

# **PRÁCTICA 1**

## **(2 sesiones de clase)**

### **Frecuencia de muestreo en GNURadio**

**Autores**

Cristian Alonso Hernández Prince

Cristian Alberto Peña Cala

**Grupo de laboratorio:**

J1A

**Subgrupo de clase**

03

## EL RETO A RESOLVER:

El estudiante al finalizar la práctica tendrá los fundamentos suficientes para interpretar la importancia de la frecuencia de muestreo en GNURadio. Iniciando de problemas particulares con señales senoidales hasta llegar a señales reales (audios, voz pregrabada y canciones disponibles en la internet).

## EL OBJETIVO GENERAL ES:

Desarrollar habilidades en el manejo de GNURadio y resaltar la importancia de la frecuencia de muestreo como variable general de los sistemas implementados en el mismo.

## ENLACES DE INTERÉS

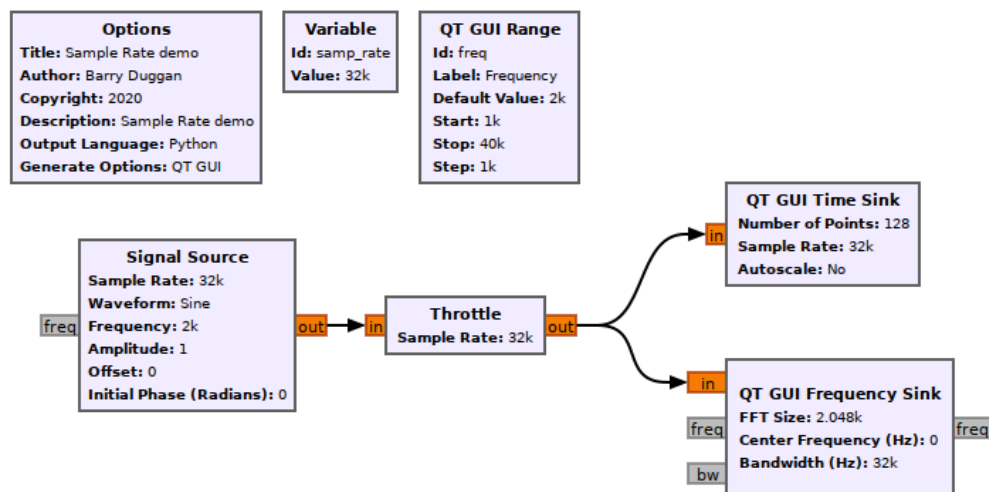
¿Qué es Gnuradio y que podemos hacer con este programa? [Clic aquí](#)

Conceptos sobre el teorema de muestreo de Nyquist [Clic Aquí](#)

Diezmado e interpolado en señales discretas [Clic Aquí](#)

## LABORATORIO

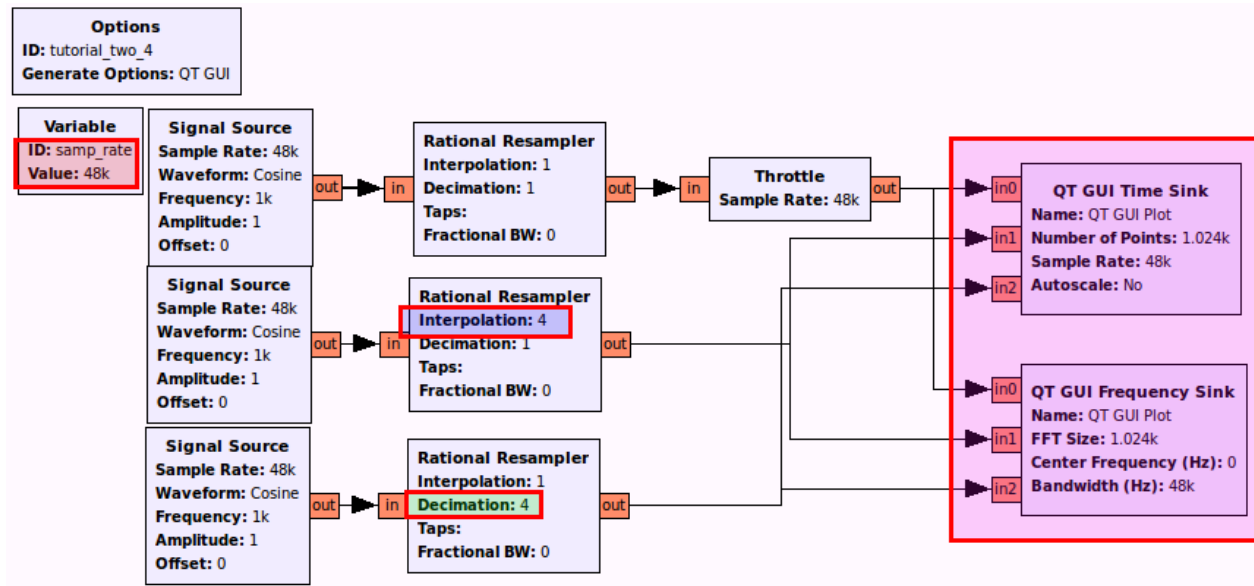
1. Demuestre el teorema de muestreo de Nyquist usando señales senoidales. Para ello, cree un diagrama de bloques como el que se muestra a continuación:



