

Isabella Salgado 201730418  
Johan Hernández 201729696  
Juan Pablo Naranjo 201730006

## Tarea 2

1. a) En la rutina *cargarAudio* se muestrea la señal de audio, y se calcula la frecuencia de la señal junto con su vector de tiempo. Por otro lado, en la rutina *espectro* calcula la transformada de Fourier Discreta, la muestrea y le realiza el ajuste de escala en frecuencia para ponerlo en unidades de Hz.  
b) Se grafica el espectro de frecuencia de la señal de audio como se muestra a continuación:

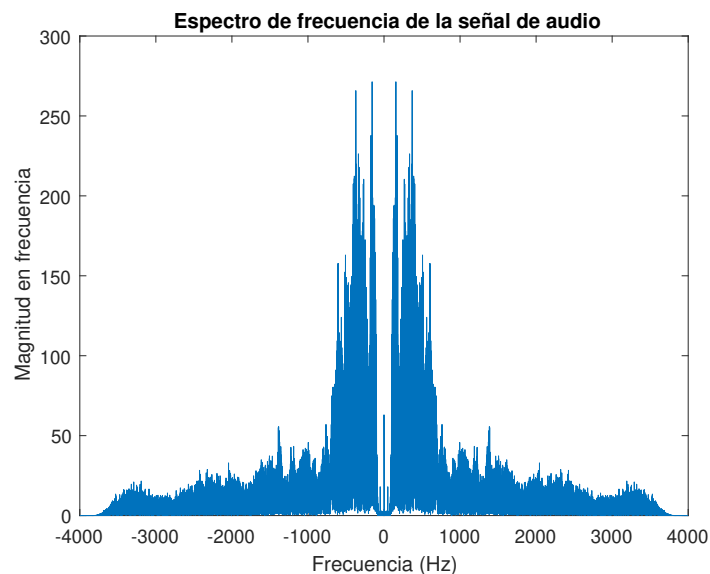


Figura 1: Espectro de frecuencia de la señal

De la figura anterior se puede evidenciar contenido de la señal desde 0Hz hasta 4kHz aproximadamente. Se observa que el valor DC de la señal no es muy significativo, mientras que las frecuencias entre aproximadamente 10Hz y 800kHz son las que mayor magnitud presentan.

- c) Ahora bien, se grafica nuevamente el espectro de frecuencia de la señal de audio pero utilizando diferentes valores para la frecuencia de muestreo.

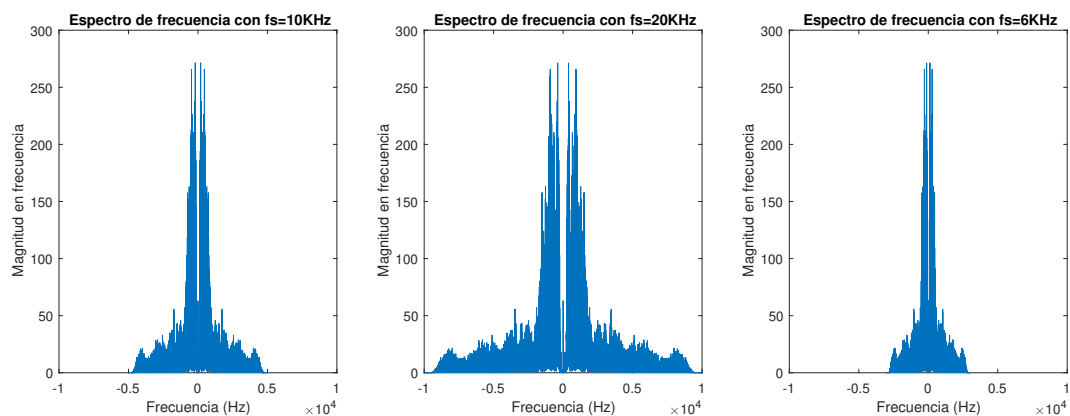


Figura 2: Espectro de frecuencia de la señal con diferentes frecuencias de muestreo

- d) A medida que la frecuencia de muestreo es mayor, el audio se reproduce a una mayor velocidad. Igualmente, cambia el tono de las grabaciones, con menor frecuencia de muestreo se escucha

más grave y con mayor más agudo. Lo anterior se podría explicar teniendo en cuenta el contenido de la señal en las diferentes frecuencias. Por ejemplo, para el caso de  $f_s = 20\text{kHz}$  se observa contenido desde bajas hasta altas frecuencias, lo que explica el tono agudo del audio. Mientras tanto, cuando  $f_s = 6\text{kHz}$  no se evidencia contenido de la señal en altas frecuencias, provocando un sonido grave.

