

# Práctica 3

## PSD de señales aleatorias

Autores: Carolay Castellanos Espitia 2174073  
Dylan Yesid Villalba Roa 2172303  
Luis Esteban Rosas Ruiz 2164094

---

Perteneciente al grupo: \_\_\_\_\_ grupo 06\_\_\_\_\_

### 1. Aspectos a mejorar en la guía (capítulo privado, de los profesores)

### 2. Enlaces

### 3. Trabajo previo

### 4. El objetivo general es:

### 5. Objetivos específico

### 6. Sección de preguntas de control

### 7. Informe de resultados

Desarrollo del Objetivo 1. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 1.

Desarrollo del Objetivo 2. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 2.

Desarrollo del Objetivo 3. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 3.

Desarrollo del Objetivo 4. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 4.

## **1. Aspectos a mejorar en la guía (capítulo privado, de los profesores)**

Notas del profesor para futuras mejoras:

- No hay mejoras identificadas

## **2. Enlaces**

- Los materiales que se han desarrollado en clase:
  - [Github B1A](#)
  - [Github B1B](#)
- [Código de todas las prácticas del semestre](#)
- [Manual de Manuales](#)
- [El libro de la asignatura](#)
- En el capítulo 6, del [libro Vol I](#), se tiene una descripción de las variables y siglas que se usan en los flujogramas para cualquier práctica de la asignatura.
- Enlaces a flujogramas usados en el libro. Debajo de cada gráfica con flujogramas hay una nota que dice: “Flujograma usado”. Esos flujogramas usados en el libro están en la página del libro: <https://sites.google.com/saber.uis.edu.co/comdig/sw> o directamente en github: [https://github.com/hortegab/comdig\\_su\\_software\\_libro3.8.git](https://github.com/hortegab/comdig_su_software_libro3.8.git)

## **3. Trabajo previo**

1. Realice los montajes que el profesor ha mostrado en clase

## 4. El objetivo general es:

Generar diversas señales aleatorias y observar su PSD

## 5. Objetivos específico

1. Comprobar el funcionamiento del flujograma propuesto para la práctica, analizando una señal binaria aleatoria bipolar de forma rectangular.

Siga este proceso:

- Baje o actualice el [Código de todas las prácticas del semestre](#) y ubíquese en la subcarpeta de la práctica actual
- abra el flujograma randombinayrectsignal.grc
- Para una señal binaria aleatoria bipolar obtenga la forma en el tiempo, la PSD y los parámetros principales (rata de bits, frecuencia de muestreo, ancho de banda) de para los siguientes valores de Sps (Nota: debe variar h para que Sps tome el valor correspondiente):
  - Sps=4
  - Sps=8
  - Sps=16
  - Sps=1

2. Comprobar cómo es el ruido blanco en tiempo y en PSD

Siga este proceso:

- Configure las “Virtual Source” de manera que la primera (la de arriba) diga p4 y la segunda (la de abajo) diga p5
- haga las pruebas que Ud considere necesarias y anexe evidencias y explicación de las observaciones

3. Comprobar qué pasa con la señal en tiempo y frecuencia cuando los bits provienen de una fuente del mundo real como es el caso de una cámara fotográfica.

Siga este proceso:

- Devuelva los cambios al flujograma hechos en el punto anterior
- En el flujograma usado en el punto anterior cambie el bloque “Random Source” por los dos bloques que se muestran en la siguiente figura para leer un archivo y extraer los bits

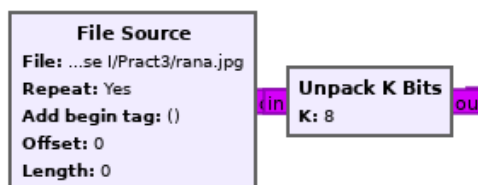


Fig. 1

- El el bloque “File Source” configure el parámetro “File” para que lea el archivo “rana.jpg”

- Haga los experimentos que Ud considere necesario pero registre en el informe la conclusión de sus observaciones basándose en gráficas de tiempo y PSD apropiadas
4. Comprobar qué pasa con la señal en tiempo y frecuencia cuando los bits provienen de una fuente del mundo real como es el caso de un micrófono.

Siga este proceso:

- El el bloque “File Source” configure el parámetro “File” para que lea el archivo “sonido.wav”
- Continúe como en el punto anterior.

## 6. Sección de preguntas de control

1. Preguntas de auto control sobre el flujograma randombinayrectsignal.grc:
- a. ¿Qué papel juega la siguiente combinación de bloques?



Fig. 2

- b. ¿Qué papel juega el bloque “Interpolationg FIR Filter”, cómo funciona?
- ¿Porqué el parámetro “Interpolation” en el bloque vale “Interpolationg FIR Filter” y qué pasa si se coloca otro valor?
  - Si tuviese que analizar la señal en p3, ¿qué cambios realizaría en la instrumentación?
  - ¿Qué fórmula permite conocer el ancho de banda de la señal en p4 si se conoce  $R_b$  y  $Sps$ ?
  - ¿Qué fórmula permite conocer la frecuencia de muestreo en p3, si se conoce la frecuencia de muestreo en p4 y  $Sps$ ?
2. Otras preguntas de control
- Por qué razón la PSD de las señales binarias que provienen de una señal de audio es diferente a la que proviene de una foto siendo ellas igualmente señales binarias bipolares de forma rectangular?
  - Qué papel juega el bloque “Throttle”
  - ¿Qué pasaría con la PSD si no se hace la conversión a señal bipolar, sino que la señal binaria en p4 solo tiene valores de 0 ó 1 en lugar de -1 ó 1?
  - Se supone que el ruido blanco tiene un ancho de banda infinito, coincide esto con lo observado en GNU Radio y por qué?
  - Se supone que una señal binaria aleatoria de forma rectangular tiene un ancho de banda infinito, coincide esto con lo observado en GNU Radio y por qué?
  - ¿Qué fórmula podría ayudar a calcular el número de lóbulos de la PSD de señal binaria aleatoria de forma rectangular cuando se conoce la frecuencia de muestreo y  $Sps$ ? Nota: el lóbulo de la mitad se cuenta como dos porque tiene el doble de ancho que los demás.

- i. ¿Cómo se calcula todo el rango de frecuencias que ocupa el espectro cuando se conoce  $R_b$  y Sps?
- j. Cómo se calcula la resolución espectral del analizador de espectros, cuando se conoce  $N$  y la frecuencia de muestreo.
- k. En qué parte del libro se explica el significado de cada una de las variables usadas en los flujogramas?
- l. ¿Qué pasaría si en el bloque “Unpack K Bits” se configura el parámetro  $K$  como 8?
- m. Cómo calcularía la frecuencia de muestreo a la entrada del bloque “Unpack K Bits” si conoce el número de lóbulos de la PSD y el ancho de banda de la señal?
- n. Cómo calcularía la frecuencia de muestreo a la salida del bloque “Unpack K Bits” si conoce la frecuencia de muestreo a la entrada?
- o. Cómo calcularía la frecuencia de muestreo a la salida del bloque “Char to Float” si conoce la frecuencia de muestreo a la entrada?
- p. Para qué caso de Sps la PSD de una señal binaria aleatoria bipolar es similar a la PSD de ruido blanco?
- q. Qué cambios mínimos haría al flujograma, manipulando principalmente  $h$ , si desea que los bits en la señal binaria aleatoria tomen la forma de dientes de sierra.
- r. Qué cambios mínimos haría al flujograma, manipulando principalmente  $h$ , si desea que la señal binaria aleatoria tenga codificación de línea Unipolar RZ, es decir como se muestra en la Fig. 3
- s. Qué cambios mínimos haría al flujograma, manipulando principalmente  $h$ , si desea que la señal binaria aleatoria tenga codificación de línea Manchester NRZ, es decir como se muestra en la Fig. 3
- t. Qué cambios mínimos haría en el flujograma, aprovechando  $h$  y el FIR Interpolating Filter para que la señal binaria tenga la forma de señal OOK como se muestra en la Figura 4?
- u. ¿Qué cambios mínimos haría en el flujograma, aprovechando  $h$  y el FIR Interpolating Filter para que la señal binaria tenga la forma de señal BPSK como se muestra en la Figura 4?
- v. ¿Qué cambios mínimos haría en el flujograma, aprovechando  $h$  y el FIR Interpolating Filter para que la señal binaria tenga la forma de señal ASK como se muestra en la Figura 5?
- w. ¿Qué cambios mínimos haría en el flujograma, aprovechando  $h$  y el FIR Interpolating Filter para que la señal binaria tenga la forma de los latidos del corazón como se muestra en la Figura 6?
- x. ¿Qué cambios mínimos haría en el flujograma, aprovechando  $h$  y el FIR Interpolating Filter para que la señal binaria tenga la forma que se muestra en la Figura 7?
- y. Explique usando gráficas de PSD la diferencia que existe entre la PSD de una señal binaria bipolar y una unipolar.
- z. si hacemos pasar una señal binaria aleatoria bipolar discreta por un conversor digital análogo que forma tendría la señal en el tiempo?

