

# SNR and GNURadio

Leonel Ricardo Araque – Leandro José Garzón  
Universidad Industrial de Santander

GitHub: [https://github.com/leo09p/COMMII\\_A1\\_G8](https://github.com/leo09p/COMMII_A1_G8)

**Resumen** - Este informe describe una práctica desarrollada en el laboratorio de comunicaciones, donde exploramos la programación por bloques en Python utilizando la plataforma GNURadio. El enfoque principal de la práctica fue la implementación y el análisis de bloques personalizados diseñados para procesar señales y aplicar cálculos estadísticos a sus entradas. A través de esta experiencia, buscamos comprender el funcionamiento de GNURadio, su flexibilidad en el procesamiento de señales y la importancia del análisis estadístico en los sistemas de comunicación.

**Abstract** - This report describes a practice developed in the communications laboratory, where we explored block programming in Python using the GNURadio platform. The main focus of the practice was the implementation and analysis of custom blocks designed to process signals and apply statistical calculations to their inputs. Through this experience, we aimed to understand how GNURadio works, its flexibility in signal processing, and the importance of statistical analysis in communication systems.

## I. INTRODUCTION

En el campo de las comunicaciones digitales, las plataformas de radio definida por software juegan un papel fundamental para la implementación y validación de conceptos de procesamiento de señales. GNU Radio es una de las herramientas de código abierto más utilizadas para este propósito, ya que permite el diseño de sistemas modulares mediante bloques personalizables programados en Python.

El objetivo principal de esta práctica de laboratorio fue diseñar, implementar y probar diferentes bloques de procesamiento en GNU Radio con el fin de reforzar los conceptos teóricos estudiados en clase. En particular, se desarrollaron un bloque acumulador, un bloque diferenciador y un bloque para el cálculo de parámetros estadísticos básicos de una señal.

A través de este ejercicio se buscó fortalecer tanto la comprensión teórica como la práctica de operaciones fundamentales en sistemas de comunicación, al mismo tiempo que se fomentó el trabajo colaborativo mediante el uso de herramientas de control de versiones como GitHub. De esta manera, la práctica permitió conectar los conceptos vistos en clase con su implementación computacional, analizando los resultados obtenidos y su relación con los comportamientos esperados.

## II. MARCO TEORICO

En esta sección se presentan los fundamentos conceptuales que soportan el desarrollo de la práctica. Se describen los bloques principales implementados en GNU Radio, junto con las ecuaciones que permiten entender su funcionamiento y aplicación en sistemas de comunicaciones.

### A. Bloque Acumulador

El bloque acumulador se utiliza para calcular la suma acumulada de los valores de una señal de entrada. Para cada muestra recibida, se adiciona el valor actual con el acumulado anterior, generando una secuencia creciente o decreciente según los valores de entrada. Matemáticamente, se expresa como:

$$y(n) = x(n) + y(n-1) \quad (1)$$

donde  $x(n)$  corresponde a la señal de entrada y  $y(n)$  a la salida acumulada. Este tipo de bloque se emplea en análisis de potencia, procesos de demodulación y aplicaciones de procesamiento digital de señales.

### B. Bloque Diferenciador

El bloque diferenciador permite calcular la diferencia entre muestras consecutivas de una señal. En términos discretos, su salida se define como:

$$y(n) = x(n) - x(n-1) \quad (2)$$

Este bloque resulta de gran utilidad en la detección de transiciones rápidas, en procesos de demodulación y en la identificación de bordes dentro de señales digitales.

