propaga dentro del paciente, donde es parcialmente reflejado y transmitido por los tejidos o interfases tisulares que encuentra a su paso. La energía reflejada regresa al transductor y produce vibraciones en el cristal, las cuales son transformadas en corriente eléctrica por el cristal y después son amplificadas y procesadas para convertirse en imágenes.

El circuito receptor puede determinar la amplitud de la onda sonora de retorno y el tiempo de transmisión total, ya que rastrea tanto cuando se transmite como cuando retorna. Conociendo el tiempo del recorrido se puede calcular la profundidad del tejido refractante usando la constante de 1.540 metros / segundo como velocidad del sonido. La amplitud de la onda sonora de retorno determina la gama o tonalidad de gris que deberá asignarse. Los ecos muy débiles dan una sombra cercana al negro dentro de la escala de grises, mientras que ecos potentes dan una sombra cercana al blanco.

## 8 ESCALA DE GRISES

Las estructuras corporales están formadas por distintos tejidos, lo que da lugar a múltiples interfases que originan, en imagen digital, la escala de grises.

El elemento orgánico que mejor transmite los ultrasonidos es el agua, por lo que ésta produce una imagen ultrasonográfica anecoica (negra). En general, los tejidos muy celulares son hipoeoicos, dado su alto contenido de agua, mientras que los tejidos fibrosos son hiperecoicos, debido al mayor número de interfases presentes en ellos.

## 9 APLICACIÓN EN LA MEDICINA

Existen varios aspectos para la utilización en la medicina ya sea de manera de solo realizar diagnósticos o para realizar terapias. La técnica más segura ya que no usa radiación, es sin duda la sonografía, pero existen

otras muchas como desinfección de herramientas, las fisioterapéuticas, la litotricia, Etc.

Pero realmente nos enfocaremos en una sola que es la de sonografía.

## SONOGRAFÍA

La sonografía médica es un tipo de diagnóstico. Está basado en el uso de ultrasonido para crear imágenes de músculos, tendones y órganos internos. Captura correctamente su tamaño, estructura y varias lesiones patológicas con imágenes tomográficas en tiempo real. Esta técnica se usa hace al menos 50 años y es una de las herramientas de diagnóstico más utilizadas en la medicina moderna. Es una tecnología relativamente barata y portable, especialmente si se la compara con la resonancia magnética o la tomografía computada. También se usa el ultrasonido para visualizar fetos durante exámenes de rutina y de emergencia en cuidado prenatal



**Figura 6.** Imagen por ultrasonido en 2d.

Como se aplica actualmente en la medicina y utilizado correctamente, hay consenso en que el ultrasonido no presenta riesgos para el paciente. Aunque diversos estudios plantean que podríamos estar equivocados, la sonografía se describe como un examen seguro porque no usa radiación, que sí presenta riesgos como el aumento de la posibilidad de desarrollo de cáncer. De cualquier forma, el uso de energía ultrasónica presenta dos potenciales efectos fisiológicos: aumenta la respuesta inflamatoria y puede calentar tejidos blandos por la fricción que genera. Este calor suele ser menor ya que la mayoría del calor se disipa rápidamente. Sin embargo, con altas intensidades, puede crear pequeñas cavidades de gas en los fluidos corporales o tejidos y estas se expanden y colapsan en un fenómeno llamado cavitación. Este efecto secundario es utilizado con fines estéticos debido a que destruye la fibrosis pero no se encuentra a los niveles que se utilizan normalmente para diagnóstico. Además, la onda de presión causada con ultrasonido puede generar

distorsión en la membrana celular, influenciando en el flujo de iones y la actividad intracelular.

El ultrasonido puede ser usado en obstétrica para identificar condiciones peligrosas tanto para la madre como para el bebé. Muchos profesionales de la salud consideran que el riesgo de no examinar ciertas malformaciones es mucho mayor que, si existe, el de someter al scan ultrasónico. Según la librería Cochrane, el uso de ultrasonido de rutina en embarazos de menos de 24 semanas genera mejor precisión de la edad del niño, detecta tempranamente embarazos múltiples y malformaciones del feto en un momento donde todavía es considerable terminar el mismo. De cualquier forma, la FDA sugiere no utilizar el ultrasonido para propósitos no médicos como sería obtener imágenes del feto para mostrar a la familia.

El ultrasonido se usa en obstétrica para:

- Establecer la edad del feto
- Confirmar la vitalidad del mismo
- Determinar la locación
- Chequear la cantidad de niños gestándose (por embarazos múltiples)
- Observar el crecimiento
- Descartar anomalías
- Determinar el sexo
- Establecer la posición de la placenta con relación al cuello del útero
- Estudiar el movimiento y el latido cardíaco del feto



**Figura 7.** Instrumento que crea imágenes directamente a la computadora





**Figura 8.** Sonograma en 3d.

## 10 CONCLUSION

Los principios físicos y las técnicas de manejo son esenciales para comprender la naturaleza de los ultrasonidos y sus aplicaciones clínicas y para adquirir imágenes diagnósticas de alta calidad. Los médicos que practican la sonografía deben mejorar y actualizar continuamente sus conocimientos. Una comprensión de las bases físicas que gobiernan el ultrasonido es muy conveniente para que el médico pueda obtener excelentes resultados de esta técnica no invasiva de imagen.

Sin embargo, la falta de seguridad sobre sus efectos secundarios y su peligroso uso con fines cosméticos dejan entrever que la investigación de este fenómeno no ha llegado todavía a un punto estable. Todo el tiempo se descubren nuevos usos y matices sobre el ultrasonido mientras que se debate sobre la libertad con la que se usa. Seguramente en los próximos años se desarrollen nuevas tecnologías y se avance ampliamente en el ambiente teórico. Lo que es seguro, es que es un campo de la ciencia con frutos todavía por recoger.

## 11 REFERENCIAS

- [1][http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing\\_ond\\_1/trabajos\\_03\\_04/infra\\_y\\_ultra/aplicaciones\\_ultrasonidos.htm](http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_03_04/infra_y_ultra/aplicaciones_ultrasonidos.htm)
- [2] <http://www.techpointcolombiana.com/caracteristicas-del-ultrasonido.html>
- [3] <http://es.scribd.com/doc/62107552/ultrasonido>
- [4][http://www.jumpsex.com.ar/Aviso\\_Mosquitos\\_archivos/Funcionamiento.pdf](http://www.jumpsex.com.ar/Aviso_Mosquitos_archivos/Funcionamiento.pdf)
- [5][http://www.ate.uniovi.es/8695/documentos/TRABAJO S%202008/avances/viernes%2023-01-09/830/g2%20ULTRASONIDOS%20EN%20MEDICINA.pdf](http://www.ate.uniovi.es/8695/documentos/TRABAJO%202008/avances/viernes%2023-01-09/830/g2%20ULTRASONIDOS%20EN%20MEDICINA.pdf)
- [6] [Http://www.sonotech-inc.com/pi00033.cfm](http://www.sonotech-inc.com/pi00033.cfm)
- [7] <http://www.slideshare.net/kurtmilach/ultrasonido-en-medicina>