

Práctica 2 Análisis de Señales*

Ignacio Amat Hernández

Ángela Llopis Hernández

Estrella Ballester Hoyos

March 8, 2020

1 Ejercicio 1 Fast Fourier Transform vs Periodograma (Welch)

Primero dibujamos la *Fast Fourier Transform* de la señal:

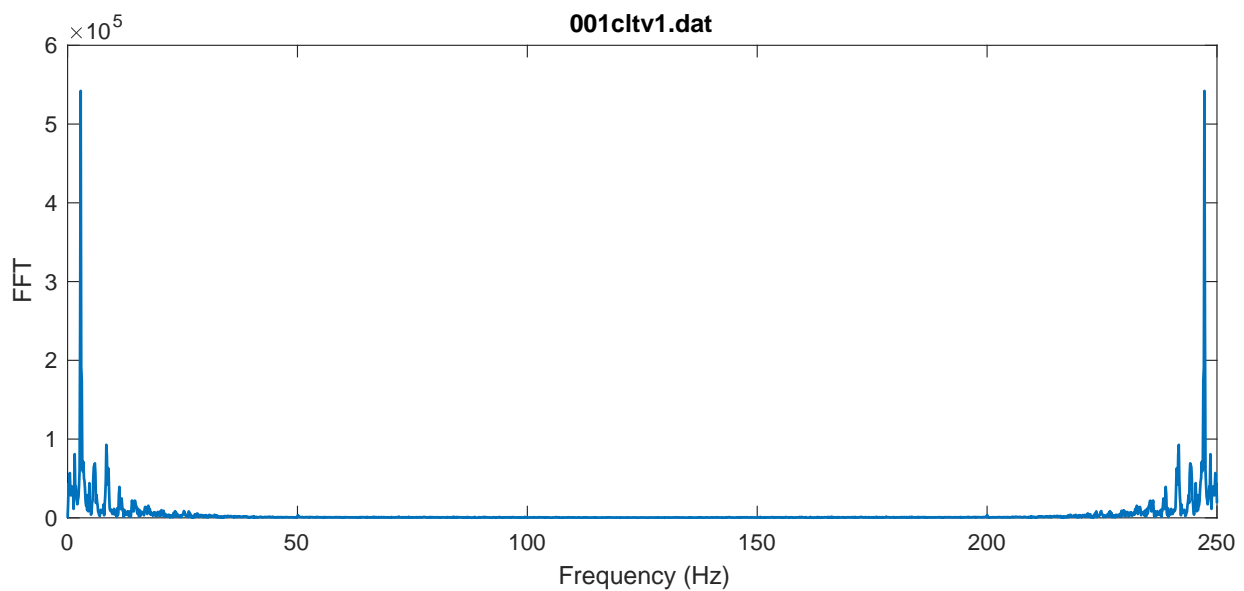


Fig. 1: *Fast Fourier Transform* del paciente 001cltv1.

*Grado en Ingeniería Biomédica, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Valencia, España.

1.1 ¿Cuál es la frecuencia del pico principal?

Ahora dibujamos en detalle los primeros $20Hz$, marcamos en rojo los picos y la escribimos la frecuencia a la que ocurren.

$$f_{PP} = 2.85Hz \quad (1)$$

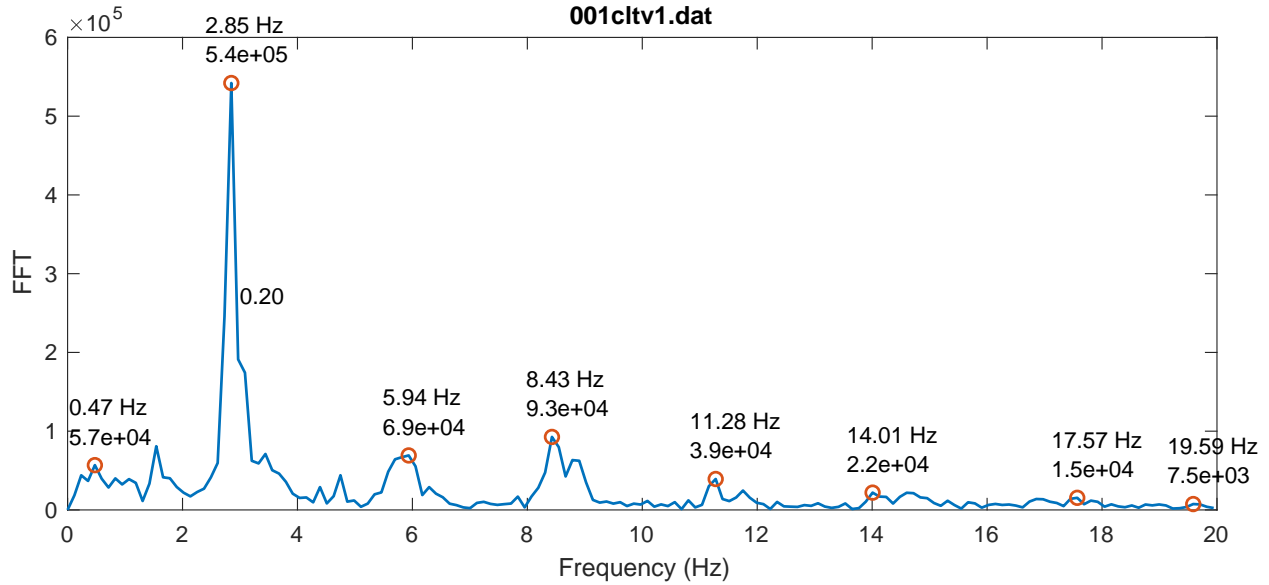


Fig. 2: Detalle de los primeros $20Hz$ de la *FFT*.

1.2 ¿Cuál es el ancho del pico principal?

Calculamos los picos y las anchuras con la función `findpeaks` de MATLAB. El pico principal tiene una anchura a media altura (*FWHM*) de $0.2Hz$ como se muestra en la **Fig. 2**.

$$FWHM = 0.20Hz \quad (2)$$

1.3 ¿Tiene armónicos? ¿Cuántos? ¿Cómo es la amplitud de los armónicos con respecto al pico principal?

Para investigar los armónicos primero tomamos el vector con las frecuencias a las que ocurren los picos de la **Fig. 2** y dividimos cada entrada por el valor del segundo pico (el pico principal). Obtenemos estos resultados:

Picos	1	2	3	4	5	6	7	8
Frecuencias	0.47	2.85	5.94	8.43	11.28	14.01	17.57	19.59
Normalizadas	0.17	1.00	2.08	2.96	3.96	4.92	6.17	6.88
Redondeadas	0	1	2	3	4	5	6	7

Table 1: Frecuencias de los picos.

En la **Tbl. 1** vemos que cuando redondeamos las frecuencias normalizadas al pico principal obtenemos una secuencia perfecta de números del 1 al 7; esto indica que los picos se corresponden con los armónicos del segundo pico. Encontramos que el pico 2 tiene 6 armónicos superiores en los primeros 20Hz de señal, es de esperar que tenga más, pero su amplitud es demasiado pequeña para poder ser detectados. Las amplitudes se muestran en al **Fig. 2**.

1.4 ¿Cuál es la resolución en frecuencia, es decir, el paso entre un punto y otro?

La resolución en frecuencia indica a partir de qué frecuencia vamos a ver la señal, y también cada cuánto se van a tomar las muestras. La resolución en frecuencia viene dada por el cociente entre la frecuencia de muestreo y el número de puntos de la transformada de Fourier, en este caso:

$$f_r = \frac{250Hz}{2107} = 0.118652Hz \quad (3)$$

1.5 ¿De qué depende la resolución en frecuencia? ¿Qué se podría hacer para aumentar el número de puntos, y así aumentar la resolución?