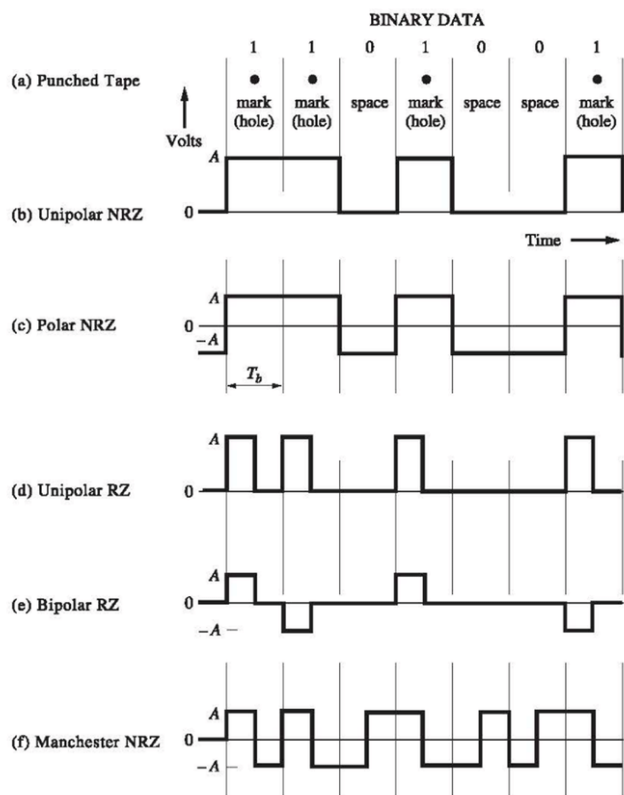


Fig. 3

## MODULACIÓN OOK y BPSK

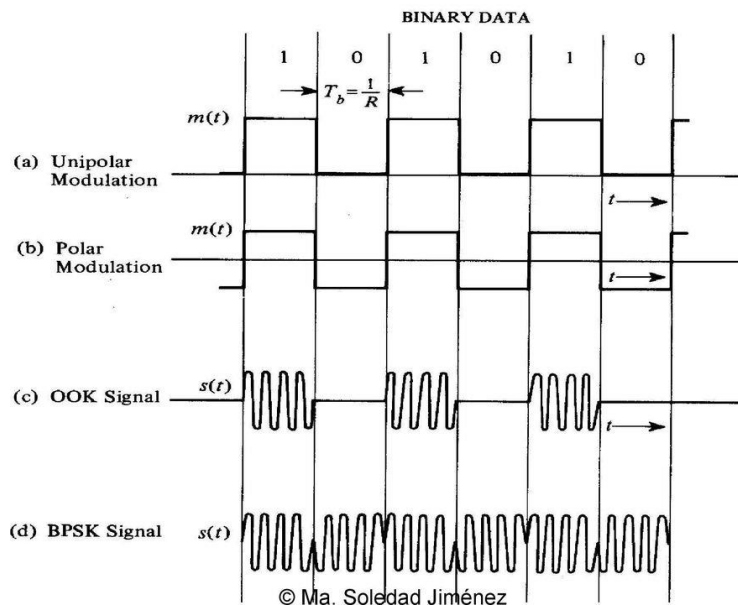


Fig. 4

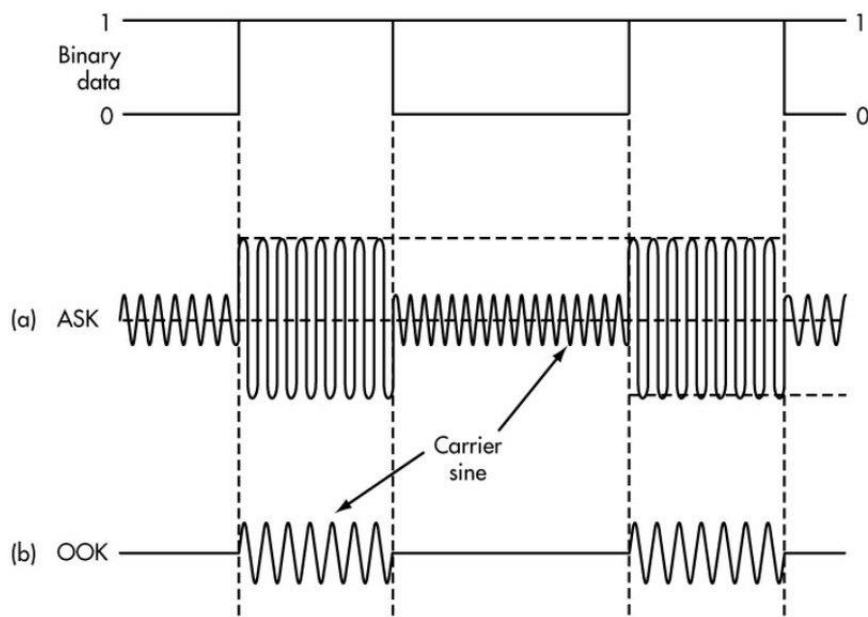


Fig. 5

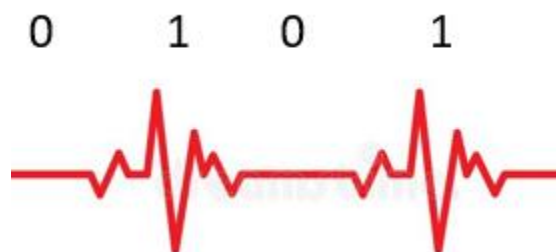


Fig. 6

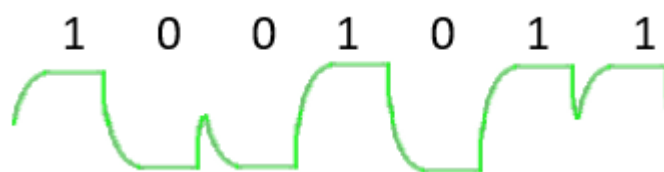


Fig. 7

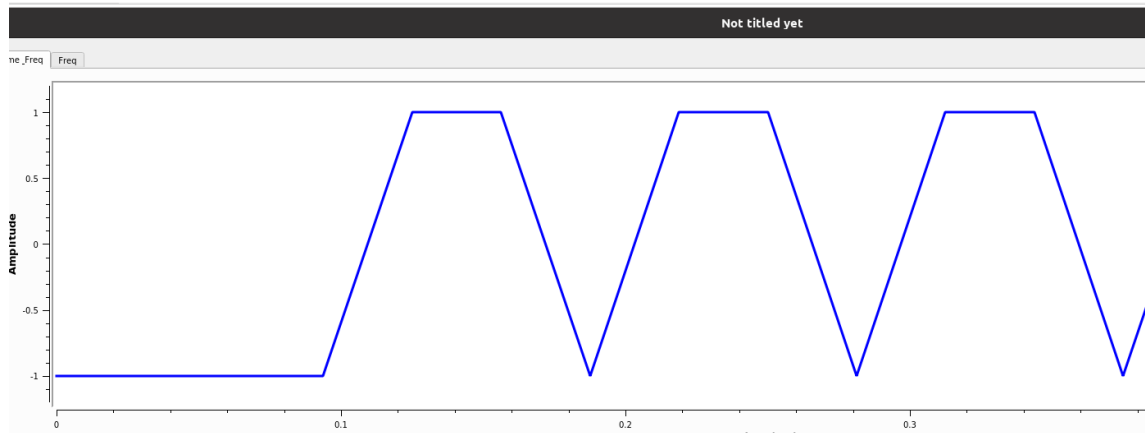
## 7. Informe de resultados

**Desarrollo del Objetivo 1. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 1.**

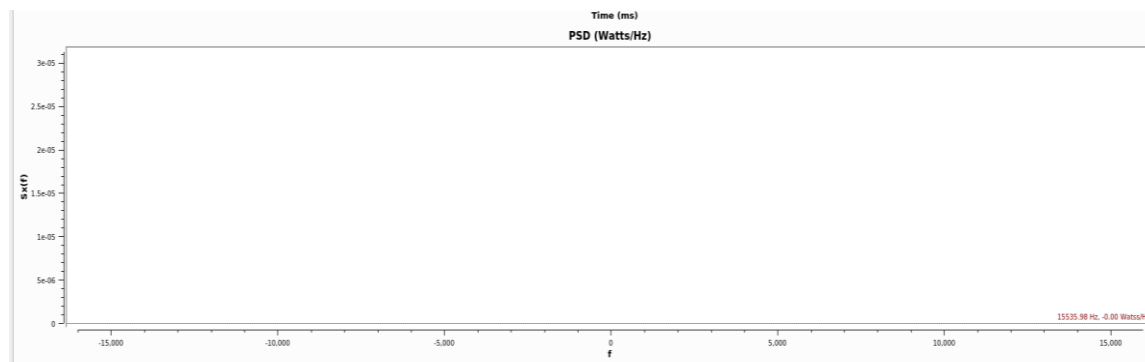
Para el desarrollo del objetivo uno se procedió variar el número de elementos del vector  $h$  (1,4 8 16), tal que el tamaño del vector fuera del valor de SPS deseado.

Para todos los SPS pusimos los siguientes parámetros:

- $R_b = 32$  [kbits]
- Frecuencia de muestreo =  $R_b \cdot Sps$