2. a) A continuación se presenta una gráfica de la señal normal y la señal patológica en el dominio del tiempo:

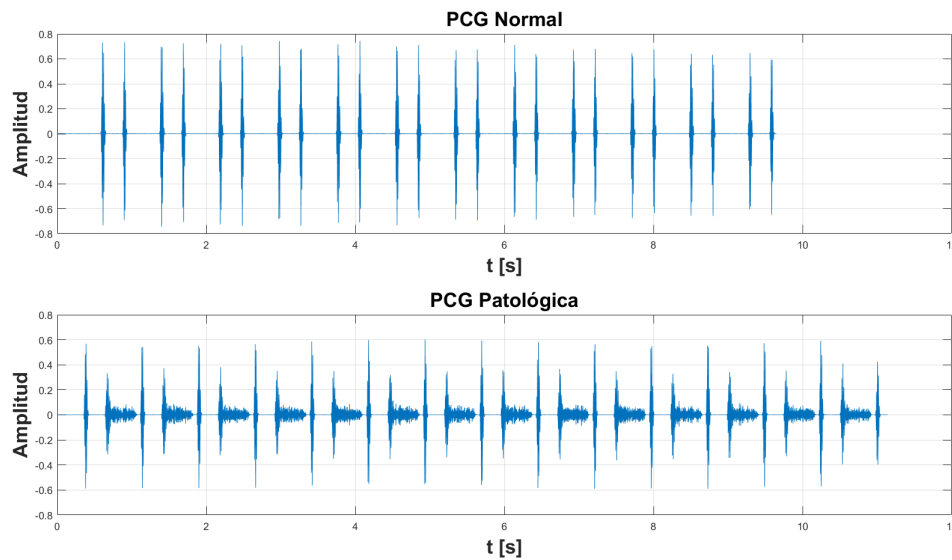


Figura 3: Señal normal y patológica contra el tiempo

Es claro que la señal normal consiste de ciertos pulsos verticales espaciados una cantidad específica de tiempo. La diferencia más grande que se puede encontrar entre las dos señales es el hecho de que en la señal patológica se puede encontrar una distorsión considerable en cada segundo pulso vertical, lo que genera que incremente el tiempo en que dicha señal está definida en comparación con la señal normal. Igualmente se puede notar que los pulsos verticales de la señal patológica tienen una amplitud levemente menor.

- b) A continuación se presenta la gráfica del espectro de frecuencia de cada una de las señales mostradas anteriormente:

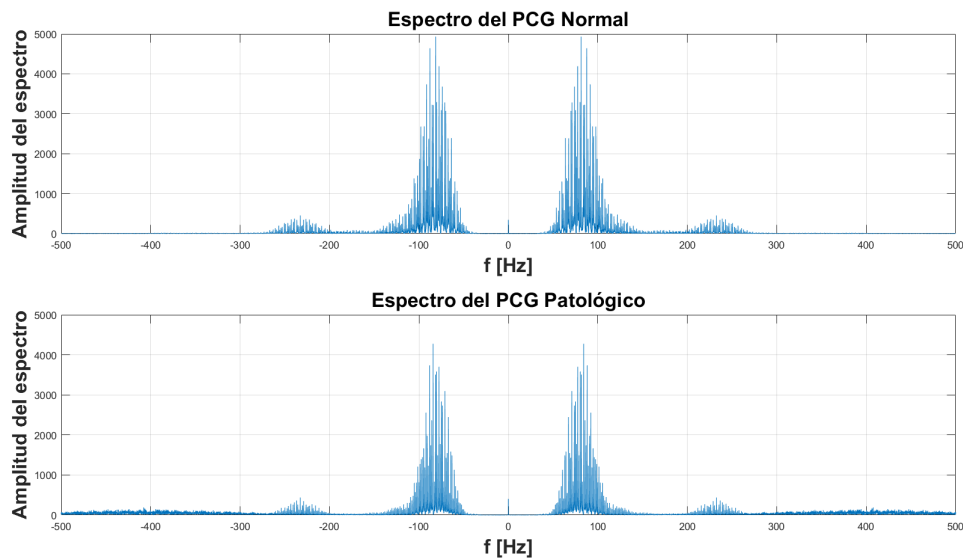


Figura 4: Señal normal y patológica contra el tiempo

De estas gráficas se puede decir que son muy similares en el sentido en que las frecuencias más importantes de cada señal son prácticamente las mismas. Esto se ve reflejado en el hecho de que la forma simétrica de cada señal es muy similar y los picos más altos están ubicados aproximadamente en la misma frecuencia. Sin embargo, también se puede notar que la amplitud del espectro de la señal patológica es levemente menor a la amplitud del espectro de la señal normal, aunque esto se debe a la misma diferencia de amplitud de las señales en tiempo.

La diferencia más importante que se puede notar al comparar estos dos espectros de frecuencia es el hecho de que a partir de una frecuencia de aproximadamente 270 Hz, el espectro de la señal normal empieza a tener valores que son muy cercanos a cero. Por otro lado, la señal patológica demuestra que después de una frecuencia de aproximadamente 270 Hz, aún hay frecuencias relevantes, lo que hace que la amplitud del espectro para estos valores sea diferente de cero. Esto se puede evidenciar por los pequeños picos que hay a partir de los 270 Hz en la figura 4 y por la ausencia de los mismos para el caso del espectro de la señal normal.

- c) De acuerdo a la información obtenida en el espectro de la señal normal como la señal patológica, se puede afirmar que a partir de una frecuencia de aproximadamente 270 Hz, el espectro de la señal patológica demuestra tener una amplitud mucho mayor a la amplitud del espectro de la señal normal. Por esta razón, un sistema que pueda detectar de forma automática una regurgitación aórtica puede ser un filtro pasa altas con frecuencia de corte de 270 Hz, pues así se estaría eliminando la parte del espectro que es casi idéntico entre la señal normal y la señal patológica y solo quedan las partes diferentes, y se decide por el espectro que tenga una magnitud mayor después de pasar por el filtro.

3. a) Los espectros de frecuencia de los audios se agruparon de acuerdo a su vocal, estos espectros pueden observarse en las figuras 5, 6 y 7 correspondientes a las vocales a, i, u, respectivamente.