Vemos que la resolución en frecuencia depende del tramo que escojamos para el análisis y del envenenado, ya que son las frecuencias que dan más señal. Si aumentamos el intervalo de muestras o reducimos la frecuencia de muestreo, la resolución mejora. Si es un tramo demasiado pequeño no la veremos correctamente, y si es demasiado grande tampoco. La resolución de compromiso, para estos casos en particular, unos 8 seg puede ser óptimo (aunque también se pueden escoger tramos de 4, 16 segundos...).

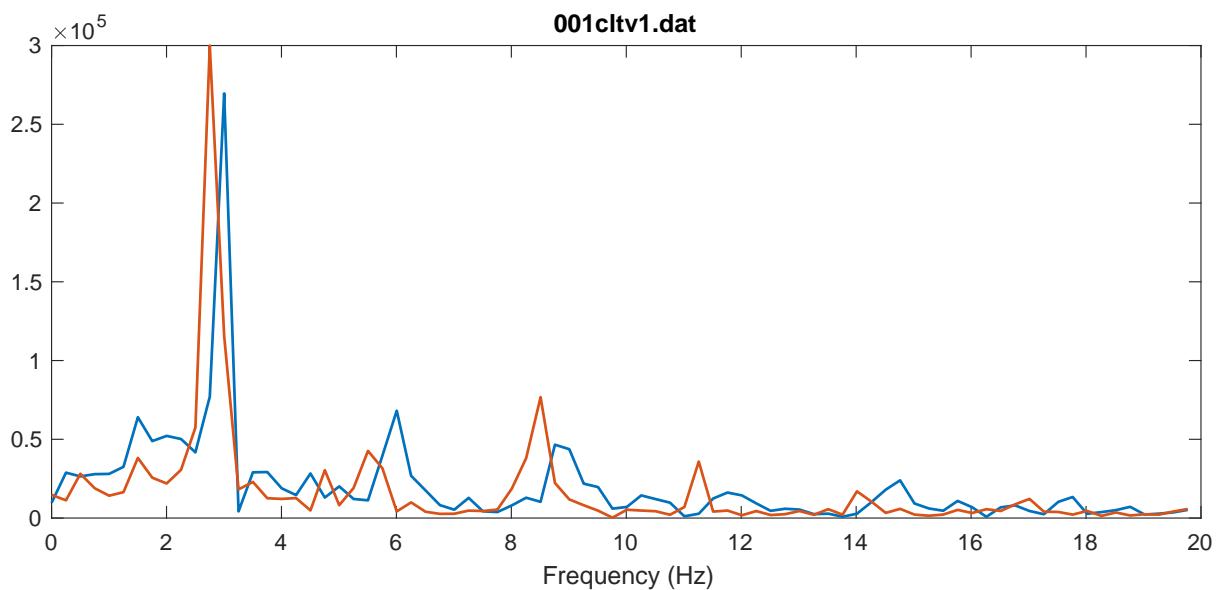


Fig. 3: Variabilidad del espectro *FFT*.

1.6 Calcule la densidad espectral de potencia

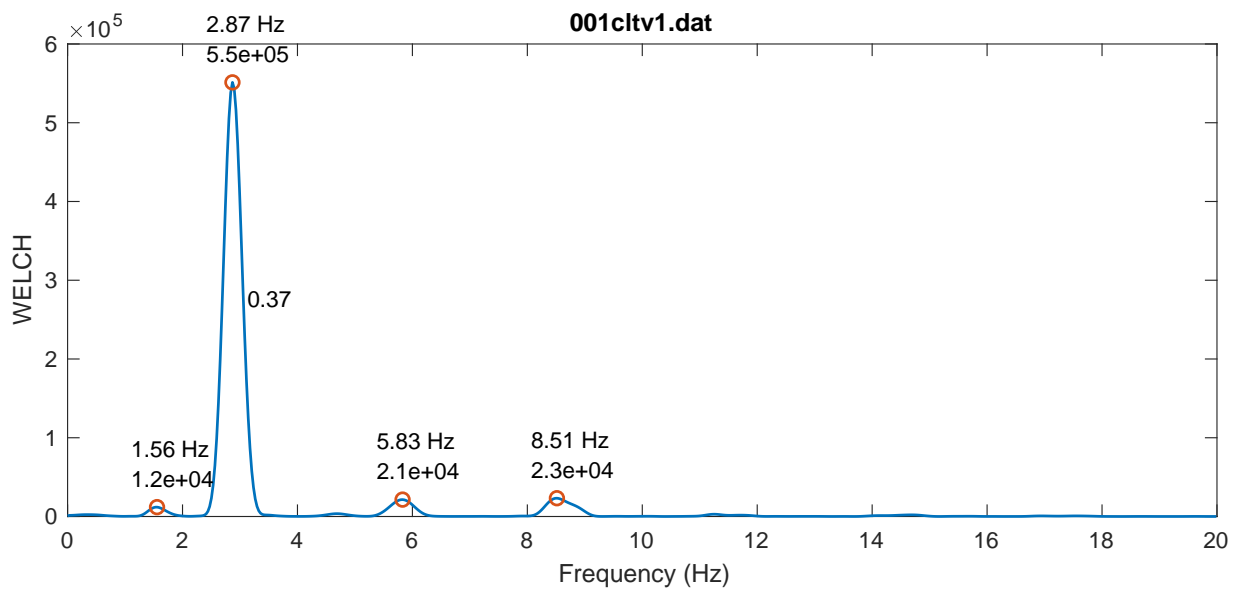


Fig. 4: Periodograma de *Welch*.

1.7 ¿Sobre cuántos tramos se realiza el promediado?

La señal entera tiene 2107 muestras y nosotros usamos una ventana de $4 \text{ secs} * f_s = 1000$ muestras con un solape de 500 muestras. El promedio se realizará sobre tres tramos.

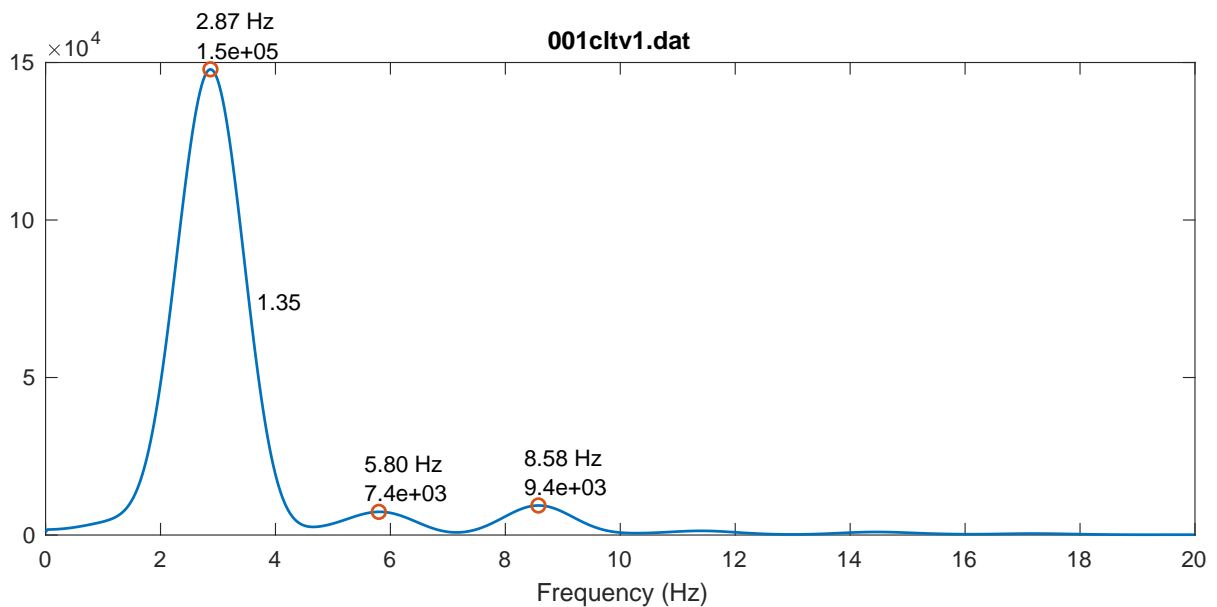


Fig. 5: Periodograma de *Welch*.

