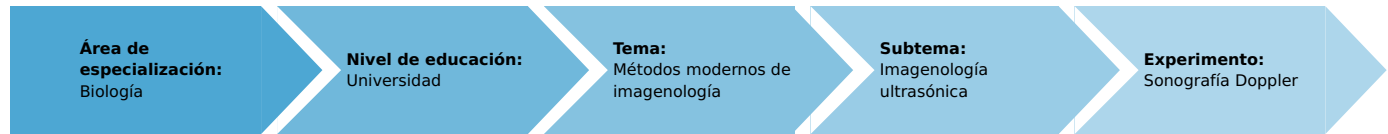


## Sonografía Doppler (Punto N°: P5950100)

### Relevancia curricular



#### Dificultad



Difícil

#### Tiempo de preparación



20 Minutos

#### Tiempo de ejecución



2 Horas

#### Tamaño de grupo recomendado



2 Alumnos

#### Requisitos adicionales:

- Computadora (Windows)

#### Variantes de los experimentos:

#### Palabras clave:

Flujo sanguíneo, Flujo arterial, Estenosis, Trazado de velocidad del flujo sanguíneo, Cambio de frecuencia, Effect Doppler, Ángulo Doppler, Sonografía Doppler, Color Doppler, Ecuación de continuidad

## Resumen

### Principio

Estudios sobre el flujo sanguíneo se pueden desarrollar mediante una sonografía de ultrasonido Doppler. Esta técnica se para mostrar en un modelo de brazo humano, las diferencias entre flujo continuo (venas) y pulsante (arterial) así como también las diferencias en un flujo a través de un vaso sanguíneo normal y una estenosis.

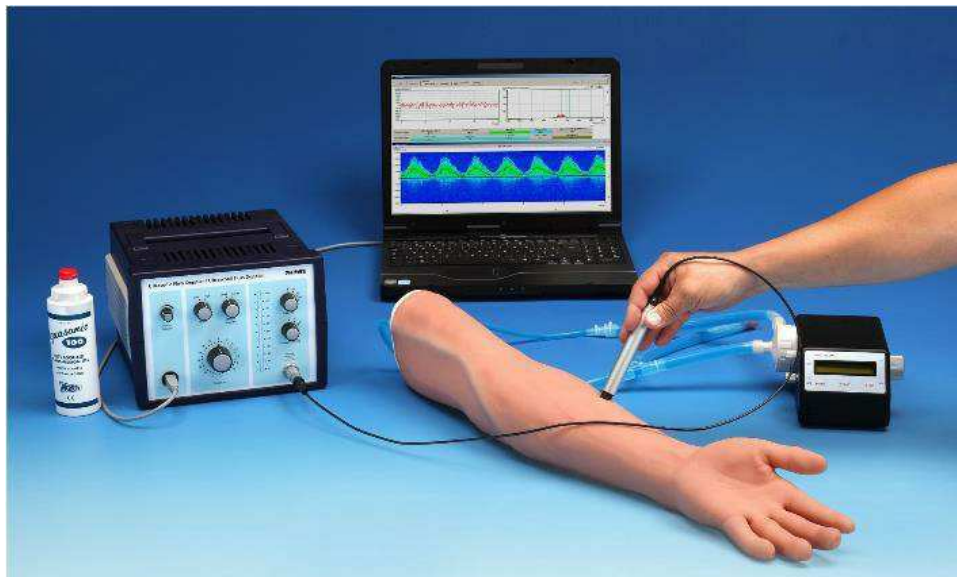


Fig. 1: Equipamiento para sonografía Doppler, configuración experimental

## Equipamiento

N° de posición	Material	N° de orden	Cantidad
1	Set básico para técnica ultrasonido Doppler	13923-99	1
2	Set para extension: Sonografía médica Doppler	13923-02	1

Set básico: técnica de ultrasonido Doppler, consiste en:

- 1 aparato para pulso ultrasónico Doppler
- 1 bomba centrífuga
- 1 gel para ultrasonido
- 1 líquido para sonografía (1l)
- 1 sonda ultrasónica 2 MHz
- 1 prisma Doppler 3/8"
- 1 Set tubos flexibles



Set de extension: sonografía Doppler, consiste en:

- 1 brazo modelo
- 1 sonda Doppler 2 MHz



## Tareas

1. Analizar “el flujo sanguíneo” y buscar componentes del flujo positivo y negativo. Explicar las diferencias.
2. Localizar la estenosis formada y comprar la distribución espectral ascendente y descendente de la estenosis.
3. Examinar y comparar los 3 modos de pulso de la bomba.