- a. Demuestre los límites de Nyquist usando valores de frecuencia de muestreo (variable: samp\_rate) y frecuencia de la señal de referencia (Bloque: signal Source). Describa las desventajas o ventajas al llegar a este límite.
- b. Demuestre los efectos sobre la forma de onda cuando se tiene una relación ( $\text{samp\_rate}/\text{frequency} = 4$ ). Describa su observación.
- c. Demuestre los efectos sobre la forma de onda cuando se tiene una relación ( $\text{samp\_rate}/\text{frequency} = 8$ ). Describa su observación.

**Nota:** en cada uno de los bloques de GNURADIO no se debe manipular la variable *samp\_rate* a menos que realice un procedimiento de cambio en la frecuencia de muestreo.

2. Demuestre el efecto al diezmar e interpolar una señal (use como referencia una señal coseno) y realice el siguiente montaje



Use al menos un valor diferente al presentado en la imagen tanto para el parámetro *decimation* e *interpolation* de tal forma que le permita argumentar la importancia de cada uno de ellos. Describa su experiencia.

3. Multiplique tres señales tipo coseno como se muestra en el siguiente diagrama (Use valores de frecuencia de la señal A y la señal C la suma de los últimos dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz y la señal B la multiplicación de los últimos dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz. Encuentre el valor de la frecuencia de muestreo que debe usar en el sistema para visualizar y procesar la información. Describa la experiencia.

**Nota:** si el último dígito del código es cero se debe tomar como diez. Ejemplo: Bob (cód: 2068123) Alice (cód: 2128196) y Grace (cód: 2176120). De esta forma la frecuencia de la señal A es igual a 19 (3+6+10) kHz y la frecuencia de la señal B es 180 (3\*6\*10) kHz.

#### 4. Introducción a GITHUB

- a. Enlace con el tutorial a GITHUB para GNURADIO [Clic Aqui](#)
  - i. Todos Los laboratorios deben subirse a GITHUB