1.8 ¿Cómo cambia el ancho del pulso? ¿Por qué?

La densidad espectral de potencia (PSD) se define como la variación de energía que hay dentro de una señal vibratoria, en función de la frecuencia por unidad de masa. Es decir, muestra para cada frecuencia si la energía presente es mayor o menor.

El periodograma es un estimador de la densidad espectral de potencia que permite realizar un suavizado del espectro. Con ello obtenemos una señal más estética pero perdemos resolución. Podemos además escoger ventanas y realizar solapes entre ellas y así obtener un mayor suavizado. Se selecciona un segmento, se reduce el tamaño de las ventanas, se promedia. Además podemos escoger el solape que nos convenga.

1.9 ¿Qué espectro es más fiable?

El espectro proporcionado por el periodograma de *Welch* es menos fiable que el proporcionado por la transformada de *Fourier*, esto es debido a que el periodograma suaviza la señal. Este suavizado inherente a la técnica implica perder parte de la información.

2 Ejercicio 2: Análisis de datos

En cada registro hemos calculado la posición del pico principal y de los armónicos con el objetivo de poder caracterizar cada registro y comparar las distintas arritmias que presentan los pacientes.

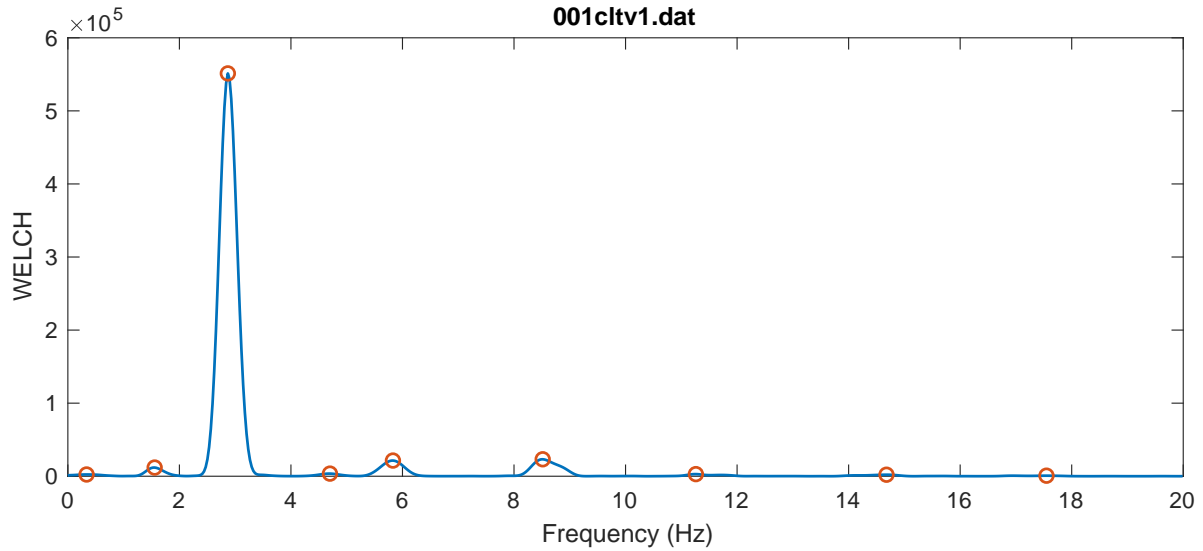


Fig. 6: Periodograma de *Welch* **001cltv1**.

Taquicardia ventricular, se observa un pico principal entre 2-4 Hz, en concreto en 2.85 Hz. También se ven pequeños armónicos a continuación del pico principal

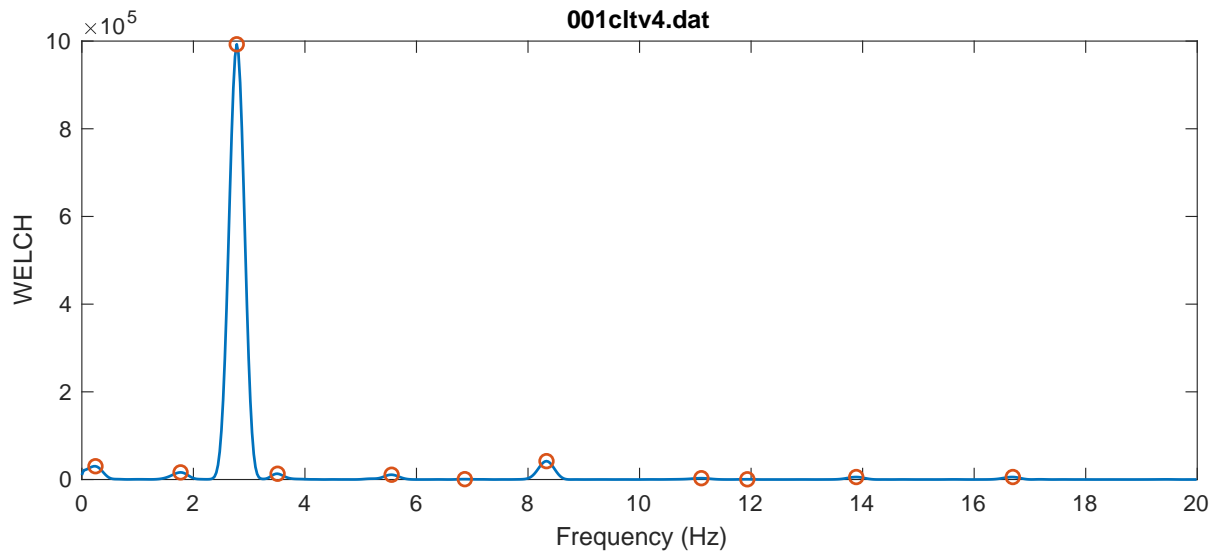


Fig. 7: Periodograma de *Welch* **001cltv4**.

Taquicardia ventricular, se observa un pequeño armónico y hay un pico principal entre los 2 y 4 Hz, concretamente en los 2.81 Hz.

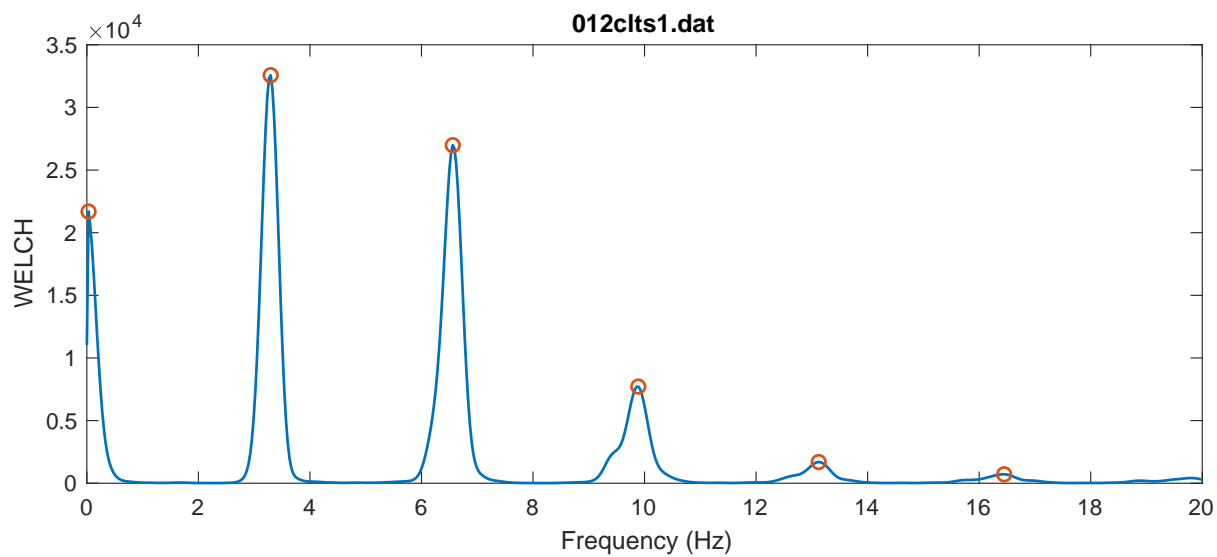


Fig. 8: Periodograma de *Welch* **012clts1**.