- Para un SPS de 1 se obtuvo lo siguiente



**Figura1.** Tiempo de la señal



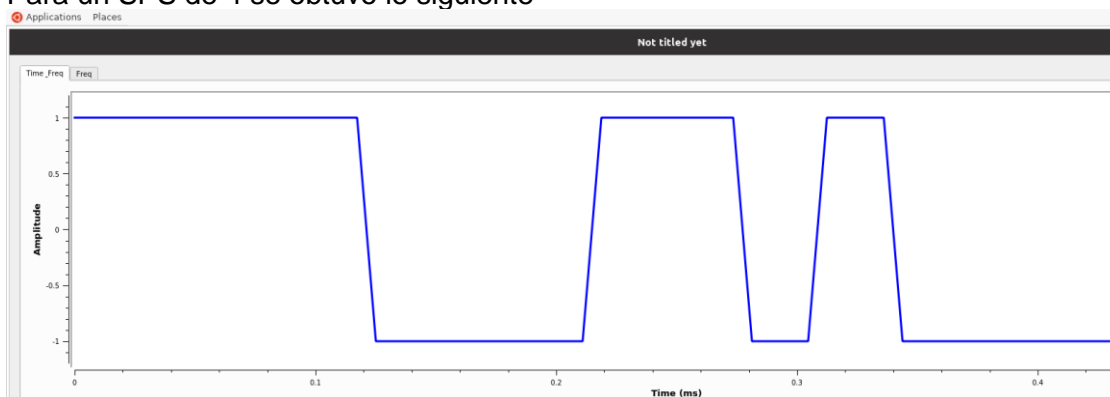
**Figura 2.** Frecuencia de la señal

De la figura 2 se obtuvieron los siguientes parámetros:

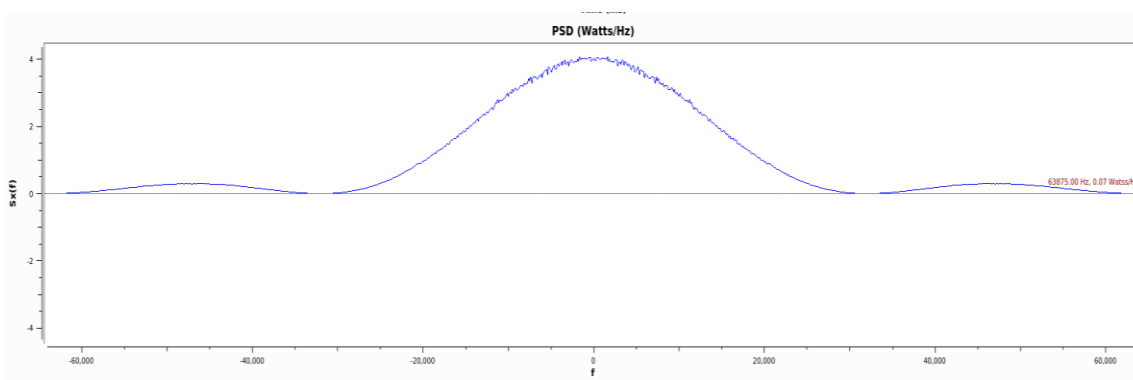
- Valor máximo de la Psd = 1 [watts]
- Frecuencia de muestreo = 32 [kHz]
- Ancho de banda = 15535 [Hz]. Aprox 16000[Hz]



- Para un SPS de 4 se obtuvo lo siguiente



**Figura 3.** Tiempo de la señal

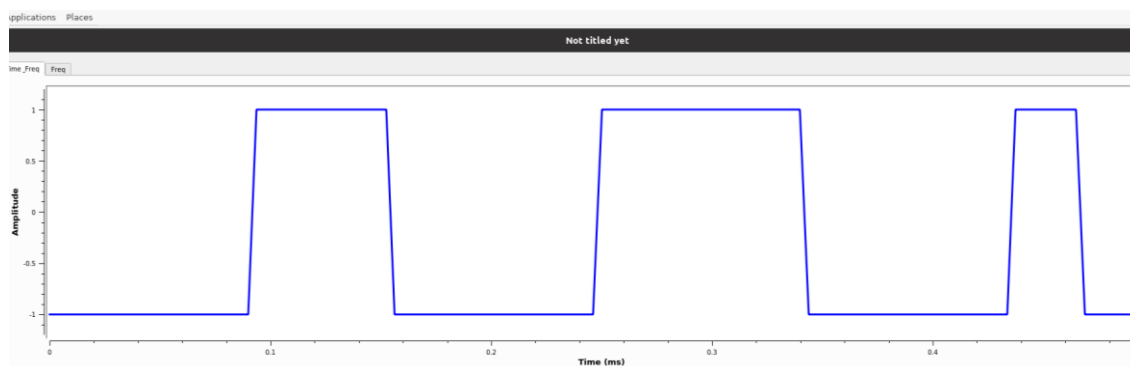


**Figura 4.** Frecuencia de la señal

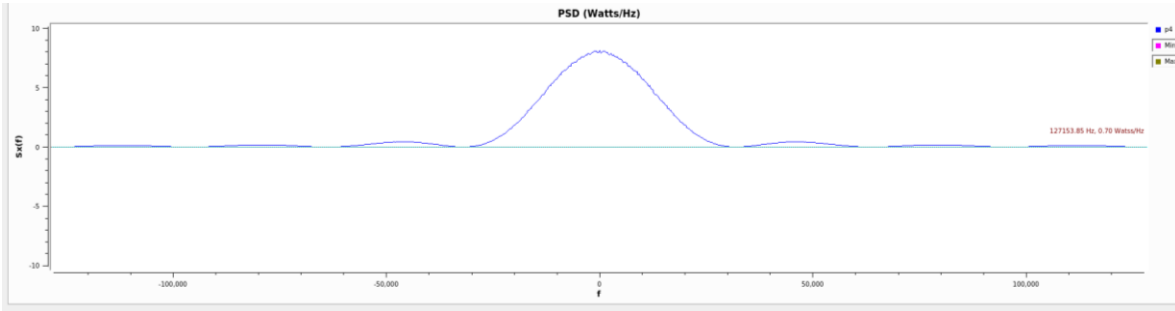
De la figura 2 se obtuvieron los siguientes parámetros:

Valor máximo de la Psd = 4 [watts]  
Frecuencia de muestreo = 128 [kHz]  
Ancho de banda = 63875 [Hz]. Aprox 64000[Hz]