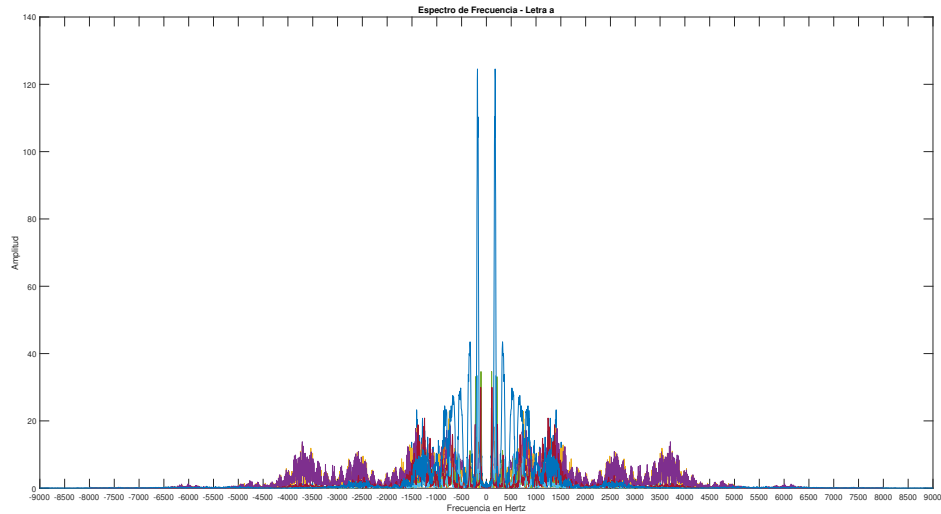


Figura 5: Espectro de Frecuencias - Vocal A

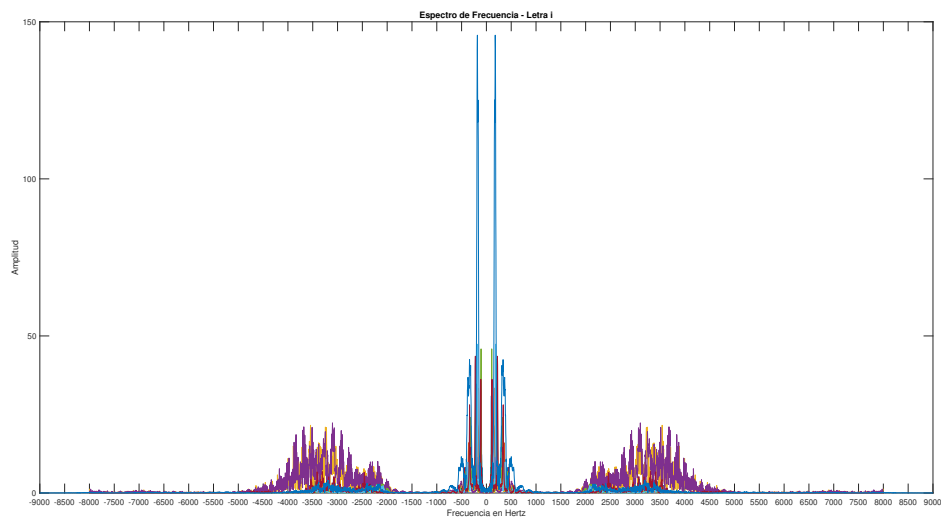


Figura 6: Espectro de Frecuencias - Vocal I

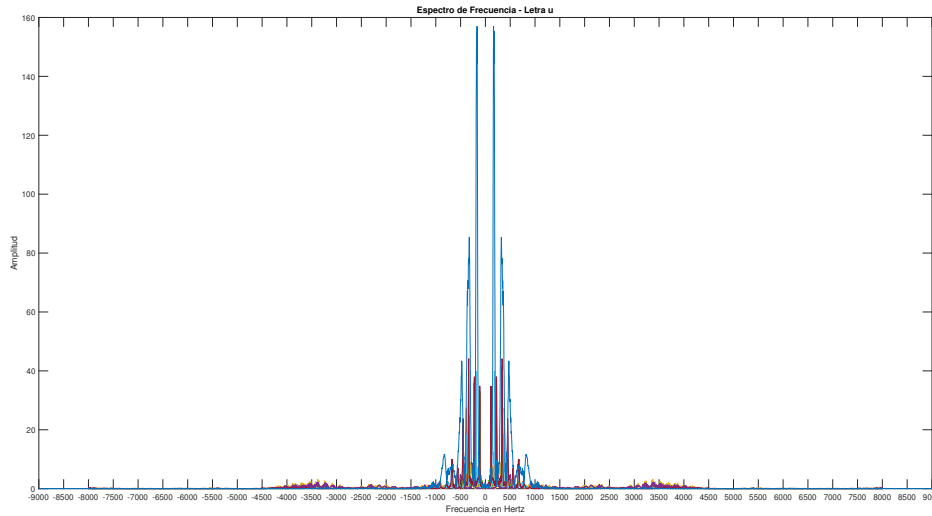


Figura 7: Espectro de Frecuencias - Vocal U

- b) Analizando las figuras del literal anterior se llegó a la conclusión que una característica importante de la *letra a*, figura 5, es que cuenta con amplitudes mayores entre las frecuencias  $1[kHz]$  y  $2[kHz]$ , en comparación con las otras dos vocales, esto permite clasificar la *letra a*. Ahora, analizando los espectros de la *letra i*, figura 6, y la *letra u*, figura 7, se puede notar que la primera cuenta con amplitudes mayores entre las frecuencias  $2[kHz]$  y  $4[kHz]$ , lo que permite poder diferenciar entre la *vocal i* y la *vocal u*.
- c) El proceso utilizado para detectar la vocal inicia cargando el audio con el nombre que se ingresa por parámetro, seguidamente, se obtiene su respectivo espectro de frecuencia. El siguiente paso, es almacenar en un arreglo los valores del espectro que están entre las frecuencias  $1,2[kHz]$  y  $2[kHz]$  y en otro arreglo los valores que se encuentran entre las frecuencias  $2,2[kHz]$  y  $4[kHz]$ . Luego de esto, se promedian ambos arreglos y se empieza mirando el promedio del primer arreglo, que contenía los valores del espectro que tenían frecuencias entre  $1,2[kHz]$  y  $2[kHz]$ , si este promedio es mayor a  $\alpha_1$  se llega a la conclusión de que la vocal es *a*, esto es porque, recordando lo tratado en el literal anterior, las vocales *a* tienen más contenido frecuencial en este ancho de banda que las otras dos vocales que se están evaluando. Por otro lado, si el promedio del primer arreglo es menor a  $\alpha_1$  se concluye