

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS PUEBLA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

DEPARTAMENTO DE COMPUTACIÓN, ELECTRÓNICA Y MECATRÓNICA



**MANUAL DE PRÁCTICAS PARA EL ULTRASONIDO WED  
9618**

TESIS QUE, PARA COMPLETAR LOS REQUISITOS DEL PROGRAMA DE  
HONORES PRESENTA LA ESTUDIANTE

CARLA MÉNDEZ MUÑOZ

156008

INGENIERÍA BIOMÉDICA

DR. RUBÉN ALEJOS PALOMARES

TESIS QUE, PARA COMPLETAR LOS REQUISITOS DEL PROGRAMA DE  
HONORES PRESENTA LA ESTUDIANTE CARLA MÉNDEZ MUÑOZ, 156008

DIRECTOR DE TESIS

---

Dr. Ruben Alejos Palomares

PRESIDENTE DE TESIS

---

Dr. Roberto Rosas Romero

SECRETARIO DE TESIS

---

Dr. Jorge Rodríguez Asomoza

## Agradecimientos

Quiero agradecer a las personas que me apoyaron durante toda mi carrera, sin duda no habría logrado llegar hasta aquí sin todos ellos.

A mis papás porque me han alentado a dar lo mejor de mí en todo momento. Por apoyarme, ayudarme, y siempre darme mucho amor, porque sin duda forjaron a la persona que soy ahora. Los amo y les agradezco infinitamente todo lo que han hecho por mí. A mis hermanas que me ponen canciones que me gustan cuando estoy estresada, porque saben cuáles me hacen cantar más fuerte. Porque siempre han sido mi apoyo y me han hecho reír tan fuerte y bailar tan raro. A Kail por estar a mi lado durmiendo, y cuando no, por llegar a ladrarme para salir a pasear justo cuando estaba inspirada.

A todos mis profesores, que siempre me impulsaron a llegar lejos y que me ayudaron a ganar tantos conocimientos. Al Dr. Alejos por ser mi mentor desde primer semestre, por siempre ser tan receptivo, guiarme en todo este proceso y ayudar a calmar mis nervios cuando ya no sabía que hacer.

A mi mejor amiga Mar, por ser mi persona y por estar siempre ahí. A Susy y Adri por recordarme que mi tesis sí vale la pena y por hacerme reír todas esas largas noches de estudio, por su amistad incondicional a pesar de la distancia. Gracias por darme la oportunidad de disfrutar tanto mi carrera junto a ustedes.

Y finalmente a Dave y Paco, porque sin su ayuda en el laboratorio no habría sido posible terminar este proyecto. Gracias por empezar a trabajar en la uni, por siempre estar en la mejor disposición de ayudarme y emocionarse conmigo cuando sí nos salían las prácticas.

# Índice

<b>Resumen</b>	<b>8</b>
<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>1. Justificación</b>	<b>10</b>
<b>2. Marco teórico</b>	<b>11</b>
2.1. Ultrasonido y tipos de ultrasonido . . . . .	11
2.2. Características físicas . . . . .	11
2.2.1. Generación del sonido . . . . .	12
2.2.2. Propagación del sonido . . . . .	12
2.2.3. Reflexión del sonido . . . . .	13
2.2.4. Recepción del sonido . . . . .	14
2.3. Transductor . . . . .	14
2.3.1. Transductor sectorial . . . . .	15
2.3.2. Transductor lineal . . . . .	15
2.3.3. Transductor convexo . . . . .	15
2.3.4. Transductor intracavitario . . . . .	16
2.4. Modos de operación del ultrasonido . . . . .	16
2.4.1. Modo A . . . . .	16
2.4.2. Modo B . . . . .	17
2.4.3. Modo M . . . . .	17
2.5. Aplicaciones del ultrasonido de diagnóstico . . . . .	17
2.5.1. Ultrasonido abdominal . . . . .	17
2.5.2. Ultrasonido ginecológico . . . . .	18
2.5.3. Ultrasonido obstétrico . . . . .	19

2.5.4.	Ultrasonido pélvico masculino . . . . .	19
2.5.5.	Ultrasonido de mamas . . . . .	20
2.5.6.	Ultrasonido de la glándula tiroides . . . . .	20
2.5.7.	Ultrasonido craneal . . . . .	20
2.5.8.	Ultrasonido de cadera . . . . .	21
2.5.9.	Ultrasonido vascular . . . . .	21
2.5.10.	Ultrasonido musculoesquelético . . . . .	22
2.6.	Elementos de optimización de imágenes de ultrasonido . . . . .	23
2.6.1.	Frecuencia . . . . .	23
2.6.2.	Número y distancia de enfoque . . . . .	24
2.6.3.	Velocidad de fotograma . . . . .	25
2.6.4.	Potencia . . . . .	26
2.6.5.	Ángulo de escaneo . . . . .	26
2.6.6.	Ganancia acústica . . . . .	27
2.6.7.	Rango dinámico . . . . .	28
<b>3.</b>	<b>Descripción del proyecto</b>	<b>29</b>
3.1.	Objetivos . . . . .	29
3.2.	Metas . . . . .	30
3.3.	Hipótesis . . . . .	30
3.4.	Metodología . . . . .	31
<b>4.</b>	<b>Manual de referencia rápida para ultrasonido WED 9618</b>	<b>32</b>
4.1.	Instalación . . . . .	32
4.2.	Procedimiento de encendido y apagado . . . . .	32
4.3.	Operación del teclado y <i>trackball</i> . . . . .	33
4.4.	Entrada de datos . . . . .	40

4.5. Bucle de cine y almacenamiento de imágenes . . . . .	42
4.5.1. Almacenamiento de imágenes . . . . .	42
4.5.2. Recuperación de imágenes guardadas . . . . .	43
4.5.3. Bucle de cine . . . . .	43
4.6. Mediciones . . . . .	44
4.6.1. Distancia . . . . .	44
4.6.2. Área y circunferencias . . . . .	45
4.6.3. Volumen . . . . .	47
4.7. Reporte . . . . .	49
<b>5. Estrategia pedagógica</b>	<b>50</b>
5.1. Estructura de las prácticas . . . . .	50
5.2. Planeación de las prácticas . . . . .	51
<b>6. Manual de prácticas</b>	<b>53</b>
6.1. Práctica 1: Familiarizándose con el equipo - Funciones básicas . . . . .	53
6.1.1. Objetivos . . . . .	53
6.1.2. Materiales . . . . .	53
6.1.3. Prerrequisito . . . . .	53
6.1.4. Procedimiento . . . . .	54
6.1.5. Ejercicio . . . . .	58
6.1.6. Preguntas de Autoevaluación . . . . .	58
6.2. Práctica 2: Familiarizándose con el equipo: Funciones avanzadas . . . . .	59
6.2.1. Objetivos . . . . .	59
6.2.2. Materiales . . . . .	59
6.2.3. Prerrequisito . . . . .	59
6.2.4. Procedimiento . . . . .	60

6.2.5. Ejercicio . . . . .	63
6.2.6. Preguntas de evaluación . . . . .	64
6.3. Práctica 3: Mediciones básicas con el ultrasonido . . . . .	64
6.3.1. Objetivos . . . . .	64
6.3.2. Materiales . . . . .	64
6.3.3. Prerrequisito . . . . .	65
6.3.4. Procedimiento . . . . .	65
6.3.5. Ejercicio . . . . .	71
6.3.6. Preguntas de evaluación . . . . .	71
6.4. Práctica 4: Ajustando y optimizando la imagen . . . . .	72
6.4.1. Objetivos . . . . .	72
6.4.2. Materiales . . . . .	72
6.4.3. Prerrequisito . . . . .	72
6.4.4. Procedimiento . . . . .	73
6.4.5. Ejercicio . . . . .	79
6.4.6. Preguntas de evaluación . . . . .	79
6.5. Práctica 5: Ecografía abdominal - Riñón derecho . . . . .	79
6.5.1. Objetivos . . . . .	79
6.5.2. Materiales . . . . .	80
6.5.3. Prerrequisito . . . . .	80
6.5.4. Procedimiento . . . . .	80
6.5.5. Ejercicio . . . . .	83
6.5.6. Preguntas de evaluación . . . . .	83
6.6. Práctica 6: Ultrasonido hepático - Visualización de lóbulo derecho y venas suprahepáticas . . . . .	83
6.6.1. Objetivos . . . . .	83

6.6.2. Materiales . . . . .	84
6.6.3. Prerrequisito . . . . .	84
6.6.4. Procedimiento . . . . .	84
6.6.5. Ejercicio . . . . .	87
6.6.6. Preguntas de evaluación . . . . .	88
<b>7. Resultados</b>	<b>89</b>
7.1. Práctica 1 . . . . .	89
7.2. Práctica 2 . . . . .	89
7.3. Práctica 3 . . . . .	90
7.4. Práctica 4 . . . . .	93
7.5. Práctica 5 . . . . .	99
7.6. Práctica 6 . . . . .	101
<b>8. Conclusiones</b>	<b>103</b>
<b>Referencias</b>	<b>106</b>



## Resumen

El laboratorio de Computación, Electrónica y Mecatrónica de la UDLAP cuenta con un sinnúmero de componentes y equipos, entre los que se encuentra un equipo de ultrasonido de imagen (Modelo WED 9618). Lamentablemente, el departamento no cuenta con la experiencia necesaria ni con un manual de prácticas para utilizarlo adecuadamente y por ende, se ha limitado su uso tanto por profesores como por los alumnos.

Este proyecto está enfocado a la generación de un conjunto de experiencias de aprendizaje tanto de las funciones del ultrasonido, como en los procedimientos de uso más simples para la generación de imágenes ultrasónicas, que permitan aprender las técnicas básicas, así como identificar campos de oportunidad en el mejoramiento de la técnica.

Se desarrolló un manual de prácticas de ecografía que buscan enseñar al usuario las funciones básicas de la técnica, comenzando con prácticas sencillas sobre los controles y funciones del ultrasonido; y finalizando con prácticas que incluyen actividades para la correcta visualización del riñón derecho y de las venas suprahepáticas, así como el lóbulo derecho del hígado. De dichas prácticas se obtuvieron resultados formidables, pues la estructura observada es fácilmente visible en todos los casos.

**Palabras clave:** Ultrasonido, Transductor, Ecografía, Frecuencia, Imágenes médicas, Optimización de imágenes de ultrasonido.

## Introducción

Este proyecto consiste en el desarrollo de un manual de prácticas para aprender a utilizar un ultrasonido de imagen básico. Se pretende realizar un manual de operación con las funciones principales del equipo de ultrasonido y posteriormente una serie de prácticas que ayuden al usuario a ejecutar los conocimientos aprendidos.

El presente trabajo se divide en ocho capítulos que serán descritos brevemente a continuación. En el capítulo 1 se encuentra la justificación del proyecto. En el capítulo 2 se desarrolla el marco teórico, que expone qué es un ultrasonido y los tipos de ultrasonido que existen, los principios físicos de la imagen de ultrasonido, transductor y tipos de transductores, modos de operación, aplicaciones en las ramas de la medicina, y finalmente los elementos de optimización de la imagen de ultrasonido. En el capítulo 3 se explica el proyecto, objetivos, metas, e hipótesis y se describe brevemente la metodología a seguir.

En el capítulo 4 se encuentra el manual de referencia rápida para ultrasonido WED 9618. En el cual se presentan las funciones principales del ultrasonido, así como los procedimientos para almacenamiento de imágenes, obtención de mediciones, entre otros. El capítulo 5 expone la estrategia pedagógica utilizada para desarrollar las prácticas, así como la estructura de las mismas, y da un breve índice de las prácticas.

En el capítulo 6 se encuentra el manual de prácticas, compuesto por 6 prácticas que contienen cada una sus secciones correspondientes, explicadas en el capítulo previo. El capítulo 7 presenta los resultados de cada práctica, desde el punto de vista pedagógico y el experimental, en esta sección se encuentra la discusión de las imágenes obtenidas a partir de la experimentación con el equipo de ultrasonido. Finalmente, el capítulo 8 presenta las conclusiones y el trabajo futuro.

# 1. Justificación

La aplicación de las ondas de ultrasonido en la medicina ha sido uno de los descubrimientos más importantes en el diagnóstico clínico, por lo que actualmente se considera un equipo indispensable dentro de la imagenología médica, después de los rayos X [1]. Debido a la amplia variedad de tejidos y órganos que se pueden observar con el ultrasonido, sus aplicaciones son tan amplias como la cantidad de ramas médicas que existen. Una de sus ventajas es que no utiliza radiación ionizante, lo cual hace de esta técnica la herramienta de imagenología por excelencia en el seguimiento de embarazos [2]. Sin embargo, también es muy utilizada en otras especialidades médicas como cardiología, endocrinología, nefrología, ortopedia, entre otros. Además, debido a su capacidad de reproducir las imágenes en tiempo real es utilizada para la realización de biopsias, guiando el paso de la aguja hasta el lugar deseado para tomar la muestra correctamente [3].

El laboratorio de Computación, Electrónica y Mecatrónica de la UDLAP cuenta con un sinnúmero de componentes y equipos, entre los que se encuentra un equipo de ultrasonido de imagen (Modelo WED 9618). Lamentablemente, el departamento no cuenta con la experiencia necesaria ni con un manual de prácticas para utilizarlo adecuadamente y por ende, se ha limitado su uso tanto por profesores como por los alumnos, trayendo como consecuencia que este importante equipo sea sub-utilizado.

Es por eso que este proyecto está enfocado a la generación de un conjunto de experiencias de aprendizaje tanto de las funciones del ultrasonido, como en los procedimientos de uso más simples para la generación de imágenes ultrasónicas que permitan aprender las técnicas básicas, así como identificar campos de oportunidad en el mejoramiento de la técnica.

Contar con un manual de prácticas de esta naturaleza resultará benéfico no solo para los estudiantes de la carrera de ingeniería biomédica, sino que permitirá que estudiantes de otras carreras, como medicina y estomatología, también lo usen, propiciando la acción interdisciplinaria entre estas especialidades.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Ultrasonido y tipos de ultrasonido**

El ultrasonido médico se divide en dos tipos: terapéutico y diagnóstico. El objetivo del ultrasonido terapéutico es interactuar con los tejidos para modificarlos o destruirlos, mientras que el ultrasonido de diagnóstico, también llamado ecografía, tiene como objetivo obtener una imagen [4]. En esta tesis, solo se va a tratar la ecografía en sus diferentes modalidades.

El ultrasonido de diagnóstico, a su vez, se divide en anatómico y funcional. El anatómico se usa para producir imágenes de las estructuras internas del cuerpo. Mientras que el funcional utiliza información como el movimiento, la velocidad del flujo, suavidad o dureza para combinarlas con imágenes internas y así observar el funcionamiento fisiológico de una estructura u órgano [4]. El estudio ecográfico más común es el obstétrico, con el cual se puede observar al feto para evaluar su estado de desarrollo durante el embarazo [5]. En este se emplean ambas modalidades de ultrasonido de diagnóstico, la parte de ultrasonido anatómico se utiliza para obtener la imagen del feto, mientras que el ultrasonido funcional se utiliza para monitorear su ritmo cardíaco.

### **2.2. Características físicas**

El ultrasonido se define como una serie de ondas mecánicas originadas por la vibración de un cuerpo elástico y propagadas por un medio material, su frecuencia sobrepasa el rango de los sonidos audibles por el ser humano, que es 20 KHz [6]. Para que un ultrasonido pueda detectar imágenes, es necesario que pase por ciertas etapas: generación, propagación, reflexión y recepción.

### **2.2.1. Generación del sonido**

El ultrasonido es generado por un transductor, que puede emitir las señales de ultrasonido y también detectar las ondas reflejadas [7]. Un sonido se origina por la vibración de un cuerpo elástico. En el caso de los ultrasonidos, la acción combinada de una membrana elástica y un cristal piezoeléctrico. Los cuales producen un sonido cuando el cristal es excitado con una fuente de energía eléctrica, que debe tener la frecuencia e intensidad adecuadas para provocar que la onda de ultrasonido viaje a través del medio, compuesto de órganos, tejidos y fluidos del cuerpo [8].

Puesto que el efecto piezoeléctrico es reversible, igualmente, una excitación mecánica debido a ondas de sonido producirá una señal eléctrica, utilizando el mismo arreglo membrana-cristal [8]. Con lo anterior, se debe entender que el transductor de ultrasonido consta de un par bocina-micrófono, donde la bocina se encarga de emitir sonidos, mientras que el micrófono se encarga de captarlos una vez que la onda de sonido ha viajado a través del tejido y ha sido reflejada. Posterior a la captura por el transductor micrófono, la señal obtenida es procesada para convertirla en una imagen, que se obtiene en función de la distancia y el tiempo que ha transcurrido desde que se generó el impulso hasta la recepción del mismo [9].

### **2.2.2. Propagación del sonido**

Una vez que el transductor ha transmitido el sonido al interior del cuerpo sucede la propagación del sonido a través de los tejidos. La velocidad de propagación del sonido varía de acuerdo a las propiedades del material que atraviere. Las propiedades que afectan la velocidad de transmisión del sonido son principalmente la densidad y la rigidez del tejido [6].

Entre más denso y menos rígido sea el material, tendrá una mayor impedancia acústica, por lo que la velocidad a la que viaje el sonido será menor. Mientras que si se tiene un material poco denso y muy rígido, su impedancia acústica será menor y por consiguiente

su velocidad de propagación será mayor [10].

### 2.2.3. Reflexión del sonido

“Cuando el sonido llega a una separación entre materiales en los que la velocidad del sonido es diferente, parte de la energía se transmite y parte de la energía se refleja” [11]. De esta manera, cuando el ultrasonido llega al límite entre dos tipos de tejidos con propiedades acústicas distintas (impedancia acústica), una parte de la energía continúa al segundo tejido (flechas verdes en figura 2.2.1) y otra parte es reflejada (flechas rojas) [8].

La cantidad de energía que se transmite al siguiente tejido, depende de que tan grande es la diferencia entre la impedancia acústica de ambos tejidos. La impedancia acústica se conoce como el producto de la densidad del medio por la velocidad del sonido [12]. Cuando la diferencia es muy grande, la mayor parte de la energía se reflejará de vuelta al primer tejido y solo una pequeña parte será transmitida al segundo tejido. Mientras que si la diferencia entre la impedancia acústica de los tejidos es pequeña, una gran parte de la energía será transmitida al siguiente tejido, y la parte restante será reflejada de vuelta al primer tejido [10].

La energía que se transmite sufre de pérdida de amplitud, llamada atenuación, ya que un porcentaje de la energía se absorbe [13] (flecha verde punteada en figura 2.2.1).

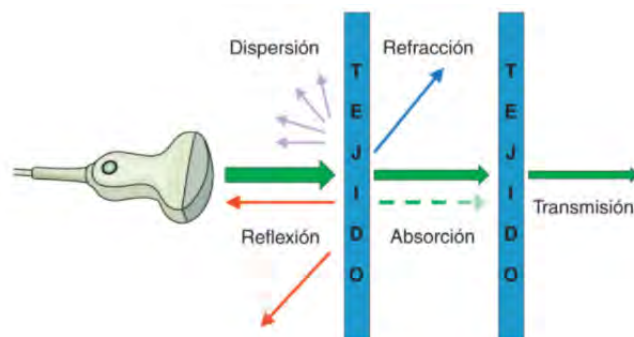


Figura 2.2.1: Reflexión, refracción y dispersión del sonido en los tejidos. Obtenido de [13].

Para comprender esto, es necesario entender los términos de reflexión y refracción. La reflexión sucede cuando la onda incidente rebota en el tejido, regresando al transductor (flecha roja en figura 2.2.1); por otro lado, la refracción provoca un cambio en la velocidad de la onda, que a su vez provoca un cambio en su dirección y ángulo [14] (flecha azul en la figura 2.2.1).

El ángulo y el porcentaje de reflexión de los tejidos depende de su impedancia acústica y el ángulo de incidencia de la onda de sonido. La diferencia de impedancias de los diferentes tejidos, indicará el porcentaje de la onda que será reflejada, de modo que la otra parte será transmitida al siguiente tejido [10]. Cuando el ángulo de reflexión del sonido es igual a  $90^\circ$  se obtiene una reflexión perpendicular, lo cual resulta en una imagen blanca [14]. Mientras que cuando el ángulo es menor a  $90^\circ$  los ecos recibidos son débiles por lo que la imagen formada será oscura [14].

#### **2.2.4. Recepción del sonido**

Como ya se explicó anteriormente, la señal reflejada por los tejidos es captada por el transductor, que se encarga de convertir la presión ejercida por las ondas en voltaje. Posteriormente, esta información se procesa en función de la velocidad de emisión y el tiempo de incidencia y recepción de la onda de sonido, para producir una imagen. Dependiendo de las propiedades del tejido se produce una imagen más o menos brillante, en proporción de la amplitud y el ángulo de la onda sonora recibida por el transductor. Las ondas de mayor amplitud generan un píxel cercano al blanco, mientras que las de menor amplitud generan un píxel cercano al negro [6].

### **2.3. Transductor**

El transductor es la parte del equipo de ultrasonido que genera y capta las ondas de ultrasonido, es decir, en el transductor sucede el cambio de ondas mecánicas a señales eléctricas y viceversa. Existen diferentes tipos de transductores de ultrasonido, los cuales

se clasifican según su forma en: lineales, convexos, sectoriales e intracavitarios; cada uno de estos se utilizan en diferentes áreas del ultrasonido de diagnóstico, no solo por su forma, sino por su frecuencia de disparo.

La frecuencia del disparo determina la profundidad a la cual se podrán observar las estructuras. A mayor frecuencia, menor profundidad, pero mayor resolución. A menor frecuencia, mayor profundidad, pero menor resolución [15]. Usualmente, las frecuencias utilizadas en ultrasonido de diagnóstico se encuentran entre 2.5 y 7 MHz, pero hay algunas sondas que sobrepasan estos valores.

### **2.3.1. Transductor sectorial**

Los transductores sectoriales (fig. 2.3.1(a)), tienen una forma pequeña y curva. Producen una imagen en forma de abanico, pero a diferencia del transductor convexo, ésta es más delgada. Su frecuencia de trabajo va de 3.5 a 5 MHz, por lo que permite ver estructuras profundas. Además, debido a su forma, permite un abordaje costal del cuerpo, por lo que hace posible observar estructuras cardiacas y abdominales [16].

### **2.3.2. Transductor lineal**

Este tipo de transductor, mostrado en la figura 2.3.1(b), envía las ondas de ultrasonido en forma paralela, lo cual produce una imagen de forma rectangular. Debido a su alta frecuencia, que va entre 7.5 y 13 MHz o hasta 20 MHz, su principal aplicación se lleva a cabo en estructuras superficiales, como lo son: los músculos, los tendones, las mamas, la tiroides, el escroto y vasos superficiales, entre otros [16].