- Para un SPS de 8 se obtuvo lo siguiente



**Figura 5.** Tiempo de la señal



**Figura 6.** Frecuencia de la señal

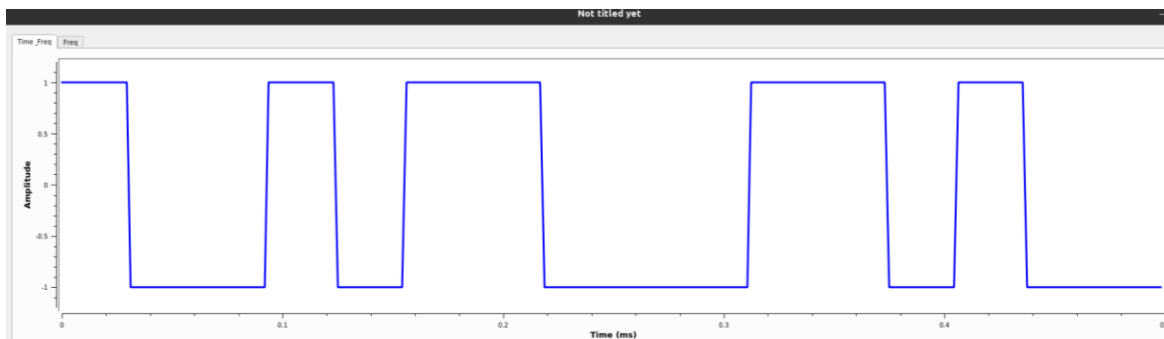
De la figura 2 se obtuvieron los siguientes parámetros:

Valor máximo de la Psd = 8 [watts]

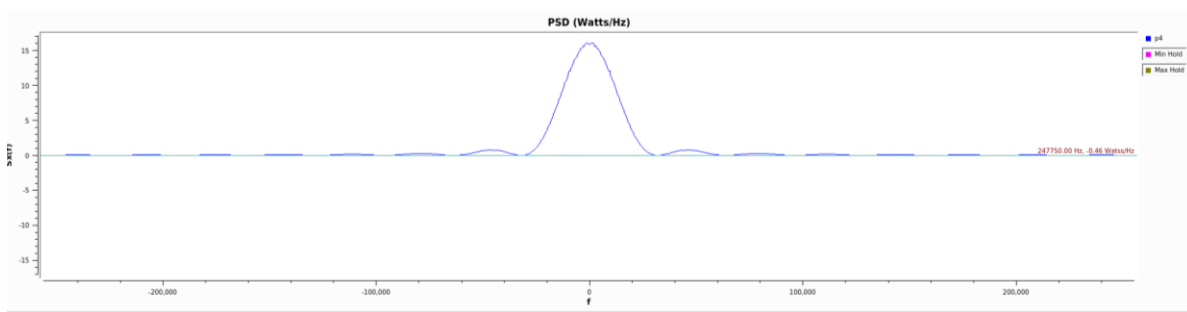
Frecuencia de muestreo = 256 [kHz]

Ancho de banda = 127153 [Hz]. Aprox 128000[Hz]

- Para un SPS de 16 se obtuvo lo siguiente



**Figura 7.** Tiempo de la señal



**Figura 8.** Frecuencia de la señal

De la figura 2 se obtuvieron los siguientes parámetros:

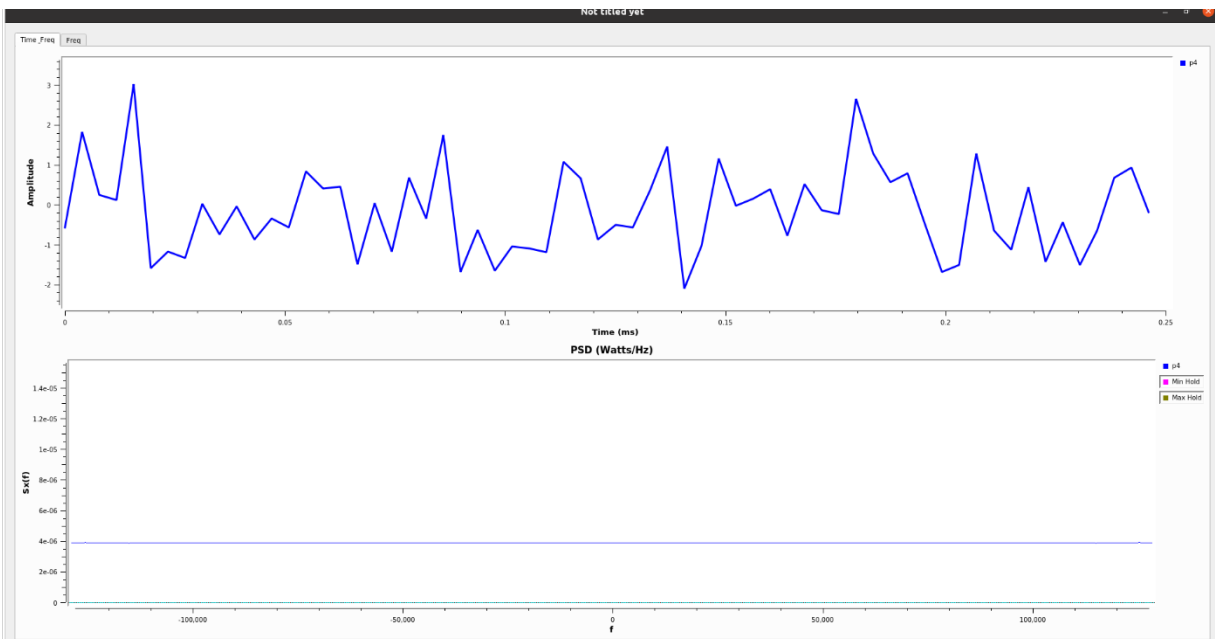
Valor máximo de la Psd = 16 [watts]

Frecuencia de muestreo = 512 [kHz]

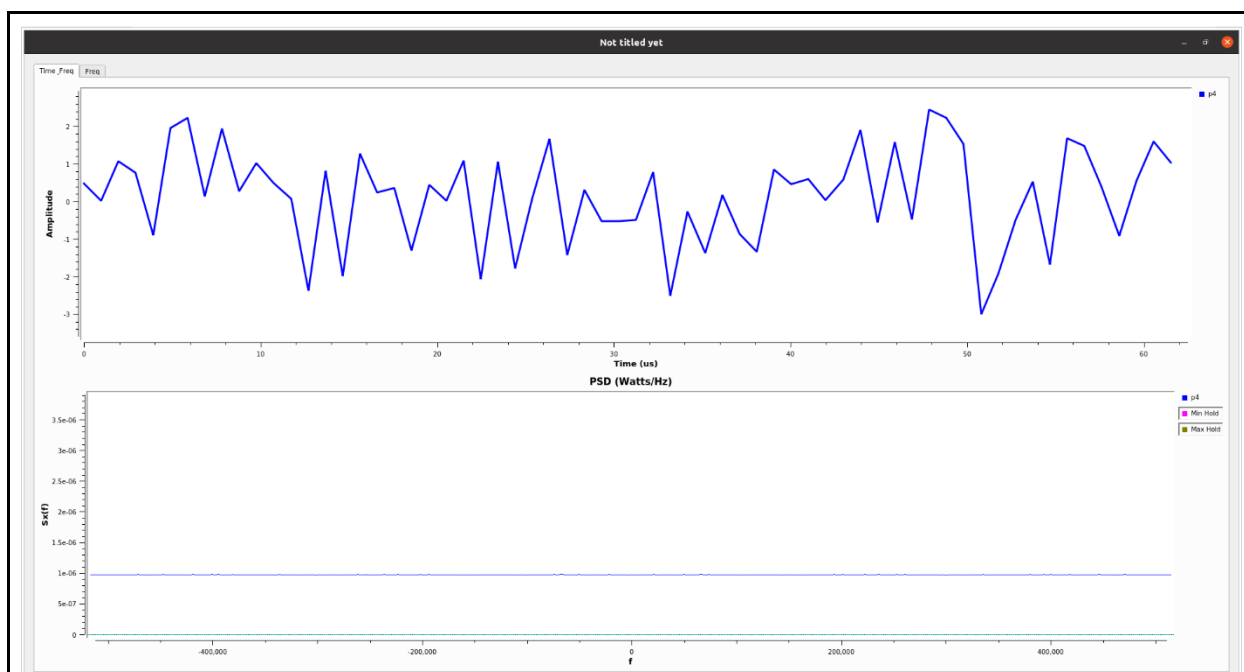
Ancho de banda = 247750 [Hz]. Aprox 256000[Hz]