No desfibrilable, el pico principal está entre 0.8 y 4 Hz, en concreto en 3.3 Hz. Además presenta armónicos superiores y una gran dispersión.

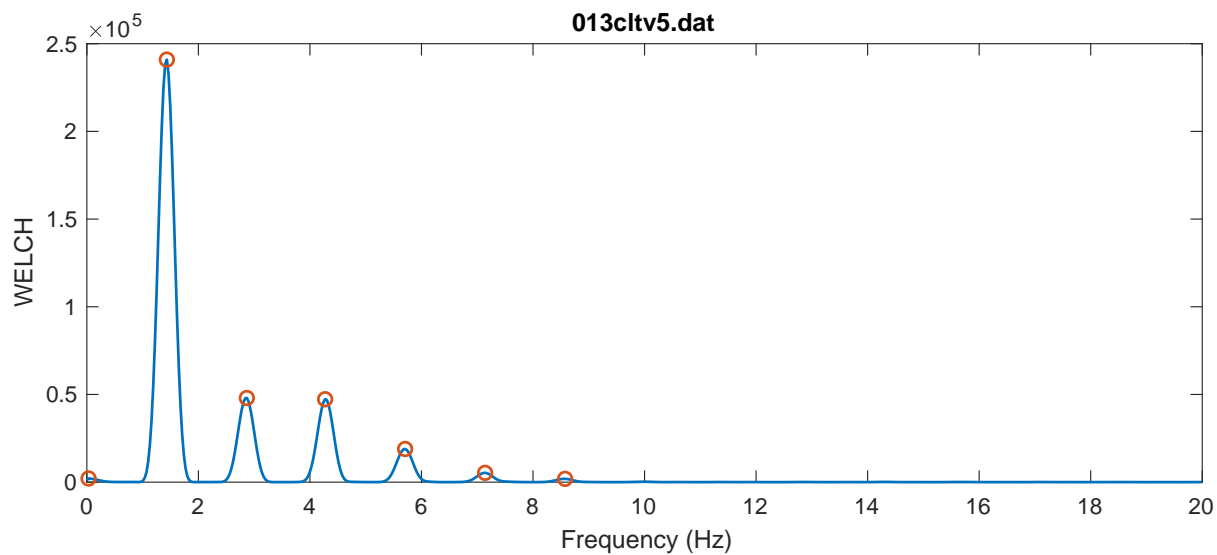


Fig. 9: Periodograma de *Welch* **013cltv5**.

Se trata de una taquicardia ventricular ya que presenta armónicos pequeños a continuación de éste, aunque el pico principal se encuentre en 1.43 Hz (menor a 2 Hz).

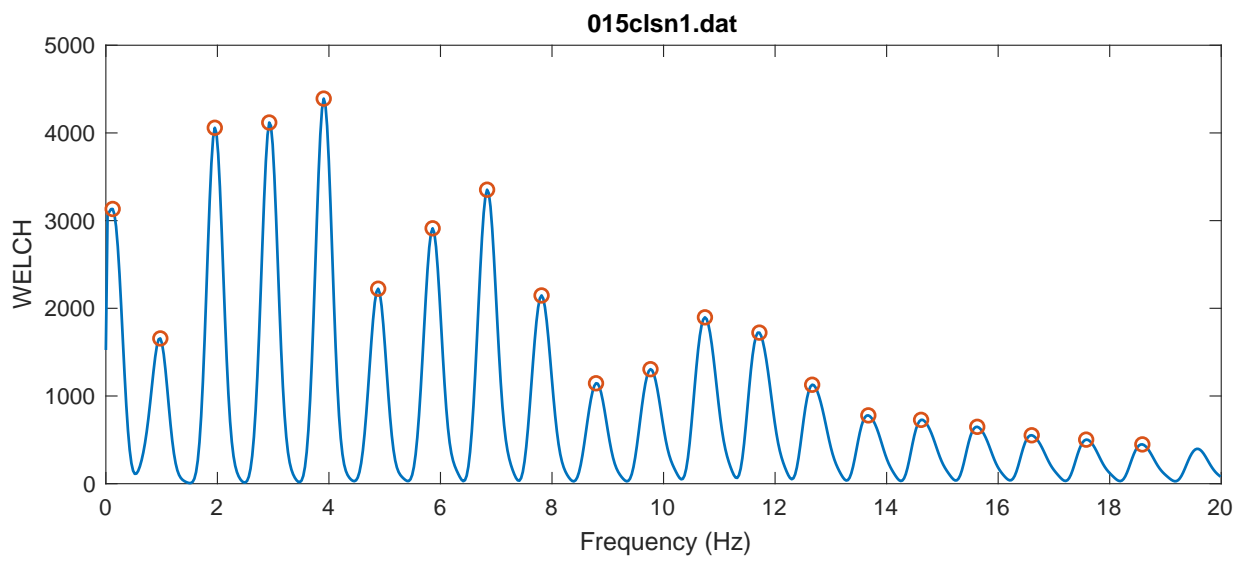


Fig. 10: Periodograma de *Welch* 015cls1.

Es un ritmo sinusal normal, observamos la frecuencia distribuida sin un claro pico principal

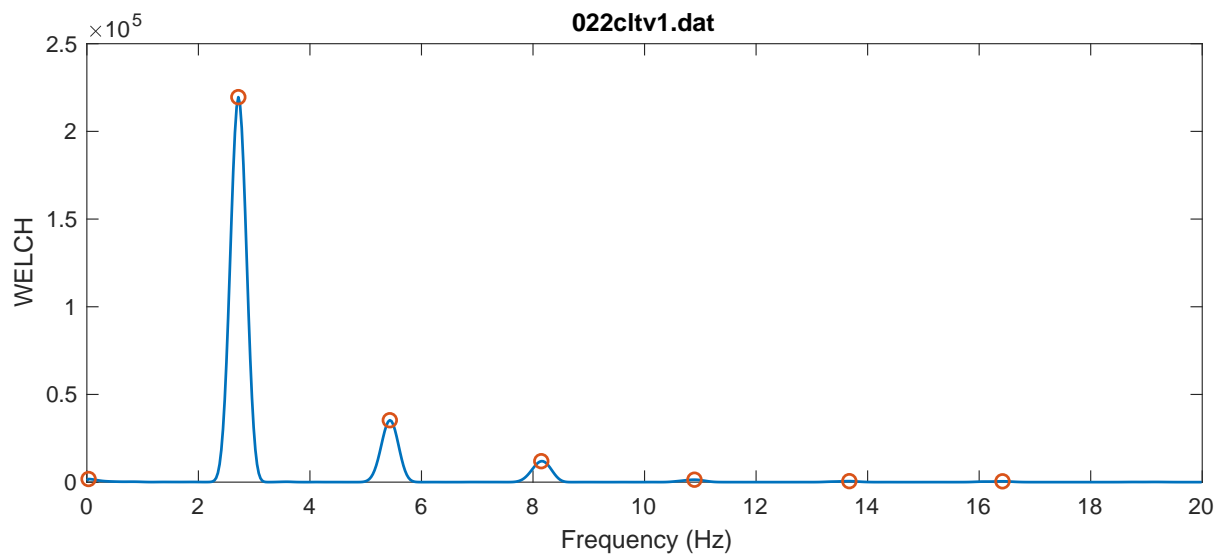


Fig. 11: Periodograma de *Welch* 022cltv1.

