

# UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

## INFORME DE LABORATORIO - SDR

### LABORATORIO N° 3

#### Estudiantes:

Montezuma Diego<sup>1</sup>  
Narvaez Israel<sup>2</sup>  
Panama Anthony<sup>3</sup>

Docente: Msc. Edgar Maya.

Técnico de laboratorio: Msc. Alejandra Pinto Erazo

20 de abril de 2024

## 1. Titulo de la práctica

Comparativa entre RTL-SDR y SDR Pluto.

## 2. Introducción

PlutoSDR, un dispositivo SDR económico desarrollado por Analog Devices. Abordaremos los pasos necesarios para instalar PlutoSDR, incluyendo la configuración de los controladores y el software, y luego exploraremos los procesos de transmisión y recepción de datos con PlutoSDR.

## 3. Objetivos

### 3.1. Objetivo Principal

- Realizar la instalación, configuración y posterior captura de señales mediante el dispositivo ADALM-PLUTO con la ayuda del software GNU Radio.

### 3.2. Objetivos Secundarios

- Realizar la instalación de los drivers para el dispositivo ADALM-PLUTO.
- Generar una configuración de bloques mediante el uso de GNU Radio para la captura de señales con ADALM-PLUTO.
- Realizar una comparación entre las señales capturadas con ADALM-PLUTO y RTL-SDR.

## 4. Fundamentación teórica

### Introducción a la radio definida por software (SDR).

La radio definida por software (SDR) es una tecnología que se basa en el uso de software para llevar a cabo las funciones de la radio, a diferencia de los métodos convencionales que dependen de hardware dedicado. En SDR, procesos como la modulación y la demodulación de señales, el procesamiento y la gestión de frecuencias, se realizan a través de software en lugar de hardware especializado. Esta aproximación ofrece flexibilidad y facilita la actualización y modificación de los sistemas de radio mediante ajustes en el software. ([PySDR, 2024](#))



Figura 1: PlutoSDR

### Características

- RF autónomo portátil módulo de aprendizaje.
- Plataforma de experimentación rentable.
- Cobertura RF desde 325 MHz a 3,8 GHz.
- Velocidad flexible, ADC de 12 bits y CAD.
- Un transmisor y un receptor (SMA hembra, 50 ohms).
- Medio o dúplex completo MATLAB, soporte de Simulink.
- GNU Radio fregadero y bloques fuente.
- Libiio, un C, C++, C.
- Interfaz USB 2.0.
- Caja de plástico alimentado por USB.
- Hasta 20 MHz de ancho de instantáneo (I/Q complejo).

Especificación	Detalles
<b>Potencia</b>	
Entrada de corriente (USB)	4.5 V a 5.5 V
<b>Rendimiento de conversión y relojes</b>	
Tasa de muestreo ADC y DAC	65.2 kSPS a 61.44 MSPS
Resolución ADC y DAC	12 bits
Precisión de frecuencia	±25 ppm
<b>Rendimiento RF</b>	
Rango de sintonización	325 MHz a 3800 MHz
Potencia de salida Tx	7 dBm
Figura de ruido Rx	<3.5 dB
Precisión de modulación (EVM)	-34 dB (2Blindaje RF)
Ninguno	
<b>Digital</b>	
USB	USB 2.0 On-the-Go
Núcleo	ARM Cortex®-A9 a 667 MHz
Células lógicas FPGA	28k
DSP Slices	80
DDR3L	4 Gb (512 MB)
QSPI Flash	256 Mb (32 MB)
<b>Físico</b>	
Dimensiones	117 mm × 79 mm × 24 mm 4.62"× 3.11"× 0.95"
Peso	114 g
Temperatura	10°C a 40°C

Tabla 1: Especificaciones típicas de PlutoSDR ([Overview, 2024](#))

El PlutoSDR tiene canales independientes para la recepción y transmisión, que pueden funcionar en modo full-duplex. El módulo de aprendizaje activo puede generar o captar señales de RF analógicas en un rango de 325 MHz a 3.8 GHz, con una tasa máxima de muestreo de 61.44 MSPS. De tamaño compacto y portátil, PlutoSDR es un dispositivo autónomo que se alimenta completamente a través de USB con el firmware predeterminado. Además, PlutoSDR es compatible con OS X® gracias a su integración con los controladores libiio. ([PySDR, 2024](#)).

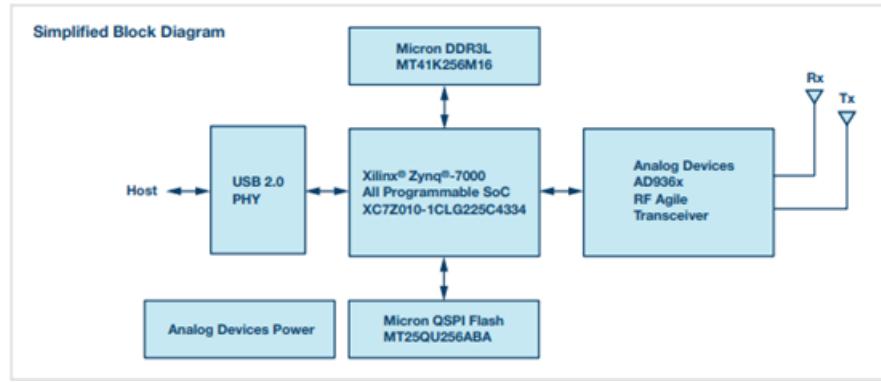


Figura 2: Esquema PlutoSDR

## Instalación de Software/Drivers Pluto

El código Python presentado en este libro debería ser compatible con los sistemas operativos Windows, Mac y Linux. Sin embargo, las instrucciones de instalación a continuación están destinadas específicamente para Ubuntu 22. Si encuentra dificultades al instalar el software en su sistema operativo, consulte las instrucciones proporcionadas por Analog Devices. Recomiendo utilizar una máquina virtual con Ubuntu 22 para seguir las instrucciones siguientes. Alternativamente, si está utilizando Windows 11, el Subsistema de Windows para Linux (WSL), que emplea Ubuntu 22, tiende a funcionar bien y ofrece soporte gráfico integrado.([Overview, 2024](#)).