### C. Parámetros Estadísticos de una Señal

El análisis estadístico de señales es esencial para la caracterización de su comportamiento. Entre los parámetros más comunes se encuentran:

- **Media:** valor promedio de la señal en el tiempo  

$$X_m = \langle x(t) \rangle \quad (3)$$
- **Valor cuadrático medio (RMS):** permite cuantificar la potencia media de una señal.  

$$X_c = \sqrt{\langle x^2(t) \rangle} \quad (4)$$
- **Varianza:** mide la dispersión de la señal respecto a la media.

$$\sigma^2_x = \langle |x(t) - X_m|^2 \rangle \quad (5)$$

- **Desviación estándar:** raíz cuadrada de la varianza, que indica el grado de variabilidad de la señal.

$$\sigma_x = \sqrt{\sigma^2_x} \quad (6)$$

Estos parámetros son ampliamente utilizados en la evaluación de sistemas de comunicación, ya que permiten determinar propiedades como la potencia promedio, la estabilidad de la señal y su nivel de ruido.

### III. METODOLOGIA

Para el desarrollo de la práctica se siguieron los pasos que se describen a continuación.

#### A. Definición del objetivo

El propósito del laboratorio fue comprender el funcionamiento de GNU Radio a través de la implementación de bloques personalizados, verificando experimentalmente el comportamiento de operaciones básicas como la acumulación, la diferenciación y el cálculo de parámetros estadísticos de una señal discreta.

#### B. Configuración del repositorio en GitHub

Con el fin de mantener un trabajo colaborativo y ordenado, se creó un repositorio en GitHub donde se organizaron los directorios correspondientes a los archivos de la práctica, el código en GNU Radio y el presente informe. Esta herramienta permitió realizar control de versiones y facilitar la cooperación entre los integrantes del grupo. Referencias

#### C. Señal de entrada

Para evaluar los bloques se utilizó una señal cuadrada discreta de 8 muestras definida como:

$$x[n] = \{1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, -1\}$$

Esta señal es particularmente útil porque permite verificar dos aspectos: (i) en los tramos constantes, el diferenciador debe entregar valores nulos y el acumulador rampas lineales; (ii) en las transiciones, el diferenciador debe generar impulsos de magnitud proporcional al salto de la señal.

#### D. Implementación del bloque acumulador

El bloque acumulador fue implementado en Python siguiendo como referencia el código base proporcionado en la guía del curso [1, p. 19]. En la Fig. 1 se muestra el diagrama de bloques utilizado, en el cual la señal cuadrada definida previamente se empleó como entrada, y en la Fig. 2 se observa la salida acumulada, donde se aprecia la forma triangular producida por las sumas sucesivas.

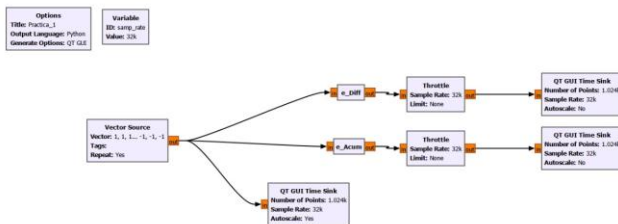


Fig 1. Diagrama de bloques

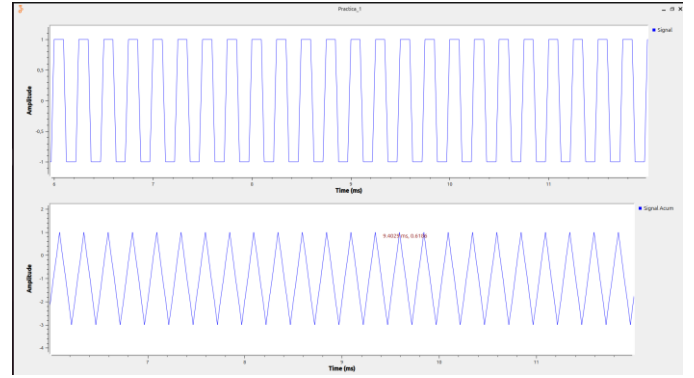


Fig 2. salida acumulada

#### E. Implementación del bloque diferenciador

El bloque diferenciador también fue desarrollado en Python, corrigiendo errores en el código base. Para su validación se utilizó la señal cuadrada definida anteriormente en la Fig. 1 se presenta el diagrama de bloques correspondiente, mientras que la salida se muestra en la Fig. 4, donde se aprecian impulsos de amplitud proporcional al cambio de nivel de la señal.