Es una taquicardia ventricular, ya que encontramos el pico principal está en 2.7 Hz, entre el intervalo de frecuencias 2-4 Hz, y presenta armónicos pequeños.

3 Ejercicio 3: Base de datos de arritmias ventriculares malignas (MIT)

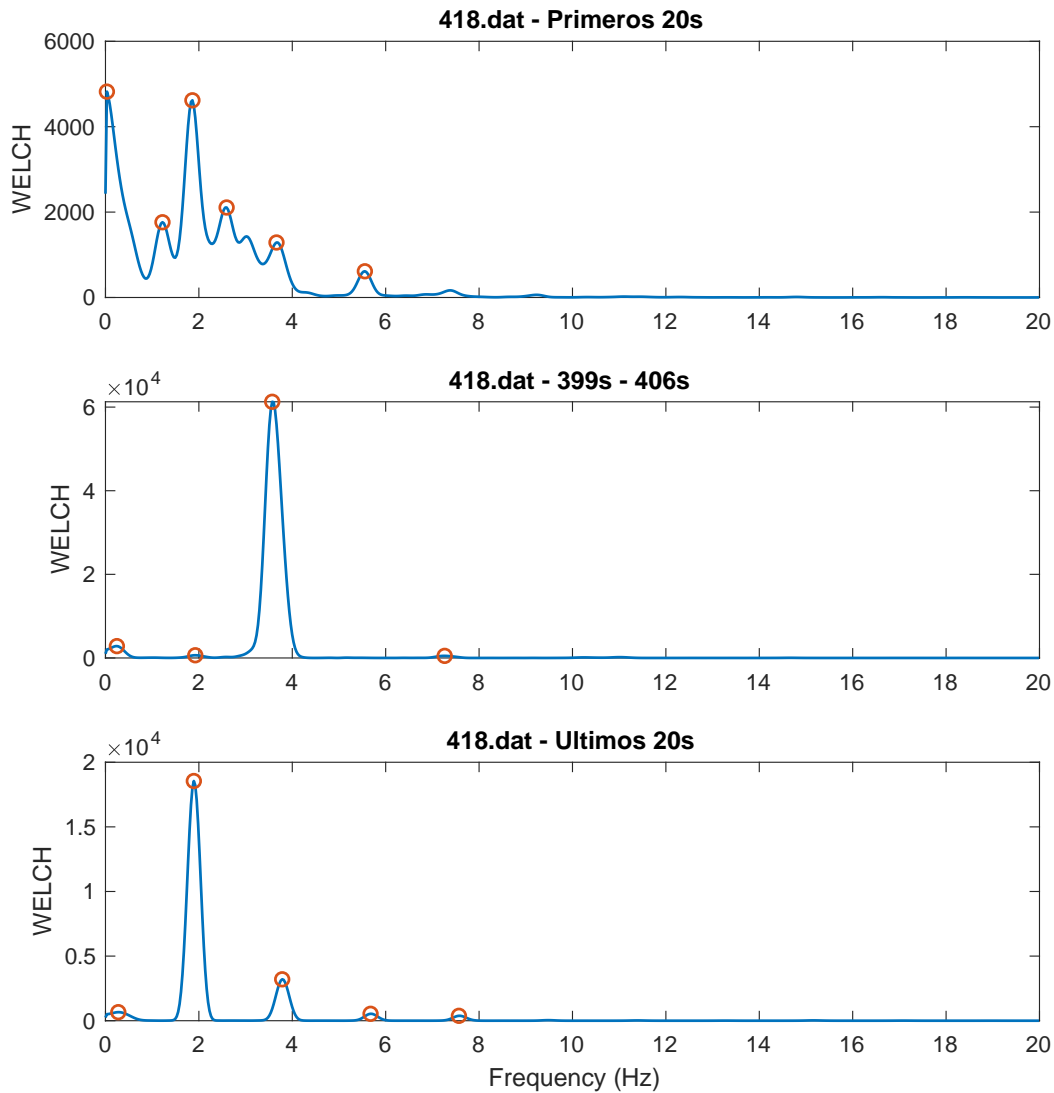


Fig. 12: Registro 418.

En los primeros 20 segundos encontramos un ritmo sinusal. Posteriormente, en el intervalo entre 399 - 406 segundos observamos una fibrilación ventricular, con un pico principal claro y una alta concentración de frecuencia. En los últimos 20 segundos, se observa un pico principal aproximadamente en 2 Hz, con algunos armónicos pequeños, por lo que podríamos decir que se trata de una taquicardia ventricular, pero no lo podemos asegurar.