### **2.3.3. Transductor convexo**

Como su nombre lo indica, tiene una forma curva (figura 2.3.1(c)). La imagen que proporciona tiene forma de abanico o trapecio. Su frecuencia de operación va desde 2.5 hasta 5 MHz y puede alcanzar profundidades hasta de 30 cm. Se utiliza principalmente para exploración abdominal y obstétrica [16].



En la figura 2.3.1, se pueden observar los diferentes tipos de transductores que existen.

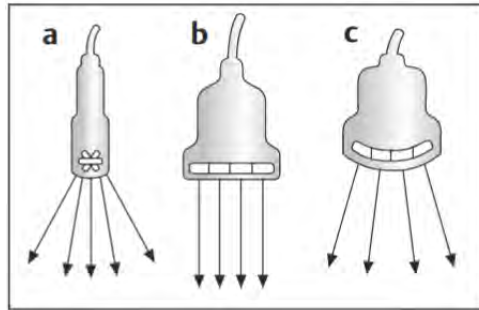


Figura 2.3.1: Transductores de ultrasonido a) Sectorial b) Lineal c) Convexo. Obtenido de [15].

#### 2.3.4. Transductor intracavitario

Hay un cuarto tipo de transductor llamado intracavitario. Este tipo de transductor puede ser lineal o convexo y por su forma delgada se utiliza para exploraciones intrarrectales o intravaginales. Su frecuencia de trabajo va de 5 a 7.5 MHz.

### 2.4. Modos de operación del ultrasonido

Hay tres modos de operación básicos al utilizar un ultrasonido de diagnóstico. Estos modos se pueden utilizar en conjunto o por separado dependiendo de su aplicación clínica.

#### 2.4.1. Modo A

El modo A recibe su nombre de la palabra “amplitud” ya que grafica la amplitud de los ecos recibidos. Este modo, adquiere imágenes en una sola dimensión, en la cual se grafica la amplitud de los ecos, es decir, la profundidad contra el tiempo [17].

### **2.4.2. Modo B**

El modo B es el más utilizado en el ultrasonido de diagnóstico. El transductor escanea simultáneamente un plano del cuerpo y recibe línea por línea las intensidades de los pulsos. Al final se obtiene una imagen compuesta de aproximadamente 120 líneas llenas de puntos de intensidad que varían en tonos de la escala de gris y forman una imagen en dos dimensiones [17] [18]. En este modo de operación se obtienen imágenes anatómicas y no fisiológicas.

### **2.4.3. Modo M**

El modo M recibe su nombre por la palabra “movimiento”. En este tipo de ultrasonidos se observa la conexión tiempo-movimiento en los diferentes reflectores acústicos del cuerpo, como lo son las válvulas cardiacas o las paredes del miocardio [18]. En este tipo de ultrasonido se muestra una imagen del modo B pero como una función del tiempo [19].

## **2.5. Aplicaciones del ultrasonido de diagnóstico**

### **2.5.1. Ultrasonido abdominal**

El ultrasonido de diagnóstico abdominal se utiliza para observar los órganos abdominales, tales como: el páncreas, el hígado, la vesícula biliar, los conductos biliares, el estómago, duodeno, el bazo, los riñones y algunos vasos sanguíneos que llegan a éstos, como la vena cava inferior y la aorta [15]. Se utiliza para diagnosticar problemas como:

- Dolor o distensión abdominal (dilatación)
- Función anormal del hígado
- Órgano abdominal agrandado
- Cálculos renales
- Cálculos biliares

- Aneurisma aórtico abdominal (AAA)

### **2.5.2. Ultrasonido ginecológico**

El ultrasonido ginecológico se utiliza para observar los órganos que se encuentran en la zona pélvica de las mujeres, principalmente se centra en los órganos reproductores: los ovarios, el útero, las trompas de Falopio, el cérvix y la vagina [18]. También se pueden ver órganos circundantes como la vejiga. Una de las principales aplicaciones de la ecografía ginecológica es el ultrasonido obstétrico, el cual se realiza en mujeres embarazadas, las particularidades de este estudio serán abordadas más adelante con mayor detalle.

Para evitar aire en la vejiga, normalmente se pide a los pacientes el consumo de 1 litro de agua una hora antes de la ecografía. Con este tipo de exámenes se puede realizar el diagnóstico de problemas tales como:

- Quistes ováricos
- Fibroides uterinos
- Cáncer ovárico o uterino
- Miomatosis uterina
- Endometriosis
- Pólipos
- Tumores
- Algunos casos de infertilidad

Este tipo de ecografía se puede realizar utilizando un transductor convexo para observar los órganos de forma superficial, o bien se puede utilizar un transductor transvaginal (intracavitario), que es insertado en la vagina para la mejor observación de los tejidos internos [5].

### 2.5.3. Ultrasonido obstétrico

El ultrasonido obstétrico es realizado en mujeres embarazadas y con este estudio se puede observar el desarrollo del feto por las diferentes etapas, medir su frecuencia cardíaca, definir su género, estimar el tiempo de gestación, determinar si el embarazo es múltiple, evaluar la posición de la placenta o del feto, determinar la cantidad de líquido amniótico y problemas que se puedan suscitar en diversas fases del embarazo [20], es decir, observar patologías o anomalías que pueda tener el feto. Como: enfermedades trifoblásticas, retraso del crecimiento uterino, órganos mal formados, falta de extremidades o poco desarrollo de las mismas, síndrome de Down, entre otros [5].

Durante las primeras semanas de embarazo, o para la confirmación de un embarazo, el ultrasonido obstétrico se realiza utilizando la sonda transvaginal. Esto permite vigilar el crecimiento del embrión a temprana edad gestacional. Además este tipo de sonda se puede utilizar en otras fases del embarazo para examinar la placenta u observar el cuello uterino en trabajo de parto temprano [5]. A excepción de ciertos casos, normalmente el ultrasonido obstétrico se lleva a cabo utilizando la sonda convexa.

### 2.5.4. Ultrasonido pélvico masculino

El ultrasonido pélvico masculino, como su nombre lo dice, se realiza en hombres. Con este tipo de ecografía se pueden observar los órganos pélvicos como: la vejiga, la próstata y las vesículas seminales [15]; por lo que se pueden detectar problemas como:

- Cálculos renales
- Tumores en la vejiga
- Detectar afecciones de la próstata como: agrandamiento de próstata, crecimiento anormal dentro de la próstata, diagnosticar la causa de infertilidad, cáncer de próstata, etc.

Para detectar los problemas en la próstata es necesaria la utilización de una sonda intracavitaria, en este caso se llama sonda transrectal, que como su nombre lo dice, se

introduce a través del recto [21]. Esto permite la formación de imágenes de la glándula prostática y sus tejidos circundantes.

#### **2.5.5. Ultrasonido de mamas**

El ultrasonido mamario, se utiliza para observar las glándulas mamarias y determinar si existe algún tejido fuera de lo normal. Por lo general se realiza después de un examen físico o una mamografía en la que se han encontrado tumores o bultos, y ayuda a determinar si éstos son sólidos o líquidos, con lo que a su vez se puede determinar su malignidad [22]. Este tipo de ecografía también se utiliza para guiar al médico al momento de tomar una biopsia en la mama o para revisar el estado de integridad de los implantes de silicona [22].

#### **2.5.6. Ultrasonido de la glándula tiroides**

El ultrasonido de la glándula tiroides se utiliza para observar la glándula tiroides y las estructuras cercanas a ella. Generalmente se utilizan para observar nódulos dentro de la tiroides o en alguna estructura aledaña y determinar si se trata de un nódulo benigno [23]. Si es necesario realizar una biopsia, también se utilizan para guiar la toma de muestra y obtenerla de forma satisfactoria [24].

#### **2.5.7. Ultrasonido craneal**

Este tipo de ecografía se utiliza para tomar imágenes del cerebro y del líquido cefalorraquídeo. Normalmente se realiza en bebés o niños pequeños debido a que su cráneo no ha terminado de formarse y es más fácil que las ondas de ultrasonido lo atraviesen [25]. Se utiliza principalmente en bebés prematuros para evaluar la existencia de un problema cerebral como los mencionados a continuación:

- Hidrocefalia
- Hemorragia intraventricular

- Leucomalacia periventricular
- Anormalidades congénitas
- Tumores
- Infecciones

En el caso de los adultos, sólo se realizará una ecografía de cabeza durante una cirugía, para observar la ubicación de tumores y que su extracción sea más sencilla. Para este procedimiento, se remueve una parte del cerebro y se coloca el transductor en la zona expuesta [25].

#### **2.5.8. Ultrasonido de cadera**

Este tipo de ultrasonido se emplea para obtener imágenes de los músculos, tendones, ligamentos, y demás tejidos de la cadera. Normalmente se utilizan para diagnosticar problemas asociados con:

- Anormalidades de los músculos y tejido blando
- Cuerpos extraños
- Infecciones
- Sangrado
- Tumores
- Problemas de artritis

El ultrasonido de cadera también se realiza en bebés de hasta 8 meses para diagnosticar displasia del desarrollo de la cadera (DDC) [26].

#### **2.5.9. Ultrasonido vascular**

El ultrasonido vascular se utiliza para observar el sistema circulatorio y determinar la velocidad y dirección del flujo sanguíneo [27]. Principalmente, para identificar bloqueos

arteriales y venosos, y también coágulos de sangre. El ultrasonido vascular se emplea para encontrar problemas como [27]:

- Identificar estenosis
- Embolias
- Trombosis Venosa Profunda
- Insuficiencia venosa
- Aneurisma
- Evaluar venas varicosas
- Evaluar si es posible que se realice una angioplastia

Este tipo de ultrasonido normalmente va acompañado de otras técnicas de imagen, como ultrasonido Doppler, resonancia magnética o tomografía computarizada para una mejor visualización y un adecuado diagnóstico [27].

#### **2.5.10. Ultrasonido musculoesquelético**

Como su nombre lo indica, el ultrasonido musculoesquelético se realiza para obtener imágenes del sistema musculoesquelético, que incluye los músculos, los tendones, los ligamentos y las articulaciones, también se pueden observar los nervios [28]. Con este tipo de ecografía se puede diagnosticar lo siguiente [29]:

- Esguinces
- Torceduras
- Fracturas
- Desgarro de tendones o ligamentos
- Acumulación de líquido en los músculos
- Hernias
- Presencia de cuerpos extraños

- Atrapamiento de nervios
- Síndrome de Túnel Carpiano

En niños se pueden encontrar problemas como dislocación de cadera, anormalidades en los músculos del cuello, masas de tejido blando y fluido en articulaciones. [28]

## **2.6. Elementos de optimización de imágenes de ultrasonido**

Para que una imagen de ultrasonido se pueda visualizar de forma más clara, se deben configurar algunas características de los ecos que serán enviados a los tejidos.

### **2.6.1. Frecuencia**

Como ya se ha mencionado antes, la frecuencia a la que se emiten los ecos es importante para establecer la profundidad y resolución de la imagen. A menor frecuencia, mayor profundidad pero menor resolución; a mayor frecuencia, menor profundidad, pero mayor resolución [15]. Dependiendo del tipo de tejido a observar, se deberá elegir la profundidad deseada. La cual también tiene que ver con el transductor elegido. Los transductores lineales trabajan a frecuencias más altas, por lo que generalmente se utilizan para observar estructuras más superficiales, mientras que con el transductor convexo, que trabaja a frecuencias más bajas, se logra una profundidad mayor.

En la figura 2.6.1, se puede observar la diferencia entre usar frecuencias más altas o más bajas. En la imagen de la izquierda (a) se está utilizando una frecuencia baja (de 1.5 MHz), mientras que en la parte derecha (b) se observa la misma imagen a una frecuencia más alta (5 MHz). Se puede observar que la frecuencia mayor ofrece una visualización más superficial de las estructuras.



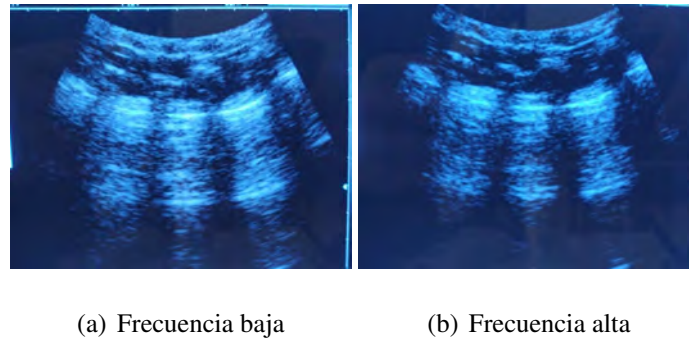


Figura 2.6.1: Diferencia entre frecuencia baja y alta. A mayor frecuencia menor profundidad y a menor frecuencia, mayor profundidad. También cambia la resolución de la imagen.

### 2.6.2. Número y distancia de enfoque

El enfoque del haz de ultrasonido brinda la máxima resolución y detalle en una imagen en cierta zona, [13] debido a la alta concentración de la energía en esa área [30]. Como se observa en la figura 2.6.2, las ondas de ultrasonido salen del transductor de forma que todos se concentran en un punto focal a la mitad del camino, el punto en el que estos se encuentran se llama foco, y es el punto de máxima energía [18].



Figura 2.6.2: Zona focal de un transductor. Obtenido de [30]

La zona focal y el número de focos se pueden ajustar manualmente en un equipo de ultrasonido y deben elegirse de acuerdo a la profundidad de la estructura que se desee visualizar y a que zona se le desee dar mayor importancia en el diagnóstico. Al cambiar el número de focos, se ofrecerá una imagen notablemente más nítida en las zonas elegidas (figura 2.6.3), pero se debe tener en cuenta que la mayor demanda de energía del

transductor, también generará una disminución en la velocidad del fotograma [30]. Es decir, al tener dos o más zonas con alta resolución, el sistema va a consumir más tiempo en traducir las imágenes obtenidas, y por eso la velocidad de muestra de las mismas se verá afectada. Esto puede no tener importancia en estudios en los que la imagen siempre sea estática, sin embargo, para analizar estructuras en movimiento, como en el ecocardiograma o estudios obstétricos, se dará más importancia a la velocidad del fotograma, por lo que se deberá limitar el número de focos activos.

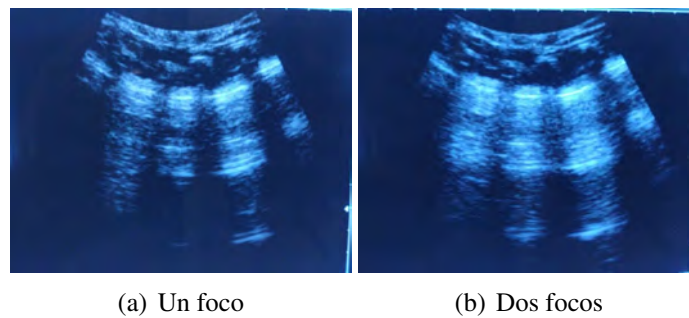


Figura 2.6.3: Diferencia entre uno (a) y dos (b) focos. El segundo foco (b) se puede ajustar a diferentes profundidades, en este caso se muestra el segundo foco con distancia D5.

### 2.6.3. Velocidad de fotograma

La velocidad del fotograma es la velocidad con la que la imagen que muestra el transductor es reemplazada por una nueva imagen. Tiene que ver con la capacidad del sistema de traducir los ecos de ultrasonido en imágenes en escala de grises. Al tener una alta velocidad de fotograma, se apreciarán más los movimientos de las estructuras. Se puede maximizar el número de fotogramas por segundo, al reducir la profundidad y/o el ángulo de escaneo [13]. Una velocidad más alta compromete la resolución de la imagen, como se puede observar en la figura 2.6.4:

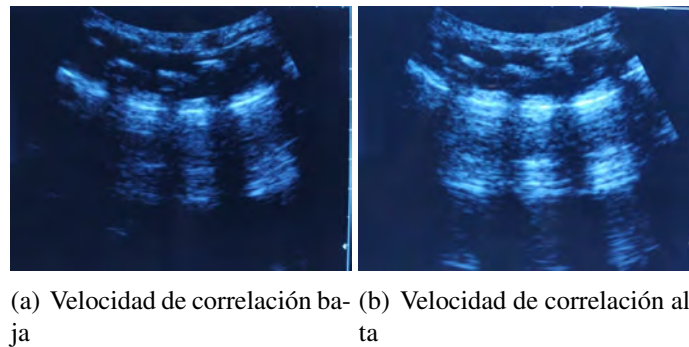


Figura 2.6.4: Diferencia entre velocidad del fotograma baja (a) y alta (b). Al tener una mayor velocidad hay menor resolución en la imagen.

#### 2.6.4. Potencia

La potencia es la cantidad de energía que será administrada hacia el transductor y que hará que la amplitud de las ondas de ultrasonido sea mayor. Está relacionada con la generación de calor en el cuerpo, el cual es inofensivo en el caso de imágenes de ultrasonido [13], de cualquier manera, se recomienda ajustarla lo más bajo posible sin dañar la calidad de la imagen [18].

Al aumentar la potencia, se aumenta la cantidad y tamaño de ecos enviados [16], por lo que una potencia muy alta podría resultar en una imagen muy brillante, en la que no se distingan las diferencias entre estructuras de mayor o menor impedancia. Causando así que la resolución de la misma se vea disminuida. De la misma manera, si la potencia es muy baja no se lograrán diferenciar los límites entre los tejidos y se obtendrá una imagen baja en contraste, pero a diferencia de configurar una potencia alta, la imagen se verá oscura.

#### 2.6.5. Ángulo de escaneo

Se refiere a la anchura de escaneo del transductor (figura 2.6.5). Lo más común es un ángulo o anchura de  $60^\circ$ , al bajar este valor se ofrecerá una imagen más delgada, pero con mayor densidad de líneas de barrido y velocidad de fotograma más rápida [31].

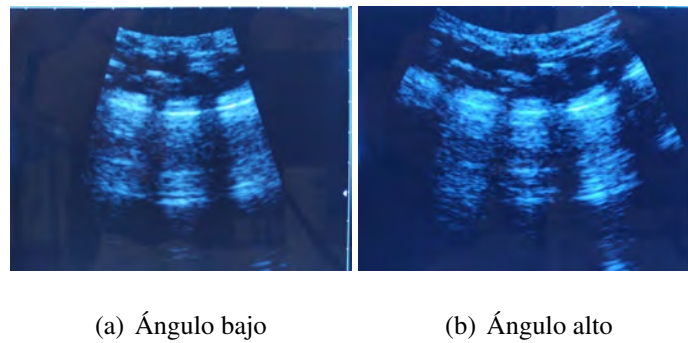


Figura 2.6.5: Diferencia entre configurar un ángulo bajo y uno alto. Se cambia la anchura de escaneo.

### 2.6.6. Ganancia acústica

La ganancia acústica es la amplitud que se le añade a los ecos recibidos por el transductor después de haber pasado su trayecto a través de los tejidos [30]. Existe la ganancia total y la ganancia parcial, la primera modula todos los ecos recibidos por igual (figura 2.6.6), mientras que la segunda modula los ecos a diferentes profundidades o secciones de la imagen (figura 2.6.7) [30].

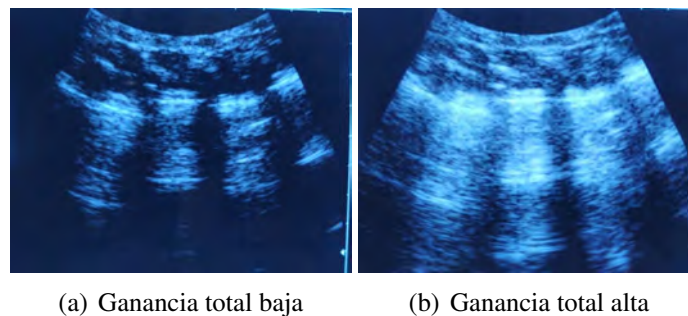
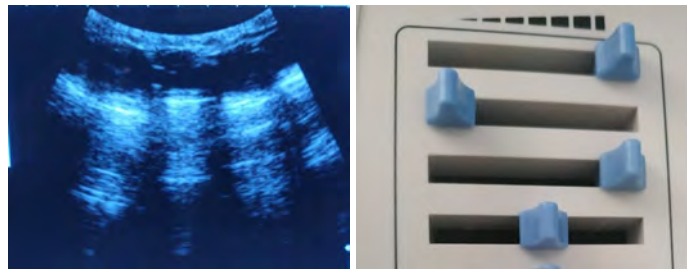


Figura 2.6.6: Diferencia entre ganancia total baja y alta. En ambos casos cuesta trabajo observar la imagen.

La ganancia parcial normalmente se modifica al deslizar una serie de potenciómetros que cambian la amplitud de los ecos recibidos a diferentes profundidades y es conocida como compensación de ganancia en el tiempo (TGC por sus siglas en inglés). Permite compensar la mayor atenuación que existe en las secciones más profundas de la imagen, o amplificar los ecos de la zona de interés [32].

Si se baja mucho la ganancia se perderán los ecos más débiles y se observará una imagen oscura. Mientras que si se sube mucho, todos los ecos que lleguen tendrán una gran amplitud y se perderán las diferencias entre ellos, por lo tanto, la imagen se verá muy brillante (figura 2.6.7) [32].

La diferencia entre la ganancia y la potencia, es que la primera modifica los ecos recibidos, y la segunda los ecos enviados [30].



(a) TGC alta y baja en diferentes secciones. (b) Arreglo de potenciómetros de la TGC mostrada en (a).

Figura 2.6.7: Se observa TGC alta en la sección superior, la segunda sección tiene una TGC nula o muy baja, en la tercera sección se observa una TGC alta y finalmente en la última sección se observa una TGC media. Al tener una TGC baja no se alcanza a observar la estructura. Por el contrario, al asignar una TGC muy alta, los ecos bajos se vuelven muy altos y se pierden.

### 2.6.7. Rango dinámico

El rango dinámico se define como la razón entre el valor máximo y mínimo dentro de la escala de grises [33], es decir, el valor de la escala de grises que se le asigna a los valores de amplitud de ecos más altos o más bajos.