que se está trabajando con una vocal *i* o una vocal *u*, para lograr diferenciar cual de las dos vocales se trata se hace uso del promedio del segundo arreglo, sin embargo, no se usa solamente este segundo promedio como factor de decisión, sino, que se realiza una resta entre los dos promedios y dependiendo si es mayor o menor a  $\alpha_2$  se toma la decisión de que es una letra *i* o una letra *u*, respectivamente, o en otras palabras:

$$vocal = \begin{cases} i & \text{si } |\text{promedio}_1 - \text{promedio}_2| > \alpha_2 \\ u & \text{si } |\text{promedio}_1 - \text{promedio}_2| \leq \alpha_2 \end{cases}$$

Se decidió realizar esta resta y no utilizar únicamente el valor del segundo promedio porque algunas vocales *i*, por ejemplo, el audio *i5.wav* cuyo espectro de frecuencia puede observarse en la figura 8, a pesar de cumplir con las características mencionadas en el punto anterior, es decir, que entre el rango de frecuencias de  $1,2[kHz]$  y  $2[kHz]$  tiene valores en promedio más pequeños que los de la letra *a* en ese mismo rango de frecuencias y que entre el ancho de banda desde  $2,2[kHz]$  a  $4[kHz]$  tiene un valor aparentemente más alto que las vocales *u* en ese mismo rango de frecuencias, tal como se puede observar en la figura 8 estos valores que se obtienen para el segundo promedio no poseen una amplitud muy grande y por este motivo se detectaría como una letra *u*, por este motivo, se decidió mirar la diferencia entre los dos promedios ya que si se observan las figuras 6 y 7, estas diferencias sí son mayores entre estos dos espectros.

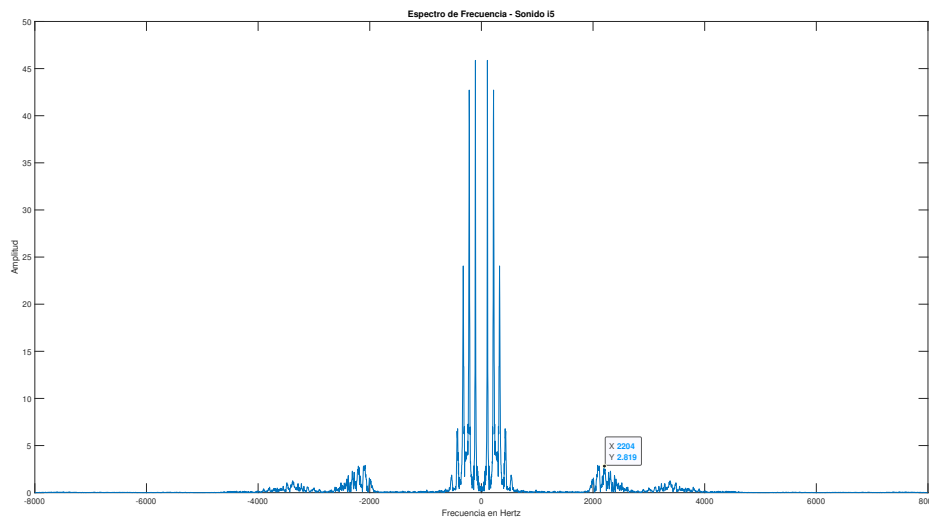


Figura 8: Espectro de Frecuencias - Sonido i5

En la figura 9 puede observar un diagrama de bloques donde se resume el algoritmo implementado.

