



Universidad De Málaga

E.T.S INGENIERÍA INFORMÁTICA

INGENIERÍA DE COMPUTADORES, 3A

**ECG: CARGA, REPRESENTACIÓN TEMPORAL Y EN
FRECUENCIA. SIMULACIÓN DE RUIDO Y FILTRADO
DE ECG**

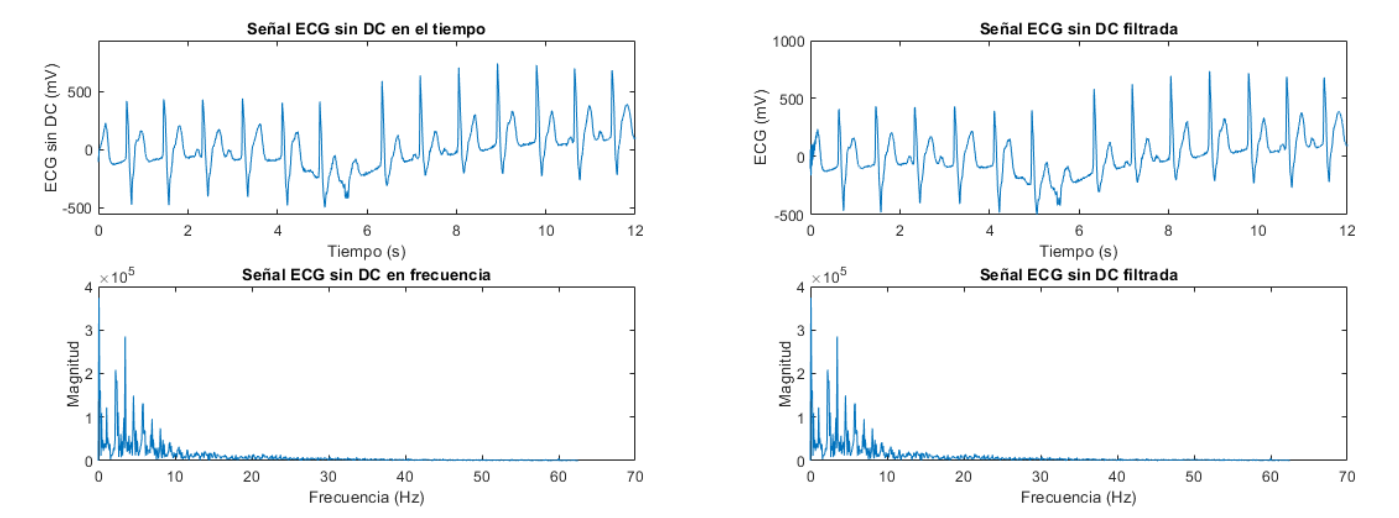
CIRCUITOS ELECTRÓNICOS Y SEÑALES

Francisco Javier Cano Moreno

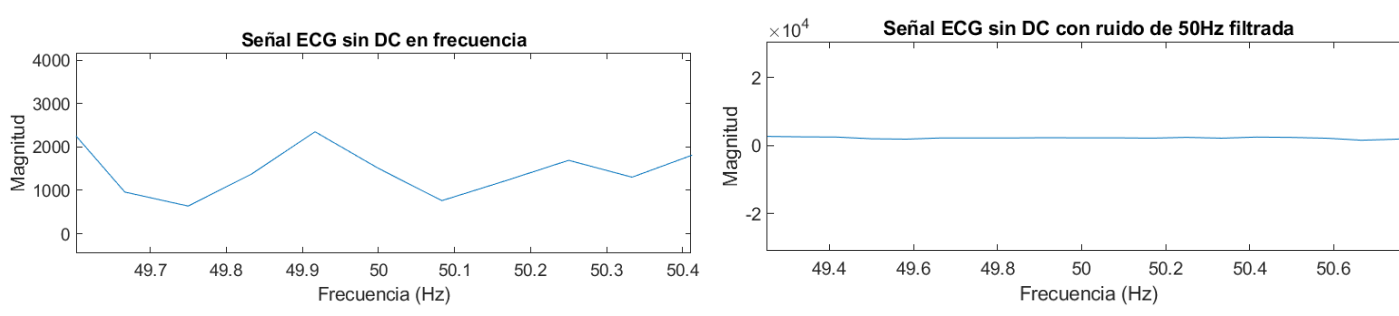
25 de Octubre de 2022

3.1 Compara las representaciones gráficas de las señales ECG_sin_DC y ECG_filtrado1, tanto en el tiempo como en frecuencia. ¿Aprecias diferencias entre ellas? De ser así, comenta cuáles son y expón tu idea indicando a qué se deben dichas diferencias.

Las gráficas a comparar son:



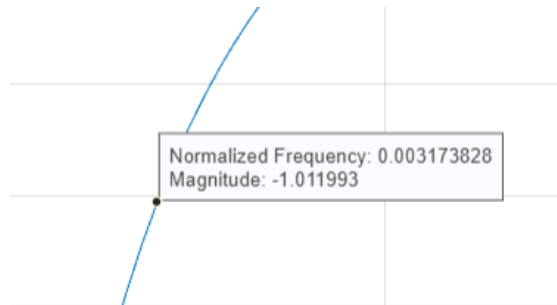
Podemos ver que las gráficas de una señal y otra son prácticamente iguales, ya que la señal filtrada es el resultado de aplicar un filtro a la señal de la izquierda, a la cual se le ha añadido una señal de ruido de 50 Hz. Este filtro se ha encargado de eliminar dicho ruido, por lo que la nueva señal es muy parecida a la señal de partida. Las diferencias que hay entre ellas, como diferencias de voltaje muy pequeñas, se deben a que el filtro no puede eliminar el ruido perfectamente y a que también elimina parte de la zona de alrededor de esta frecuencia. Si hacemos zoom en 50Hz podemos ver clara esa diferencia:



4.1 Observa atentamente cómo es el filtro generado en la ventana “Filter Visualization Tool”, figura 5. Si suponemos que a partir de “-1 dB” de magnitud el filtro empieza a modificar el espectro de frecuencia de la señal original, ¿a partir de qué frecuencia, calculada en Hz, el filtro estaría dejando la señal tal y como estaba?

Para poder calcular el valor de la frecuencia, vamos a ayudarnos de una regla de tres relacionando por un lado la frecuencia normalizada con la frecuencia sin normalizar. En la gráfica del filtro haremos un zoom para poder ver qué valor en frecuencia normalizada tiene -1 dB.

En la siguiente imagen podemos ver la gráfica zoomeada junto con el valor de la frecuencia normalizada en -1 dB:



Por lo tanto, sabiendo que 1 en frecuencia normalizada equivale a 250 Hz, ya que normalizamos dividiendo entre $F_s/2$, donde F_s es la frecuencia de muestreo y vale 500 Hz; podemos aplicar la siguiente relación:

$$\begin{array}{ccc} 1 & \longrightarrow & 250 \\ 0,00317 & \longrightarrow & x \end{array}$$

La ecuación resultante quedaría como:

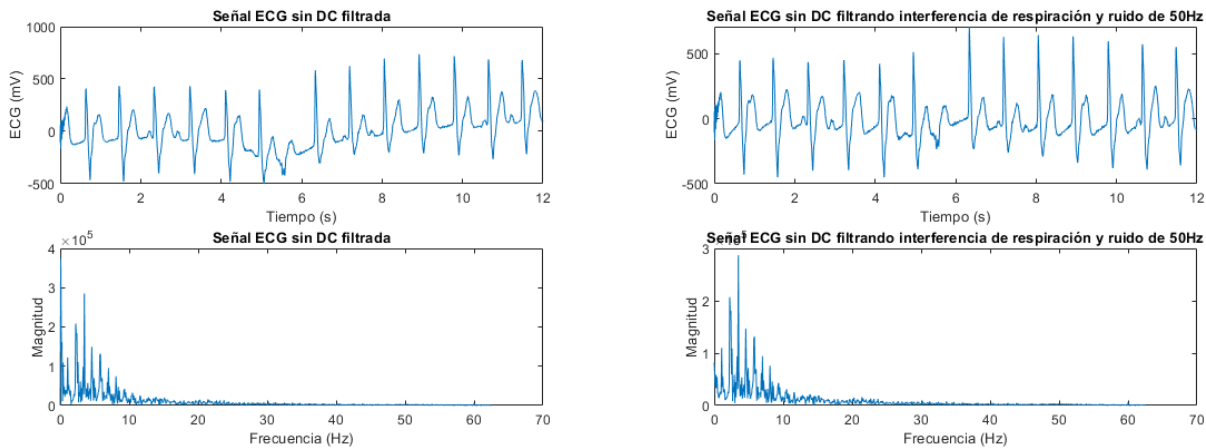
$$x = \frac{0,00317 * 250}{1}$$

$$x = 0,7925$$

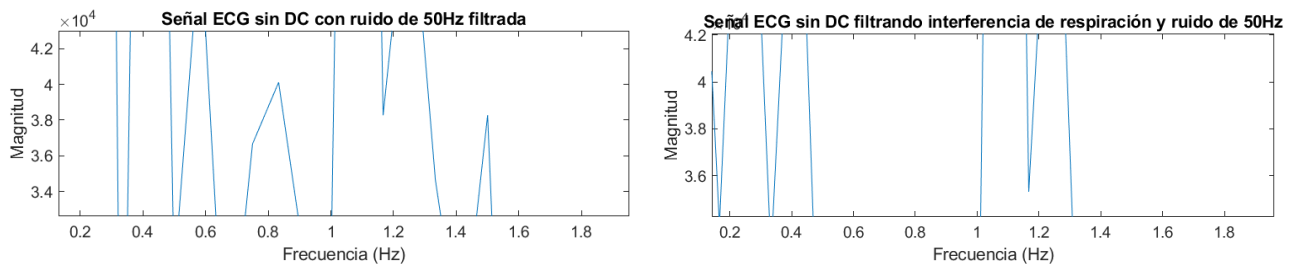
Por lo tanto, obtenemos que la frecuencia resultante es 0,7925 Hz. A partir de esta frecuencia, la señal se deja tal y como estaba.

4.2 Compara las representaciones gráficas de las señales ECG_filtrado1 y ECG_filtrado2, tanto en el tiempo como en frecuencia. ¿Aprecias diferencias entre ellas? De ser así, comenta cuáles son y expón tu idea indicando a qué se deben dichas diferencias.

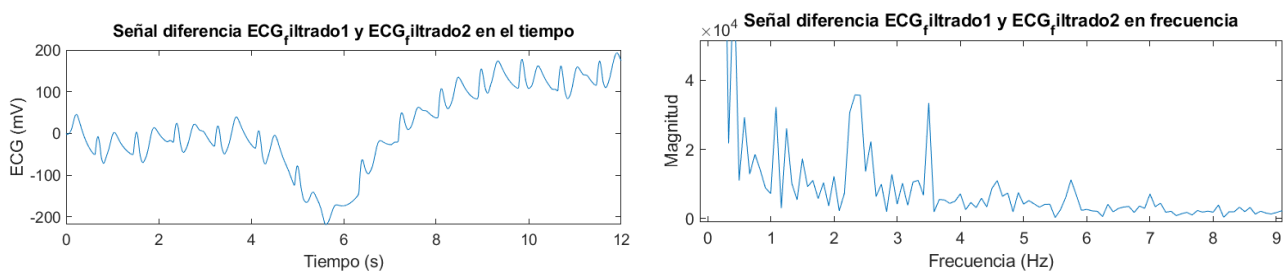
Las gráficas a comparar son:



A priori, podemos ver que ambas señales son muy parecidas, pero vamos a centrarnos en la zona de frecuencia igual a 1Hz:



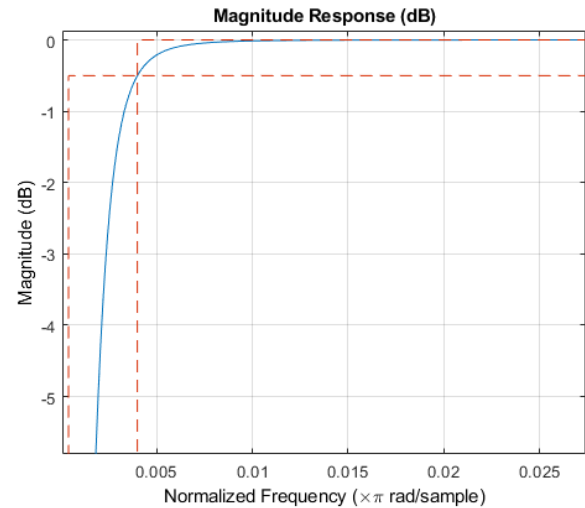
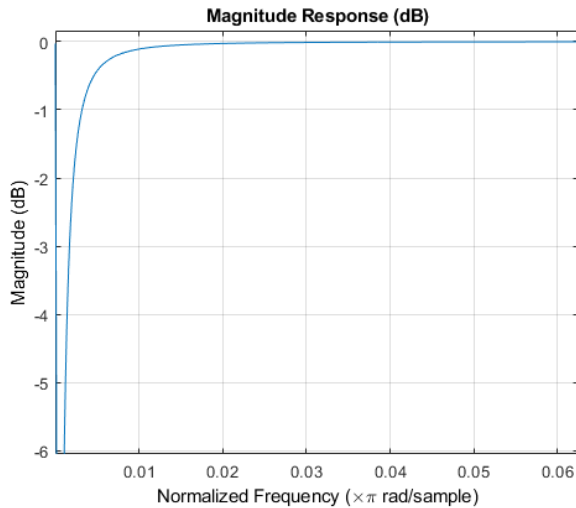
Ya podemos ver que hay una diferencia entre ambas señales, por lo que vamos a restar ambas señales y así ver cuál es esta diferencia:



Esto se debe a que a la segunda señal se le ha eliminado la señal de interferencia que provoca la respiración del paciente. Por ello, podemos ver que la mayor diferencia está en el tramo de 0 a 1 Hz, ya que estas interferencias tienen esa frecuencia.

5.1 Observa atentamente cómo es el filtro generado en la ventana “Filter Visualization Tool”, figura 7, haciendo zoom a la zona de presencia del filtro, y compáralo con el filtro tipo “notch” que generamos anteriormente en la figura 5. ¿Qué diferencias aprecias entre estos dos filtros?