## Información de seguridad

### ¡Precaución!

Esto no es un dispositivo médico. No aplicar sobre el cuerpo humano. Preste especial atención al modo de uso y a las instrucciones de seguridad incluidas en el manual de usuario del sonógrafo ultrasónico.

## Configuración y procedimiento

- Conecte el modelo de brazo con tubos de 3/8" a la bomba y llene el ciclo cerrado con el fluido Doppler. El extremo del tubo fijado a la pieza en forma de T marcada con "FILL IN" tiene que conectarse junto al lado de entrada de la bomba. Fije el tubo de llenado y el embudo suministrado a un soporte. El nivel de la pieza en forma de T debe de ser superior que el de la cabeza de la bomba, pero en una posición más baja que la salida del brazo modelo. Remueva el fluido Doppler y rellénelo lentamente, hasta que el nivel del líquido alcance 3/4 partes del tubo de llenado. Si se forman algunas burbujas de aire en el tubo, cambie la posición del brazo y de la bomba para poder sacarlas. Encienda la bomba en modo M0 con la menor velocidad y mantenga constante el nivel en el tubo de llenado hasta que el ciclo del bucle esté completamente lleno. Cierre el tubo con un tapón de goma. Aumente la velocidad de la bomba hasta un 80%. Mantenga el bombeo durante 5-10 min. Apague e incline la bomba en diferentes posiciones hasta que todas las burbujas de aire atrapadas en el cabezal de la bomba se hayan movido hacia el tubo de llenado.
- Si el brazo modelo no ha sido utilizado durante un periodo largo de tiempo y el fluido Doppler ha permanecido dentro del ciclo cerrado, mueva el brazo modelo y encienda la bomba para revisar que no hayan burbujas de aire capturadas en el bucle cerrado. Ponga la bomba a la máxima velocidad durante al menos 5 min para remover el fluido del brazo modelo. Si algunas partículas han precipitado en la pared de los tubos, use el modo pulso para diluirlas.
- Preste atención: las burbujas de aire producen una intensa señal ultrasónica Doppler.
- Opere la bomba a una velocidad media (30-50 %) en modo M0 (Contínuamente).
- Ponga la sonda de 2 MHz Doppler en el sonógrafo. Establezca "Frequency" en 2 MHz, "Sample Volume" a grande y "Power" a elevado.
- Conecte el sonógrafo a la computadora y comience el software "PHYWE measure Ultra Flow". El software mostrará la misma pantalla que se muestra en la figura 2. No se preocupe por los parámetros mostrados en la ventana, en esta configuración solamente trabajaremos con resultados cualitativos e interpretaremos los resultados en términos de cambios de frecuencia Doppler. Para mediciones de flujo continuo se muestra también la ventana con el curso del tiempo, y para el modo pulsaciones, se muestra el curso del tiempo en la ventana cada 10 segundos.
- Seleccione un vaso sanguíneo del modelo, aplique un poco de gel y mida con la sonda Doppler una señal típica. Ajuste la amplificación hasta que se muestre una amplitud de señal suficiente en el software (ver fig. 2) y en los LEDs. Ajuste también el volumen del audio.