Al subir el valor del rango dinámico (figura 2.6.8(c)), el gris que representa los ecos altos será más cercano al gris que representa los ecos bajos, por lo que la imagen resultado tendrá bajo contraste. Mientras que si el DR se baja (figura 2.6.8(a)), la diferencia de la escala de grises será mayor, y por consiguiente, la imagen resultado tendrá un mayor contraste. En el caso del ultrasonido WED 9618, se recomienda usar el valor medio de 118 dB (figura 2.6.8(b))

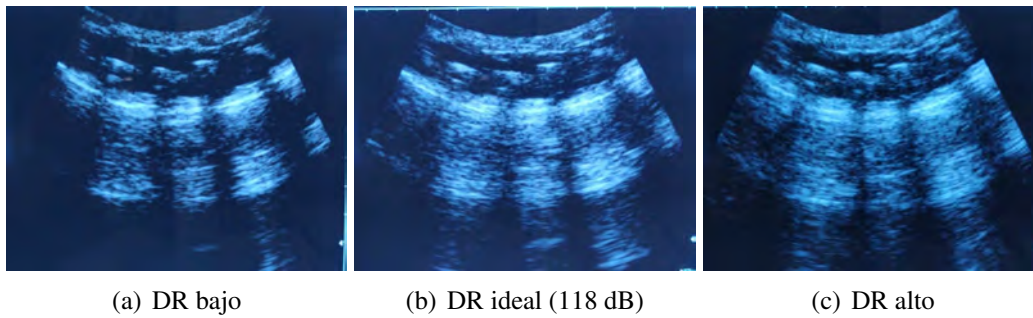


Figura 2.6.8: Diferencia entre ajustar rango dinámico en bajo, medio y alto.

### 3. Descripción del proyecto

Este proyecto consiste en realizar un manual de prácticas de ultrasonido de imagen para que los estudiantes de la Universidad de las Américas Puebla tengan mayor conocimiento del mismo y puedan utilizarlo en futuros laboratorios o clases.

#### 3.1. Objetivos

El objetivo general del proyecto es obtener un manual de prácticas que involucre los temas más relevantes de la ecografía, que al ser ejecutado permita el aprendizaje de las funciones principales de un equipo de ultrasonido de diagnóstico, para lograr realizar observaciones de algunas estructuras internas del cuerpo.

Los objetivos específicos incluyen:

- Que el lector comprenda qué es un ultrasonido de diagnóstico y sus elementos físicos básicos, con el fin de comprender mejor el uso del ultrasonido en la práctica.
- Proporcionar un manual rápido de uso del ultrasonido WED 9618, para comprender las funciones principales del mismo y hacer uso del equipo adecuadamente.
- Desarrollar prácticas para la comprensión de las funciones principales del ultrasonido de diagnóstico, que posteriormente permitan explorar funciones más avanzadas del mismo.

- Aplicar las funciones principales y avanzadas del ultrasonido WED 9618, para realizar observaciones de estructuras internas del cuerpo.
- Buscar un aprovechamiento óptimo de los equipos y herramientas que proporciona la UDLAP a sus estudiantes, con el fin de que las generaciones futuras que estudien ingeniería biomédica o carreras afines, desarrollen competencias en el campo de la imagenología diagnóstica.

### **3.2. Metas**

- Obtener un marco teórico que explique claramente los conceptos relacionados al ultrasonido.
- Realizar un manual de uso de ultrasonido sencillo, basado en el manual del equipo de ultrasonido WED 9618.
- Obtener prácticas claras que ayuden al entendimiento de los procedimientos incluidos en el manual del equipo.
- Generar prácticas sencillas para el aprendizaje de las funciones básicas del ultrasonido.
- Crear prácticas que incluyan procedimientos complejos para la obtención de imágenes de algunas estructuras del cuerpo.
- Obtener imágenes que ilustren las estructuras del cuerpo que el estudiante debería observar en las prácticas.

### **3.3. Hipótesis**

Desarrollando un manual adecuado para el uso del ultrasonido WED 9618 que contenga un conjunto de prácticas bien estructuradas y con una adecuada estrategia pedagógica, se logrará que los estudiantes de ingeniería biomédica, o carreras afines, aprendan las funciones básicas y avanzadas del equipo, y las apliquen en procedimientos para

la visualización de imágenes de órganos internos del cuerpo humano.

### **3.4. Metodología**

1. Leer el manual del ultrasonido WED 9618.
2. Estudiar el equipo y comprender sus funciones básicas y avanzadas.
3. Estudio de la estrategia pedagógica que se utilizará en la realización de las prácticas.
4. Definición de la cantidad de prácticas y el tema que será abordado en cada una de ellas.
5. Definición de la estructura de las prácticas, es decir, las secciones que contendrán y en que consistirá cada una.
6. Escritura del Manual de referencia rápida para ultrasonido WED 9618, basado en el manual original del equipo.
7. Escritura de las prácticas de laboratorio.
8. Prueba de cada una de las prácticas para corroborar su comprensión.
9. Obtención de imágenes guía para el mejor entendimiento de las experiencias.



## 4. Manual de referencia rápida para ultrasonido

### WED 9618

El presente capítulo es una guía que permite manejar el equipo de ultrasonido sin la necesidad de hacer una lectura exhaustiva del Manual de referencia, para facilitarle al usuario el acceso a las funciones más importantes del equipo. Lo anterior no quiere decir que se deba descartar la lectura detallada del citado manual.

#### 4.1. Instalación

1. Asegúrese de que la toma de corriente provea el rango adecuado de corriente para el dispositivo: (AC 110V, 60 Hz).
2. Primero se debe conectar la sonda al equipo (figura 4.1.1), la cual tiene un conector con 96 núcleos. Se coloca el seguro en “*open*”, se inserta el pin central en el agujero de la conexión y se procede a poner el seguro en “*lock*”.

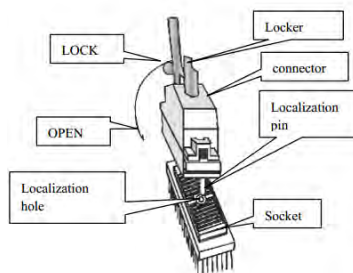


Figura 4.1.1: Colocación del transductor en el *socket*. Extraído de [34]

#### 4.2. Procedimiento de encendido y apagado

1. Encender el interruptor que se encuentra en la parte de atrás del equipo.
2. Aparece una pantalla negra con un mensaje de bienvenida en el centro. Oprimir cualquier tecla para iniciar.

3. Para apagar el equipo solo se debe apagar el interruptor de la parte posterior del equipo.

### 4.3. Operación del teclado y *trackball*

En la figura 4.3.1. se puede observar la pantalla del equipo. En la parte superior se encuentran los datos generales del paciente, hospital y doctor que atiende. A la derecha se encuentra la configuración del dispositivo, como es la potencia, frecuencia, ganancia, ángulo de escaneo, etc. En la parte izquierda se encuentra el nivel de grises y la dirección del escáner. En la parte central se encuentra la zona de escaneo, que es en donde se observa la imagen del ultrasonido. Finalmente, en la parte inferior derecha se puede encontrar la profundidad del escaneo así como la señal de “Freeze” que indica que la imagen ha sido congelada.

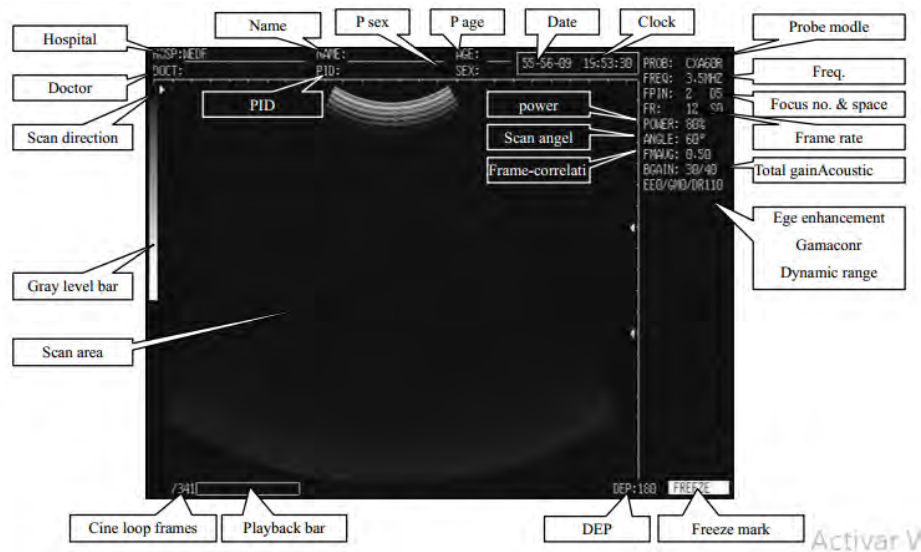


Figura 4.3.1: Pantalla principal del ultrasonido. Obtenido de [34]

El teclado contiene todos los botones que se utilizan para operar el ultrasonido. En la figura 4.3.2 se puede ver el teclado completo. Para fines de este manual serán explicados por secciones de acuerdo a su localización: media superior, derecha, izquierda, y central.

La sección media superior contiene las letras y números que se utilizan para rellenar



Figura 4.3.2: Teclado del ultrasonido

los campos de información o para acceder a las opciones de algunos menús. En la figura 4.3.3 se pueden observar con detalle los botones que componen esta sección, que además serán explicados a continuación.



Figura 4.3.3: Parte superior del teclado del ultrasonido WED 9618

1. “*Reset*”: Reinicia el sistema.
2. Teclas numéricas: 0 - 9
3. Teclas del abecedario: A - Z
4. “*R/Report*”: Al presionar esta tecla sin que haya un cuadro de texto abierto se abrirá el menú para realizar un reporte. Revisa la sección 4.7 para más información.
5. “*D/SPower*”: Modifica la potencia administrada al transductor. Es uno de los elementos que modifican la calidad de la imagen.
6. “*N/New-P*”: Al presionar esta tecla sin un cuadro de texto activo, se agrega un nuevo paciente. Es importante mencionar que los datos del paciente previo serán eliminados y no podrán recuperarse. Se conserva fecha, hora y hospital.

7. “*Image Processing*”: Despliega el menú de procesamiento de imágenes. Presionar el número de la opción deseada.
8. “*OB Table*”: Abre el menú para insertar tablas obstétricas.
9. “*Annotation ABC*”: Despliega el menú para el llenado de los datos del paciente y el hospital.
10. “*Clear*”: Limpia las medidas, los datos y las marcas realizadas por el usuario.
11. “*Backspace*”: Borra el último dígito escrito los campos en los que se permite la escritura.
12. “*Space*”: Agrega un espacio en la anotación.
13. “*M Velocity Correlation*”: Tiene dos funciones. 1) En el modo M/B, ajusta la velocidad de actualización de la imagen de modo M con las siguientes opciones: 3.00S, 2.50S, 2.00S, 1.25S. 2) En el modo “M” ajusta la velocidad de actualización de la imagen de modo M con las siguientes opciones: 6.00S, 5.00S, 4.00S, 2.50S.

La parte inferior derecha del teclado contiene los modos de operación (figura 4.3.4), y los botones para cambiar la profundidad del escaneo, rango dinámico, *Zoom*, etc (figura 4.3.5).



Figura 4.3.4: Botones de modos de operación. Parte derecha del teclado.

1. “Modo B”: . Es el modo más utilizado en ecografía de diagnóstico. Solo se muestra una imagen del modo B del ultrasonido.
2. “Modo BB”: Se muestran dos imágenes modo B, de las cuales la primera está en modo congelado y la segunda en tiempo real. Este modo se puede utilizar para realizar mediciones en dos dimensiones.

3. “Modo BM / M”: Al presionar esta tecla se agrega la imagen Modo M en tiempo real junto a la imagen en tiempo real del Modo B. Si se presiona de nuevo este botón, se puede observar únicamente la imagen del modo M. Para regresar a ver el modo B sencillo, se debe oprimir el botón del Modo B.
4. “Modo 4B”: Al oprimir este botón se observan 4 imágenes en modo B, en las que 3 de ellas serán en tiempo real y la primera en modo congelado. Al repetir de nuevo este botón se congela la segunda imagen y así sucesivamente al seguir presionando el botón “Modo 4B”.



Figura 4.3.5: Sección derecha del teclado del ultrasonido WED 9618

5. “FPin”: Se encuentra arriba y a la izquierda en la figura 4.3.5. Cambia el número de focos del transductor. Se puede enfocar a diferentes profundidades, lo cual ofrece una calidad de imagen mejorada dependiendo de la estructura observada.
6. “Span”: Cuando el número de focos es 2, ajusta la distancia de enfoque del segundo foco. Hay 5 opciones: D1, D2, D3, D4, D5. Donde D5 es una mayor distancia y D1 es menor. Esta configuración ofrece mejor enfoque en las diferentes distancias mencionadas. Se pueden ver los límites de enfoque en la parte derecha de la imagen de ultrasonido, ya que aparecen unas pequeñas flechas que van cambiando la distancia al momento de oprimir el botón “Span”.
7. “Angle”: Cambia el ángulo de escaneo. Hay diferentes valores de ángulo según el tipo de transductor que se esté utilizando:
  - a) C3-1/60R/3.5MHz Sonda convexa: 35° a 60°.
  - b) C1-6/20R/5.0MHz Sonda Micro convexa: 45° a 90°.

- c) EC1-1/R13/6.5M Sonda intracavitaria: 60° a 120°.
  - d) L3-1/7.5MHz HF Sonda lineal y EL3-1/7.5MHz Sonda Intrarrectal: no se pueden ajustar.
8. “DR”: Ajusta el rango dinámico de la imagen entre los valores 100 a 130 dB. Después de presionar “DR”, se deben presionar los botones de “↑” y “↓” para ajustarlo. 118 dB es lo recomendado.
  9. “Zoom +”: Aumenta el acercamiento de la imagen. La imagen del *Zoom* tiene un tamaño máximo de una cuarta parte de la imagen original. Al presionarla varias veces se puede observar como acerca más la imagen, sin embargo, al llegar al *Zoom* máximo, vuelve a la posición original.
  10. “Depth ↑”: Incrementa la profundidad de la imagen. Máximo 240 mm.
  11. “Depth ↓”: Decrementa la profundidad de la imagen. Mínimo 40 mm.
  12. “↑” y “↓”: Tienen diferentes usos en las diferentes funciones del ultrasonido, serán referidos como “Flechas arriba y abajo” en próximos procedimientos.
  13. “Freeze”: Congela la imagen. Al presionarla de nuevo, se regresa a imagen en tiempo real.



Figura 4.3.6: Sección izquierda del teclado del ultrasonido WED 9618

La parte inferior izquierda del teclado se compone por los botones utilizados para la configuración de la imagen y su almacenamiento (figura 4.3.6).

1. “Probe-S”: Al tener 2 transductores conectados, se puede elegir entre uno de ellos.

El código del transductor en uso aparece en la esquina superior derecha de la pantalla. Los códigos son:

- a) CA60R C3-1/60R/3.5MHz sonda convexa
  - b) CA20R C1-6/20R/5.0MHz sonda convexa
  - c) CA13R EC1-1/13R/6.5MHz sonda intracavitaria
  - d) LA40 L3-1/7.5MHz HF sonda lineal o EL3-1/7.5MHz sonda intrarrectal
2. “*Save*”: Guarda la imagen actual. Esta función pone la imagen automáticamente en modo “*Freeze*”, al presionar el botón “*Freeze*” regresa a tiempo real.
  3. “*Recall*”: Carga la última imagen guardada o aquella indicada por el usuario.
  4. “*U/D*”: Voltea la imagen verticalmente.
  5. “*L/R*”: Voltea la imagen horizontalmente.
  6. “*Frequency*”: Cambia la frecuencia del transductor. Cada transductor tiene sus propios valores de frecuencia:
    - a) CA60R —2.5MHz, 3.5MHz, 5.0MHz C3-1/60R/3.5MHz sonda convexa
    - b) CA20R —4.5MHz, 5.0MHz, 5.5MHz C1-6/20R/5.0MHz sonda convexa
    - c) CA13R —5.5MHz, 6.5MHz, 7.5MHz EC1-1/R13/6.5MHz sonda intracavitaria
    - d) LA40 —6.5MHz, 7.5MHz, 8.5MHz L3-1/7.5MHz HF sonda lineal, o EL3-1/7.5MHz sonda intrarrectal
  7. “*Measure*”: Se usa para obtener el valor del volumen de una estructura a partir de mediciones de distancia o área. En la sección 4.6 se explica su uso detalladamente.
  8. “*Body Mark*”: Activa las “marcas de cuerpo”, se puede elegir de entre mas de 30 opciones de marca.
  9. “*Cine Loop*”: En el estado “*Freeze*”, entra en un bucle de cine. Se encuentra explicado detalladamente su uso en la sección 4.5.3

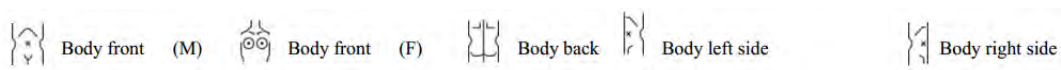


Figura 4.3.7: Sección central del teclado del ultrasonido WED 9618

Finalmente la parte central del teclado (figura 4.3.7) contiene los botones que se usan para diversas situaciones, como realizar medidas, navegar a través de los menús, entre otras cosas.

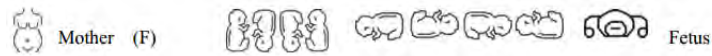
1. “*Cancel*”: Cierra los menús cuando están abiertos.
2. “*Dist*”, “*Reference*”, “*A/C*”: Para operación de mediciones de distancia, circunferencia, área y volumen.
3. “*Confirm*”: Se usa para seleccionar opciones de los menús o confirmar la anotación. Además, se utiliza para desplegar el icono ✓ en la pantalla y hacer marcas de cuerpo.
4. Las funciones principales de la *trackball* son: sirve como cursor al momento de hacer anotaciones, seleccionar las opciones de los menús, mover las mediciones en la función “*Measure*”, mover la línea de muestreo en el modo BM, controlar el paso de las imágenes en el modo “*Cine loop*”, mover la ventana de *Zoom*, mover la ventana de muestreo en el modo de histograma estadístico.
5. Hay más de 30 marcas de cuerpo disponibles, las cuales se muestran a continuación:

■ Abdomen





#### ■ Obstétrico



#### ■ Cabeza



#### ■ Corazón



#### ■ Otros



## 4.4. Entrada de datos

El botón “*Annotation ABC*” despliega el menú “*Annotation*”, del que se pueden seleccionar diferentes opciones moviendo la *trackball* y oprimiendo el botón “*Confirm*” al encontrar la opción deseada o bien oprimiendo el botón del número que corresponde a cada opción. Las categorías y el número al que corresponden son las siguientes:

1. *NAME*: Al hacer clic en esta opción aparece una caja en la que se puede modificar el nombre del paciente haciendo uso de las teclas A-Z. En esta casilla pueden entrar máximo 15 caracteres y para borrar se utiliza el botón “*Backspace*”. Para terminar se oprime cualquier tecla que no sea una letra.
2. *PID*: Se despliega un cuadro para introducir la clave de identificación del paciente, debe ser de máximo 8 caracteres. Para terminar se debe presionar cualquier tecla que no sea un número o una letra.

3. *AGE*: Sirve para configurar la edad del paciente con un máximo de 3 caracteres. Para finalizar se presiona cualquier botón excepto letras o números.
4. *SEX*: Al seleccionar esta opción aparece un menú con las opciones 1. *MALE* o 2. *FEMALE*, se selecciona cualquiera de ellas oprimiendo el número que corresponda a la opción deseada.
5. *Comment*: Sirve para hacer anotaciones en la imagen. Después de seleccionar esta opción, se debe seleccionar un punto en la pantalla para comenzar a escribir, y posteriormente utilizar las teclas A-Z para escribir la nota. Al terminar se presiona el botón “*Comment*”.
6. *TIME*: Se usa para modificar la fecha y hora del sistema. Al seleccionar esta opción aparece un cuadro en la pantalla con la siguiente notación: YY-MM-DD, HH-MM-SS. Lo cual indica el orden en el que debe ser llenada dicha información: año, mes, día y horas, minutos, segundos, respectivamente. Esta información debe ser introducida en orden ya que no se puede retroceder para cambiar algo, esto quiere decir que se debe llenar todo en un solo momento. Si la fecha fuera, por ejemplo 5 de mayo de 2010 y la hora las 11:30:15 am, se debería llenar de la siguiente manera: 10-05-05, 11-30-15. Para finalizar se oprime cualquier botón que no sean números o letras.
7. *HOSP*: Esta casilla se llena con el nombre del hospital, máximo 18 caracteres. Después de seleccionar esta opción, se deben utilizar las teclas A-Z para completar la casilla. Al terminar, oprimir cualquier botón.
8. *DOCT*: Se utiliza para poner el nombre del doctor que realizará el diagnóstico. Tiene un máximo de 14 caracteres y se debe llenar con las teclas A-Z. Para finalizar la operación, presionar cualquier botón.
9. *ERASE*: Sirve para eliminar todos los datos almacenados en el ultrasonido. Al seleccionar esta opción aparece un cuadro en el que hay 2 opciones: 1. *YES*, 2. *NO*. Para borrar todo, presionar el número 1, para cancelar y salir, presionar la opción

2. Después de presionar el botón de “YES”, aparece un mensaje que indica que se está borrando la memoria. Para evitar mal funcionamiento no se debe presionar ninguna tecla mientras se realiza ese proceso.
10. **OBTABLE:** Sirve para crear tablas obstétricas. Hay dos opciones de tablas obstétricas: 1. TOKYO, 2. HADLOCK. Presionar 1 para crear una tabla tipo Tokyo y 2 para una tipo Hadlock.
11. **EXIT:** Al seleccionar esta opción se cierra el menú y vuelve a la pantalla principal.

Para crear un nuevo paciente se puede oprimir el botón de la letra N, que si se observa tiene otra función llamada “New-P”. Esta función borrará todos los datos del paciente y del doctor así como las mediciones realizadas (se conservan fecha, hora y hospital). Por otro lado, el botón “Clear” borra las mediciones realizadas, pero no el nombre del paciente, doctor, hospital y demás datos.

## **4.5. Bucle de cine y almacenamiento de imágenes**

### **4.5.1. Almacenamiento de imágenes**

Para guardar una imagen se presiona el botón “Save”, a lo que se recibe un mensaje que dice “Saving...01”, el número va aumentando conforme se van guardando imágenes. Posteriormente se quita el mensaje y la pantalla permanece en el modo *freeze*.

El equipo permite almacenar un máximo de 64 imágenes. Cuando se alcanza el máximo aparece un cuadro que dice: “Memoria llena, Borrar no. 01?” Y tiene las opciones 1.Yes, 2.No. Presiona 1 para reemplazar la imagen 01 con la imagen actual. Presiona 2 para cancelar y salir de esta operación. Si se vuelve a presionar el botón “Save”, aparecerá de nuevo un cuadro, pero esta vez preguntará si se desea reemplazar la imagen número 02. Se puede repetir el proceso hasta encontrar una imagen que sí se desee borrar.