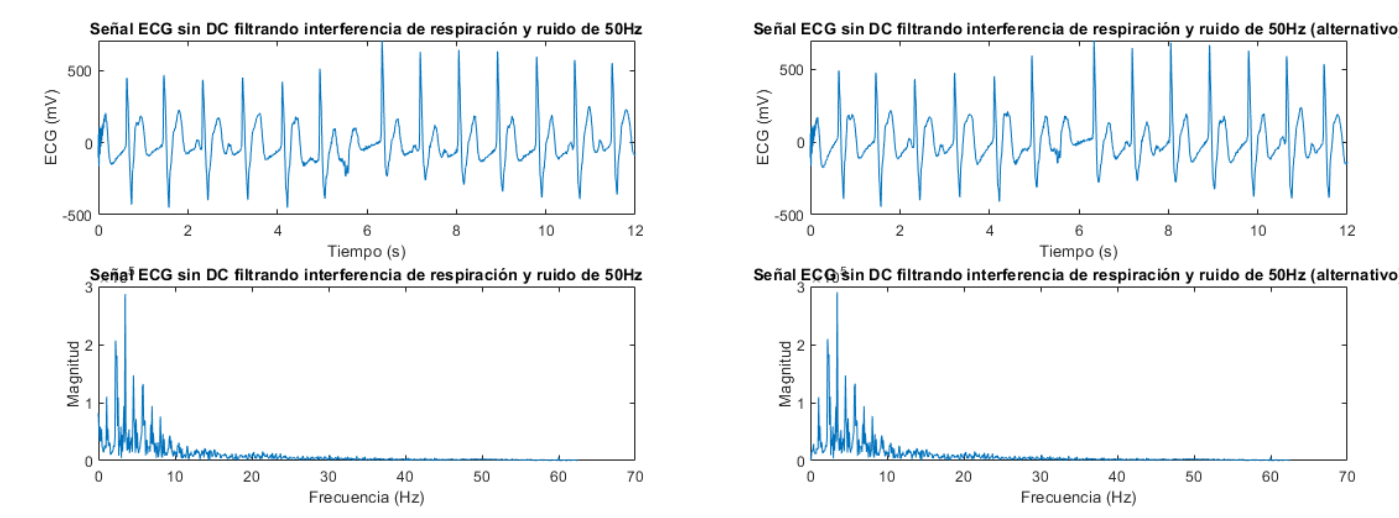
Los filtros que estamos comparando:



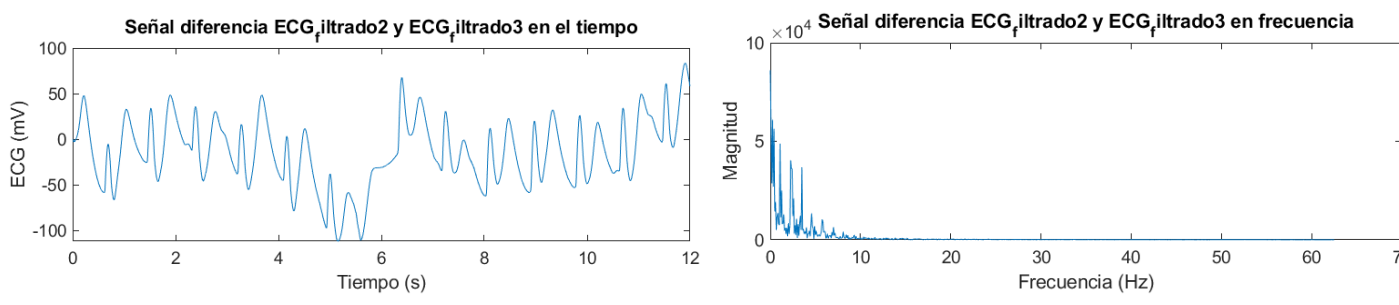
- La principal diferencia que podemos observar es que, de partida, las frecuencias muy bajas en el primer filtro no están atenuadas, mientras que en el segundo sí que lo están.
- Por otro lado, podemos ver que el segundo filtro crece mucho más rápido que el primer filtro, alcanzando antes su estado constante. Lo podemos apreciar fijándonos en el valor 0.1 de la frecuencia normalizada, donde en el primer filtro está terminando de crecer y el segundo ya ha finalizado el crecimiento.

5.2 Compara las representaciones gráficas de las señales ECG_filtrado2 y ECG_filtrado3, tanto en el tiempo como en la frecuencia. ¿Aprecias diferencias entre ellas? De ser así, comenta cuáles son y expón tu idea indicando a qué se deben dichas diferencias.