**Desarrollo del Objetivo 2. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 2.**

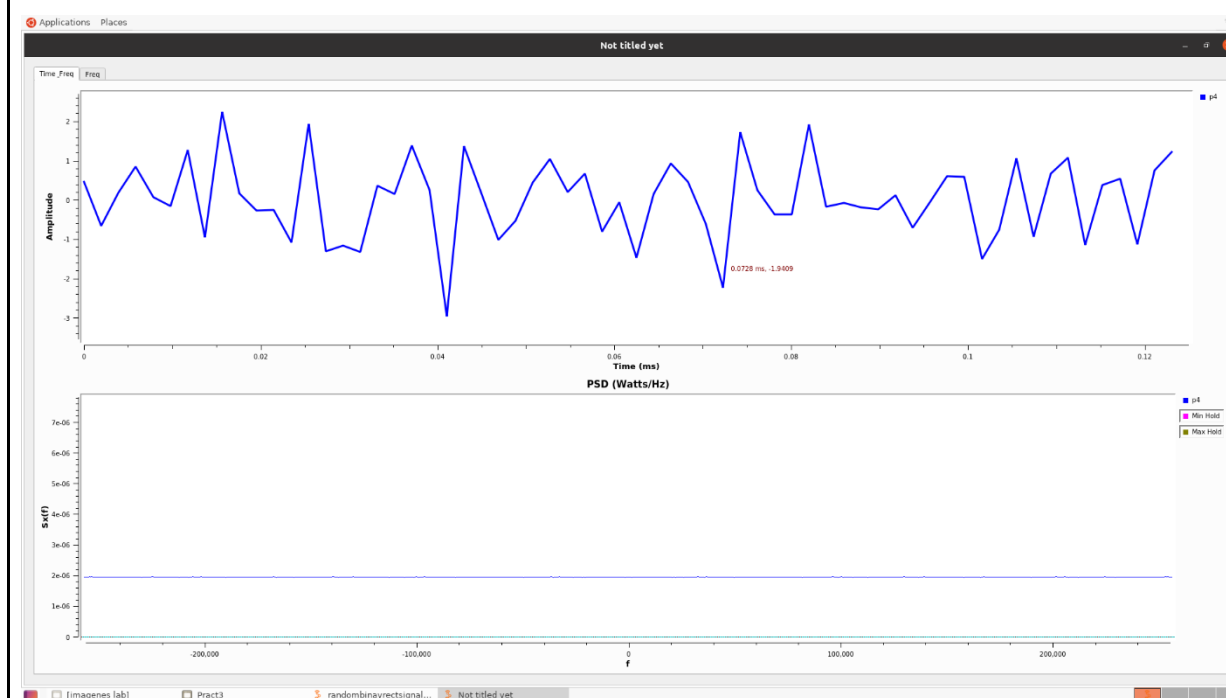
Para observar el ruido blanco hicimos 4 pruebas, con 64, 128, 256 y 512 k[Hz]



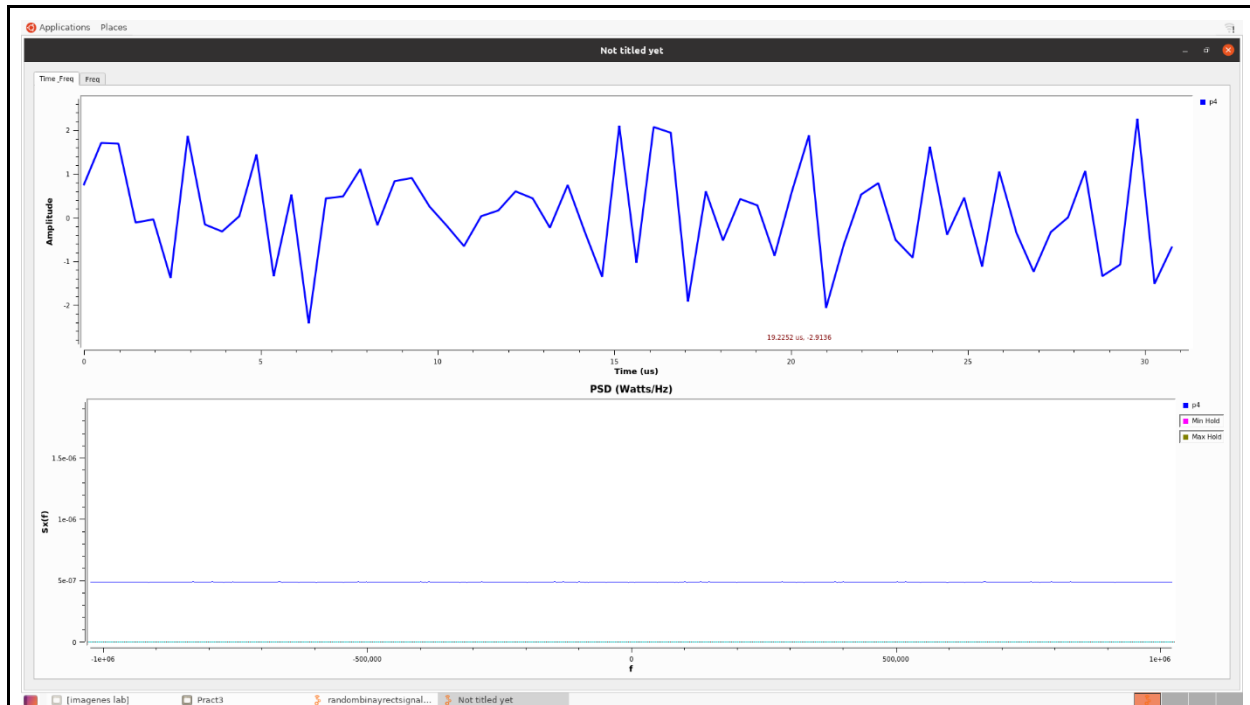
**Figura 9. Prueba con 64 k[Hz]**



**Figura 10. Prueba con 128 k[Hz]**



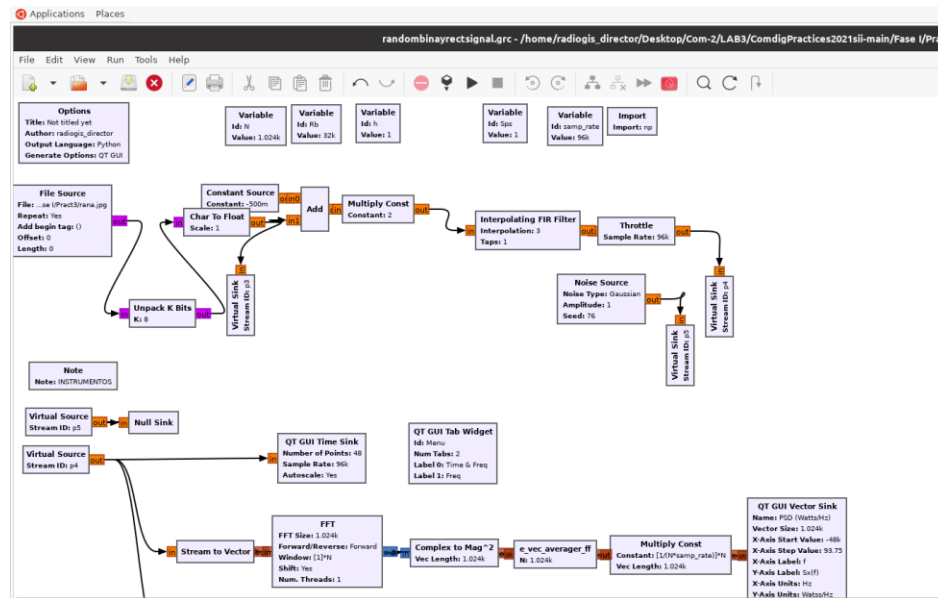
**Figura 11. Prueba con 256 k[Hz]**



**Figura 12.** Prueba con 512 k[Hz]

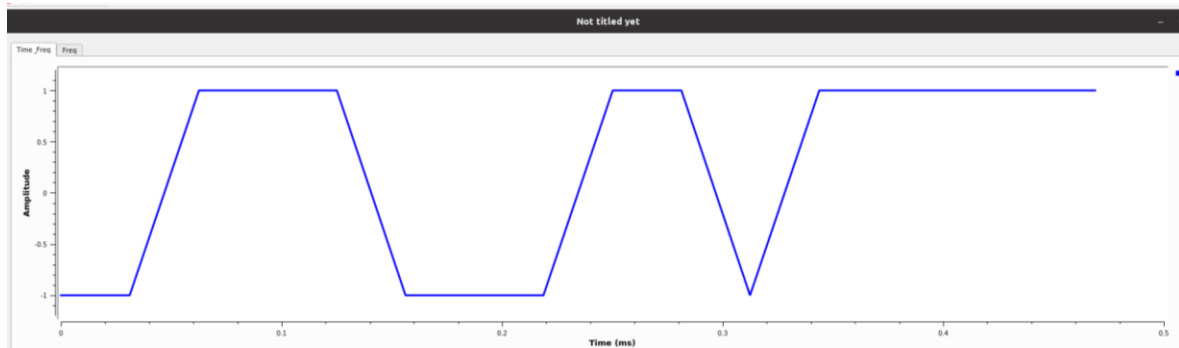
Para cada una de las anteriores pruebas se observó que no importa el valor de frecuencia que se tenga, el valor de su PSD no varía, por otro lado a medida que se aumenta el valor de la frecuencia de muestreo también es mayor la amplitud de la señal.