## INFORME DE RESULTADOS

### DESARROLLO DEL OBJETIVO 1. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 1.

#### A. Demostración de los límites de Nyquist

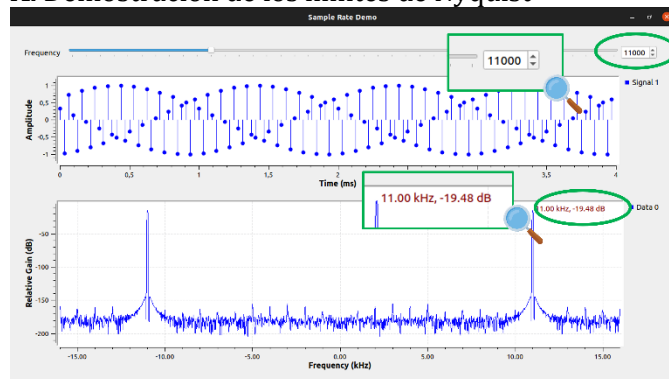


Ilustración 1 Frecuencia de Señal adecuada para muestreo

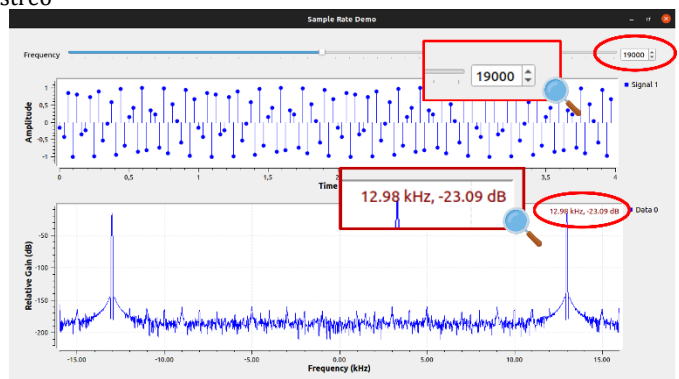


Ilustración 2 Frecuencia de Sobrepassando los límites de Nyquist

Se pudo apreciar cómo el teorema de Nyquist limita la forma en la que la señal puede llegar a ser muestreada de forma correcta tanto en tiempo como en frecuencia. Teniendo en cuenta que  $F_{\text{Sampling}} \geq 2F_{\text{Signal}}$ , al intentar extraer la información de la señal original e ignorando los rangos de ruido, es posible extraer la frecuencia correcta de la señal en la Ilustración 1; por el contrario, la frecuencia indicada en el equipo excediendo los límites resulta ser inexacta.

Si bien al sobrepasar el límite, los instrumentos muestran información incorrecta, el rango de frecuencia admitido a parte del ruido, afecta de cierta forma qué tan lejos o cerca está la frecuencia de la señal con respecto a la frecuencia límite.

Nota: Estamos hablando desde la perspectiva del análisis en frecuencia, pero en tiempo, puede ser de interés tener frecuencias muy cercanas al límite para observar más muestras por ciclo

## B. Forma de onda $samp\_rate/frequency = 4$

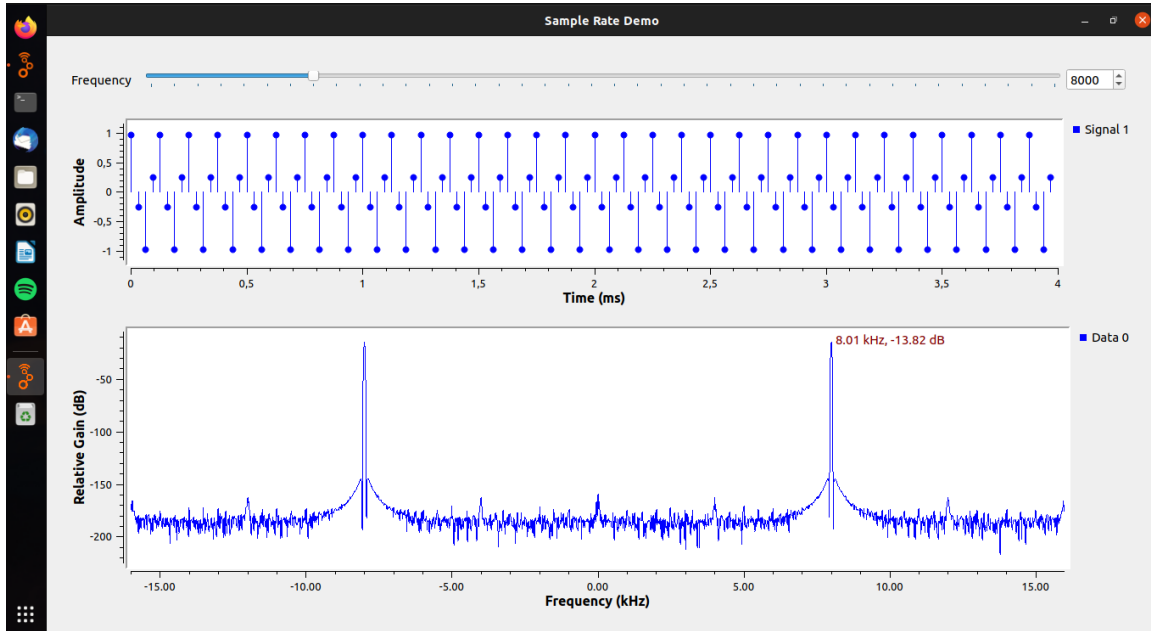


Ilustración 3 Señal con frecuencia de 8KHz

Teóricamente el muestreo en frecuencia es correcto, de igual manera, al tener una frecuencia de muestreo de 32KHz y la proveniente de la señal es 8KHz, se aprecian de forma discreta y en el tiempo efectivamente 4 muestras por ciclo.