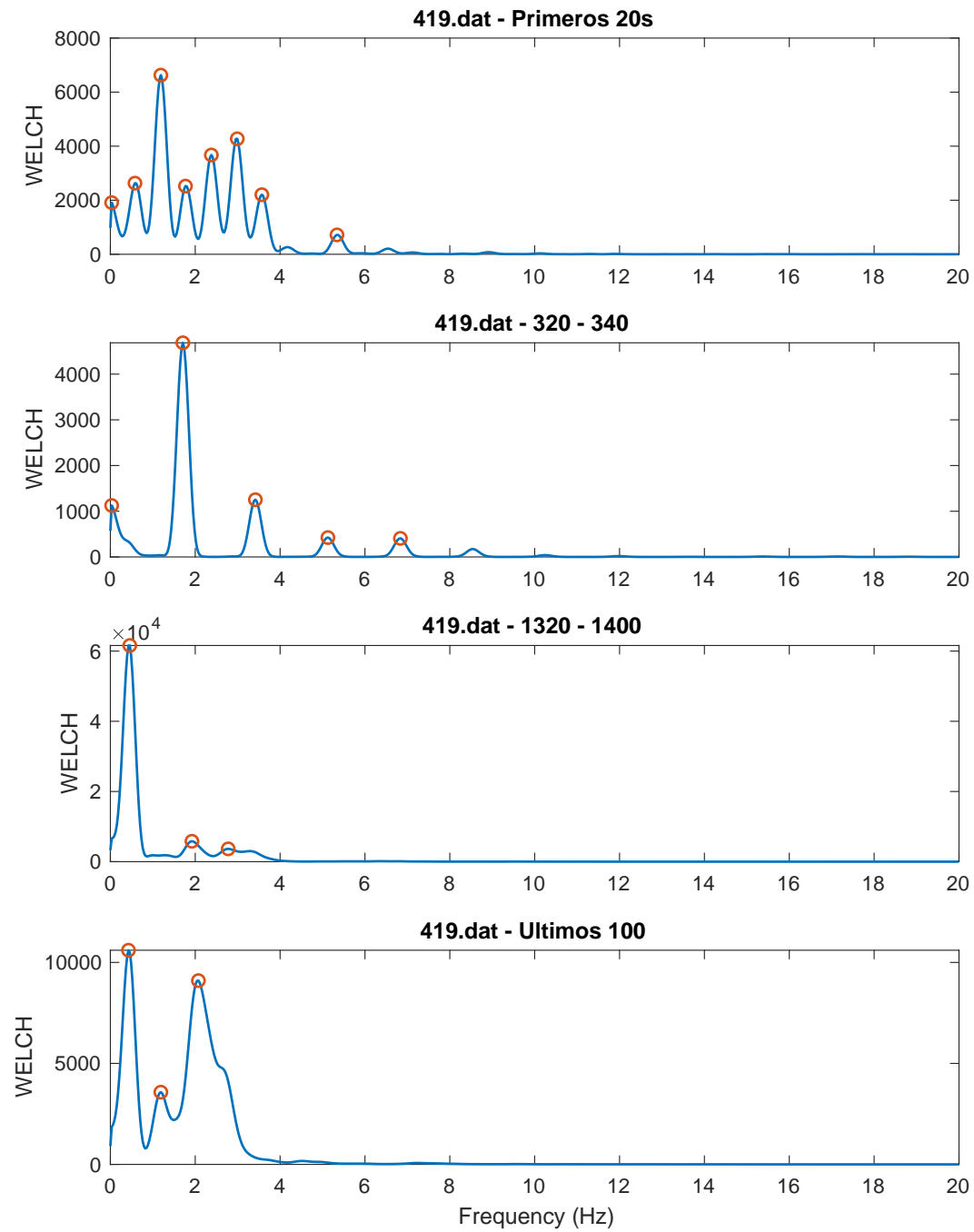


Fig. 13: Registro 419.

Observamos que en los primeros 20 segundos es un ritmo sinusal. En el intervalo de 320- 340 Hz encontramos una fibrilación auricular, según lo visto. En el intervalos de 1320-1400 Hz, podemos decir que se trata de una fibrilación ventricular, ya que observamos un pico principal con alta concentración y ausencia de armónicos. En los últimos 100 segundos, continúa la fibrilación ventricular y además hay presencia de ruido en la señal.

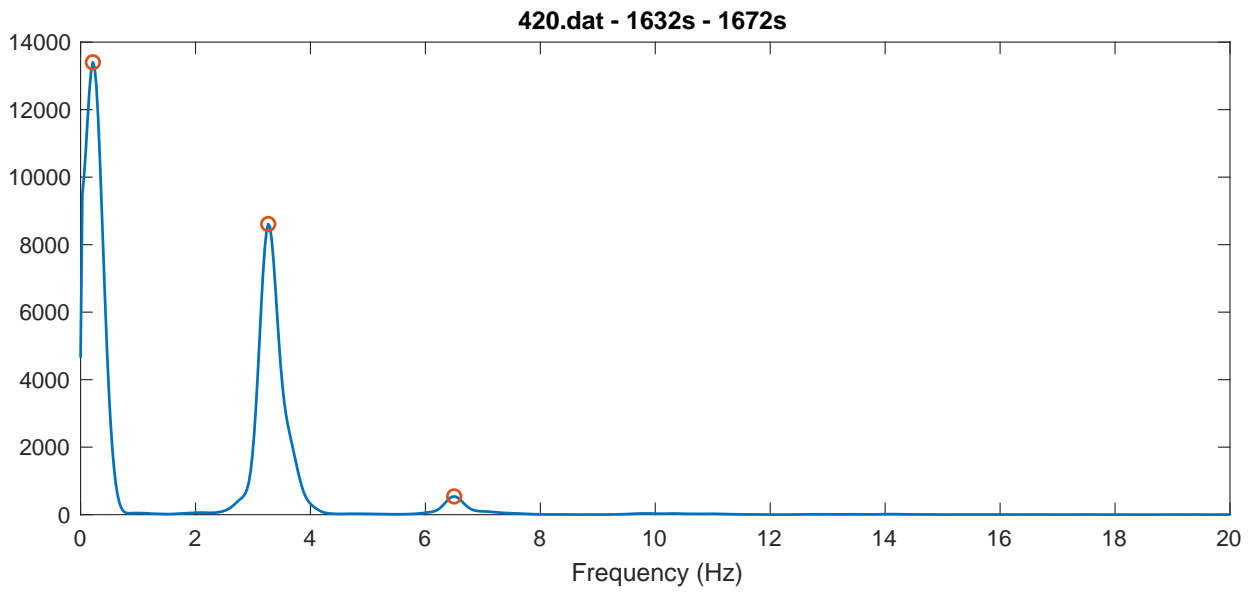


Fig. 14: Registro 420.

En el intervalo que estamos analizando, se encuentra una taquicardia ventricular y, ya que el pico principal está entre 2-4 Hz y presenta armónicos pequeños. Además, hay un pico a bajas frecuencias que se podría deber al ruido.

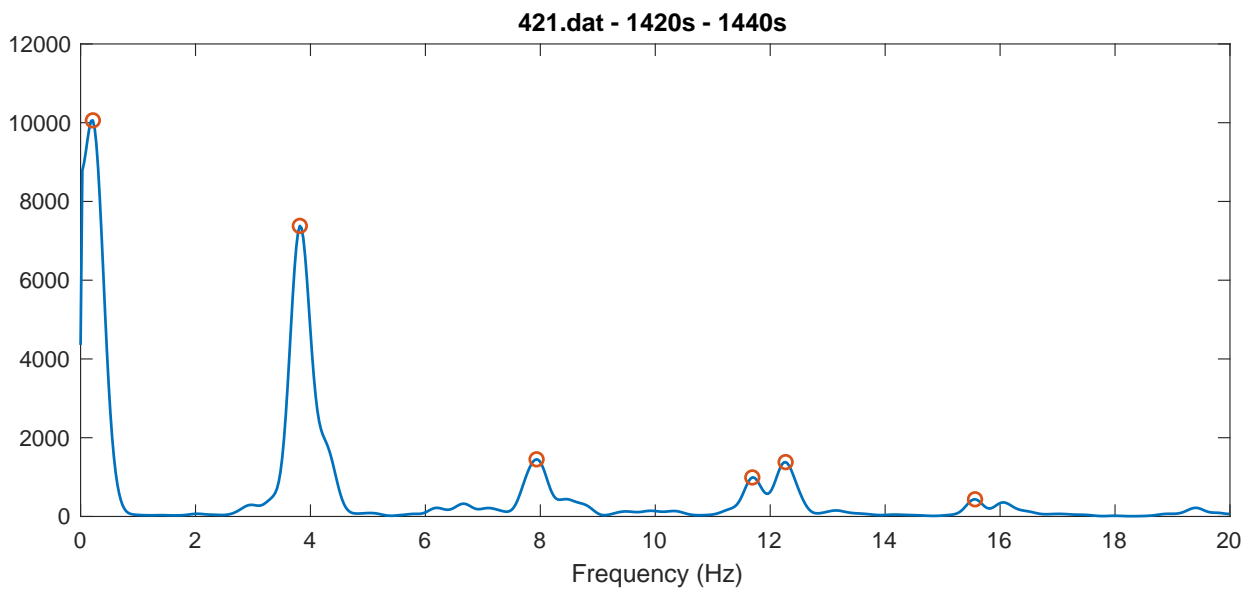


Fig. 15: Registro 421.

En la imagen se ve que se trata de una taquicardia ventricular, porque el pico principal está en el intervalo de 2-4 Hz, con presencia de pequeños armónicos.