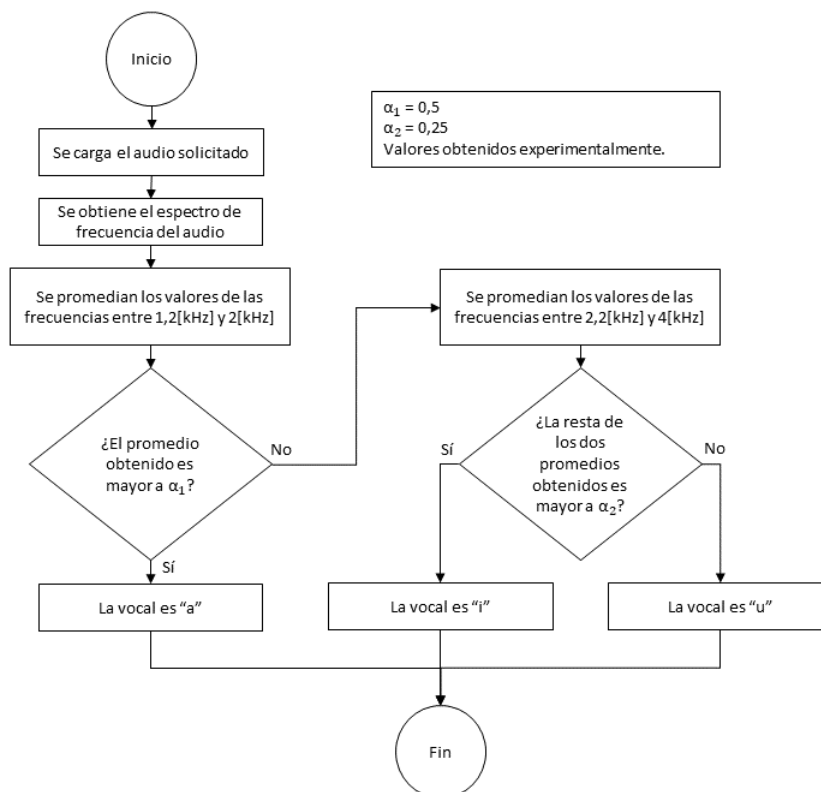


Figura 9: Diagrama de Bloques - Rutina Vocales

- d) De los 24 archivos de audio suministrados, se logró detectar correctamente 23 de ellos, la vocal que no se pudo identificar fue la almacenada en el archivo *u3.wav*, cuyo espectro de frecuencia se puede observar en la figura 10 donde es posible notar que este audio no posee las características de las demás letras *u*, es decir, que entre  $2,2[kHz]$  a  $4[kHz]$  tuviera valores cercanos a cero, por este motivo, el algoritmo implementado lo detecta como la vocal *i*.

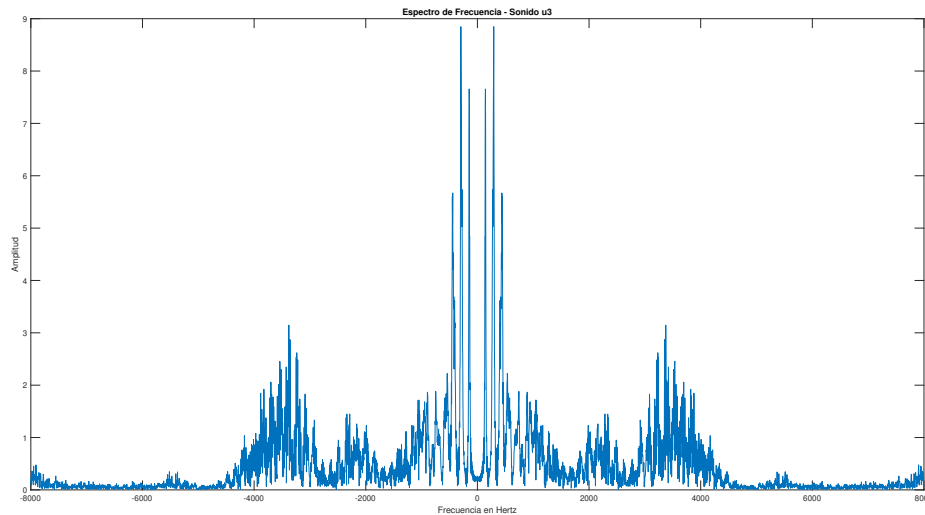


Figura 10: Espectro de Frecuencias - Sonido u3