Los señales que vamos a comparar son:



Así visto, podemos ver que las señales son muy parecidas. Esto se debe a que ambas son el resultado de aplicar un filtro que elimina las interferencias provocadas por la respiración del paciente, las cuales tienen una frecuencia de menos de 1 Hz. Para poder ver la diferencia que hay entre ambas tenemos que restar ambas señales y observar concretamente la zona entre 0 y 1 Hz. La señal resultante sería:



Este resultado se debe a que cada filtro elimina las interferencias de una forma diferente, diferencias que quedan reflejadas en esta señal.

5.3 De la herramienta FDATool obtén el valor de los coeficientes del filtro IIR creado, que es de orden 2. De ahí escribe la ecuación del sistema $H(z)$ que representa dicho filtro, calcula los polos y los ceros de dicha ecuación y dibújalos. Compara dicho diagrama con el que se obtiene directamente de la herramienta FDATool para comprobar que es correcto el resultado.

Mediante esta herramienta podemos obtener los coeficientes del numerador y denominador de la función de transferencia del filtro. La ecuación de la función de transferencia quedaría de la siguiente forma:

$$H(z) = \frac{z^2 - 2z + 1}{z^2 - 1,9895z + 0,9895}$$

Lo siguiente que vamos a hacer es sacar los polos y los ceros de la ecuación y representarlos en el diagrama de ceros y polos. Para ello igualamos numerador y denominador a 0 y sacamos las raíces.

En primer lugar vamos a obtener los ceros, que corresponden con las raíces del numerador:

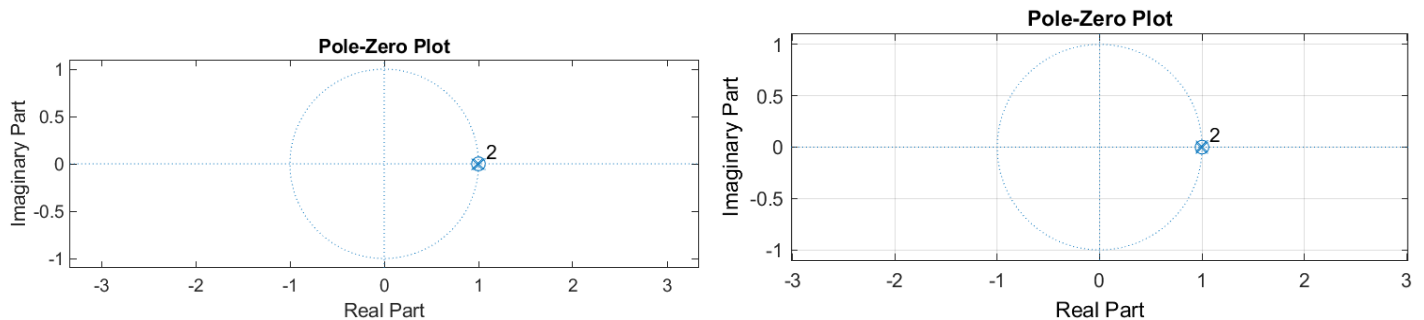
$$\begin{aligned} z^2 - 2z + 1 &= 0 \\ (z - 1)^2 &= 0 \\ z_1 = 1, z_2 &= 1 \end{aligned}$$

De esta igualdad hemos obtenido que hay un cero doble en $z = 1$. Ahora le toca el turno al denominador, del cual vamos a obtener los polos:

$$\begin{aligned} z^2 - 1,9895z + 0,9895 &= 0 \\ (z - 1)(z - 0,9895) &= 0 \\ z_1 = 1, z_2 &= 0,9895 \end{aligned}$$

Hemos obtenido que hay un polo en $z = 1$ y otro en $z = 0,9895$.

Una vez obtenidos estos datos, podemos representarlos en el diagrama de ceros y polos. Para poder representarlos, vamos a utilizar Matlab. En las siguientes imágenes podemos ver el diagrama que hemos obtenido a la izquierda y el que se obtiene de la herramienta FDATool:



Podemos ver que ambos diagramas son iguales, por lo que podemos afirmar que el resultado es correcto.