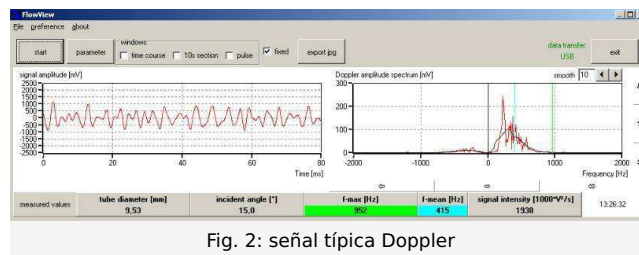


Fig. 2: señal típica Doppler

- En la ventana espectral ("time course"), busque componentes positivos y negativos de la dirección del flujo (Fig. 3). Rote la sonda Doppler en 180°. Compare ambos resultados y explique las diferencias.

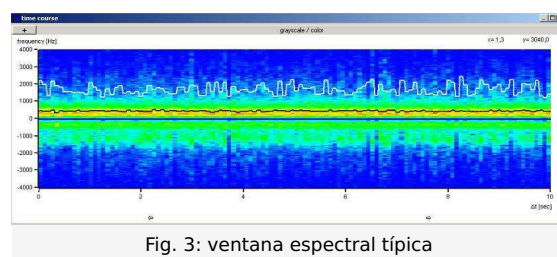


Fig. 3: ventana espectral típica

- Mueva la sonda Doppler, siguiendo los vasos sanguíneos, y busque cambios significativos en la distribución espectral. Localice la estenosis formada y estudie las diferencias en la distribución espectral entre una estenosis y un vaso sanguíneo "sano". Compare los resultados medidos antes y después de la estenosis.
- Cambie el modo de la bomba de continuo (M0, M1) a pulsante (M2, M3, M4). Establezca el periodo del pulso entre 1 y 2 segundos (use el botón situado en la bomba arriba a la izquierda). Para cada modo pulsante, guarde la distribución espectral y compare los resultados. Explique las diferencias entre los 3 modos.

### Nota:

El brazo modelo y las sondas se deben limpiar inmediatamente después de usarlas con agua y en caso necesario con detergente normal. Los residuos secos del gel de ultrasonido son difíciles de quitar. Si fuera necesario use un cepillo suave. No use alcohol o líquidos con disolventes para limpiar las diferentes partes.

## Evaluación y resultado

### Evaluación

Un [ecocardiograma](#), dentro de determinados límites, produce una evaluación precisa de la dirección del flujo sanguíneo y de la velocidad de la sangre y el tejido cardíaco en cualquier punto arbitrario usando el efecto Doppler. Una de las limitaciones es que el haz de [el ultrasonido](#) debe de ser lo más paralelo posible al flujo sanguíneo. Las mediciones de la velocidad permiten evaluar las áreas y funciones de las válvulas cardíacas, detectar cualquier comunicación irregular entre la parte izquierda y derecha del corazón, detectar cualquier fuga de sangre a través de las válvulas (regurgitación valvular), y cálculo del gasto cardíaco. [Ultrasonido con contraste](#), el cual usa medios de contraste de microburbujas llenos de gas, cse podría usar para mejorar la velocidad u otras mediciones médicas relacionadas con el flujo.

Aunque la palabra "Doppler" se ha convertido en sinónimo de "medida de velocidad" en imagenología médica, en muchos casos in many cases no es el cambio de frecuencia (desplazamiento Doppler) de la señal recibida lo que se mide, sino el desplazamiento de fase (cuando la señal recibida llega).

Mediciones de la velocidad del flujo sanguíneo también son utilizadas en otros campos de la ultrasonografía [médica ultrasonography](#), por ejemplo [ultrasonografía obstétrica](#) y [neurología](#). Mediciones de la velocidad del flujo sanguíneo en venas y arterias basado en el efecto Doppler son una herramienta eficiente para diagnosticar problemas vasculares como la estenosis. En física clásica (ondas en un medio), donde las velocidades de la fuente y el receptor no son supersónicas, la relación entre la frecuencia observada  $f$  y la frecuencia emitida  $f_0$  vienen dada por:

$$f = \left( \frac{v+v_r}{v+v_s} \right) \times f_0 \quad (1)$$

Donde:

$v$  es la velocidad de las ondas en el medio

$v_r$  es la velocidad relativa del receptor respecto al medio; positiva si la fuente se está alejando del receptor.