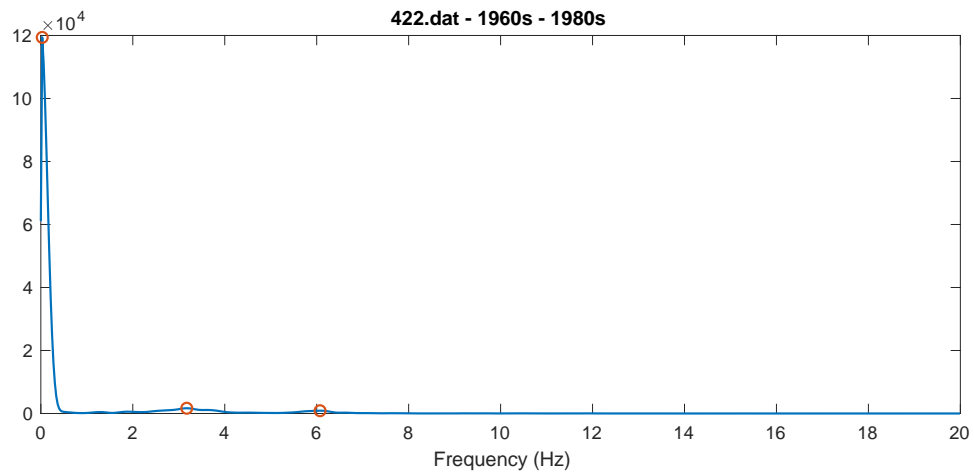


Fig. 16: Registro 422.

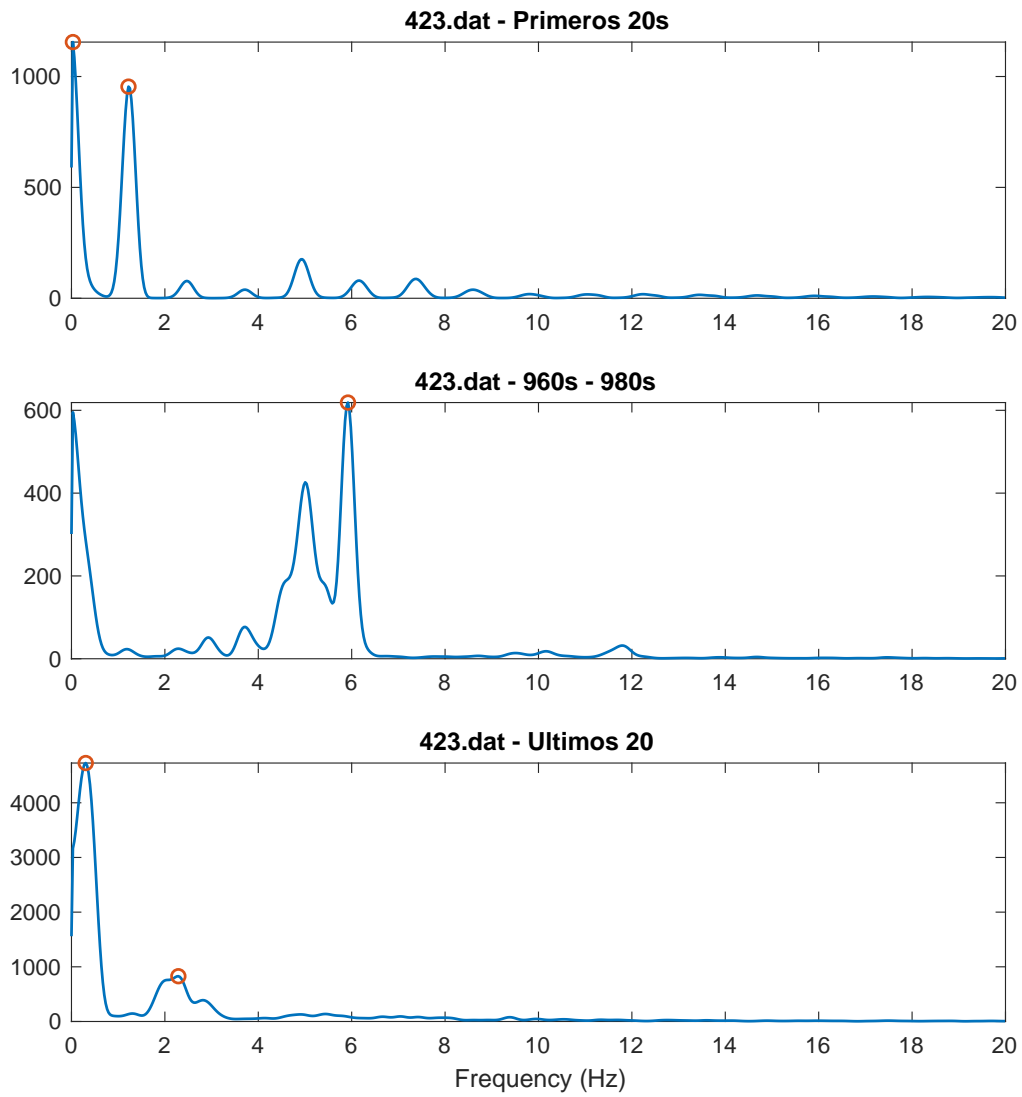


Fig. 17: Registro 423.

En los primeros 20 segundos del registro encontramos un ritmo normal. En el siguiente intervalo (960-980 segundos) presenta una taquicardia ventricular. En los últimos 20 segundos, presenta una fibrilación auricular.

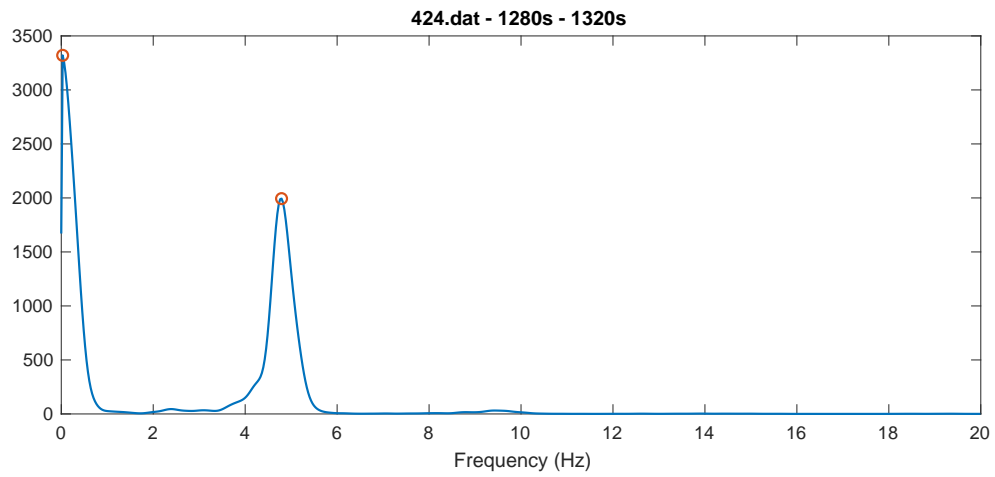


Fig. 18: Registro 424.

En el intervalo entre 1280-1320 Hz podemos observar que el paciente presenta una fibrilación ventricular, con un pico principal ancho entre 4-8 Hz y sin presencia de armónicos.