#### 4.5.2. Recuperación de imágenes guardadas

Para recuperar una imagen previamente guardada se deben seguir los siguientes pasos:

1. Presionar el botón “*Recall*”, a lo que aparecerá un cuadro con la leyenda “Por favor ponga el número de imagen:”. Se puede colocar el número de imagen deseado si es que se conoce. En caso contrario, se puede colocar el número 01 y recorrer las imágenes usando los botones de las flechas hacia arriba o hacia abajo.
2. Una vez que se coloca un número en la casilla se presiona cualquier tecla para terminar la operación, excepto números, letras o la tecla “*Backspace*”.
3. Después de seleccionar el número de imagen a visualizar, ésta se muestra en la pantalla. En la parte inferior izquierda se encuentra el número de imagen que se está visualizando, ej. 03/64. El número 03 sería la imagen que se está mostrando y el 64 indica que en total hay 64 imágenes guardadas.
4. Para salir del modo de visualización de imágenes guardadas se presiona el botón de “*Freeze*”.

#### 4.5.3. Bucle de cine

Un bucle de cine es un pequeño video compuesto de varias imágenes tomadas consecutivamente y a gran velocidad. Para tomar uno, primero se entra al modo congelado (presionando el botón “*Freeze*”), y luego se presiona el botón “*Cine Loop*”. Se grabará un video desde el momento en que se presiona “*Freeze*” hasta que se presiona “*Cine Loop*”. Así que el usuario deberá presionar “*Freeze*” realizar los movimientos deseados con el transductor, y posteriormente presionar “*Cine Loop*”.

Una vez dentro del bucle de cine se podrá observar la reproducción del video en cámara rápida. Para pasar al modo manual se debe mover la *trackball*, que también se usa para pasar las imágenes hacia atrás o adelante.

Para volver al modo de auto-reproducción se presiona el botón “*Cine Loop*” nuevamente. Finalmente, para regresar al modo normal, se vuelve a presionar el botón de “*Freeze*”.

## 4.6. Mediciones

Con las herramientas para tomar mediciones (*trackball* y botones de la parte central del teclado) se pueden obtener medidas de distancia (mm), circunferencia (mm), área ( $mm^2$ ) o volumen ( $cm^3$ ). Existen 4 símbolos para las medidas de distancia en la pantalla:

+ : D1  
 × : D2  
 ※ : D3  
 ✱ : D4

Además, para las medidas de circunferencia y área se utilizan las siguientes marcas:

+ : C1, A1  
 × : C2, A2

### 4.6.1. Distancia

Para hacer la medida de distancia se deben seguir los siguientes pasos:

1. Presionar el botón de “*Dist*”. Aparece un cursor con el primer símbolo de distancia.
2. Presionar el botón “*Reference*” y otro cursor aparece.
3. Mover el cursor para colocar la marca en el punto que donde se quiere empezar a medir. Para confirmar el punto de inicio se vuelve a presionar el botón “*Reference*”. Esta acción se puede hacer repetidas veces para asegurar la medición deseada.
4. Mover el cursor al punto final y presionar “*Cancel*” para terminar la medición.
5. En el lado inferior derecho se observará una leyenda con las medidas obtenidas. Donde D1/D2 es la razón entre D1 y D2; D3/D4 es la razón entre D3 y D4.

6. Repetir los pasos anteriores si se requiere de otra medición de distancia. Se permite un máximo de 4 mediciones a la vez.
7. En la figura 4.6.1 se observa un ejemplo con 2 mediciones.

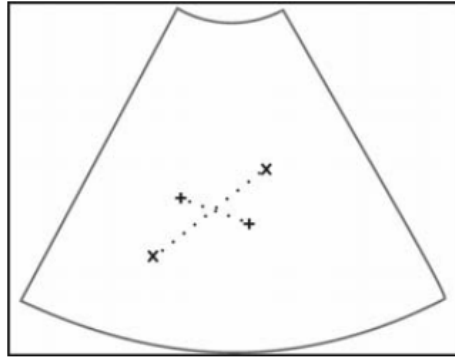


Figura 4.6.1: Ejemplo de mediciones de distancia. Obtenido de [34].

#### 4.6.2. Área y circunferencias

Para hacer mediciones de área y circunferencias existen dos posibles métodos, a mano alzada o usando una elipse prediseñada. Presionar el botón “A/C”. Este muestra un menú en el que se puede elegir de entre dos opciones: 1. *FREEHAND*, 2. *ELLIPSE*. Al utilizar la opción 1. *FREEHAND*:

1. Aparece un cursor en la pantalla.
2. Colocar el cursor en el punto de inicio de la medición.
3. Presionar el botón “*Reference*” y mover la *trackball* haciendo la figura deseada, hasta llegar al punto de inicio nuevamente.
4. Presionar “*Reference*” de nuevo para terminar la medición de circunferencia y área.
5. Para hacer otra medición, se deben repetir los pasos 1-4. Solo se pueden hacer 2 mediciones al mismo tiempo.
6. Nuevamente se muestra una leyenda con los resultados obtenidos. Donde C es circunferencia y A es área. C1 y A1 son la circunferencia y área del primer grupo

de datos.  $C_2$  y  $A_2$  son la circunferencia y área del segundo grupo de datos.  $C_1/C_2$  es la razón de las dos circunferencias.  $A_1/A_2$  es la razón de las dos áreas.

7. Finalmente se obtiene un esquema como en la figura 4.6.2.

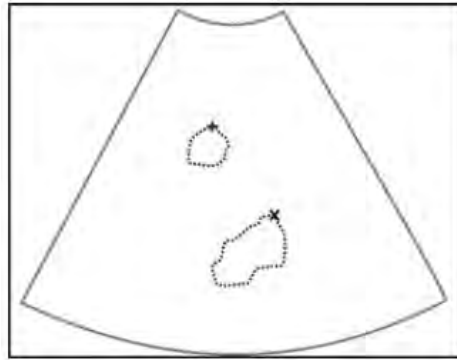


Figura 4.6.2: Ejemplo de mediciones de área usando el modo mano alzada. Obtenido de [34].

Por otro lado, al utilizar el método dos, es decir, al oprimir *2.ELLIPSE*, se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Aparece una forma de elipse en la pantalla que se puede mover con la *trackball*.
2. Para fijar el centro de la elipse, presionar el botón “*Confirm*”.
3. Al mover la *trackball* se puede agrandar o achicar el diámetro de la elipse. Al moverla hacia la izquierda y derecha se alarga o acorta horizontalmente, al moverla hacia arriba o abajo se alarga o achica verticalmente.
4. Para fijar su tamaño, presionar nuevamente el botón “*Confirm*”.
5. Presionar el botón “*Reference*” para cambiar el ángulo de medición.
6. Presionar “*Cancel*” para terminar la medición.
7. Presionar “*A/C*” y luego repetir los pasos 1-6 para realizar una segunda medición.
8. Se muestra la leyenda con los resultados. Donde  $C_1$  y  $A_1$  son la circunferencia y área del primer grupo de datos.  $C_2$  y  $A_2$  son la circunferencia y área del segundo grupo de datos.  $C_1/C_2$  es la razón de las dos circunferencias.  $A_1/A_2$  es la razón de las dos áreas.

9. El máximo de mediciones es de 2.
10. Finalmente, se obtiene un esquema como en la figura 4.6.3.

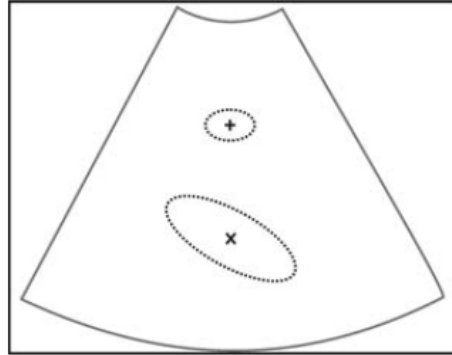


Figura 4.6.3: Ejemplo de mediciones de área usando el modo elipse. Obtenido de [34].

### 4.6.3. Volumen

El volumen puede ser medido de dos formas.

Primero como una figura de 3 dimensiones de la cual se obtienen 3 grupos de distancia para calcular su volumen a partir de ellas:

1. Primero obtener 3 distancias diferentes usando los pasos del apartado 4.6.1.
2. Presionar el botón “*Measure*” para crear la medición de volumen. (Si en el paso 1 se toman 4 distancias solo se tomarán en cuenta las primeras 3).
3. El volumen aparece en la esquina inferior derecha de la pantalla, con las siglas “Vml”
4. Es recomendable hacer las mediciones en el modo BB para no traslapar las figuras y cambiando la posición del transductor para una buena visualización de las estructuras del cuerpo.
5. En la figura 4.6.4 se puede observar un ejemplo usando la función “Modo BB”.



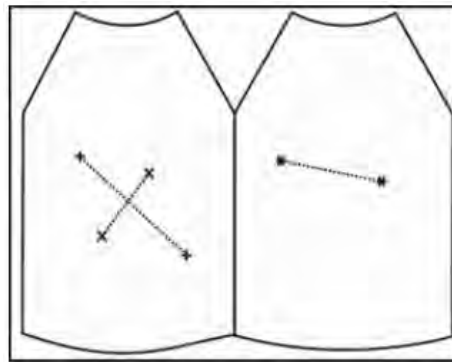


Figura 4.6.4: Ejemplo de mediciones de volumen usando distancias. Obtenido de [34]

La segunda opción es utilizando dos mediciones de área y obteniendo el volumen a partir de ellas.

1. Obtener 2 mediciones de área usando los pasos del apartado 4.6.2.
2. Presionar el botón “*Measure*” para crear la medición de volumen.
3. El volumen aparece en la esquina inferior derecha de la pantalla, con las siglas “Vm1”
4. Es recomendable hacer las mediciones en el modo BB para no traslapar las figuras y cambiando la posición del transductor para una correcta visualización de las estructuras del cuerpo.
5. En la figura 4.6.5 se puede observar un ejemplo usando la función “Modo BB”.

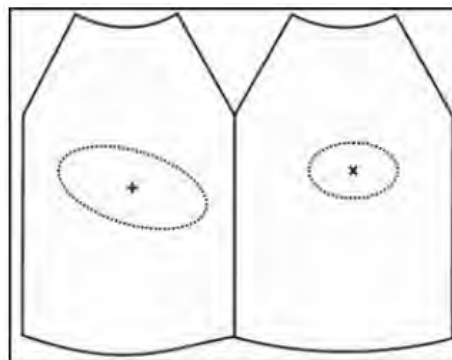


Figura 4.6.5: Ejemplo de mediciones de volumen usando áreas. Obtenido de [34]

## 4.7. Reporte

Los resultados de un diagnóstico con ultrasonido se pueden entregar en formato de reporte utilizando la función “*Report*”. El equipo almacena los datos del paciente, hospital, fecha y hora, anotaciones y mediciones en el reporte de diagnóstico. Los reportes se generan automáticamente e incluyen los últimos resultados de medición obtenidos.

El procedimiento para crear una hoja de reporte es el siguiente:

1. Realizar las mediciones correspondientes. Ver sección 4.6 Mediciones.
2. Entrar al modo *Freeze*, presionando la tecla “*Freeze*”.
3. Presionar letra “R” o “*Report*”.
4. Aparecerá el formato de reporte con los datos de las mediciones realizadas, así como los datos del paciente y hospital.
5. Para hacer una anotación en la casilla de “*COMMENT*” es necesario presionar el botón “*Annotation ABC*”. Solo se puede hacer ese tipo de anotaciones, es decir, los demás parámetros deberán ser obtenidos a través de mediciones realizadas previamente.
6. Para salir del reporte, presionar el botón “*Report*” nuevamente.

## 5. Estrategia pedagógica

La primera parte de este manual se basa en el modelo pedagógico conductista. El modelo conductista, por Watson (1913), busca impartir los conocimientos de manera metodológica mientras el alumno se comporta de manera pasiva. De este modo, el alumno aprende al asociar los conocimientos impartidos por el profesor con conocimientos previamente adquiridos [35]. Las prácticas 1 y 2 se basan en este modelo debido a que el alumno apenas empezará a adquirir el conocimiento básico para la correcta utilización del ultrasonido WED 6918. En estas prácticas se busca que el alumno asocie cada botón del teclado con una operación y al final de la práctica se hace una evaluación para corroborar el buen aprendizaje de la misma.

El constructivismo es una corriente pedagógica que busca que el alumno aprenda teniendo contacto con el medio, y establece que el profesor tiene el papel de guía en la enseñanza, a diferencia del modelo anterior en el que el profesor tiene un comportamiento más activo [36]. A partir de esta corriente se busca que el alumno aprenda a través de la aplicación de un problema real, el cual no tiene una única solución. Según Díaz y Hernández [37], una parte importante de la enseñanza constructivista es el aprendizaje de contenidos procedimentales, esta característica está muy relacionada con el presente manual de prácticas, puesto que primero se presenta de forma conceptual el como se debe realizar la acción para su posterior aplicación por parte del alumno. Las prácticas 3 en adelante siguen este tipo de aprendizaje. Se espera que el alumno aprenda a utilizar el equipo tras la manipulación del mismo en diferentes etapas, empezando con procedimientos sencillos y finalizando con prácticas complejas que involucren el conocimiento tanto de los conceptos básicos como de los más avanzados.

### 5.1. Estructura de las prácticas

En el siguiente capítulo se presentará un manual de prácticas cuyo objetivo es que el usuario realice un proyecto en el que se desarrollen sus habilidades para conocer el

equipo de ultrasonido WED 9618. Además, aprender a utilizar sus funciones más importantes y de esta manera, aplicar sus conocimientos en prácticas más avanzadas de visualización de órganos internos.

Cada una de las prácticas consta de 5 secciones:

- **Objetivos:** Presenta lo que se espera que el usuario aprenda al finalizar la práctica.
- **Materiales:** Da una lista de los materiales que se necesitarán para realizar la práctica en cuestión.
- **Prerrequisito:** Establece las actividades que el alumno debe realizar previamente a la ejecución de la práctica, para su completo entendimiento y una realización más consciente de la misma.
- **Procedimiento:** Presenta los pasos a seguir para cumplir con los objetivos de la práctica. Se encuentran en forma de lista para una visualización más metodológica de la misma.
- **Ejercicio:** Presenta una actividad para que el alumno ponga en práctica los procedimientos aprendidos en el punto anterior y como preparación para la autoevaluación.
- **Preguntas de autoevaluación:** Presenta una serie de preguntas o problemas que el alumno debe saber responder con total certeza para considerar que la práctica fue terminada exitosamente.

## **5.2. Planeación de las prácticas**

A continuación se presentan las prácticas que se llevarán a cabo en el siguiente manual.

1. Práctica 1: Familiarizándose con el equipo - Funciones básicas
2. Práctica 2: Familiarizándose con el equipo - Funciones avanzadas
3. Práctica 3: Mediciones básicas con el ultrasonido

4. Práctica 4: Ajustando y optimizando la imagen
5. Práctica 5: Ecografía abdominal - Riñón derecho
6. Práctica 6: Ecografía abdominal - Hígado (visualización de lóbulo derecho y venas suprahepáticas)

## **6. Manual de prácticas**

### **6.1. Práctica 1: Familiarizándose con el equipo - Funciones básicas**

#### **6.1.1. Objetivos**

- Que el alumno conozca las principales funciones del equipo de ultrasonido WED 9618, a través del desarrollo de actividades y ejercicios que promuevan la utilización de estas funciones, para que el alumno aprenda a utilizar el equipo adecuadamente.
- Que el alumno se familiarice con el equipo de ultrasonido, a través de la lectura y aplicación de la Referencia rápida del Ultrasonido WED 9618 (sección 4), para conocer y aplicar sus principales funciones.
- Que el alumno aprenda a llenar los campos de información de la pantalla principal del ultrasonido WED 9618, al realizar paso a paso el procedimiento a la vez que la práctica lo indica, para ser capaces de realizar estos pasos sin ayuda y con rapidez.

#### **6.1.2. Materiales**

- Ultrasonido WED 9618
- Transductor C3-1/60R/3.5MHz (convexo)
- Manual de Referencia rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4)

#### **6.1.3. Prerrequisito**

Antes de comenzar la práctica, el alumno se debe asegurar de haber leído el Manual de Referencia rápida del Ultrasonido WED 9618 que se encuentra en el capítulo 4.

#### 6.1.4. Procedimiento

1. Se coloca el ultrasonido encima de la mesa del laboratorio.
2. Sin enchufar el equipo a la corriente; se conecta el transductor convexo en el *socket* A (del lado derecho del ultrasonido) insertando el pin en la ranura de conexión y presionando con cuidado (Figura 6.1.1). Debe cerciorarse de que el seguro no esté colocado al momento de hacer la conexión. Posteriormente girar la perilla a la derecha para asegurar al transductor en su lugar.

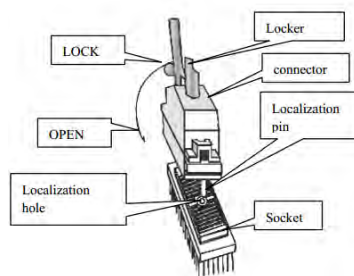


Figura 6.1.1: Colocación del transductor en el *socket*. Extraído de [34]

3. Se conecta el equipo a la corriente y se enciende el interruptor que se encuentra en la parte posterior del ultrasonido. Aparecerá una pantalla con letras blancas, la cual desaparecerá al presionar cualquier botón.
4. Una vez presionada cualquier tecla, aparecerá la pantalla que se observa en la figura 6.1.2. Como se puede ver, la parte superior contiene los datos principales tanto del paciente como del hospital, fecha y hora. La parte derecha contiene la configuración del ultrasonido para las diferentes aplicaciones que pueda tener, así como la frecuencia, el tipo de transductor utilizado, el ángulo de escaneo, la potencia, entre otros parámetros. La parte media de la pantalla es donde se encuentra la imagen que produce el transductor. La parte inferior muestra la profundidad a la cual se están llevando a cabo las mediciones, así como el número de imagen que se está observando en caso de que haya un video guardado.
5. El alumno deberá identificar los botones que tiene el equipo con ayuda de la sec-

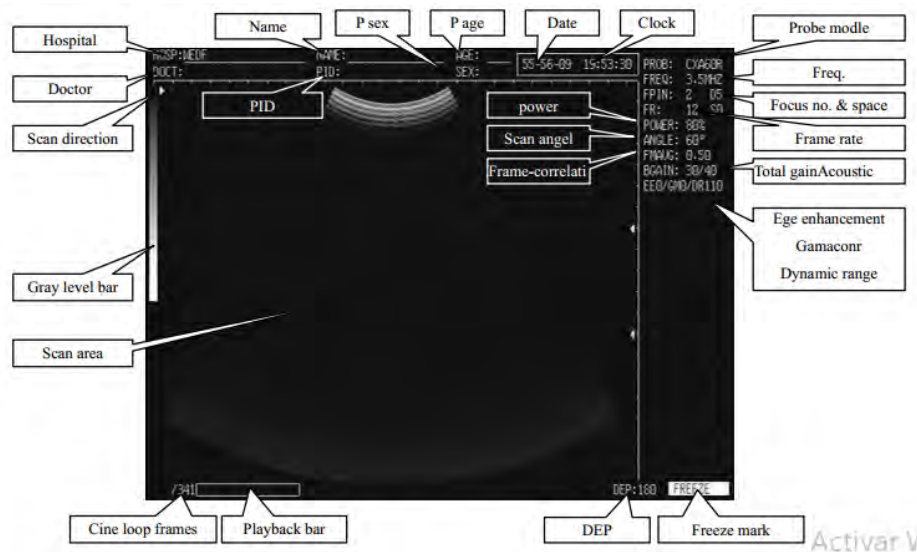


Figura 6.1.2: Pantalla principal del ultrasonido. Obtenido de [34].

ción 4.3 del capítulo 4. Cada botón tiene una función específica que también se detalla en esta sección.

6. Para rellenar los datos del paciente se debe presionar el botón de “Annotation ABC”, el cual despliega un menú con los diferentes campos que pueden ser rellenos. Se usa la “trackball” para desplazarse a través del menú y se selecciona la opción deseada presionando el botón de “Confirm”, o bien presionando el botón que corresponda con el número de opción deseada. Los campos se rellenan utilizando el teclado. Se deberán completar por lo menos 3 campos con la información requerida.
7. Posteriormente se cambiarán los parámetros de configuración del ultrasonido.
8. El parámetro de “PROB” indica el tipo de transductor que está conectado en el *socket*. En este equipo se pueden conectar dos a la vez, por lo que oprimiendo el botón “Probe-S” se puede escoger el transductor que se desea utilizar en ese momento. En este caso está conectado el transductor convexo, por lo que en ese apartado se debe encontrar el código: CXA60R.
9. Ahora se va a cambiar la frecuencia del sonido. Para lograr esto se oprime el botón



“*Frequency*” las veces necesarias hasta encontrar el valor de frecuencia deseado. Los valores de frecuencia desplegados por el equipo dependen del transductor utilizado. Para el caso del transductor convexo, las opciones de frecuencia disponibles son: 2.5, 3.5 y 5 MHz. Recordar que a menor frecuencia, mayor profundidad y a mayor frecuencia menor profundidad.

10. El botón “FPin”, sirve para cambiar el número de focos en la imagen. A grandes rasgos, un foco es el lugar donde la energía enviada por el transductor, se concentra, lo cual genera una imagen más detalla en ese punto (leer la sección 2.6.2). Este equipo ofrece la posibilidad de tener 2 focos a la vez, los cuales están indicados con un triángulo pequeño a un lado de la imagen del ultrasonido, justo en el límite entre las configuraciones y la imagen. Al presionar el botón de “FPin”, se podrá agregar o quitar el segundo foco. El cual se agregará a mayor profundidad que el primero.
11. Además, el segundo foco tiene la ventaja de que se le puede ajustar su profundidad al oprimir el botón de “SPan”. Esto hará que el indicador del segundo foco se mueva hacia abajo. Hay 5 distancias entre las cuales se puede elegir, siendo D1 la menos profunda y D5 la más profunda. Se debe presionar repetidamente dicho botón para cambiar entre las diferentes distancias disponibles.
12. La función “*POWER*” se puede cambiar con el botón “*D/SPower*”. Esta característica modifica la potencia con la que el haz de ultrasonido saldrá del transductor, es decir el voltaje que se le administra. Este parámetro normalmente se busca que sea pequeño para evitar la presencia de artefactos que puedan afectar la imagen.
13. Posteriormente está el botón “*Angle*”, que sirve para cambiar el ángulo o anchura de escaneo, al modificar este valor se cambiará el ancho del haz de ultrasonido, lo cual resultará en una imagen más o menos delgada, a mayor ángulo, mayor anchura y viceversa. Después de oprimir el botón “*Angle*”, se puede subir o bajar dicho valor con los botones de las flechas hacia arriba o hacia abajo. El rango de

este valor cambiará dependiendo del transductor que se esté usando. Al transductor lineal no se le puede cambiar su ángulo de escaneo.