$v_s$  es la velocidad relativa de la fuente respecto al medio; positiva si el receptor se está acercando a la fuente.

En este caso especial, el emisor y el receptor están fijos sobre la misma sonda ultrasónica donde la sangre se está moviendo. Asumiendo que  $v_r$  es  $-v_{blood}$ ,  $v_s$  será  $v_{blood}$ .

$$f = \left( \frac{v-v_{blood}}{v+v_{blood}} \right) \times f_0 \quad (2)$$

En el límite en el cual la velocidad de la onda es mucho mayor que la velocidades relativas de la fuente y el observador, la relación entre la frecuencia observada  $f$  y la frecuencia emitida  $f_0$  viene dada por:

$$f = 1 - \frac{v_{blood}}{v} \times f_0 \quad (3)$$

El cambio en la frecuencia viene dado por:

$$f = -\frac{v_{blood}}{v} \times f_0 \quad (4)$$

La frecuencia disminuye si la sangre se aleja de la sonda.

### Resultados

La figura 4 y la figura 5 muestran un flujo (venoso) continuo, con un desplazamiento de Doppler promedio alrededor de 500 Hz. En la figura 5, la sonda fue rotada 180 grados. En este caso, el desplazamiento de frecuencia es negativo, lo cual significa que la sangre se aleja del transductor.

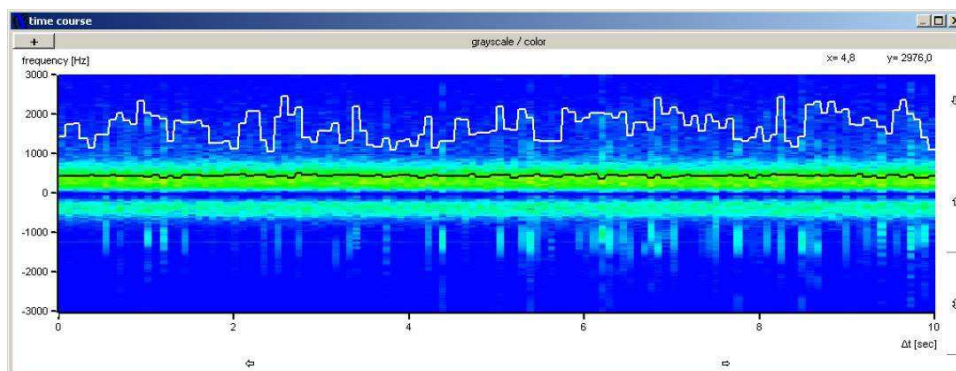


Fig. 4: ventana espectral típica

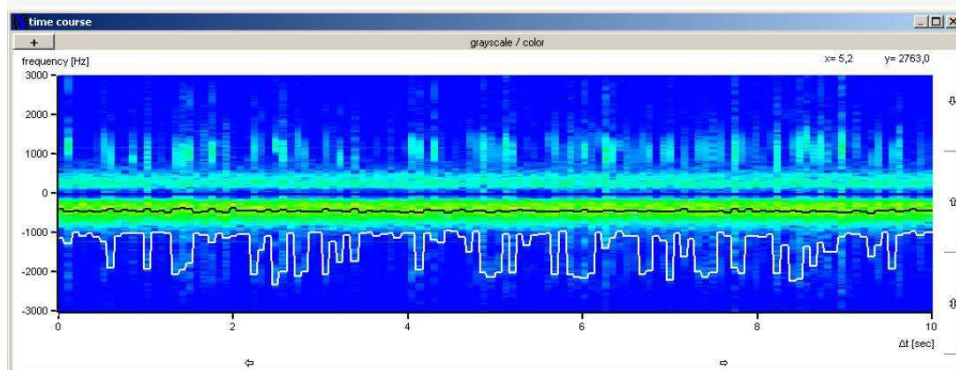


Fig. 5: ventana espectral típica como en la Fig. 4 pero en este caso la sonda está girada 180 °