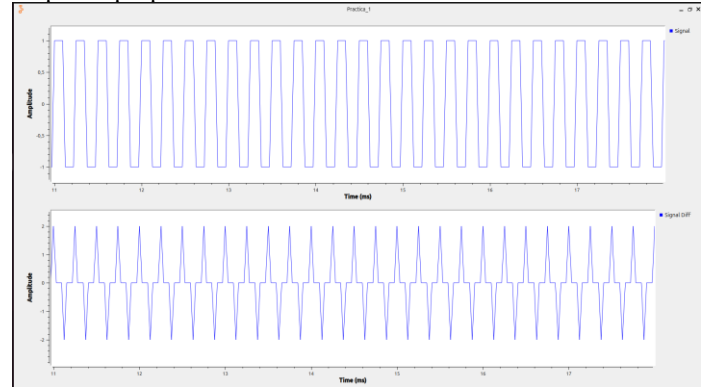


Fig 4. Salida diferenciador

#### F. Implementación del bloque estadístico

Finalmente, se implementó un bloque para calcular parámetros estadísticos básicos: media, valor RMS, potencia promedio, varianza y desviación estándar. Para ello se tomó como referencia el fragmento de código disponible en el libro guía proporcionado por el profesor [1, p. 20], el cual fue adaptado y corregido para asegurar una correcta lectura de los datos de entrada en GNU Radio. En la Fig. 5 el diagrama de bloques empleado. Dichos resultados coinciden con los valores teóricos calculados, lo cual valida el correcto funcionamiento del bloque estadístico.

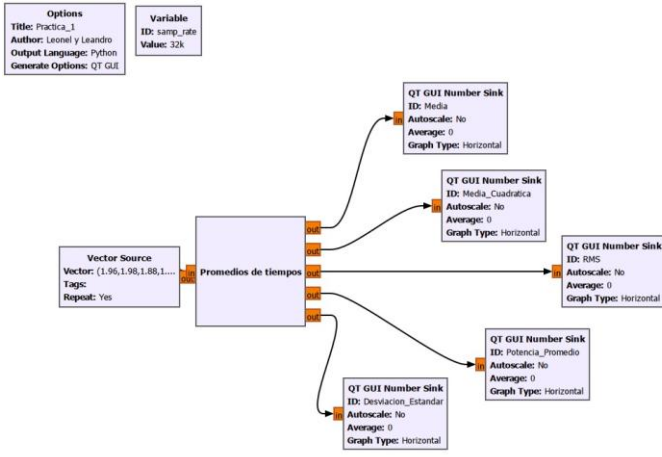


Fig 5. Diagrama de bloque estadístico

En este caso, se utilizó un experimento aleatorio basado en las alturas de jugadores de baloncesto (Fig. 6). Dado que el baloncesto es un deporte en el que generalmente los jugadores presentan estaturas por encima de 1.80 m, se consideró pertinente aplicar este contexto al análisis estadístico.