14. Para modificar la correlación del fotograma se debe oprimir el botón “*M Velocity correlation*”. Se debe oprimir varias veces para modificar su valor. La velocidad de correlación sirve para aumentar la velocidad con la que se procesan las imágenes. Una mayor velocidad de fotograma dará menor resolución. Mientras que una velocidad menor, dará más tiempo al sistema de procesar la imagen, por lo que tendrá mayor resolución.
15. La ganancia acústica se modifica moviendo la perilla que se encuentra junto a la pantalla y que dice “*Gain*”. Este parámetro se ajusta para amplificar los pulsos recibidos por el transductor, ya que al pasar a través de los tejidos de ida y vuelta la energía sufre atenuación.
16. El rango dinámico (DR) se cambia al oprimir el botón “DR” y luego oprimiendo los botones de las flechas hacia arriba o hacia abajo. Se puede elegir un valor entre 100 y 130 dB, pero el más común es 118 dB. Este parámetro cambia la escala de grises en la que se visualiza la imagen. Un valor alto de DR mostrará una imagen en tonos grises parecidos entre sí, mientras que un rango dinámico más bajo tendrá blancos y negros muy diferenciados, ofreciendo más contraste. Se debe buscar un equilibrio para obtener una imagen adecuada.
17. Para ajustar la profundidad de la imagen se presionan los botones de “*Depth*”, hay 2, uno con una flecha hacia arriba y otro con una flecha hacia abajo. Al presionar cualquiera de ellos se puede observar como se aumenta o disminuye la profundidad de la imagen. Esta se debe ajustar dependiendo de la estructura que se desee observar.
18. Finalmente, el botón de “*Freeze*” sirve para congelar la pantalla. Esta herramienta es muy útil para guardar imágenes al congelar la pantalla en el momento adecuado.

### 6.1.5. Ejercicio

Considerando un paciente llamado Juan Pérez, de 35 años que asistió al Hospital General de Cholula y fue atendido el 4 de noviembre de 2019 a las 16:44:32 horas por la doctora Abril Kepner.

1. Rellenar los espacios con los datos proporcionados.
2. Llenar los siguientes campos con la siguiente información:
  - a)* FREQ: 2.5 MHz
  - b)* FPIN: 2 D3
  - c)* POWER: 100 %
  - d)* ANGLE: 40°
  - e)* BGAIN: 25/42
  - f)* DR: 114 dB
3. Guardar la imagen.

### 6.1.6. Preguntas de Autoevaluación

1. ¿Cómo se agrega el nombre del doctor?
2. Menciona 3 características que se encuentren en la parte derecha de la pantalla.
3. ¿Cuáles son los pasos para modificar la fecha?
4. ¿Para qué sirve el botón “DR”?
5. ¿Cuántos transductores se pueden conectar al equipo al mismo tiempo?

## **6.2. Práctica 2: Familiarizándose con el equipo: Funciones avanzadas**

### **6.2.1. Objetivos**

- Que el alumno conozca las principales funciones del equipo de ultrasonido WED 9618, a través del desarrollo de actividades y ejercicios que promuevan la utilización de estas funciones, para que el alumno aprenda a utilizar el equipo adecuadamente.
- Que el alumno se familiarice con el equipo de ultrasonido, a través de la lectura y aplicación de la Referencia rápida del Ultrasonido WED 9618 (sección 4), para conocer y aplicar sus principales funciones.
- Que el alumno aprenda a realizar operaciones con imágenes, como guardarlas, visualizarlas y ver un bucle de cine; al realizar ejercicios y llevar a cabo el procedimiento a la vez que la práctica lo indica, para aprender funciones más específicas del uso del ultrasonido WED 9618.

### **6.2.2. Materiales**

- Ultrasonido WED 9618
- Transductor C3-1/60R/3.5MHz (convexo)
- Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4)
- Fantoma de acrílico
- Gel conductor
- Guantes de látex

### **6.2.3. Prerrequisito**

Antes de comenzar la práctica, es necesario que el alumno haya leído el Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4), y haber puesto especial

atención en la sección de Almacenamiento de imágenes y bucle de cine. Además, se debe haber leído acerca de los modos de operación de un ultrasonido, que pueden ser consultados en la sección 2.4.

#### 6.2.4. Procedimiento

1. Encender el ultrasonido siguiendo las instrucciones vistas en la práctica anterior (Práctica 1) o en el Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4). Conectar el transductor convexo al *socket* A.
2. Llenar los campos de información requeridos (Nombre, edad, género, etc.) con los datos de alguno de los miembros del equipo. En PID colocar Prac 1.
3. La configuración inicial del equipo será la siguiente:
  - a) *FREQ*: 5 MHz
  - b) *FPIN*: 2 D1
  - c) *POWER*: 80 %
  - d) *Angle*: 60°
  - e) *BGAIN*: 25/10
  - f) *DR*: 118 dB
  - g) *DEP*: 100
4. Colocar un poco de gel sobre el fantoma, de modo que se forme una capa delgada (2 mm) en toda su superficie superior. El gel es necesario en la imagen de ultrasonido para evitar el aire, y así formar una imagen más clara.
5. Colocar el transductor sobre el fantoma, de modo que el sensor esté en contacto con el gel. La parte más larga del ultrasonido se debe encontrar paralela a la parte más larga del fantoma. (Figura 6.2.1)
6. Observar la imagen formada en la pantalla.



Figura 6.2.1: Colocación de transductor sobre fantoma de acrílico

7. El transductor CXA60R tiene en uno de sus lados cortos, una marca en relieve en forma de esfera. Esta marca corresponde al lado izquierdo de la imagen en la pantalla. Se recomienda colocar el transductor de forma que la imagen coincida con la vista real del objeto. En un paciente esto sería que la marca debe estar hacia el lado derecho del paciente y al lado izquierdo del examinador.
8. Mover el ultrasonido de un lado al otro para observar las diferentes profundidades de las marcas del fantoma.
9. Posteriormente, colocar el transductor en la zona de agujeros menos profundos del fantoma (lado izquierdo con respecto a la figura 6.2.1) y oprimir el botón “Freeze”, esto congelará la imagen para permitir su correcto almacenamiento. Guardar la imagen oprimiendo el botón “Save”, al hacer esto, aparecerá una leyenda en la parte superior izquierda de la imagen de ultrasonido, la cual contendrá un número que corresponde a la localización de la imagen en la memoria, se recomienda anotar el número de imagen que le corresponde.
10. Volver a presionar el botón de “Freeze” para volver al modo tiempo real.
11. Colocar el transductor en la sección del fantoma que tiene las perforaciones más profundas y repetir el proceso de guardado (“Freeze”, “Save”) anotando el número de imagen que le corresponde.
12. Para acceder a la galería de imágenes se debe presionar el botón de “Recall”. Al

hacerlo aparece un cuadro que pide introducir el número de imagen que se desea visualizar, es por esto que se recomienda anotar los números de imagen en los puntos anteriores.

13. Ingresar el número de imagen que corresponda a la primera imagen capturada. En caso de haber olvidado el número, se puede elegir la foto 01 y oprimir los botones de las flechas hacia arriba o hacia abajo para buscar entre las imágenes guardadas.
14. Una vez que se ha encontrado la imagen deseada, se pueden realizar mediciones. Sin embargo, este tema será desarrollado en la siguiente práctica.
15. El bucle de cine, es un pequeño video formado por imágenes consecutivas, en el que se puede visualizar el movimiento de una estructura en cámara rápida.
16. Para entrar al modo Bucle de cine, se debe presionar el botón “*Freeze*” y posteriormente el botón “*Cine Loop*”. El sistema almacenará las imágenes tomadas desde el momento en el que se oprime el botón de “*Freeze*” hasta que se presiona el botón de “*Cine Loop*”.
17. Colocar el transductor sobre el fantoma, moverlo de derecha a izquierda y viceversa. Oprimir el botón de “*Freeze*”, mover el transductor 3 veces más. Luego, presionar el botón de “*Cine Loop*”.
18. Inmediatamente se empezará a reproducir el video capturado. En este caso particular, deberá verse el movimiento de las líneas del fantoma, desplazándose de un lado a otro.
19. Para observar las imágenes detenidamente, se deberá mover la *trackball*. La *trackball* se puede mover de derecha a izquierda para ir hacia adelante o hacia atrás en el video. En la parte inferior de la pantalla, se encuentra una barra que indica la extensión del video, y dentro de ella, una barra más pequeña que indica la imagen que se observa en ese momento.
20. Pasar entre las imágenes y observar el movimiento que se genera.

21. Para regresar a ver el video en reproducción automática, presionar el botón de “*Cine Loop*”.
22. Para salir del modo de bucle de cine, se presiona el botón de “*Freeze*” nuevamente. Esto regresará la imagen en tiempo real.
23. Otra función avanzada que tiene el equipo son los reportes. En este equipo existe solo un tipo de reporte, el cual se llenará automáticamente con las mediciones tomadas. En la próxima práctica se abordarán las mediciones con mayor detalle.
24. Para crear un reporte se presionará el botón de la letra R (botón “*R/Report*”). El cual mostrará un formato del tamaño de la pantalla, que contendrá las mediciones realizadas, así como los datos del paciente, hospital, doctor, fecha y hora. Al reporte realizado se le podrán hacer anotaciones utilizando el botón de “*Annotation ABC*”. Pero las mediciones y demás parámetros, no se podrán modificar.
25. Estos reportes son útiles para los médicos al momento de realizar algún diagnóstico.

#### **6.2.5. Ejercicio**

1. Colocar el transductor sobre el fantoma sin haber puesto gel conductor. Guardar la imagen formada. Número de imagen: \_\_\_\_.
2. Colocar gel conductor sobre la superficie del transductor. Colocar el transductor sobre el fantoma en la misma posición del punto número 1. Guardar la imagen. Número de imagen: \_\_\_\_.
3. Observar las dos imágenes guardadas y anotar sus diferencias.
4. Investigue para qué tipo de estudios se puede usar la función de bucle de cine.
5. Investigue algunos ejemplos de reporte de ecografía.



### **6.2.6. Preguntas de evaluación**

1. ¿Qué cambios se pueden ver en la imagen de ultrasonido al no aplicar gel, con respecto a la imagen que se forma cuando sí se aplica el gel?
2. ¿Cuántas imágenes se pueden almacenar en la memoria del Ultrasonido WED 9618?
3. ¿Que se puede hacer si se desea conservar la imagen con número 01 y la memoria está llena?
4. ¿Cómo se regresa a la reproducción automática en bucle de cine?

## **6.3. Práctica 3: Mediciones básicas con el ultrasonido**

### **6.3.1. Objetivos**

- Aprender a realizar mediciones con el ultrasonido WED 9618, utilizando un fantoma, para realizar mediciones reales del cuerpo humano y así lograr un correcto diagnóstico.
- Utilizar el fantoma para la correcta medición de estructuras, comparando las medidas obtenidas en la imagen con el objeto real, para aprender a obtener mediciones adecuadas.
- Conocer los diferentes tipos de mediciones que se pueden realizar en el ultrasonido WED 9618, realizando diversos ejercicios que los incluyan para comprender sus diferencias y así entender más a fondo las funciones del equipo.

### **6.3.2. Materiales**

- Ultrasonido WED 9618
- Transductor C3-1/60R/3.5MHz HF (convexo)
- Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4)

- Fantoma de acrílico
- Gel conductor
- Regla
- Guantes de látex

### 6.3.3. Prerrequisito

Para realizar esta práctica exitosamente se requiere leer el Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618, que se encuentra en el capítulo 4. Se recomienda leer con mayor detalle la sección 4.6, que incluye los tipos de mediciones que hay, sus características y cómo se realiza cada una de ellas. Se debe tener conocimiento sobre el modo de operación 2B, almacenamiento y recuperación de imágenes.

### 6.3.4. Procedimiento

1. Colocar el ultrasonido en la mesa, conectarlo y encenderlo.
2. Escribir los datos de algún miembro del equipo en los campos del paciente. En el ID del paciente, escribir: Prac 3.
3. La configuración del ultrasonido será la siguiente:
  - a) *FREQ*: 5 MHz
  - b) *FPIN*: 1 D0
  - c) *POWER*: 100 %
  - d) *ANGLE*: 60°
  - e) *BGAIN*: 25/62
  - f) *DR*: 192 dB
  - g) *DEP*: 90
4. Colocarse los guantes de látex antes de tomar el fantoma para evitar engrasarlo.  
Poner el fantoma sobre la mesa y aplicarle gel en la parte superior. Colocar el

transductor perpendicularmente a las marcas como en la figura 6.3.1. Oprimir el botón “Freeze” y guardar la imagen. Se debe ver algo parecido a la figura 6.3.2.

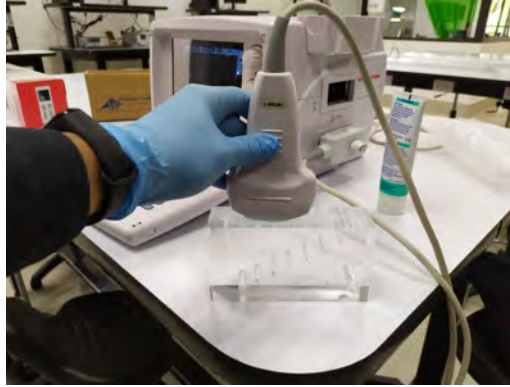


Figura 6.3.1: Colocación de transductor sobre fantoma de acrílico



Figura 6.3.2: Imagen del fantoma formada en ultrasonido

5. Para realizar la primera medición se presionará el botón “Dist”. Al presionarlo se mostrará un cursor con el símbolo +, el cursor se puede mover a través de la imagen con ayuda de la *trackball*.
6. Colocar el cursor al inicio de la primera marca (la más profunda), como se ve en la izquierda de la figura 6.3.3. Para fijar ese punto se presiona el botón de “Reference”, esto causa que aparezca un segundo cursor con el mismo símbolo, unido al primero por una línea punteada (+.....+). Este segundo cursor se colocará en la segunda marca en diagonal a la primera, como se observa en la imagen 6.3.3. Para terminar la medición se presiona el botón “Cancel”.



Figura 6.3.3: Medición de distancias de marcas del fantoma

7. Se realizará una segunda medición. Esta vez el punto inicial será la tercera marca y el final será el borde inferior del fantoma en línea vertical.
8. Para hacer otra medición se debe presionar nuevamente el botón de “*Dist*”, colocar el cursor en el punto inicial deseado, posteriormente presionar el botón de “*Reference*”, colocar el cursor en el punto final y finalmente, presionar el botón de “*Cancel*” para terminar la medición.
9. En este punto se deben tener 2 distancias (figura 6.3.3). Es importante observar los valores de distancia que se encuentran en la parte derecha de la pantalla, debajo de todas las configuraciones del equipo. Estas mediciones contienen la distancia medida entre los puntos con el mismo cursor. Así como la razón o relación entre ellas.
10. Guardar la imagen obtenida hasta este momento y tomar una fotografía de la pantalla para su posterior reporte, debido a que el equipo no guarda las mediciones.
11. Regresar a la imagen en tiempo real y volver a colocar el transductor sobre el fantoma. Esta vez se obtendrá la imagen del círculo más ancho del fantoma. Por lo que se deberá ajustar a una posición más cercana (figura 6.3.4). Además se debe cambiar el ángulo de escaneo a  $37^\circ$ .
12. Notar que la sombra acústica hará que la definición de la imagen se perciba como borrosa. Sin embargo, sí es posible distinguir el contorno de la marca.
13. Oprimir el botón de “*Freeze*” y guardar la imagen. En este ejercicio se obtendrá la



Figura 6.3.4: Medición de área de agujero más ancho del fantoma

medición del área de ese círculo.

14. Para obtener la medida del área se debe oprimir el botón de “A/C”, el cual mostrará un menú con las opciones de *Freehand* y *ellipse*. En primer lugar se seleccionará la opción de *Freehand*, la cual da la oportunidad de trazar la figura con el cursor. Mientras que con la opción de *ellipse* se debe ajustar a una elipse predeterminada.
15. Después de elegir la opción de mano alzada (*Freehand*), se mostrará el cursor con el símbolo +, el cual se deberá colocar en el punto de inicio de la medición a realizar. En este caso en una parte del extremo del círculo del fantoma.
16. Presionar el botón “*Reference*” y trazar la figura con la *trackball*, hasta llegar al punto de inicio nuevamente. La figura se irá marcando con una línea punteada como se observa en la figura 6.3.5.



Figura 6.3.5: Medición de área usando opción de mano alzada

17. Para terminar la medición, se presiona el botón de “*Reference*”.

18. Guardar la imagen y tomar una fotografía de la pantalla. Presionar el botón de “*Clear*” para limpiar la pantalla.
19. Para realizar una medición con la opción de elipse se seguirán los siguientes pasos: volver a presionar el botón de “A/C”, y elegir la opción de elipse. Aparecerá de nuevo el cursor con el símbolo +, el cual se podrá mover con ayuda de la *trackball*.
20. Colocar el cursor al centro del círculo y oprimir el botón de “*Confirm*”. Al hacer esto, se mostrará una elipse de línea punteada alrededor del cursor. Esta elipse se podrá ajustar moviendo la *trackball* hacia los lados y hacia arriba y abajo.
21. Al presionar el botón de “*Reference*” se podrá cambiar el ángulo de inclinación de la elipse. Se puede intercalar el uso de estos dos botones para ajustar correctamente la elipse a la figura. En la figura 6.3.6 se observa el resultado.



Figura 6.3.6: Medición de área usando opción de elipse

22. En la parte derecha de la imagen se encontrarán los valores de circunferencia y área obtenidos para ambas mediciones. Así como las razones de áreas y circunferencias de ambos.
23. Guardar la imagen obtenida y observar las diferencias entre los dos tipos de medición.
24. Finalmente se realizará una medición de volumen. Para esto se deberá configurar al ultrasonido en “Modo BB”, oprimiendo el botón B/B que se encuentra en la sección derecha del teclado.

25. Una vez en “Modo BB”. Se colocará el transductor en el fantoma, nuevamente en el círculo más grande, pero esta vez, colocando el transductor de forma paralela a la perforación (figura 6.3.7, izquierda). Oprimir el botón de “Modo BB” nuevamente. Esto congelará la primera imagen y mostrará la segunda imagen en tiempo real.



Figura 6.3.7: Pantalla en modo BB. Imágenes para obtención de volumen.

26. Posteriormente, se colocará el transductor de forma perpendicular a este círculo más grande, como se hizo en la ocasión anterior. Se centrará la imagen y se presionará el botón de “Freeze”, se guardará la imagen usando el botón “Save”. En la figura 6.3.7 se puede observar cómo deben verse las imágenes obtenidas en modo BB.
27. Para hacer la medición de volumen se requiere hacer primero tres mediciones de distancia, o bien, 2 mediciones de área. En este caso serán 2 mediciones de área las que se realizarán (figura 6.3.8).
28. Presionar el botón “A/C”, ubicar el cursor en la parte central de la figura en la imagen del lado izquierdo, se seleccionará la opción de elipse para mayor facilidad. Presionar el botón “Confirm”. Ajustar la elipse a la figura, con ayuda del botón “Reference” para cambiar el ángulo de inclinación. Es posible alternar el botón “Confirm” y “Reference” para lograr una mejor aproximación. Al terminar, presionar el botón “Cancel”.
29. Realizar la otra medición de área, pero esta vez en la figura de la imagen del lado derecho (figura 6.3.8). Intentar ajustar la medición al círculo lo mejor posible. Seguir las instrucciones del paso anterior.

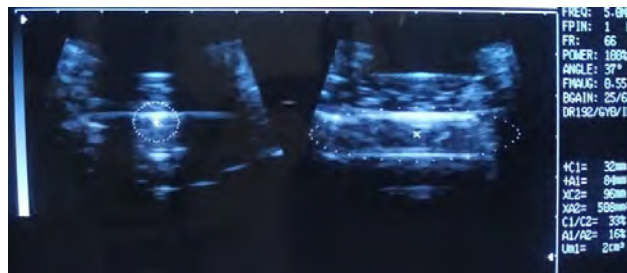


Figura 6.3.8: Medición de Volumen de agujero más grande del fantoma

30. Al finalizar ambas mediciones de área, se presionará el botón de “*Measure*” (parte izquierda del teclado). Del lado derecho de la pantalla, debajo de las configuraciones, aparecen los valores de área medidos y después el volumen obtenido a partir de estas mediciones.
31. Guardar esta imagen.
32. Comparar las mediciones realizadas con los valores reales de las estructuras visualizadas.

Nota: Debido a la naturaleza de los materiales del fantoma (material duro y elástico), las ondas de sonido viajan a mayor velocidad, por lo que la medida obtenida usando el fantoma darán menor valor de distancia que las obtenidas en tejidos reales.

### 6.3.5. Ejercicio

Utilizando un recipiente de plástico transparente con una profundidad aproximada de 10 cm, llenarlo de algún gel (de cabello, gelatina, manteca, etc.) y colocarle objetos sólidos (canicas, gomas, semillas de frutas, etc.) a diferentes profundidades y efectuar las mediciones correspondientes indicadas en el procedimiento de la práctica. Anotar los resultados obtenidos y adjuntar la imagen correspondiente a las medidas realizadas.

### 6.3.6. Preguntas de evaluación

1. ¿Cuál es la diferencia entre la medición de área usando la opción *ellipse*, con respecto a *Freehand*?



2. ¿Se puede medir un volumen usando solo 2 mediciones?
3. ¿Cuántos tipos de mediciones se pueden realizar en el ultrasonido WED 9618?
4. ¿Cómo se cambia el ángulo de inclinación de la elipse?
5. ¿Qué transductor considera que sería más útil al momento de realizar mediciones con el fantoma y por qué?

## **6.4. Práctica 4: Ajustando y optimizando la imagen**

### **6.4.1. Objetivos**

- Aprender a ajustar las configuraciones de potencia, ganancia, focos, profundidad y frecuencia, comprendiendo qué cambios realiza cada una de estas configuraciones, para obtener una imagen más clara y visible de las estructuras del cuerpo.

### **6.4.2. Materiales**

- Ultrasonido WED 9618
- Transductor C3-1/60R/3.5 MHz HF (convexo)
- Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4)
- Gel conductor

### **6.4.3. Prerrequisito**

Para lograr llevar a cabo esta práctica se debe haber leído el capítulo 4: Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618. Además, se deben haber realizado las prácticas anteriores para conocer las funciones básicas del equipo. Se requiere, adicionalmente, haber hecho una lectura exhaustiva de la sección 2.6 del presente documento, el cual expone las diferentes herramientas de optimización de las imágenes de ultrasonido.