La figura 6 y la figura 7 muestran la distribución espectral del flujo venoso medido antes y después de una estenosis. La diferencia entre los resultados obtenidos de un vaso sanguíneo “sano”, medido antes de una estenosis y los resultados del flujo influenciado por la estenosis, medidos después de la estenosis son:

1. Incremento local del desplazamiento Doppler máximo, correspondiente a la máxima velocidad de flujo
2. Reducción de la intensidad del desplazamiento Doppler promedio y un ensanchamiento de la distribución espectral.
3. Mayor flujo de retorno (más negativo/contribución de una velocidad de flujo positiva en el espectro).

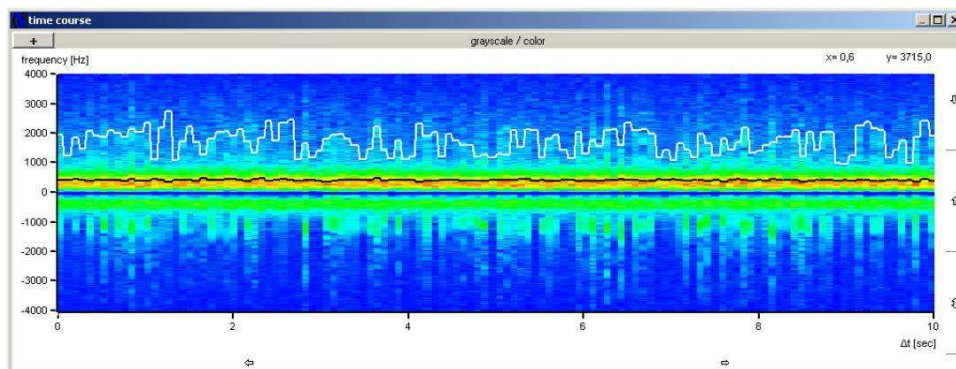


Fig. 6: Typical spectral window as in Fig. 4 but probe rotated by 180°

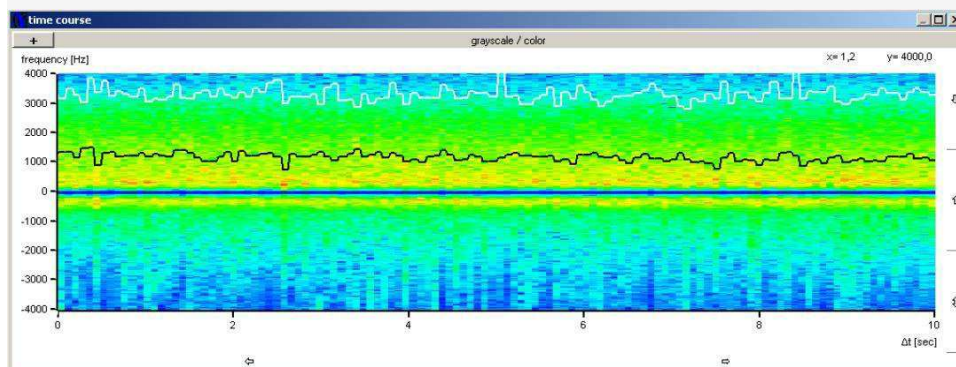


Fig. 7: ventana espectral típica como en la Fig. 4 pero en este caso la sonda está girada 180 °



Las siguientes imágenes muestran la distribución espectral de flujos pulsátiles. Basados en la duración entre dos picos, la frecuencia de pulso puede ser determinada (aquí, aproximadamente 1 Hz). La diferencia entre los tres modos de bomba de pulso (M2 y M4) es la forma del pulso. En modo 2, observamos un corto tiempo de subida seguido de una caída lenta, el modo 4 se comporta exactamente de forma simétrica al modo 2. En el modo 3, la señal aumenta y disminuye en el mismo tiempo, ya que la señal es simétrica.