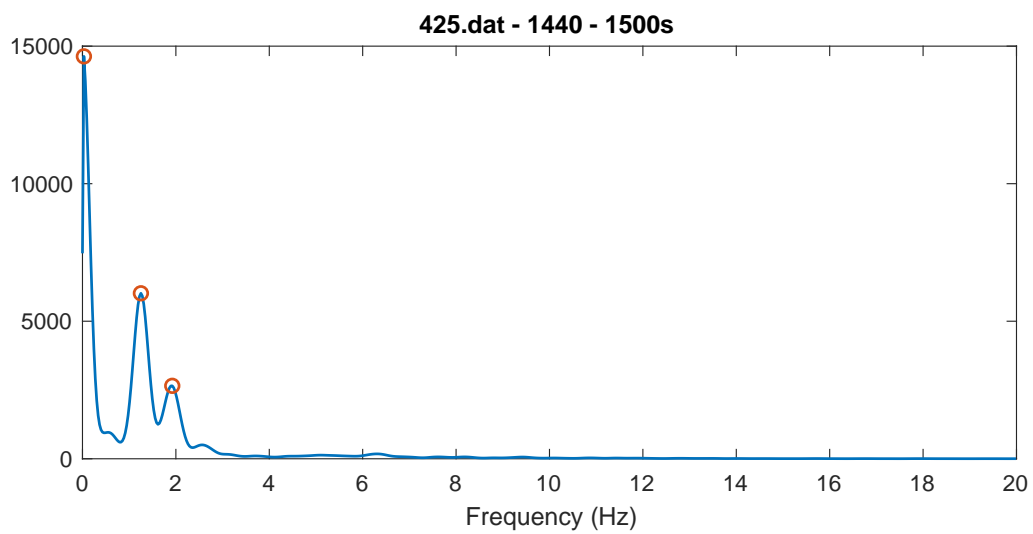
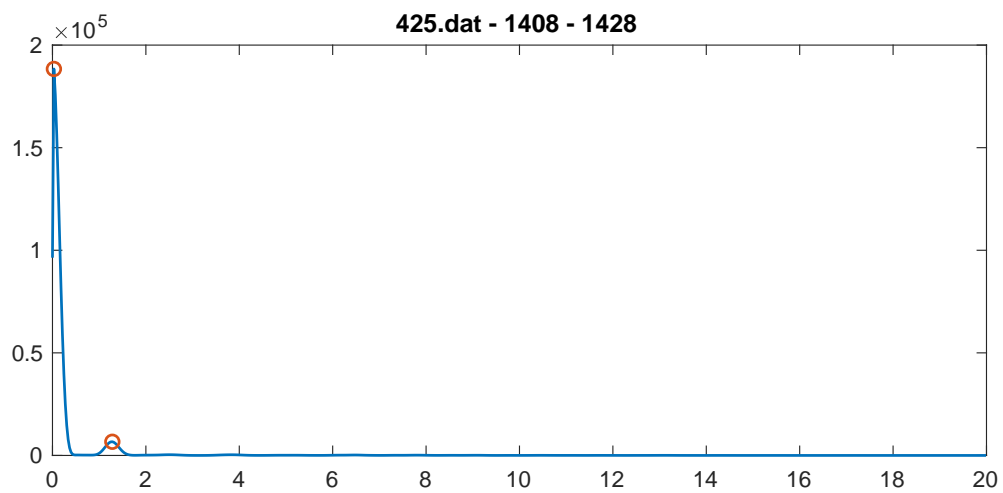


Fig. 19: Registro 425.

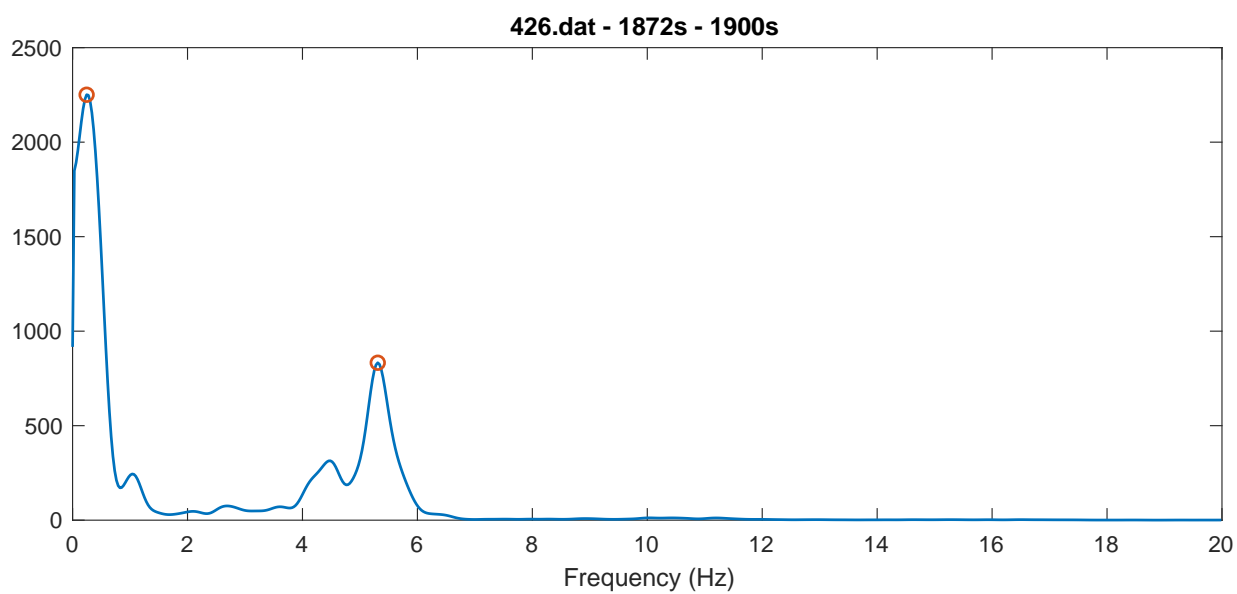


Fig. 20: Registro 426.

Fibrilación Ventricular.

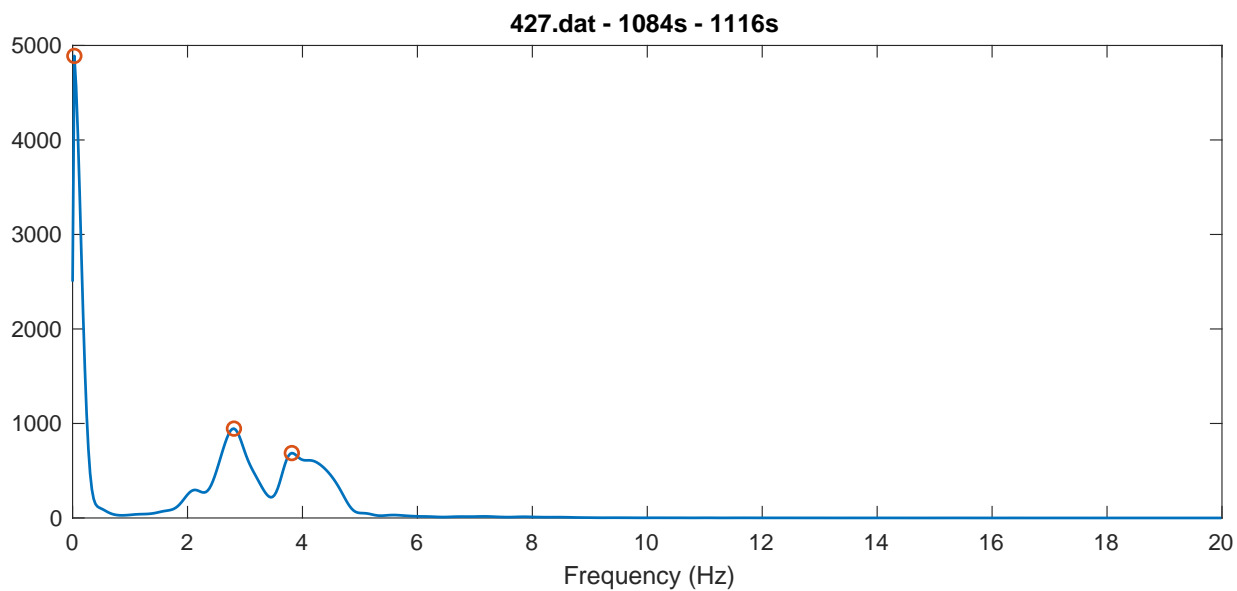


Fig. 21: Registro 427.

Taquicardia Ventricular