## C. Forma de onda $samp\_rate/frequency = 8$

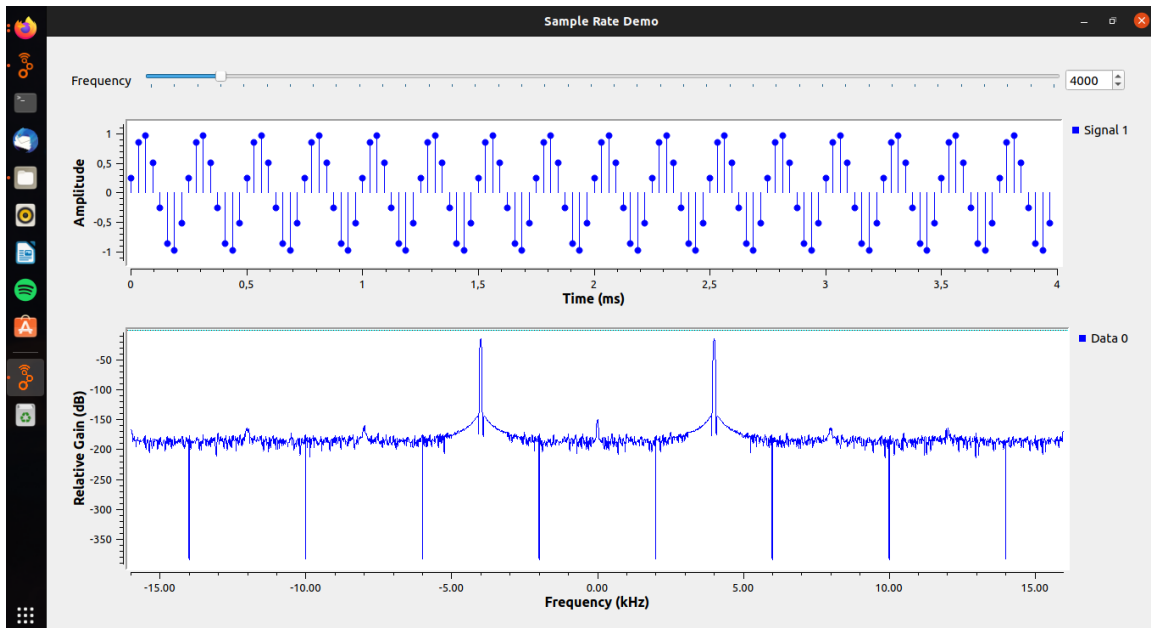


Ilustración 4 Señal con frecuencia de 4KHz

Teóricamente el muestreo en frecuencia es correcto, de igual manera, al tener una frecuencia de muestreo de 32KHz y la proveniente de la señal de 4KHz, se aprecian de forma discreta y en el tiempo efectivamente 8 muestras por ciclo. Sin embargo, no se pueden ignorar algunas ganancias de ruido existente

## DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.

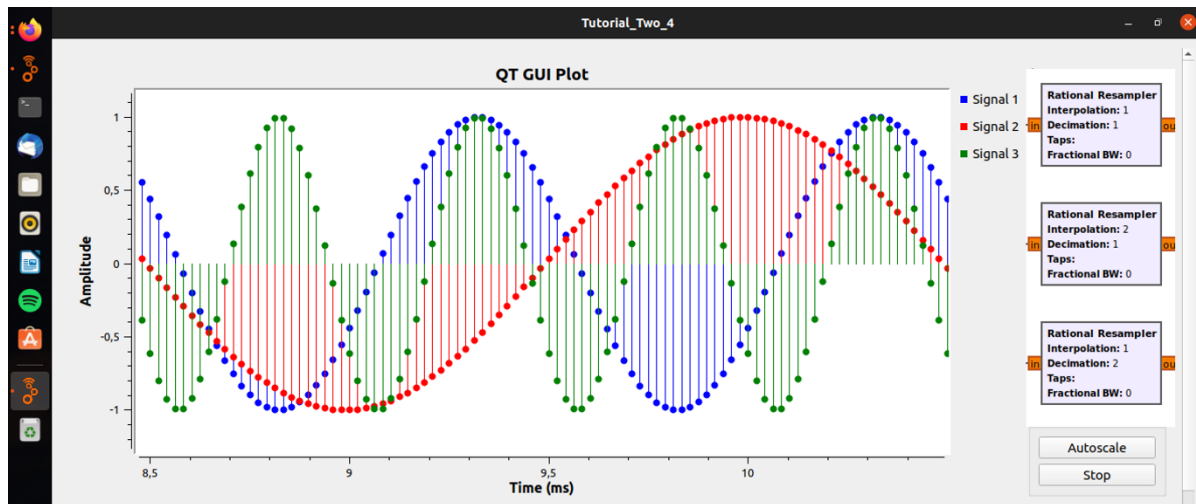


Ilustración 5 Comparación de Señal sin alterar (Azul), Señal Con Interpolación (Roja) y señal con Diezmado (Verde)

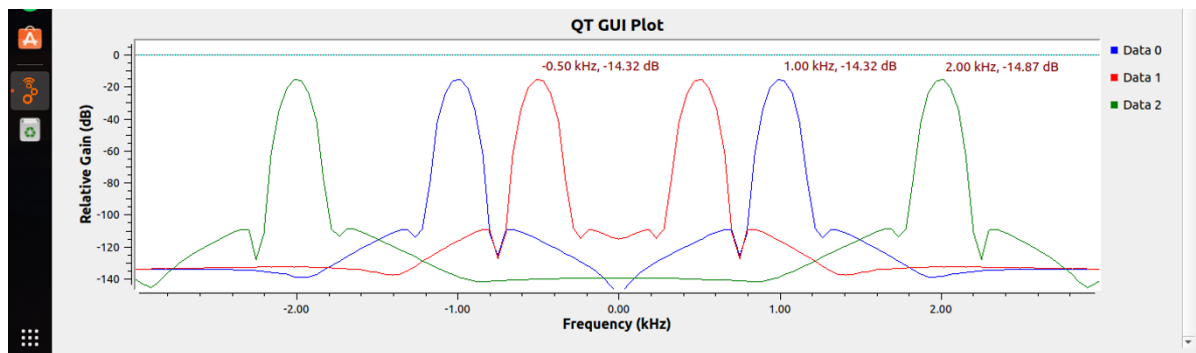


Ilustración 6 Frecuencias de Espectro encontradas

Empleando un cambio en la interpolación de la señal 2 y en el diezmado de la señal 3 a 2 unidades, se aprecia un cambio significativo al periodo de la señal haciendo que la señal 2 tenga una periodicidad del doble de la primera, mientras que la señal 3 tiene la mitad de esta.

Lo anterior se corrobora en el espectro formado por las tres señales viendo las frecuencias de señal roja y verde con respecto a la azul.

El diezmado e interpolación pueden ser útiles para la toma de señales en situaciones donde la frecuencia de muestreo no permite un tratamiento correcto de la señal original, una aplicación de un filtro como el mostrado podría ajustar la señal para un manejo correcto en el equipo.