**Desarrollo del Objetivo 3. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 3.**

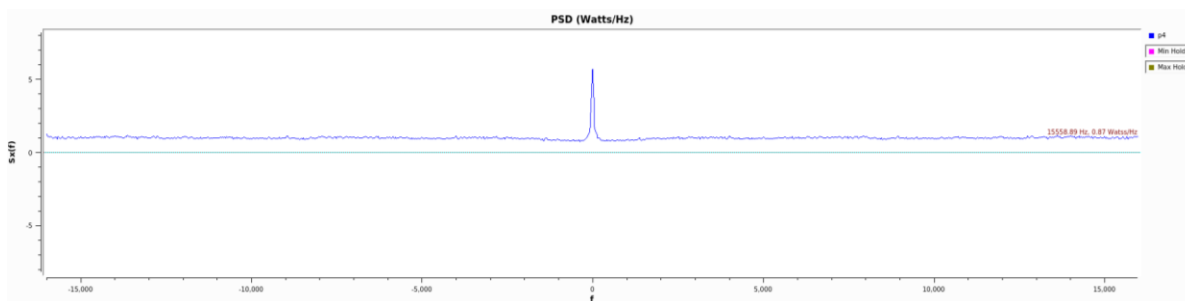


**Figura 13.** Diagrama de bloques con sus cambios para incluir la imagen.

- Para PSD de 1

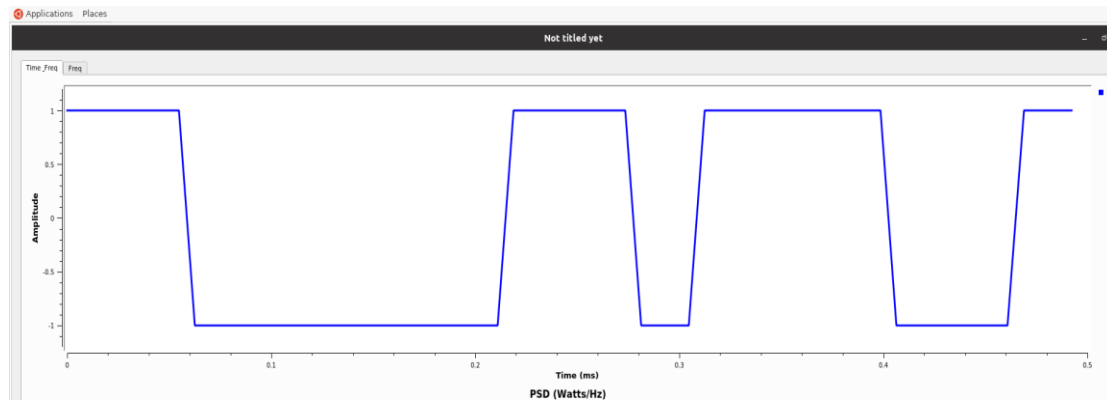


**Figura 14.** Tiempo de la señal

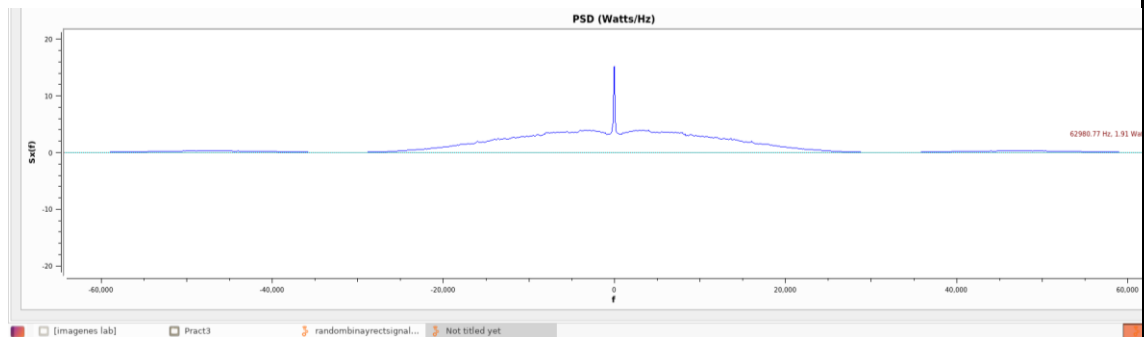


**Figura 15.** Frecuencia de la señal.

- Para PSD de 4

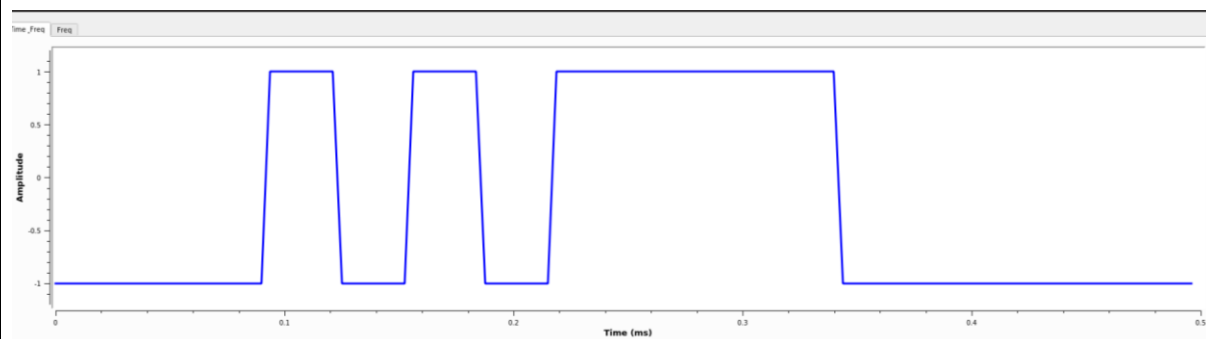


**Figura 16.** Tiempo de la señal

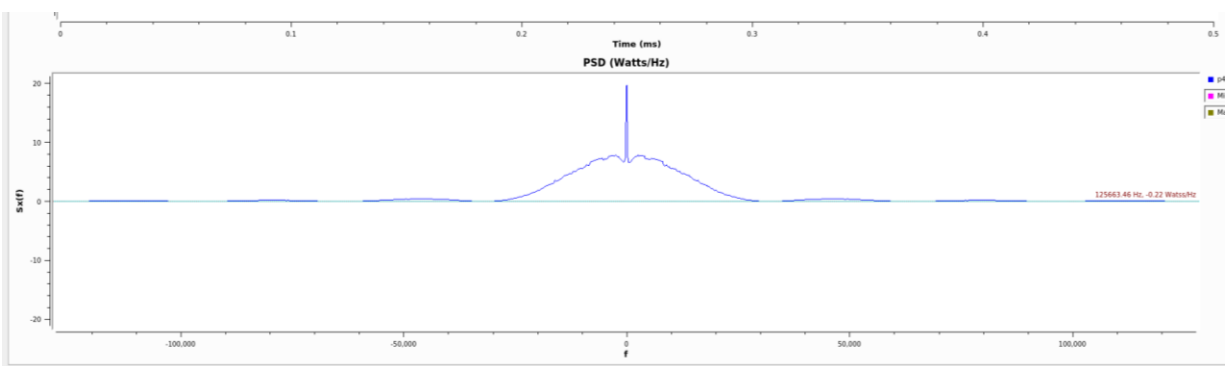


**Figura 17.** Frecuencia de la señal.

- Para PSD de 8

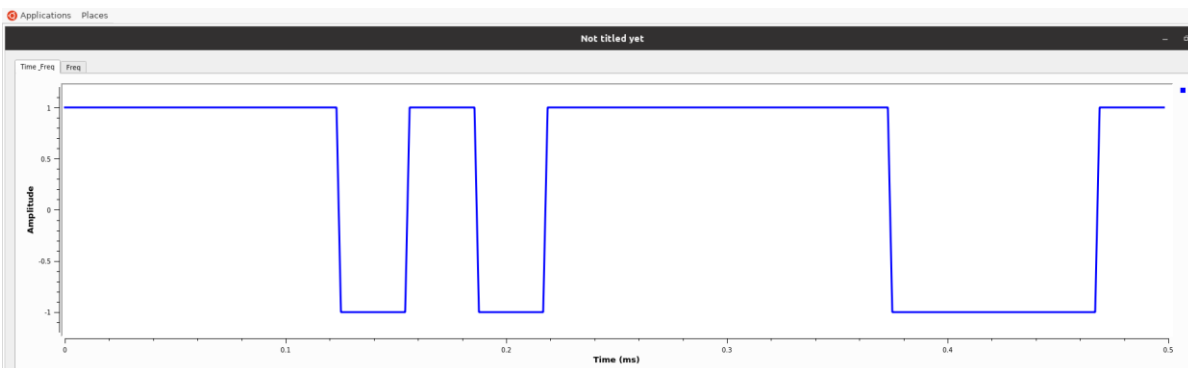


**Figura 18.** Tiempo de la señal

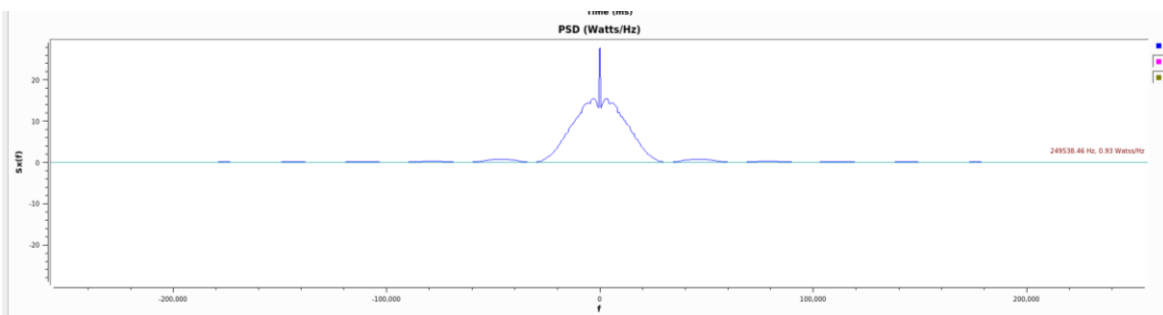


**Figura 19.** Frecuencia de la señal.

- Para PSD de 16.



**Figura 20.** Tiempo de la señal



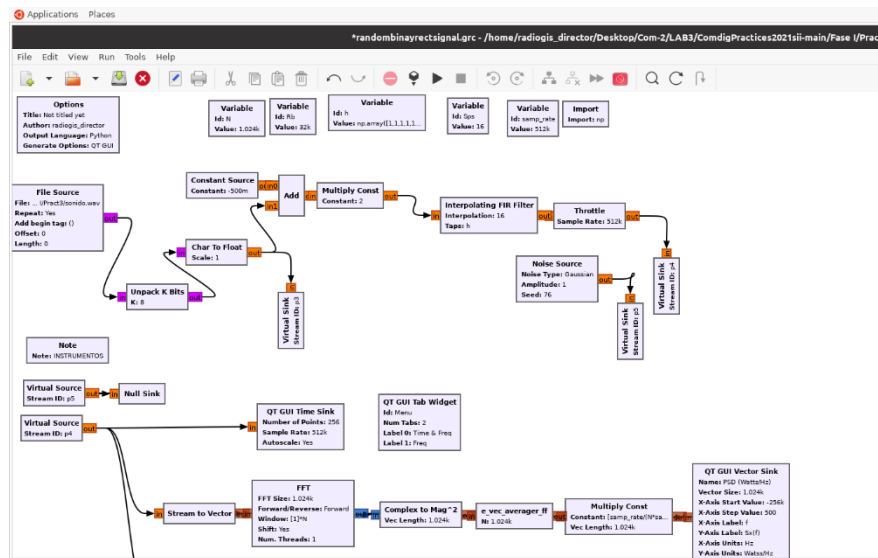