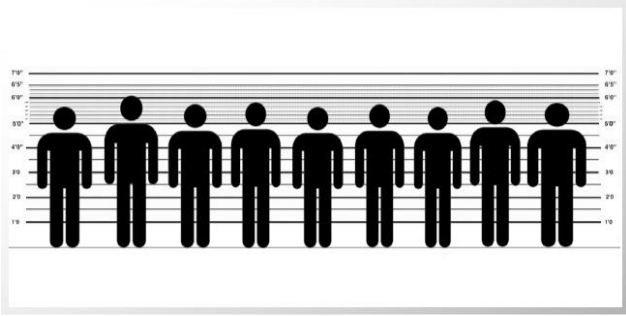


Fig 6. Altura de jugadores

#### IV. ANALISIS DE RRESULTADOS

##### ▪ Bloque acumulador

Para verificar el funcionamiento del acumulador se utilizaron dos señales cuadradas de distinta longitud. En la Fig. 2 se presenta la salida al usar un vector de ocho muestras, cuatro positivas y cuatro negativas, y en la Fig 7 se muestra la salida para un vector de 10 muestras, cinco positivas y cinco negativas. Se observa que la amplitud máxima alcanzada por la onda triangular depende directamente del número de muestras consecutivas con el mismo valor de entrada. Esto confirma que el acumulador no limita su salida a un rango fijo, sino que el valor máximo depende de la cantidad de entradas positivas acumuladas antes de iniciar el decrecimiento. Dicho comportamiento coincide con la definición teórica del

##### bloque[1]

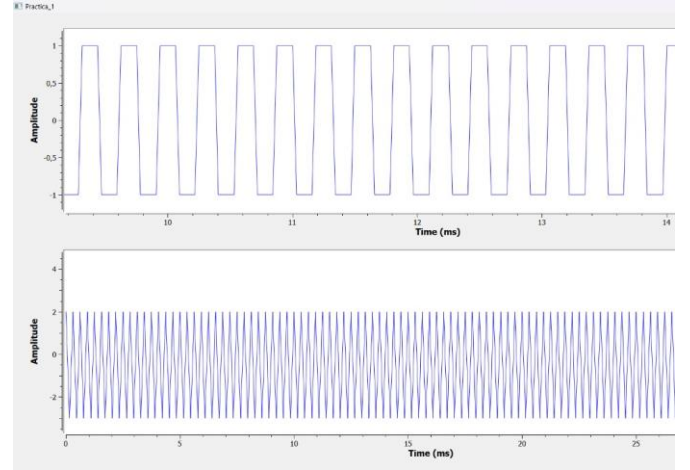


Fig 7. Salida acumulada

En el caso de la señal cuadrada de 8 muestras (cuatro positivas y cuatro negativas), el acumulador genera una onda triangular cuya amplitud alcanza un valor máximo de 4, de acuerdo con el número de muestras positivas consecutivas. Sin embargo, dado que el bloque de GNU Radio acumula de manera continua y no reinicia automáticamente en cada ciclo, la salida puede aparecer desplazada verticalmente dependiendo del instante en que se observe la simulación. Por esta razón, en la gráfica capturada la señal acumulada oscila aproximadamente entre 1 y -3. Este desplazamiento no afecta la amplitud, que se mantiene constante en 4, y confirma el comportamiento esperado según el análisis teórico.

##### ▪ Bloque diferenciador

El diferenciador discreto calcula la diferencia entre cada muestra y la muestra anterior, de manera que su salida refleja únicamente los cambios que ocurren en la señal de entrada. En los intervalos donde la señal permanece constante, la salida es cero, ya que no existe variación entre muestras consecutivas. Cuando se utiliza una señal cuadrada que oscila entre 1 y -1, el diferenciador responde únicamente en los instantes de transición. Al pasar de -1 a 1, el cambio es de dos unidades, por lo que la salida presenta un impulso positivo de amplitud 2. De manera análoga, al pasar de 1 a -1 el cambio también es de dos unidades, pero en sentido contrario, generando un impulso negativo de amplitud -2. De esta forma, los valores observados en la salida del diferenciador no dependen del nivel absoluto de la señal, sino de la magnitud del salto entre muestras consecutivas. En el caso de la onda cuadrada simétrica, dichos saltos siempre son de dos unidades, lo que explica la aparición de impulsos de  $\pm 2$  en cada transición.