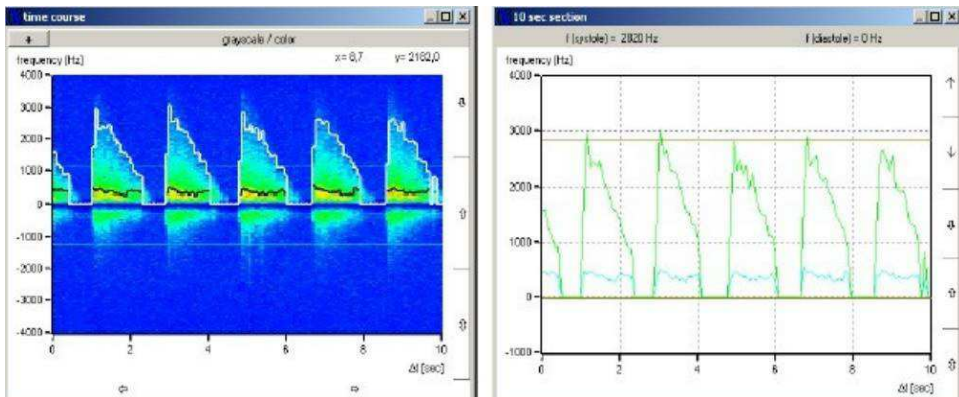


Fig. 8: ventana espectral típica modo de bomba 2

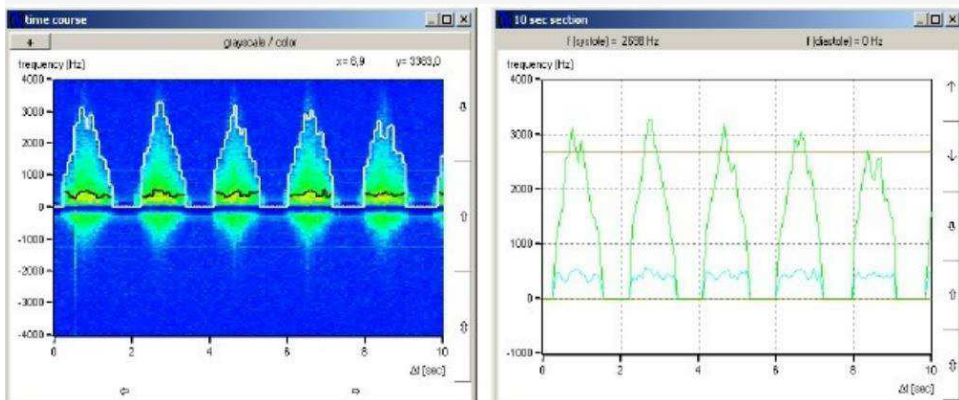


Fig. 9: ventana espectral típica modo de bomba 3

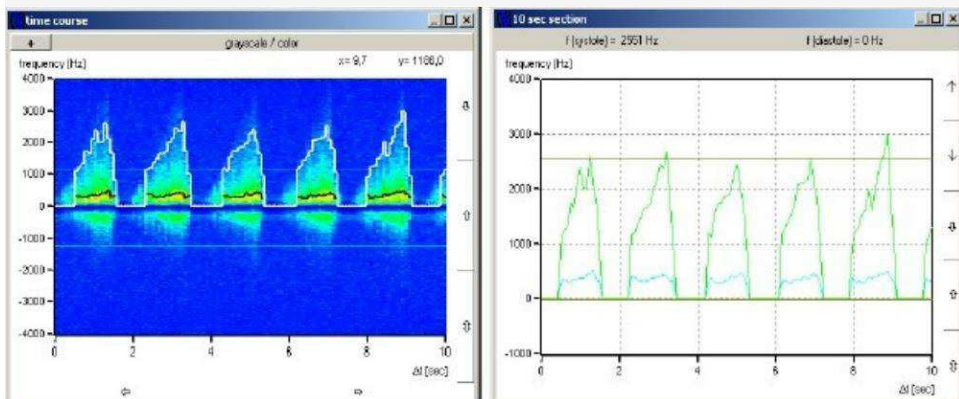


Fig. 10: ventana espectral típica modo de bomba 4