**Figura 21.** Frecuencia de la señal.

- **Conclusiones**
- Como la imagen se codifica queda tomando valores binarios, con lo cual se puede tomar como una fuente de datos aleatoria. Lo que se puede apreciar en el espectro es que el componente DC
- Con un mayor valor de Sps la gráfica en el tiempo tomaba un valor más rectangular.



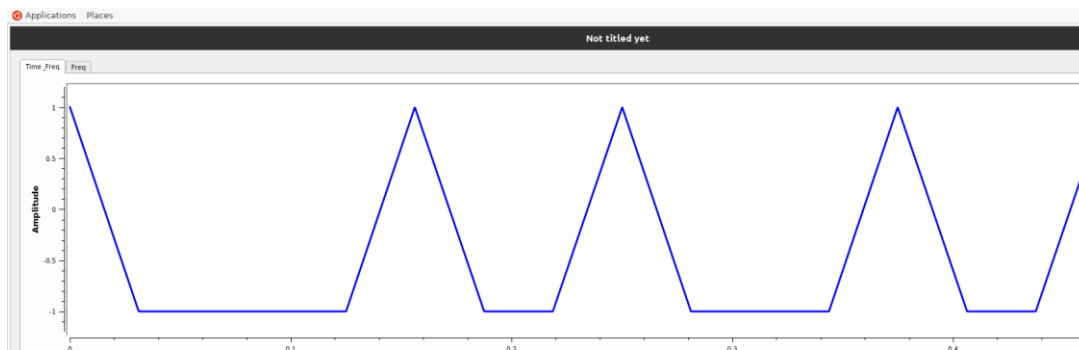
- La frecuencia de muestreo de igual manera que el objetivo 1 depende del valor de Sps (frecuencia\_muestreo =  $R_b \cdot Sps$ ).
- Al aumentar el Sps aumenta la amplitud de la PSD.
- 

**Desarrollo del Objetivo 4. Presente a continuación evidencias de lo realizado para el objetivo 4.**

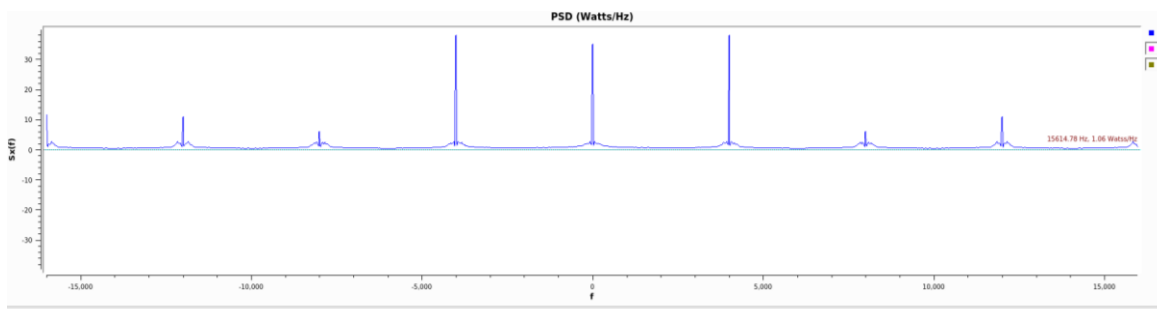


**Figura 22.** Diagrama de bloques con sus cambios para incluir el sonido.

- Para PSD de 1.