#### 6.4.4. Procedimiento

1. Encender el equipo e introducir los datos de algún miembro del equipo. El ID del paciente será: Prac 4.
2. Colocar gel conductor a lo largo del transductor. Uno de los miembros del equipo será el paciente y el otro integrante será el que controle el equipo.
3. En esta práctica se realizará la visualización de las estructuras de los dedos de la mano. Se colocará el transductor en la palma de la mano justo debajo de los dedos y arriba del pulgar, no importa qué mano se utilice.
4. Para comenzar con las configuraciones primero se deberá ajustar el ángulo de escaneo, el más común es a  $60^\circ$ , pues es el que ofrece mayor anchura. En esta ocasión se dejará con ese valor para una mejor visualización de las estructuras de la mano. En la figura 6.4.1 se puede ver la diferencia entre asignar un ángulo alto y uno bajo.

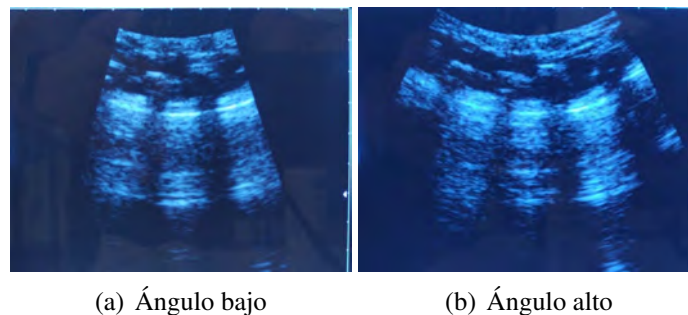


Figura 6.4.1: Diferencia entre configurar un ángulo bajo y uno alto.

5. Como ya se ha mencionado antes, la frecuencia del ultrasonido es la que permite cambiar la profundidad del tejido que se observa. A mayor frecuencia, menor profundidad y viceversa (figura 6.4.2). En este caso, la estructura observada no es muy profunda, por lo que se ajustará una frecuencia media de 3.5 MHz. Si por ejemplo quisiéramos observar el hígado o algún órgano interno del abdomen, se requeriría usar una frecuencia más baja, para lograr mayor profundidad de visualización.

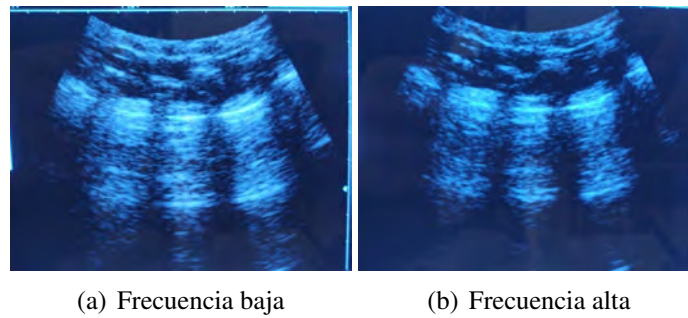


Figura 6.4.2: Diferencia entre frecuencia baja y alta. A mayor frecuencia menor profundidad y a menor frecuencia, mayor profundidad. También cambia la resolución de la imagen.

6. Una vez que se observe el interior de la mano, se deberá escoger el valor de frecuencia en el que se vea con mayor detalle la estructura, recordar que esto se ajusta con el botón “*Frequency*”. En este caso, la frecuencia será de 3.5 MHz.
7. Una vez que ya se ha seleccionado la frecuencia adecuada, se deberá modificar la profundidad. Esta configuración también ayuda a ajustar la imagen haciéndole *Zoom* a la parte que contiene las estructuras más importantes que se desee visualizar (figura 6.4.3).

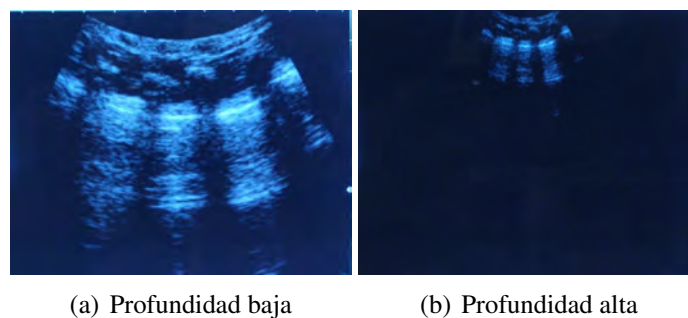


Figura 6.4.3: Diferencia entre ajustes de profundidad.

8. En este caso, la profundidad se tiene que ajustar de modo que no se trate de visualizar más allá de los límites de la mano. En este caso particular, se busca una profundidad de visualización media-baja. Con ayuda de los botones de “*Depth* ↑” y “*Depth* ↓” se puede modificar este parámetro.

9. Posteriormente, se configurará el foco. El foco se ajusta con la tecla “FPin”, y se utiliza para darle más nitidez a alguna zona de la imagen, ya sea en la zona superficial o alguna zona más profunda. Además se puede agregar un foco extra, para tener 2 zonas más nítidas. En este caso se desea observar una estructura poco profunda, por lo que se ajustarán 1 solo foco, como se puede observar en la figura 6.4.4 (a).

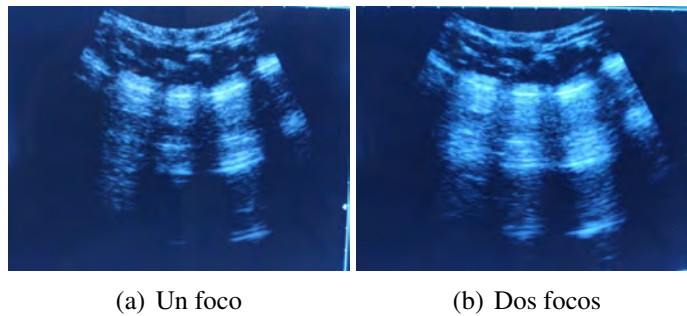
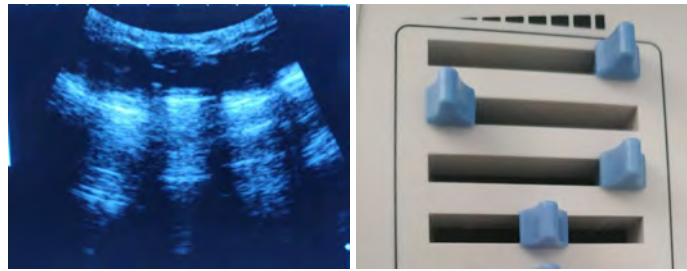


Figura 6.4.4: Diferencia entre 1 y dos focos. El segundo foco se puede ajustar a diferentes profundidades, en este caso se muestra el segundo foco con distancia D5.

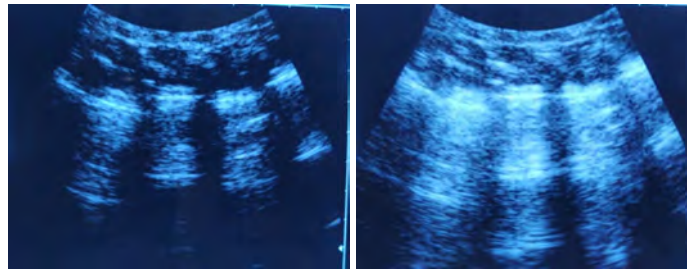
10. Luego, se configurará la ganancia sectorial (TGC), al ser una estructura superficial, se deberán ajustar los potenciómetros de TGC de modo que la sección media y superior de la imagen se vean más claras que el resto. Esto se logrará disminuyendo la ganancia de las zonas más profundas, que en este caso, al haber ajustado la profundidad, es posible que ni siquiera sean visibles en este momento.



(a) TGC alta en la sección 1, baja en la sección 2, y alta en la sección 3      (b) Potenciómetros TGC

Figura 6.4.5: Diferencia entre TGC alta y baja en diferentes secciones.  
b) muestra la posición de los potenciómetros

11. Además, se deberá aumentar la ganancia de la zona superior de la imagen. Se debe tomar en cuenta un ajuste moderado, ya que al asignar mayor ganancia se puede perder el contraste de la imagen (figura 6.4.5), lo que puede llevar a un mal diagnóstico.
12. La ganancia total se modifica usando la perilla de “Gain”, que se ubica a un lado de la pantalla. Esta perilla modifica la ganancia total de los ecos recibidos por el transductor, y de la misma forma que el punto anterior, su modificación debe ser moderado para asegurar una mejor calidad de la imagen. Se debe ajustar de forma que los límites entre las estructuras se diferencien. Si se ajusta en un nivel muy alto, el contraste de las estructuras se puede perder, mientras que si se ajusta muy baja, se pueden perder las estructuras de ecos más débiles. En la figura 6.4.6 se observan las diferencias entre ajustar la ganancia al máximo y al mínimo.



(a) Ganancia baja

(b) Ganancia alta

Figura 6.4.6: Diferencia entre ganancia baja y alta. En ambos casos cuesta trabajo observar la imagen.

13. Es importante mencionar en este punto que de ser necesario, se puede regresar a ajustar cualquier parámetro.
14. La potencia se debe configurar en la opción más baja posible, en este caso, solo se ofrecen 2 potencias, 80 % y 100 %. Para elegir la potencia adecuada, se debe observar la imagen y elegir la opción que demuestre mejor resolución y contraste en la imagen.
15. Otro aspecto que también se modifica para una mejor observación de las estructuras es el rango dinámico, éste valor se cambia con la tecla “DR”, y sirve para cambiar la escala de grises con la que se muestran las fotos. Se recomienda ajustarlo a 118 dB, pero se puede aumentar o disminuir su valor de 2 en 2. Al bajar el valor de este ajuste, se observará mayor contraste en la imagen y al subirlo se ofrecerá una imagen con más grises. En este caso se ajustará en el valor recomendado de 118 dB.

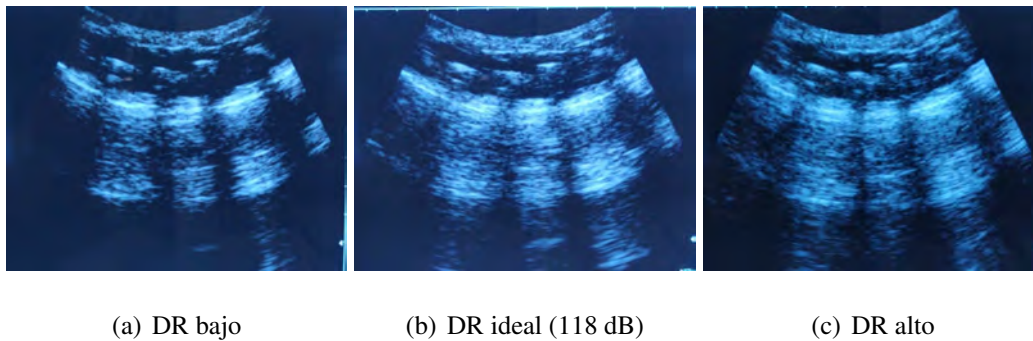


Figura 6.4.7: Diferencia entre ajustar rango dinámico en bajo, medio y alto.

16. Finalmente, la velocidad de correlación es el valor que se le asigna a la velocidad con la que serán procesadas las imágenes captadas por el transductor. Este valor se debe asignar al valor más bajo, si se busca una resolución más alta. Por el contrario, si lo que se desea es ver la transición de las imágenes a una velocidad más alta, se deberá aumentar este valor, a costa de que la resolución de la imagen se vea disminuida. En la figura 6.4.8 se puede observar claramente el cambio de la resolución al asignar una velocidad de correlación más alta o baja.

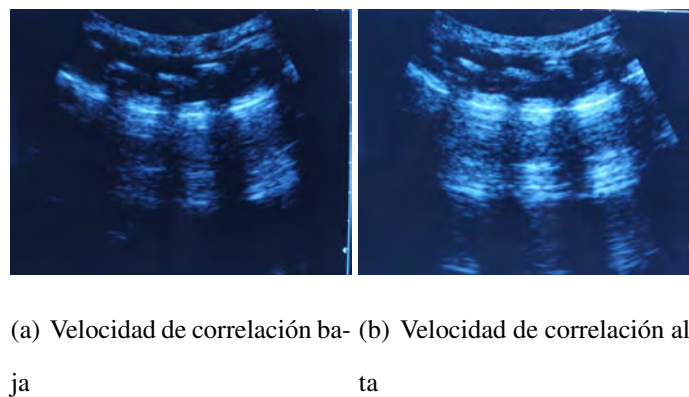


Figura 6.4.8: Diferencia entre velocidad de correlación baja y alta

17. Al haber terminado de ajustar los valores de optimización de la imagen, se debe observar la imagen y notar las estructuras internas de la mano. Logrando diferenciar los espacios entre los dedos.

18. Guardar la imagen y describir lo observado.

#### **6.4.5. Ejercicio**

Seguir el procedimiento nuevamente, para observar la mano del otro compañero. Guardar la imagen y comparar los hallazgos obtenidos. Asegúrese de colocar suficiente gel conductor.

#### **6.4.6. Preguntas de evaluación**

1. ¿Qué valor de rango dinámico es recomendado?
2. ¿Qué cambios se ven en la imagen al modificar la ganancia total?
3. ¿Qué valor de frecuencia elegiría si se intentara ver una estructura profunda?, por ejemplo la vejiga.
4. ¿Qué estructuras se pueden observar en un ultrasonido de antebrazo?
5. ¿Qué se observa al ajustar el rango dinámico en su valor más bajo?

### **6.5. Práctica 5: Ecografía abdominal - Riñón derecho**

#### **6.5.1. Objetivos**

- Poner en práctica los conocimientos aprendidos en las prácticas anteriores, al observar una estructura interna del cuerpo, para comprender mejor la aplicación del ultrasonido de diagnóstico.
- Colocar el transductor en una posición adecuada, moviéndolo y observando las imágenes producidas por el ultrasonido, para observar el riñón derecho.
- Obtener una imagen clara, modificando los aspectos de optimización de la imagen y así comprender las estructuras observadas.



### 6.5.2. Materiales

- Ultrasonido WED 9618
- Transductor C3-1/60R/3.5MHz HF (convexo)
- Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4)
- Gel conductor

### 6.5.3. Prerrequisito

Haber leído y realizado todas las prácticas anteriores y haber contestado las preguntas de evaluación exitosamente. Así como haber leído detalladamente el Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618, que se encuentra en el capítulo 4. Se requieren conocimientos básicos de anatomía abdominal, principalmente sistema renal. Conocer los planos anatómicos: sagital, longitudinal y transversal.

### 6.5.4. Procedimiento

1. Conectar y encender el equipo
2. Llenar los datos de algún miembro del equipo, en el ID del paciente colocar: Prac 5
3. El paciente se debe colocar acostado en la mesa o camilla, boca arriba. El equipo se debe colocar al lado derecho del paciente como en la figura 6.5.1. Esta siempre será la posición inicial del paciente antes de una exploración ecográfica.



Figura 6.5.1: Posición del paciente con respecto al equipo de ultrasonido

4. Colocar suficiente gel conductor en el transductor.
5. El transductor se colocará de forma longitudinal al paciente sobre las últimas costillas del lado derecho. Recordar que la marca del transductor deberá estar mirando hacia la cabeza del paciente.
6. Realizar la optimización de la imagen correspondiente, modificando frecuencia, potencia, ángulo de escaneo, focos, etc.
7. Se le pedirá al paciente que realice una inspiración forzada (respirar profundamente y retener el aire) para mejorar la visualización.
8. Se deberá observar una imagen como la de la figura 6.5.2, en la que se aprecia una figura parecida a un frijol, con el borde más claro, este borde es la corteza suprarrenal. Luego, al interior de la corteza suprarrenal se observan las pirámides renales en un tono más oscuro y en la parte media se encuentra el seno renal nuevamente más claro.

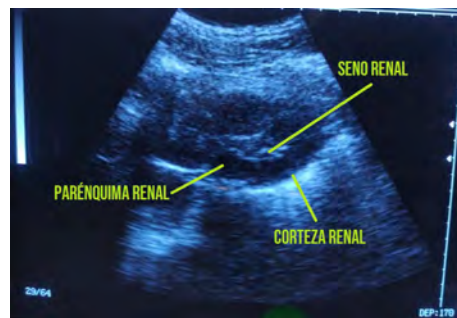


Figura 6.5.2: Imagen longitudinal del riñón

9. Cuando se logre una imagen adecuada, se congelará la pantalla y se guardará la imagen obtenida para así proceder con las mediciones respectivas.
10. Se tomará la medición de distancia desde el borde superior hacia el borde inferior del riñón, es decir, de izquierda a derecha, lo más centrado que sea posible. Un riñón normal debe medir aproximadamente 11 cm longitudinalmente.
11. También se tomará la distancia transversal del riñón. Es decir, de arriba hacia abajo en la imagen. Como se muestra en la figura 6.5.3.

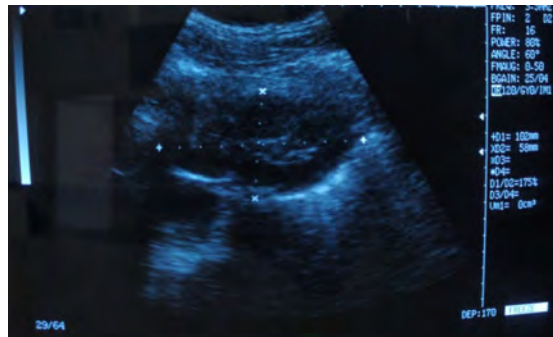


Figura 6.5.3: Medidas de riñón derecho

12. Tomar una fotografía de la imagen con las medidas realizadas.
13. Posteriormente, se obtendrá la imagen del riñón de forma transversal.
14. Volver a colocar gel conductor en el transductor. Recordar que el gel es importante para la obtención de imágenes de calidad.
15. Se puede comenzar encontrando el riñón de forma longitudinal, como se hizo anteriormente, y una vez que se observa claramente, girar el transductor 90 grados para verlo en el plano transversal. Se debe ver algo parecido a la figura 6.5.4.

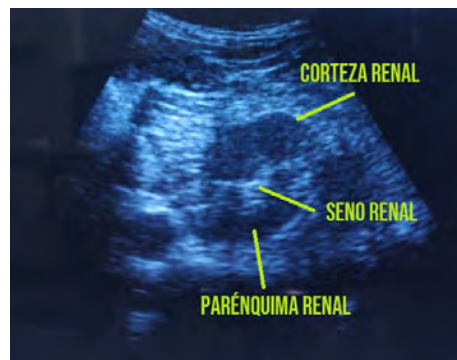


Figura 6.5.4: Enfoque transversal del riñón derecho

16. Recordar que de ser necesario se pueden hacer ajustes de optimización de imagen.
17. Cuando se tenga la imagen enfocada adecuadamente, se deberá congelar la pantalla y guardar la imagen.
18. Se realizarán las mediciones de esta imagen como se observa en la figura 6.5.5. La distancia 1 es el grosor y la 2 es el ancho del riñón.

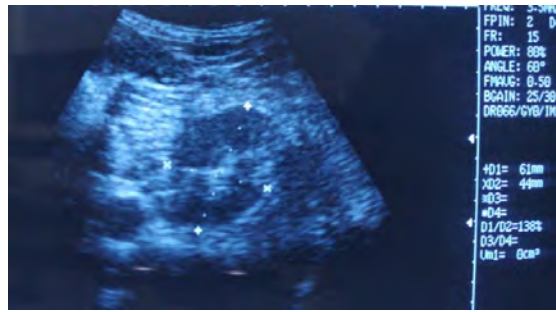


Figura 6.5.5: Medidas de enfoque transversal de riñón derecho

19. Comparar las medidas obtenidas con las medidas consideradas como normales.

### 6.5.5. Ejercicio

Realizar la observación del riñón izquierdo, capturar las imágenes debidas. Tomar medidas del riñón izquierdo.

### 6.5.6. Preguntas de evaluación

1. ¿Qué frecuencia se recomienda utilizar para observar estructuras profundas?
2. ¿Por qué es importante saber optimizar la imagen de ultrasonido?
3. ¿Cuáles son las medidas del riñón de un adulto sano?
4. ¿Qué diferencias se encuentran entre el riñón derecho e izquierdo de un paciente?
5. ¿Cuál es la diferencia en cuanto a la técnica de exploración, para la localización del riñón izquierdo con respecto al derecho?

## 6.6. Práctica 6: Ultrasonido hepático - Visualización de lóbulo derecho y venas suprahepáticas

### 6.6.1. Objetivos

- Colocar el transductor en una posición adecuada, moviéndolo y observando las imágenes producidas por el ultrasonido, para observar las venas suprahepáticas.

- Localizar el hígado usando el ultrasonido en un ángulo casi horizontal o paralelo a la piel para observar un corte longitudinal del hígado.
- Obtener una imagen clara, modificando los aspectos de optimización de la imagen y así comprender las estructuras observadas.

### **6.6.2. Materiales**

- Ultrasonido WED 9618
- Transductor C3-1/60R/3.5 MHz HF (convexo)
- Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618 (capítulo 4)
- Gel conductor

### **6.6.3. Prerrequisito**

Haber leído y realizado todas las prácticas anteriores y haber contestado las preguntas de evaluación exitosamente. Así como haber leído detalladamente el Manual de Referencia Rápida del Ultrasonido WED 9618, que se encuentra en el capítulo 4. Se requieren conocimientos básicos de anatomía abdominal, principalmente sistema hepático. Conocer los planos anatómicos: sagital, longitudinal y transversal.

### **6.6.4. Procedimiento**

1. Conectar y encender el equipo.
2. Conectar el transductor convexo en la ranura A.
3. Colocar al paciente sobre la camilla del lado derecho del equipo, con los pies hacia el examinador (figura 6.6.1). Un integrante del equipo hará de examinador y el otro de paciente.
4. El paciente se colocará boca arriba, ligeramente más recargado sobre su lado izquierdo, sin ponerse completamente de lado. Para mejorar la visualización del



Figura 6.6.1: Colocación del ultrasonido con respecto al paciente. Obtenido de [38].

hígado, se recomienda que el paciente suba su brazo derecho y toque su cabeza con él, extendiendo así la parte lateral de su torso y dando más espacio para la observación del hígado.

5. Colocar gel conductor sobre el transductor. Recordar que la marca del transductor siempre debe colocarse hacia la izquierda.
6. Se deberá realizar el proceso de optimización de la imagen de acuerdo a las estructuras que se espera ver con el ultrasonido. Se recomienda tener preconfigurados los ajustes para realizar solo algunos cambios al momento de colocar el transductor, y así disminuir la incomodidad del paciente.
7. Debido a que se busca encontrar el hígado y éste se encuentra en gran parte detrás de las costillas, se buscará una inspiración forzada por parte del paciente. De esta manera el aire dentro de los pulmones hará que todos los órganos por debajo de ellos se bajen un poco para así facilitar la visualización de las estructuras de interés.
8. El transductor se deberá colocar del lado derecho de la boca del estómago del paciente, además se le deberá dar un ángulo al transductor de modo que éste se encuentre casi paralelo al abdomen del paciente. Esto nos dará la oportunidad de observar al hígado en un corte longitudinal.