### DESARROLLO DEL OBJETIVO 3. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 3.

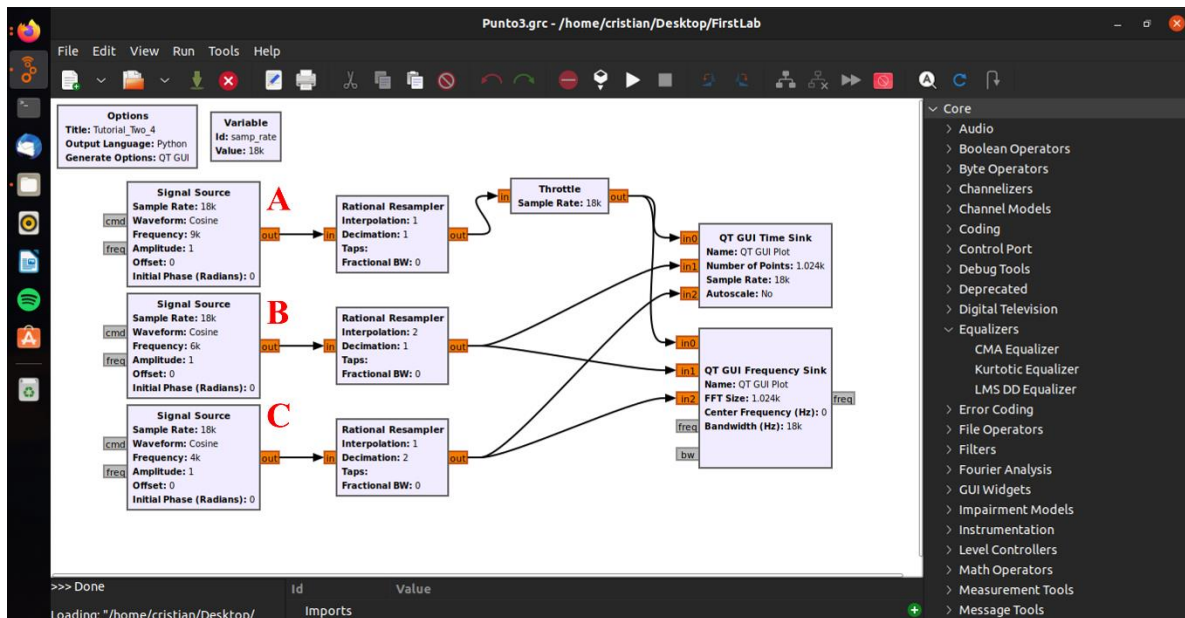


Ilustración 7 Frecuencia de Muestreo seleccionada en base a las señales A, B y C

Cristian Hernández (Cód. 2181572)

Cristian Peña (Cód. 2184213)