##### ▪ Bloque estadístico

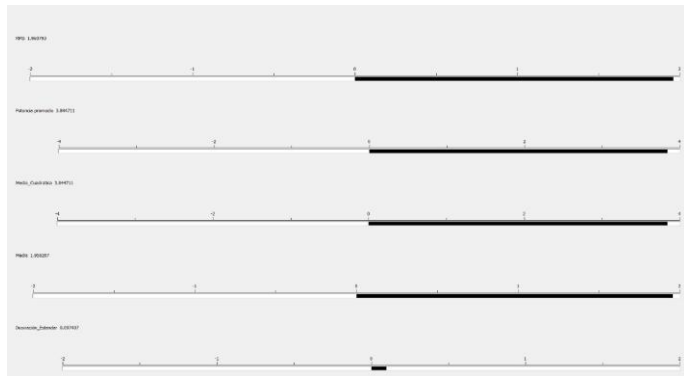
Con el fin de realizar la prueba, se consultó una base de datos de 11 jugadores de la liga profesional de baloncesto en Colombia, de la cual se obtuvo el siguiente vector de entrada:

$x[n]=\{1.96, 1.98, 1.88, 1.85, 2.01, 1.96, 1.98, 1.99, 2.13, 1.75, 2.05\}$

Aplicando las ecuaciones estadísticas presentadas en el marco teórico, se obtuvieron los parámetros característicos de este conjunto de datos, cuyos resultados se presentan en la **Fig. 8**.

- **Media:** valor promedio de las alturas, que indica la estatura típica de los jugadores analizados.
- **RMS y potencia promedio:** medidas de magnitud que permiten cuantificar la “energía” de los datos, análogas al cálculo de potencia en señales.
- **Varianza y desviación estándar:** parámetros que reflejan el grado de dispersión respecto a la media, mostrando qué tan homogéneas o diversas son las alturas en el grupo.

Estos cálculos, al igual que en el caso de la señal cuadrada, confirman que el bloque estadístico de GNU Radio permite obtener información clara y coherente sobre las propiedades de un conjunto de datos, validando su utilidad tanto en contextos de procesamiento de señales como en aplicaciones prácticas de análisis estadístico.



**Fig 8. Resultados estadísticos**

## V. CONSLUCIONES

- La implementación del bloque acumulador evidenció que la salida adquiere una forma triangular, cuya amplitud máxima depende directamente del número de muestras consecutivas con el mismo valor en la señal de entrada. Este resultado permitió comprobar experimentalmente que la operación de suma acumulativa transforma niveles constantes en rampas lineales, confirmando la teoría estudiada.
- El bloque diferenciador mostró un comportamiento coherente con su definición matemática: la salida permaneció en cero en los tramos constantes y generó impulsos en las transiciones, cuya magnitud correspondió exactamente al salto entre niveles. En la onda cuadrada utilizada, el salto fue de dos unidades, lo que se reflejó en impulsos de amplitud  $\pm 2$ .
- El bloque estadístico permitió validar los cálculos teóricos de la señal cuadrada, obteniéndose media igual a cero, RMS igual a uno, potencia promedio de uno, varianza de uno y

desviación estándar de uno. La coincidencia entre los valores calculados y los obtenidos en la simulación confirma la correcta implementación del sistema.

- En conjunto, los tres bloques desarrollados (acumulador, diferenciador y estadístico) facilitaron la comprensión práctica de operaciones matemáticas fundamentales en el procesamiento digital de señales. Esta práctica no solo reforzó la relación entre teoría y simulación, sino que también mostró la utilidad de estas operaciones en el análisis y caracterización de sistemas de comunicación.

## VI. REFERENCIAS

- [1] H. Ortega y O. Reyes, «Comunicaciones Digitales basadas en radio definidas por software», Google Docs. Accedido: 29 de agosto de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://drive.google.com/file/d/1fd9M4\\_bIjwLOajQdkdN9ex2pLYRoXomz/view?usp=drive\\_link&usp=embed\\_facebook](https://drive.google.com/file/d/1fd9M4_bIjwLOajQdkdN9ex2pLYRoXomz/view?usp=drive_link&usp=embed_facebook)