9. Para encontrar al hígado, se deberá mover el transductor alrededor de la zona inicial y con un ángulo cercano al establecido al principio.
10. Lo que se está buscando es una estructura ramificada anecogénica, es decir, ecos muy pequeños o imagen muy oscura. Esta estructura tiene 3 ramas principales (derecha, central e izquierda), que son las venas suprahepáticas, las cuales salen por una estructura de forma circular que es la vena cava inferior. En la figura 6.6.2 se puede encontrar la estructura observada y sus partes.



Figura 6.6.2: Venas suprahepáticas. Se pueden observar las tres venas principales y la vena cava inferior.

11. En la figura 6.6.3 se observan las venas suprahepáticas. Para una mejor visualización, se recomienda cambiar el ángulo del transductor de arriba hacia abajo, para así observar las venas en su totalidad.
12. Tomar fotografías de las estructuras observadas al encontrar las posiciones correctas del transductor.
13. Después de observar las venas suprahepáticas, se deberá dirigir el transductor unos 2 cm a la derecha del paciente, para observar el lóbulo derecho.
14. Recordar pedirle al paciente que haga una inspiración forzada.
15. Se deberá ver una estructura curva, que en su interior tiene pequeños orificios o ramificaciones, que son las venas. Además, el borde del hígado se observa en un color más brillante que el interior, es decir, es hiperecogénico.

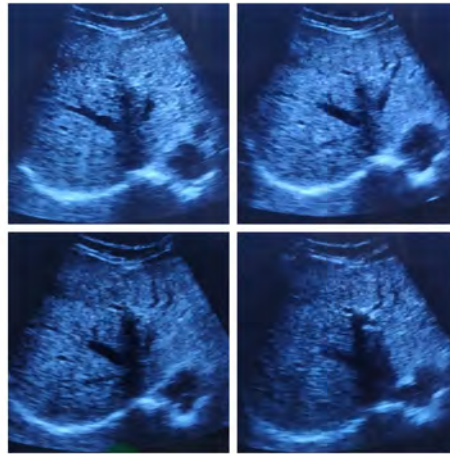


Figura 6.6.3: Venas suprahepáticas. Se debe mover el transductor para verlas completas

16. En la figura 6.6.4 se puede observar la estructura que deberá aparecer en el ultrasonido. Se debe tomar en cuenta que es necesario mover el transductor para observar correctamente las estructuras, debido a que es posible que toda la estructura no se aprecie en una sola imagen.

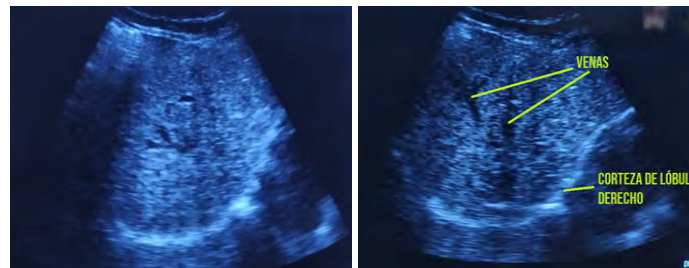


Figura 6.6.4: Lóbulo hepático derecho.

17. Tomar fotografías de las imágenes que muestren el lóbulo derecho del hígado.

### 6.6.5. Ejercicio

Investigar las características de una imagen de venas suprahepáticas y comparar la imagen obtenida. Si es necesario realizar mediciones, realizarlas.



#### **6.6.6. Preguntas de evaluación**

1. ¿Cuántas venas suprahepáticas hay y como se llaman?
2. ¿Por qué se busca un ángulo casi paralelo a la piel del paciente?
3. ¿Cuáles son las diferencias entre visualizar la imagen con inspiración forzada y sin ella?
4. ¿Qué quiere decir que una estructura sea llamada anecogénica?

## **7. Resultados**

Se realizó un conjunto de 6 prácticas, las cuales tienen objetivos diferentes, por lo que sus resultados serán mencionados individualmente y en orden. Se explicarán los resultados desde el punto de vista pedagógico y también experimental.

Debido a la pandemia de Covid-19, todas las prácticas se ejecutaron a través de videollamadas con ayuda de un auxiliar del laboratorio del departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, el cual también sirvió como sujeto de prueba para comprobar la claridad y secuencia de las prácticas.

### **7.1. Práctica 1**

Para la primera práctica se desarrolló una serie de instrucciones que sirven para que el estudiante identifique cada uno de los botones que componen al equipo. Se describió a grandes rasgos la función de cada botón, no obstante, varios de ellos fueron explicados con más detalle en las prácticas posteriores. Con esta práctica se espera que el alumno pruebe la función de cada uno de los controles del equipo a la vez que va leyendo el procedimiento. Además, mediante la lectura del manual de referencia rápida, se espera que la práctica se facilite.

Al aplicarla con el usuario, se logró el aprendizaje de las funciones de cada uno de los botones mencionados en la práctica, lo cual también fue de mucha ayuda para la realización de prácticas posteriores.

### **7.2. Práctica 2**

Para la segunda práctica, titulada: Familiarizándose con el equipo - Funciones avanzadas, los objetivos consistían en conocer funciones avanzadas como el almacenamiento de imágenes, bucle de cine, así como recordar los conceptos vistos en la práctica anterior. Se obtuvo una práctica que incluye la observación de la primera estructura con el transductor. También, se enseña la importancia del uso del gel conductor para la ob-

tención de imágenes adecuadas. Con estas imágenes se aprendieron los procedimientos para almacenamiento y recuperación de imágenes, bucle de cine y finalmente se muestra como obtener reportes y en que consisten. Al ejecutar esta práctica se aprendieron los conceptos mencionados anteriormente y se preparó al auxiliar del laboratorio para la siguiente práctica.

### 7.3. Práctica 3

La práctica 3 consiste en aprender a realizar mediciones con el ultrasonido. Se logró establecer un procedimiento sencillo y bien explicado para realizar mediciones de distancia, área y volumen.

En la figura 7.3.1, se pueden observar los agujeros del fantoma. Se tomaron dos distancias. La primera del agujero más bajo al segundo más bajo, se obtuvo un valor de 9 mm. La segunda medida fue desde el tercer agujero hacia la parte inferior del fantoma, es decir, la parte del fantoma que tiene contacto con la mesa de experimentos. La segunda medida obtenida fue de 14 mm.



Figura 7.3.1: Medición de distancias de marcas del fantoma. D1: +...+, D2: X...X.

Posteriormente, en la figura 7.3.2, se utilizó la opción de medición de área a mano alzada o *Freehand*, para la medición del área del agujero más grande del fantoma. Se obtuvo una circunferencia de 33 mm y un área de  $46\text{mm}^2$ .

Luego, se realizó la medición de área usando la opción de elipse, como se puede ver en la figura 7.3.3. Se obtuvo una circunferencia de 31 mm y un área de  $77\text{mm}^2$ .



Figura 7.3.2: Medición de área usando opción de mano alzada

Comparando las dos mediciones anteriores, se puede observar que las medidas de circunferencia fueron cercanas entre sí, mientras que la medida del área obtenida fue distinta.



Figura 7.3.3: Medición de área usando opción de elipse

Para hacer una comparación matemática de las mismas, se realizó la operación de la obtención de área de un círculo a partir de la circunferencia (ecuación 1). Se usará la fórmula del área de la circunferencia y no la de la elipse debido a que la figura de la que se están obteniendo las mediciones es un círculo.

$$a = \frac{C^2}{4\pi} \quad (1)$$

Para el caso de la medida obtenida con *Freehand*, se tienen los siguientes datos:  $C = 33mm$  y  $a = 46mm^2$ . Se sustituyen los valores en la ecuación 1, obteniéndose el

siguiente valor:

$$a = \frac{33^2}{4\pi} = 86,659mm^2 \quad (2)$$

El resultado obtenido en la ecuación 2, es completamente diferente al obtenido en la práctica. Esto se debe a que aunque la circunferencia marca una medida de 33 mm, el área obtenida no es la adecuada porque la circunferencia marcada no es completamente lisa, es decir, presenta “rugosidades”, que aumentan la medida de la circunferencia, pero no aumentan el volumen.

Para la medida obtenida con la función de elipse, se tienen los siguientes datos:  $c = 31mm$  y  $a = 77mm^2$ . Nuevamente se sustituyeron los valores en la ecuación 1 y se obtuvo el siguiente resultado:

$$a = \frac{31^2}{4\pi} = 76,474mm^2 \quad (3)$$

El resultado obtenido en la ecuación 3 es muy cercano al valor de área obtenido con la función elipse. Esto indica que al usar la opción de elipse se obtienen resultados de área más exactos.

Finalmente, se realizó la medición de volumen, utilizando la función de área con elipse en ambos casos, lo cual se observa en la figura 7.3.4, donde se puede apreciar que el volumen obtenido es de  $2\text{ cm}^3$ .

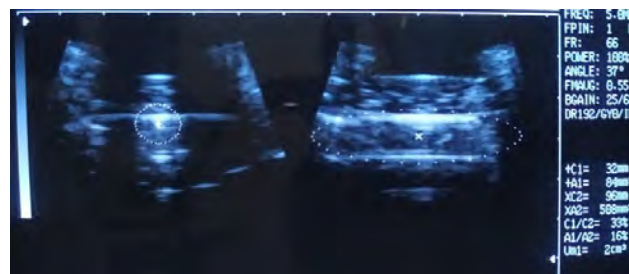


Figura 7.3.4: Medición de Volumen de agujero más grande del fantoma

En todos los resultados se observa una diferencia con respecto a las medidas reales del fantoma debido a la densidad y elasticidad del material del que está compuesto.

Además, como el fantoma no presenta cambios en su densidad como ocurriría en una imagen anatómica real, la velocidad del sonido es mayor, lo que el equipo interpreta como si la distancia fuera menor.

## 7.4. Práctica 4

En la práctica 4 se desarrolló un tema que podría considerarse el más importante del manual, relacionado con la optimización de la imagen. Para desarrollar esta práctica adecuadamente, primero es necesario leer y entender qué hace cada uno de los ajustes de la imagen. Con este fin, la sección 2.6 contiene imágenes de los dedos de la mano, obtenidas dentro del laboratorio usando el equipo de ultrasonido. Para propósitos de esta práctica, en realidad es indiferente que las imágenes sean de mano o de cualquier otro sistema, dado que serán utilizadas para observar diferencias con relación a los parámetros que determinan la calidad de la imagen.

Como se podrá apreciar en el siguiente conjunto de imágenes, se logró plasmar la diferencia entre ajustar un valor alto o bajo de: (1) ángulo, (2) frecuencia, (3) profundidad, (4) foco, (5) ganancia parcial, (6) ganancia total, (7) potencia, (8) rango dinámico, y (9) velocidad de correlación. Cada una de estas características serán explicadas junto con las figuras, donde se podrán apreciar las diferencias que ayudarán a comprender cómo funciona el ultrasonido para ser capaces de ajustar y observar una imagen de una manera mucho más clara, de forma que proporcione mejor información al usuario final de la imagen.

1. Ángulo. En la figura 7.4.1 se puede observar la diferencia entre ajustar un ángulo alto o un ángulo bajo. Esta característica, como se puede apreciar, modifica el ancho del haz de ultrasonido.

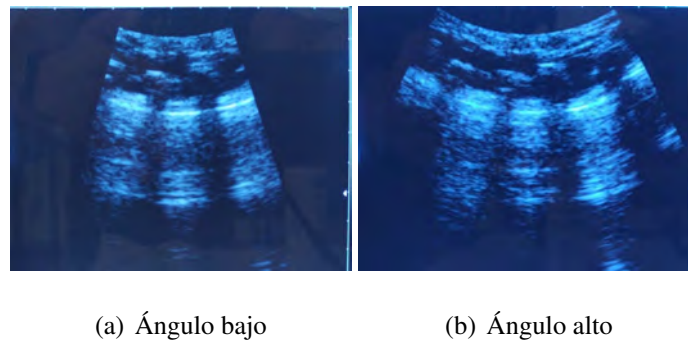


Figura 7.4.1: Diferencia entre configurar un ángulo bajo y uno alto.

2. Frecuencia. En la figura 7.4.2 se puede observar que la imagen que contiene frecuencia baja tiene mayor profundidad pero menor resolución. Se puede notar como en la parte central de la figura 7.4.2(a) se nota más la estructura que en la parte central de la figura 7.4.2(b). Al observar estructuras, se debe tomar en cuenta lo que se busca encontrar, ya que si el objetivo es ver una estructura más superficial, no tiene caso comprometer la resolución de la imagen al usar una frecuencia más baja de la necesaria. De la misma manera sucede al usar frecuencias altas; si bien, una frecuencia alta dará mayor resolución, se deberá tomar en cuenta que puede tener un alcance en profundidad no muy favorable.

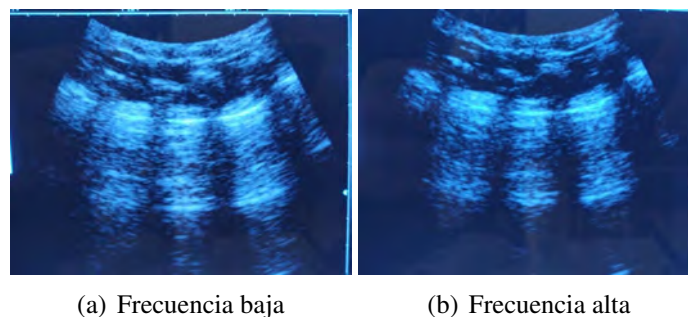


Figura 7.4.2: Diferencia entre frecuencia baja y alta. A mayor frecuencia menor profundidad y a menor frecuencia, mayor profundidad. También cambia la resolución de la imagen.

3. Profundidad. Posteriormente se realizó la comparación entre utilizar profundidad alta o baja. En la figura 7.4.3 (a) se puede observar la imagen obtenida al configurar

una profundidad baja, es decir, se observan más de cerca las estructuras cercanas al transductor, o en el caso de un paciente, más cerca a su piel. Se puede observar que la resolución no se ve afectada al aumentar la profundidad (figura 7.4.3 (b)). Funciona más bien como un *zoom* a la parte superficial de la imagen.

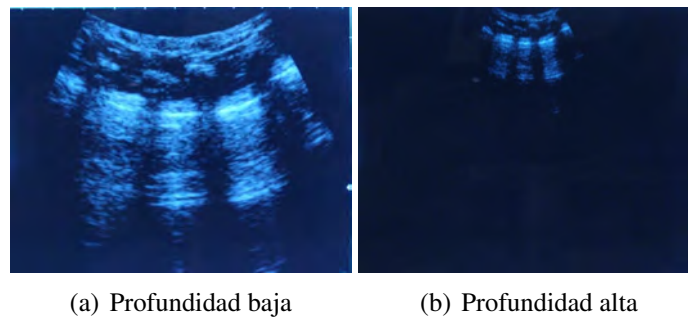


Figura 7.4.3: Diferencia entre ajustes de profundidad.

4. Focos. También se configuró la cantidad de focos en la imagen. Dado que el foco es la zona en la que se concentra la energía, se puede observar esa área con más nitidez. En la figura 7.4.4 se pueden observar las ligeras diferencias entre configurar uno y dos focos. En 7.4.4(b) se observa una mayor resolución en la parte en la que se encuentra la segunda marca de foco con respecto a la figura 7.4.4(a) en la misma zona.

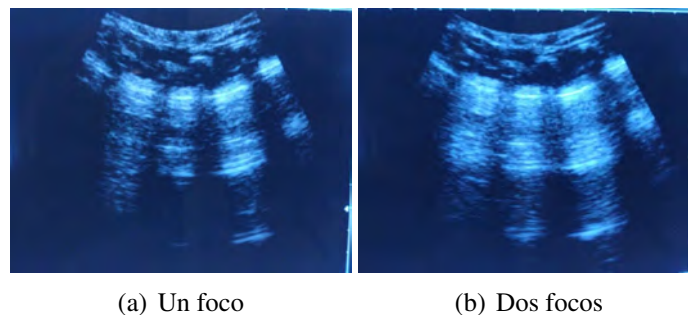
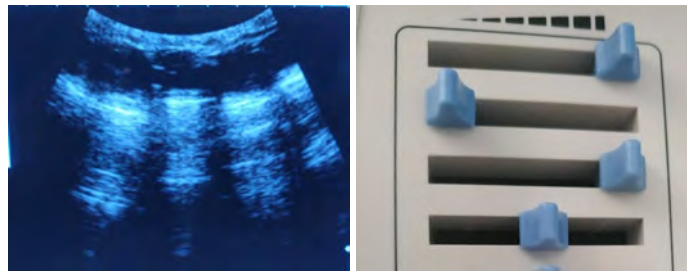


Figura 7.4.4: Diferencia entre uno (a) y dos (b) focos. El segundo foco (b) se puede ajustar a diferentes profundidades, en este caso se muestra el segundo foco con distancia D5.

5. Ganancia parcial. Por otro lado, la TGC (time-gain compensation) también se comparó. En este caso se configuraron los potenciómetros en diferentes potencias. En la



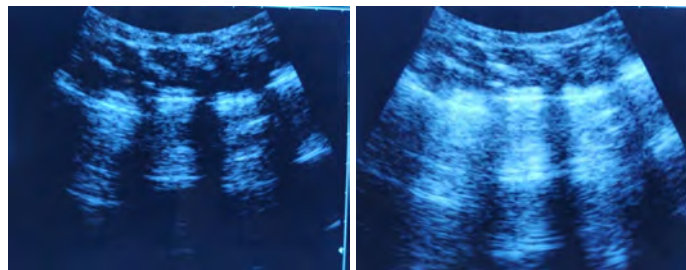
figura 7.4.5 (a) se observa el aumento y disminución de la amplitud de los ecos recibidos en cada una de las secciones de la imagen; mientras que en la figura 7.4.5 (b), se observa la configuración de los potenciómetros de cada sección. En la figura 7.4.5 (a) se observa TGC alta en la sección superior, la segunda sección tiene una TGC nula o muy baja, en la tercera sección se observa una TGC alta y finalmente en la última sección se observa una TGC media. Al tener una TGC baja no se alcanza a observar la estructura. Por el contrario, al asignar una TGC muy alta, los ecos bajos se vuelven muy altos y se pierden.



(a) TGC alta y baja en diferentes secciones. (b) Arreglo de potenciómetros de la TCG mostrada en (a).

Figura 7.4.5: TGC alta y baja en distintas secciones.

6. Ganancia total. Posteriormente se cambió la ganancia total de la imagen de ultrasonido. En la figura 7.4.6 (a) se observa la imagen obtenida al poner la ganancia total al mínimo y en (b) al máximo. Se puede observar que en ambos casos cuesta trabajo distinguir la imagen. Este parámetro se debe ajustar sabiamente, pues dependiendo de la estructura a observar será la ganancia adecuada.

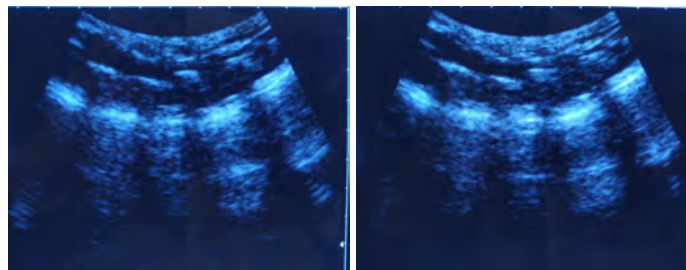


(a) Ganancia baja

(b) Ganancia alta

Figura 7.4.6: Diferencia entre ganancia baja y alta.

7. Potencia. También se realizó una comparación de los valores de potencia asignados. Desafortunadamente, el equipo WED 9618 solo permite asignar potencias altas (80 o 100 %), por lo que la diferencia observada no es muy notable. De cualquier manera, se obtuvieron imágenes de estas dos configuraciones. En la figura 7.4.7(a) se observa la potencia al 80 % y la figura 7.4.7(b) contiene la imagen con una potencia al 100 %. Aunque la diferencia entre ellos no es tan notable, sí es posible distinguir que en la de 100 % los ecos están más amplificadas que en la de 80 %.



(a) Potencia al 80 %

(b) Potencia al 100 %

Figura 7.4.7: Diferencia entre potencias

8. Rango dinámico. El rango dinámico modifica la escala de grises que se le asigna a toda la imagen, es decir, el contraste que tendrá. Al asignar un rango dinámico bajo (figura 7.4.8 (a)), la imagen se verá más contrastada. Al asignar un DR alto (figura 7.4.8 (c)) se pueden perder los ecos más pequeños debido a que el contraste es menor, es decir la escala de grises contiene tonos de gris muy cercanos aunque se trate de un eco

alto o uno bajo. En la figura 7.4.8 (b) se observa la imagen obtenida al asignar el rango dinámico recomendado de 118 dB. Si este valor se ajusta erróneamente pueden llegar a perderse algunas estructuras.

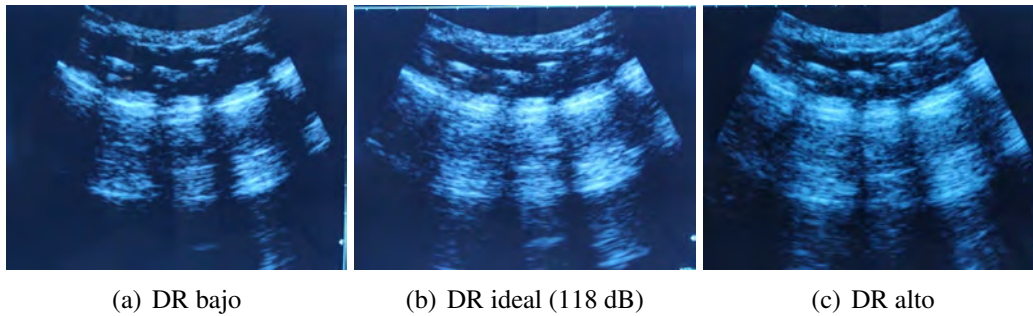
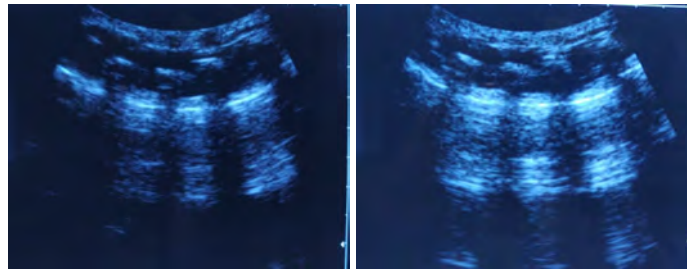


Figura 7.4.8: Diferencia entre ajustar rango dinámico en bajo, medio y alto.