$$F_{Signal1} = F_A = 9KHz$$

$$F_{Signal2} = \frac{F_B}{2} = \frac{2 \cdot 3}{2} = 3KHz$$

$$F_{Signal3} = 2 \cdot F_C = 2 \cdot 4 = 8KHz$$

$$F_s = 2 \cdot F_{Max} = 18KHz$$

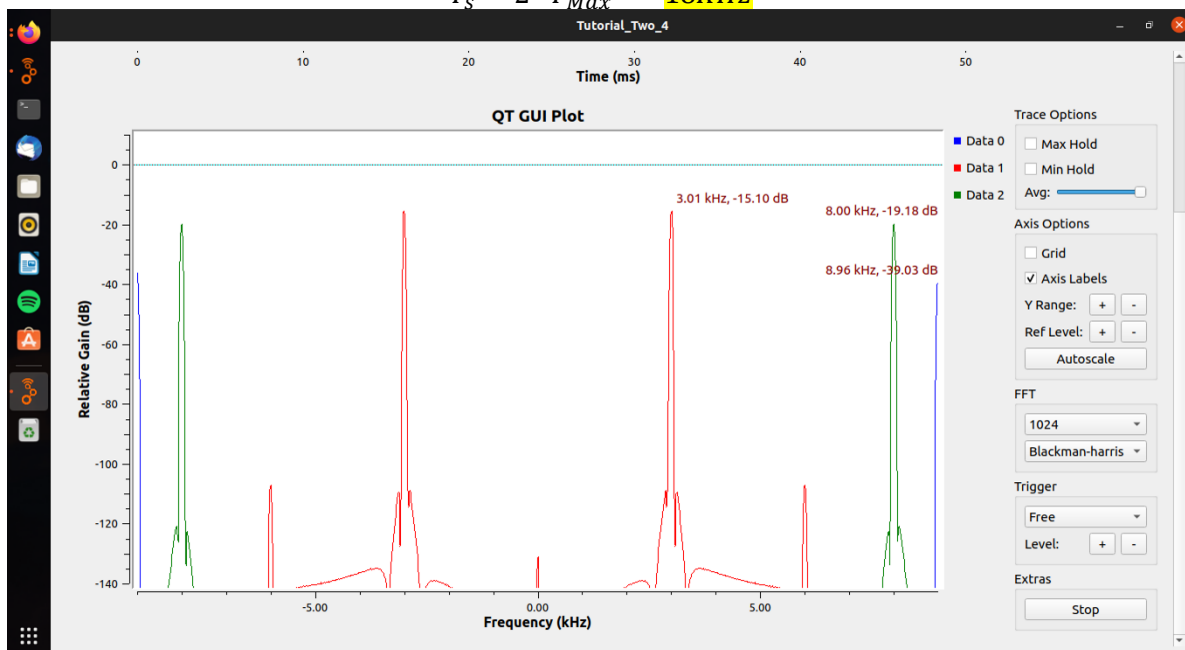
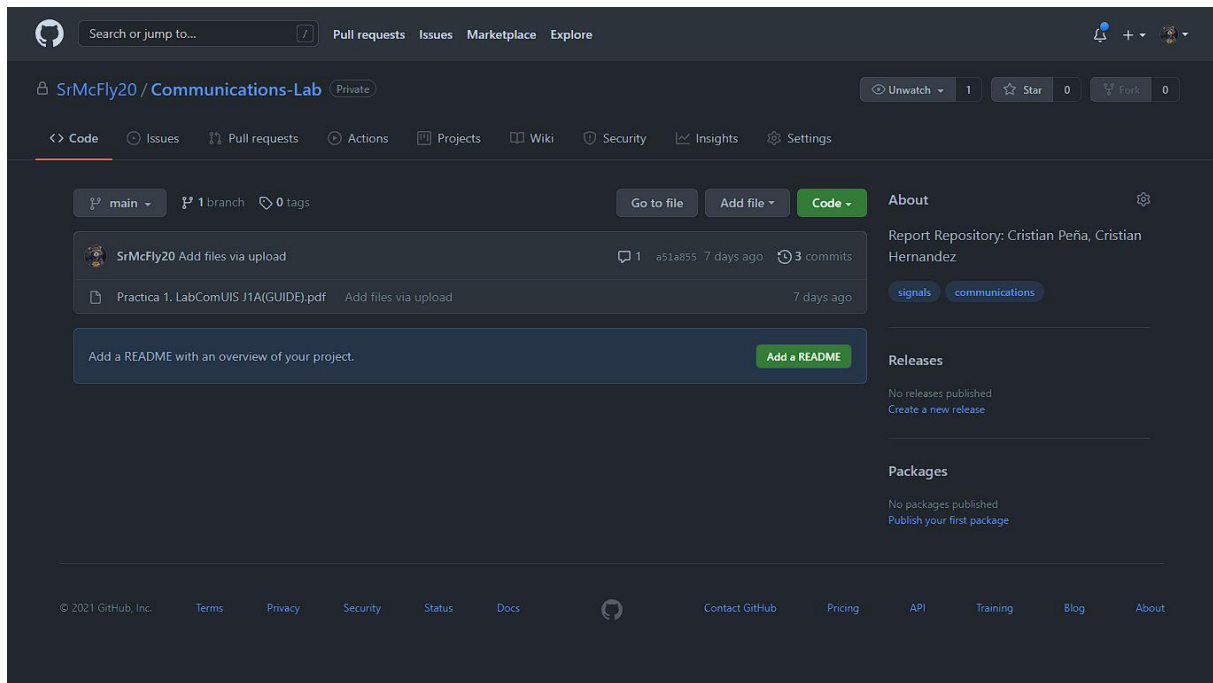


Ilustración 8 Espectro de Señales A, B y C

Reduciendo la frecuencia de muestreo original a  $18\text{KHz}$ , se puede apreciar que efectivamente las señales pueden ser representadas en Frecuencia, sin embargo, podría considerarse una frecuencia un poco más prudente para no afectar los dB de la señal que se encuentra justo en el límite de muestreo

## DESARROLLO DEL OBJETIVO 4. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 4.



Se creó el repositorio en GitHub, los colaboradores podrán acceder para revisar el contenido y/o editar las múltiples prácticas mediante el siguiente enlace:

<https://github.com/SrMcFly20/Communications-Lab.git>