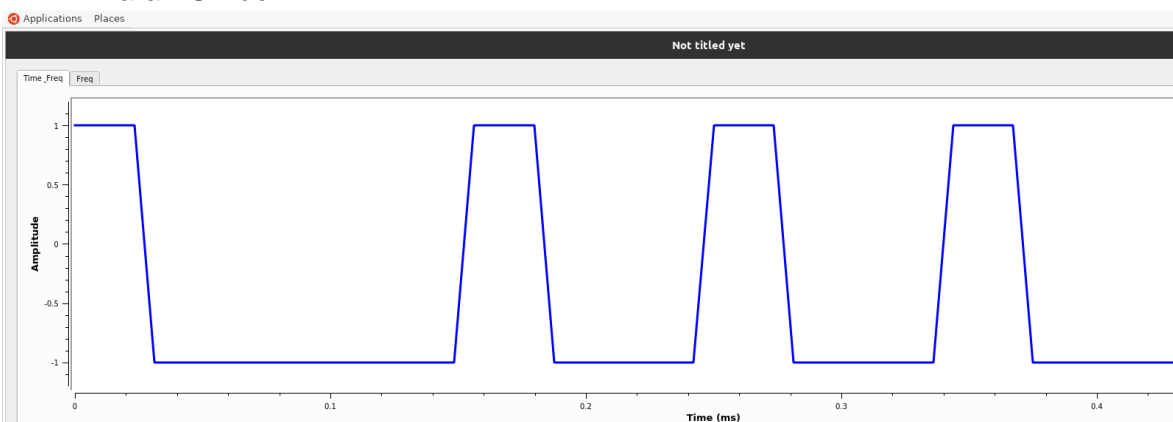


**Figura 23.** Tiempo de la señal

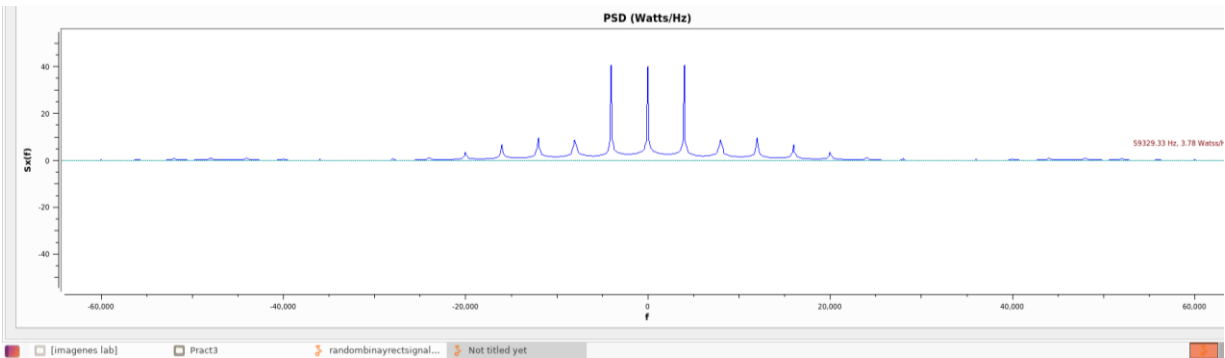


**Figura 24.** Frecuencia de la señal.

- Para PSD de 4.

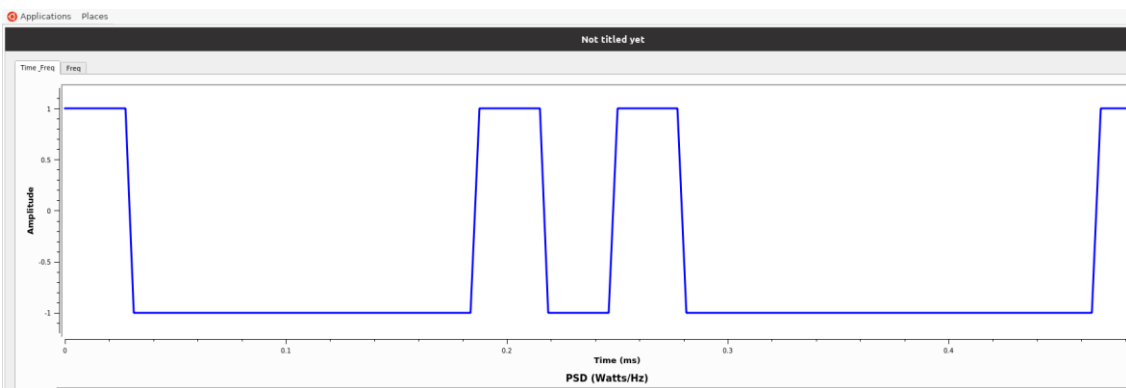


**Figura 25.** Tiempo de la señal

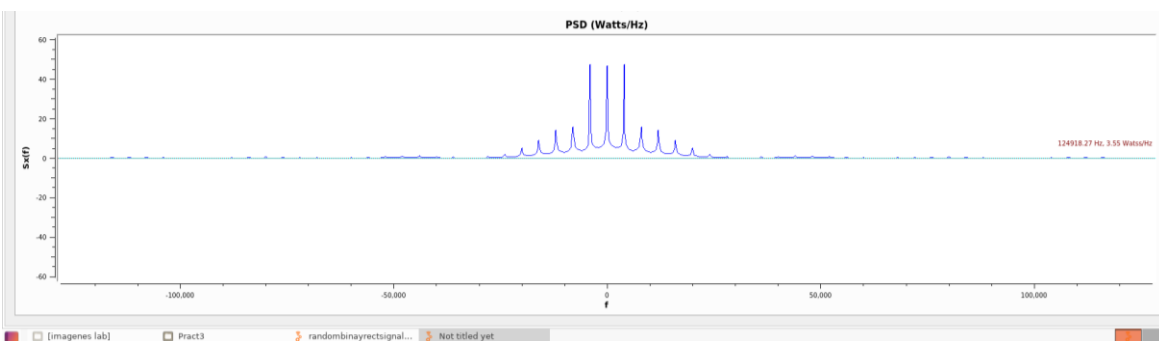


**Figura 26.** Frecuencia de la señal.

- Para PSD de 8.

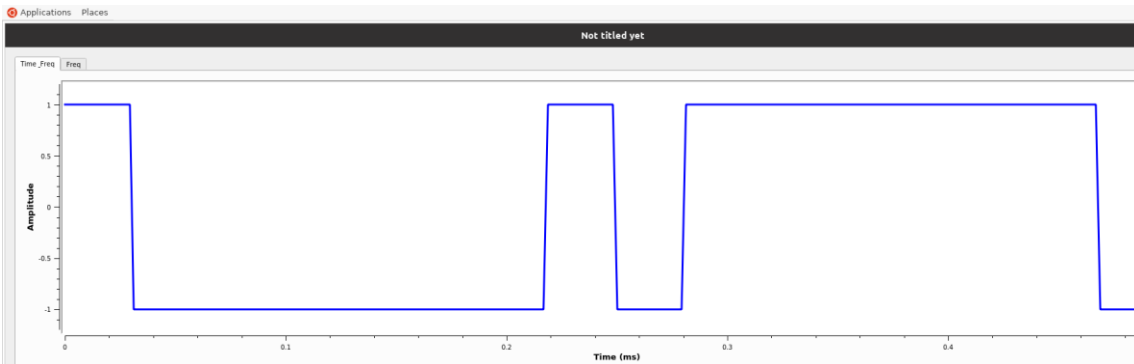


**Figura 27.** Tiempo de la señal

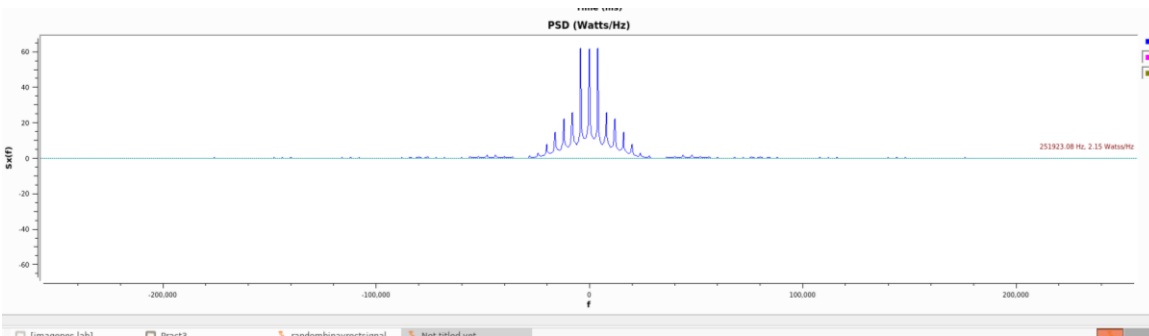


**Figura 28.** Frecuencia de la señal.

- Para PSD de 16.



**Figura 29.** Tiempo de la señal



**Figura 30.** Frecuencia de la señal.

### Conclusiones:

- Se observó que a mayor ancho de banda los sobre picos que aparecen en la PSD tienden a estar más juntos.
- De igual manera que en la parte 3, al aumentar el valor de Sps la gráfica en el tiempo tiende a ser más rectangular.
- Cuando aumentamos el valor de Sps, proporcionalmente aumenta la frecuencia de muestreo y esto hace que el espectro de la PSD sea más visible.