9. Velocidad de correlación. Este ajuste modifica la velocidad con la que son interpretadas y desplegadas las imágenes de ultrasonido, es decir, que tan “real” es el tiempo real. Esto también afecta la resolución de la imagen. Como se observa en la figura 7.4.9 (a) una velocidad baja ayudará a obtener una imagen más nítida, pero su actualización será más lenta. Mientras que una velocidad alta obtendrá una imagen menos clara, pero con una actualización más rápida.

La razón por la que esto pasa es porque al tener una velocidad más alta, el sistema toma menos tiempo para interpretar los ecos recibidos, mientras que si la velocidad es baja, el sistema se tomará más tiempo para interpretar la imágenes y por eso se verán más claras.



(a) Velocidad de correlación baja (b) Velocidad de correlación alta

Figura 7.4.9: Diferencia entre velocidad del fotograma baja (a) y alta (b). Al tener una mayor velocidad hay menor resolución en la imagen.

## 7.5. Práctica 5

Posteriormente, en la práctica 5 el objetivo es observar el riñón derecho del paciente. Se generaron una serie de instrucciones sencillas para localizar rápidamente el riñón. En esta práctica, se espera que el estudiante ya sepa realizar ajustes de optimización de imagen, por lo que ese aspecto no fue abordado detalladamente en la práctica.

Para obtener las imágenes guía para la práctica, un auxiliar de laboratorio se ofreció como sujeto de prueba, se trata de un adulto de 23 años, de sexo masculino, que goza de buena salud. Los parámetros con los que fueron obtenidas las imágenes son los siguientes:

- FREQ: 3.5 MHz
- FPIN: 2 D2
- FR: 16
- POWER: 80 %
- ANGLE: 60°
- FMAUG: 0.50
- BGAIN : 25/04

■ DR: 120

Se obtuvieron 2 imágenes, una en el plano longitudinal (figura 7.5.1) y la otra en plano transversal (figura 7.5.2).

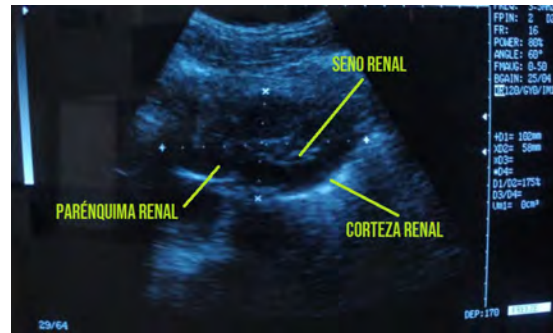


Figura 7.5.1: Medidas de riñón derecho

En la imagen 7.5.1 se puede observar el riñón en un corte longitudinal con su característica forma de frijol, se puede notar la corteza renal con un borde brillante. En el interior, se encuentra el parénquima renal como una estructura anecogénica (de color más oscuro), la cual está formada por las pirámides medulares, las cuales se pueden distinguir porque son ligeramente más oscuras que el resto del parénquima. Finalmente, en la parte central se puede notar el seno renal como una estructura hiperecogénica (de color más brillante). El seno renal contiene en su interior vasos renales y los sistemas colectores. Es por eso que se ven pequeñas figuras más oscuras en su interior.

Posteriormente, con una medición del largo y ancho del órgano y se obtuvieron los resultados de 10 cm de largo y 5.8 cm de ancho. Según Rivera Gorrin [39] los riñones miden entre 9 y 13 cm de largo y entre 4.5 y 6 cm de ancho. Por lo que se considera un valor dentro del rango normal.

Posteriormente, se obtuvo una imagen de un corte transversal del riñón. En la figura 7.5.2 se puede observar la imagen obtenida, en la cual se encuentra una figura con forma de C que tiene la misma ecogenicidad que la figura anterior. Se observa la corteza renal, el parénquima renal en el interior y la parte central más brillante es el seno renal.

Las medidas obtenidas en este caso corresponden al grosor y ancho del riñón. Obte-

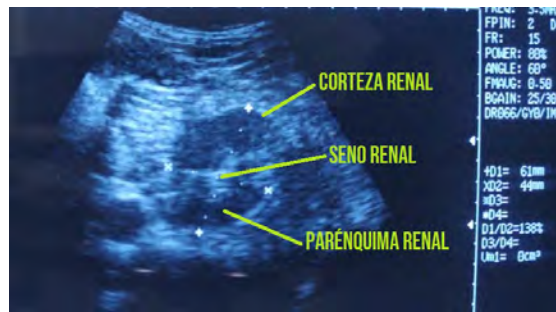


Figura 7.5.2: Medidas de enfoque transversal de riñón derecho

niendo medidas de 6.1 cm de ancho y 4.4 cm de grosor. De acuerdo con [40], el tamaño del riñón varía de acuerdo con la edad y otras variantes, de acuerdo a su investigación el riñón derecho de un paciente masculino de 20-30 años de edad debe tener un grosor de  $3.88 \pm 0.55$  cm; por lo que se considera que los resultados obtenidos en la ecografía de riñón derecho fueron exitosos.

## 7.6. Práctica 6

Esta práctica tiene como objetivo localizar y observar el lóbulo hepático derecho y las venas suprahepáticas. Para la pronta localización de las estructuras, se desarrollaron procedimientos sencillos que involucran la participación tanto del paciente como del examinador.

La práctica cuenta con imágenes de las estructuras observadas para que el estudiante sepa qué buscar y cómo se ve la estructura. Para obtener las imágenes, uno de los auxiliares del laboratorio se ofreció como sujeto de prueba. El sujeto de prueba es un paciente masculino sano, de 29 años de edad.

Para lograr imágenes claras, se ajustaron las configuraciones del ultrasonido en los siguientes valores:

- FREQ: 2.5 MHz
- FPIN: 2 D5
- FR: 15

- POWER: 80 %
- ANGLE: 60°
- FMAUG: 0.50
- BGAIN : 25/30
- DR: 118

Siguiendo las instrucciones de la práctica 6, se localizó el hígado exitosamente y se logró observar la imagen 7.6.1 en la que se encuentran las venas suprahepáticas. En esta figura se pueden observar las 3 venas principales como estructuras anecogénicas. Mientras que el resto del hígado se ve de ecogenicidad neutra, excepto la corteza que se ve hiperecogénica.



Figura 7.6.1: Venas suprahepáticas. Se pueden observar las tres venas principales y la vena cava inferior.

Posteriormente se localizó el lóbulo derecho, que se puede ver en la figura 7.6.2. Se puede observar la corteza del hígado como una estructura hiperecogénica, y el interior pequeñas venas que se ven como estructuras anecogénicas.

Estas imágenes parecerían estar volteadas, pero se debe tomar en cuenta la posición del transductor para comprender como se encuentra la imagen con respecto al cuerpo.



Figura 7.6.2: Lóbulo derecho hepático

## 8. Conclusiones

La imagen de ultrasonido es una herramienta muy importante al momento de realizar el diagnóstico de diferentes enfermedades, ya que no utiliza radiación ionizante, por lo que no es dañina para el ser humano. Hay una gran cantidad de padecimientos que pueden ser diagnosticados a través de una ecografía, por lo que es importante conocer su uso y funciones principales. Debido a esto, se realizó un manual de prácticas de ecografía que buscan enseñar al usuario las funciones básicas de la técnica, comenzando con prácticas sencillas sobre los controles y funciones del ultrasonido; y finalizando con prácticas que incluyen actividades para la correcta visualización del riñón derecho y de las venas suprahepáticas, así como el lóbulo derecho del hígado.

De dichas prácticas se obtuvieron resultados formidables, pues la estructura observada es fácilmente visible en todos los casos. Además, las mediciones realizadas en las imágenes del riñón derecho resultaron dentro de los parámetros establecidos como valores normales. Para lograr estos resultados es muy importante tener claros los conceptos de optimización de imágenes de ultrasonido y ajustarlos de forma adecuada en el equipo. Por lo que se podría decir que conocer las herramientas de optimización de imágenes de ultrasonido incrementa la calidad de la imagen así como la capacidad del usuario de obtener un buen diagnóstico.

Por otro lado, el buen uso del gel conductor, la presión ejercida por el usuario al paciente, así como el ángulo de posicionamiento del transductor, son aspectos muy im-



portantes al momento de realizar la ecografía, pues influyen en la calidad de la imagen obtenida. Además, la posición del paciente y ejercicios tales como la inspiración forzada fomentan la accesibilidad de los órganos bajo estudio para el examinador, por lo que es importante conocer estos aspectos antes de comenzar con una ecografía.

Otro aspecto importante es conocer la estructura anatómica del sistema que se está buscando, pues esto facilitará su localización. Además de tener en cuenta el plano en el que se está realizando la exploración para buscarlo en el ángulo correcto.

La importancia de este proyecto radica en la falta de información en la comunidad estudiantil de la UDLAP sobre los equipos que se encuentran en el laboratorio, principalmente el ultrasonido WED 9618. Este proyecto busca expandir el conocimiento de los estudiantes y profesores, principalmente de la UDLAP, al ofrecer material que se puede utilizar en asignaturas de la carrera de ingeniería biomédica u otras carreras, pues las prácticas fueron realizadas usando un lenguaje sencillo e intentando ser lo más claro posible para que el manual sea apto para todo público. Además, el presente manual se espera que sea útil para todas las personas interesadas en aprender a utilizar el equipo, requiriendo un mínimo de conocimientos de física y anatomía.

Debido a la pandemia de Covid-19, la universidad cerró sus instalaciones desde Marzo del presente año, por lo que surgieron complicaciones con respecto a la parte experimental de este proyecto, pues por las razones explicadas anteriormente, fue imposible trabajar con el ultrasonido personalmente. Para resolver ese problema se solicitó al laboratorio de Computación, Electrónica y Mecatrónica la realización de videollamadas con los auxiliares del laboratorio para llevar a cabo las prácticas a distancia. Se llevaron a cabo sesiones semanales para la ejecución de las prácticas y afortunadamente se obtuvieron buenos resultados.

La falta de presencia frente al equipo también derivó en limitación del alcance del proyecto. Por lo que se debe realizar trabajo a futuro para incrementar el número de prácticas, de modo que se involucre la observación de más estructuras del cuerpo para observarlas en su forma normal y tener una idea más específica de lo que se espera en-

contrar en cada situación. Además, se pueden incluir prácticas en las que se especifiquen las diferencias anatómicas que se observan al existir enfermedades o anomalías en estos órganos, qué significado tiene cada anomalía y a qué enfermedad se le atribuye.

Utilizando un transductor lineal, se podría trabajar con estructuras musculoesqueléticas como brazos, piernas, muñecas, manos, entre otros. Adicionalmente, con un transductor sectorial se podrían realizar prácticas de ecocardiografía. Las cuales serían muy interesantes y contribuirían en gran medida al desarrollo de este manual. Cabe señalar que en la actualidad el laboratorio no cuenta con estos transductores, por lo que se recomienda adquirirlos en un futuro próximo.

Finalmente, sería un gran avance el realizar prácticas con personas que tuvieran alguna enfermedad conocida para observar los efectos que ésta tiene sobre los órganos, para así hacer comparaciones con los parámetros normales. O de igual manera, trabajar con una paciente embarazada y llevar a cabo prácticas obstétricas.

## Referencias

- [1] Vives Iglesias y Annia Esther. “Ultrasonido diagnóstico: Uso y relación con las competencias profesionales”. En: *Revista Cubana de Medicina General Integral* 23.3 (sep. de 2007). Publisher: 1999, Editorial Ciencias Médicas, págs. 0-0. ISSN: 0864-2125. URL: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0864-21252007000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-21252007000300004&lng=es&nrm=iso&tlng=es) (visitado 04-11-2020).
- [2] Luisa Echevarría C. “La ecografía como técnica diagnóstica”. En: *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 12.2 (jul. de 2001). Publisher: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, págs. 185-186. ISSN: 1609-9117. URL: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1609-91172001000200023&lng=es&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1609-91172001000200023&lng=es&nrm=iso&tlng=en) (visitado 04-11-2020).
- [3] Jorge Félix Rodríguez Ramos y col. “Impacto social del ultrasonido diagnóstico en el Municipio de Pinar del Río”. En: *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río* 17.5 (oct. de 2013). Publisher: 1999, Editorial Ciencias Médicas, págs. 85-96. ISSN: 1561-3194. URL: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1561-31942013000500009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-31942013000500009&lng=es&nrm=iso&tlng=es) (visitado 04-11-2020).
- [4] National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. *Ultrasonido*. National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. URL: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/ultrasonido> (visitado 26-08-2019).

- [5] A. Kurjak y F.A. Chervenak. *Ecografía En Obstetricia Y Ginecología*. Editorial Medica Panamericana Sa de, 2009. ISBN: 978-950-06-0913-5. URL: <https://books.google.com.mx/books?id=ukephvVeHYgC>.
- [6] Angélica Vargas. “Principios físicos básicos del ultrasonido, sonoanatomía del sistema musculoesquelético y artefactos ecográficos”. En: *ACTA ORTOPÉDICA MEXICANA* 22.6 (2008), pág. 13.
- [7] Fikri M Abu-Zidan, Ashraf F Hefny y Peter Corr. “Clinical ultrasound physics”. En: *Journal of Emergencies, Trauma and Shock* 4.4 (2011), págs. 501-503. ISSN: 0974-2700. DOI: 10.4103/0974-2700.86646. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3214508/> (visitado 06-11-2020).
- [8] Alexander EJ. Powles y col. “Physics of ultrasound”. En: *Anaesthesia & Intensive Care Medicine* 19.4 (1 de abr. de 2018), págs. 202-205. ISSN: 1472-0299. DOI: 10.1016/j.mpaic.2018.01.005. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1472029918300171> (visitado 06-11-2020).
- [9] Andrew Webb y Nadine Smith. *Introduction to medical imaging : physics, engineering, and clinical applications*. First. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2011. ISBN: 978-0-521-19065-7.
- [10] Peter R. Hoskins, Kevin Martin y Abigail Thrush. *Diagnostic Ultrasound, Third Edition: Physics and Equipment*. Third edition. Google-Books-ID: hzX3DwAAQBAJ. CRC Press, 29 de abr. de 2019. 401 págs. ISBN: 978-0-429-64980-6.
- [11] Joseph W. Kane y Morton M. Sternheim. *Física*. Google-Books-ID: lj5kLw2uxGIC. Reverte, 1989. 828 págs. ISBN: 978-84-291-4318-8.

- [12] Santiago Burbano. *Física General*. Google-Books-ID: BWgSWTYofIC. Editorial Tebar, 2003. 796 págs. ISBN: 978-84-95447-82-1.
- [13] Nilam J. Soni MS MD, Robert Arntfield Frcpc MD y Pierre Kory Mpa MD. *Ecografía a Pie de Cama: Fundamentos de la Ecografía Clínica*. Google-Books-ID: 8ZbuDwAAQBAJ. Elsevier Health Sciences, 10 de jun. de 2020. 620 págs. ISBN: 978-84-9113-822-8.
- [14] Sherif Abbas y Philip Peng. “Basic Principles and Physics of Ultrasound”. En: *Ultrasound for Interventional Pain Management: An Illustrated Procedural Guide*. Ed. por Philip Peng y col. Cham: Springer International Publishing, 2020, págs. 1-31. ISBN: 978-3-030-18371-4. DOI: 10.1007/978-3-030-18371-4\_1. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-18371-4\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-18371-4_1) (visitado 06-11-2020).
- [15] Berthold Block. *Abdominal Ultrasound: Step by Step*. Third Edition. Stuttgart: Thieme, 2016. URL: <https://eds-b-ebshost-com.udlap.idm.oclc.org/eds/ebookviewer/ebook/bmxLYmtfXzE2OTkzOThfX0FOsid=3a9ae96b-63fe-4f01-97e0-4b4696888847@sessionmgr103&vid=1&format=EB&rid=1> (visitado 04-12-2019).
- [16] N. Díaz-Rodríguez, R. P. Garrido-Chamorro y J. Castellano-Alarcón. “Metodología y técnicas. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico”. En: *Medicina de Familia. SEMERGEN* 33.7 (1 de ago. de 2007), págs. 362-369. ISSN: 1138-3593. DOI: 10.1016/S1138-3593(07)73916-3. URL: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-familia-semergen-40-articulo-metodologia-tecnicas-ecografia-principios-fisicos-13109445> (visitado 23-01-2020).

- [17] Aladin Carovac, Fahrudin Smajlovic y Dzelaludin Junuzovic. "Application of Ultrasound in Medicine". En: *Acta Informatica Medica* 19.3 (sep. de 2011), págs. 168-171. ISSN: 0353-8109. DOI: 10.5455/aim.2011.19.168-171. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3564184/> (visitado 05-02-2020).
- [18] Günter Schmidt. *Ecografía: De la imagen al diagnóstico*. Google-Books-ID: QgsXptHgyS0C. Ed. Médica Panamericana, 30 de jun. de 2008. 492 págs. ISBN: 978-84-9835-154-5.
- [19] Sebastian Ugarte. *Ultrasonido en emergencias y cuidados críticos*. Google-Books-ID: NJnGDwAAQBAJ. Distribuna Editorial Médica, 1 de ene. de 2018. 386 págs. ISBN: 978-958-8813-75-2.
- [20] Radiological Society of North America (RSNA) {and} American College of Radiology (ACR). *Ultrasonido obstétrico*. URL: <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=obstetricus> (visitado 29-01-2020).
- [21] Radiological Society of North America (RSNA) {and} American College of Radiology (ACR). *Prostate Ultrasound*. Library Catalog: [www.radiologyinfo.org](http://www.radiologyinfo.org). URL: <https://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=us-prostate> (visitado 30-07-2020).
- [22] J.C. Acevedo y G.R. May. *Cáncer de mama: No le des la espalda*. AGUILAR. Penguin Random House Grupo Editorial Chile, 2013. ISBN: 978-956-347-536-4. URL: <https://books.google.com.mx/books?id=yZavAAAAQBAJ>.
- [23] Gerald T. Kangelaris, Theresa B. Kim y Lisa A. Orloff. "Role of Ultrasound in Thyroid Disorders". En: *Otolaryngologic Clinics of North Ameri-*

- ca. Head and Neck Ultrasound 43.6 (1 de dic. de 2010), págs. 1209-1227. ISSN: 0030-6665. DOI: 10.1016/j.otc.2010.08.006. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0030666510001830> (visitado 30-07-2020).
- [24] Radiological Society of North America (RSNA) {and} American College of Radiology (ACR). *Ultrasonido (ecografía) de la tiroides*. Library Catalog: [www.radiologyinfo.org](http://www.radiologyinfo.org). URL: <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=us-thyroid> (visitado 30-07-2020).
- [25] Radiological Society of North America (RSNA) {and} American College of Radiology (ACR). *Ultrasonido craneal o ultrasonido de la cabeza*. URL: <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=ultrasound-cranial> (visitado 05-02-2020).
- [26] Radiological Society of North America (RSNA) {and} American College of Radiology (ACR). *Ultrasonido de Cadera*. URL: <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=us-hip> (visitado 05-02-2020).
- [27] Abigail Thrush. *Ultrasonido vascular. Cómo, por qué y cuándo + DVD-ROM 3 ed.* © 2010. Google-Books-ID: H9MXeYyOI5kC. Elsevier España, 2010. 322 págs. ISBN: 978-84-8086-719-1.
- [28] Nicolás Sans y Franck Lapègue. *Ecografía musculoesquelética*. Google-Books-ID: lkCFFVuCgHsC. Elsevier España, 23 de mayo de 2011. 319 págs. ISBN: 978-84-458-2178-7.
- [29] Radiological Society of North America (RSNA) {and} American College of Radiology (ACR). *Ultrasonido musculoesquelético*. Library Cata-

log: [www.radiologyinfo.org](http://www.radiologyinfo.org). URL: <https://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=musculous> (visitado 30-07-2020).

- [30] Solla Camino Devesa Muñiz. *ABC de la Ecografía Abdominal: Teoría y Práctica*. Google-Books-ID: bKLFkYb7y2kC. Ed. Médica Panamericana, jul. de 2010. 136 págs. ISBN: 978-84-9835-320-4.
- [31] Catherine M. Otto MD y col. *Guía Práctica de Ecocardiografía*. Cuarta Edición. Google-Books-ID: MO\_kDwAAQBAJ. Elsevier Health Sciences, 15 de mayo de 2020. 454 págs. ISBN: 978-84-9113-796-2.
- [32] Pablo Blanco. *Ecografía En El Enfermo Crítico*. Segunda Edición. Google-Books-ID: oB\_\_DwAAQBAJ. Elsevier Health Sciences, 15 de sep. de 2020. 273 págs. ISBN: 978-84-9113-776-4.
- [33] Jose Luis del Cura Rodríguez y col. *Radiología Esencial*. Google-Books-ID: 0CN0Td3J0yUC. Ed. Médica Panamericana, 15 de dic. de 2010. 450 págs. ISBN: 84-9835-182-0.
- [34] Shenzhen Well.D Medical Electronics Co., Ltd. *User manual: Full digital Ultrasound Diagnostic System WED -380*. First Edition. Guangdong, P.R.China: Wellkang Ltd. 83 págs.
- [35] Carlos Leiva. “Conductismo, cognitivismo y aprendizaje”. En: 18.1 (2005), pág. 9. ISSN: 0379-3962.
- [36] Mario Carretero. *Constructivismo y educación*. Editorial Progreso, 2000.
- [37] Diaz, A, F. ; Hernández, R,G. *Constructivismo y aprendizaje significativo*. Mc Graw Hill, 2015. URL: <http://metabase.uaem.mx/handle/123456789/647> (visitado 30-09-2020).



- [38] *Imagen gratis en Pixabay - Hospital, Clínica, Médica, Salud.* Pixabay.  
URL: <https://pixabay.com/es/photos/hospital-cl%C3%ADnica-m%C3%A9dica-salud-699417/> (visitado 28-10-2020).
- [39] Maite Rivera Gorrín, R Haridian Sosa Barrios y Nuria Rodríguez Mendiola. “Ecografía del riñón normal y variantes anatómicas”. En: (ago. de 2020), pág. 14. URL: <http://www.nefrologiaaldia.org/es-articulo-ecografia-del-rinon-normal-variantes-328> (visitado 04-11-2020).
- [40] Mustafa J. Musa y Ahmed Abukonna. “Sonographic measurement of renal size in normal high altitude populations”. En: *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 10.3 (1 de jul. de 2017), págs. 178-182. ISSN: 1687-8507. DOI: 10.1016/j.jrras.2017.04.004. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850716300887> (visitado 04-11-2020).