<https://pysdr.org/es/content-es/pluto.html>

## Instalación y configuración

- Crear una nueva máquina virtual:
- Establezca la memoria asignada a aproximadamente el 50
- Configurar el disco duro virtual:
- Seleccione VDI y asigne el tamaño de almacenamiento de manera dinámica, con un mínimo de 15 GB. Si desea más seguridad, puede optar por asignar más espacio.
- Descargar la imagen de Ubuntu 22 Desktop (.iso):
- Visite este enlace para obtener la imagen de Ubuntu 22 Desktop.

### Iniciar la máquina virtual:

- Se le pedirá seleccionar un medio de instalación. Elija el archivo .iso de Ubuntu 22 Desktop.

## Radio definida por software

- Seleccione la opción "Instalar Ubuntu", siga las configuraciones predeterminadas y acepte los cambios que se le presenten. Continúe y elija un nombre y contraseña.

### Finalizar la configuración:

- Espere a que la máquina virtual complete el proceso de inicialización.
- Después de finalizar, la VM se reiniciará automáticamente; en ese momento, apáguela.
- Ajustar la configuración de la máquina virtual:
  - Vaya a la configuración de la VM (ícono de engranaje).
  - En "Sistema» "Procesador» seleccione al menos 3 núcleos de CPU.
  - En "Pantalla» "Memoria de video» elija un valor significativamente alto si tiene una tarjeta de video dedicada.
- Inicie su máquina virtual para proceder.

### Instalación del controlador para PlutoSDR.

- Los siguientes comandos de terminal están destinados a compilar e instalar la versión más reciente de las siguientes bibliotecas:
  - libiio: Biblioteca multiplataforma de Analog Devices para la interfaz de hardware.
  - libad9361-iio: Controlador específico para el chip RF AD9361 presente en el dispositivo PlutoSDR.
  - pyadi-iio: API Python para PlutoSDR, la cual es nuestro objetivo final; esta depende de las dos bibliotecas mencionadas anteriormente

## 5. Materiales y Equipos

- PlutoSDR.
- PC personal.
- Software GNU,Angel.

## 6. Desarrollo

Ya que en laboratorios anteriores se ha realizado la instalación tanto de los drivers del dispositivo RTL-SDR V3 y el software SDR Share así como GNU Radio, en esta ocasión, comenzamos con la instalación de los drivers para el dispositivo ADALM-PLUTO, para ello, como primer paso nos dirigimos hacia la wiki de ANALOG DEVICES, ingresando al siguiente enlace: <https://wiki.analog.com/university/tools/pluto/drivers/windows>.

## Radio definida por software

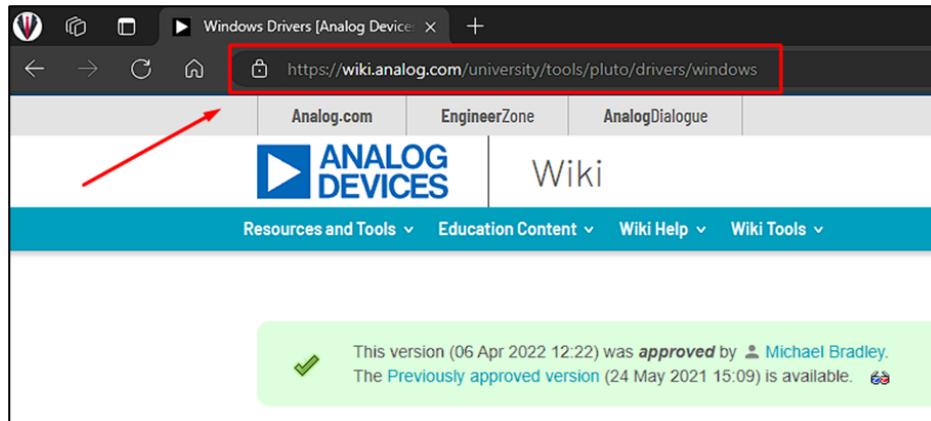


Figura 3: Wiki para descarga de drivers.

Una vez aqui, nos dirigiremos hacia la parte inferior de la pagina y buscaremos el apartado de descarga del software, como se puede apreciar en la siguiente figura, acto seguido se procede a su descarga.



Figura 4: Link de descarga de drivers ADALM-PLUTO

Una vez que el archivo se haya descargado, nos aparecerá un ejecutable similar al que se ve en la siguiente figura, el cual ejecutaremos para dar inicio al proceso de instalación.



Figura 5: Archivo descargado para instalación de drivers

Cuando la instalación haya comenzado, aparecerá la ventana de acuerdo de licencia, la cual debemos aceptar para continuar con el proceso, tal como se observa en la siguiente figura.

## Radio definida por software

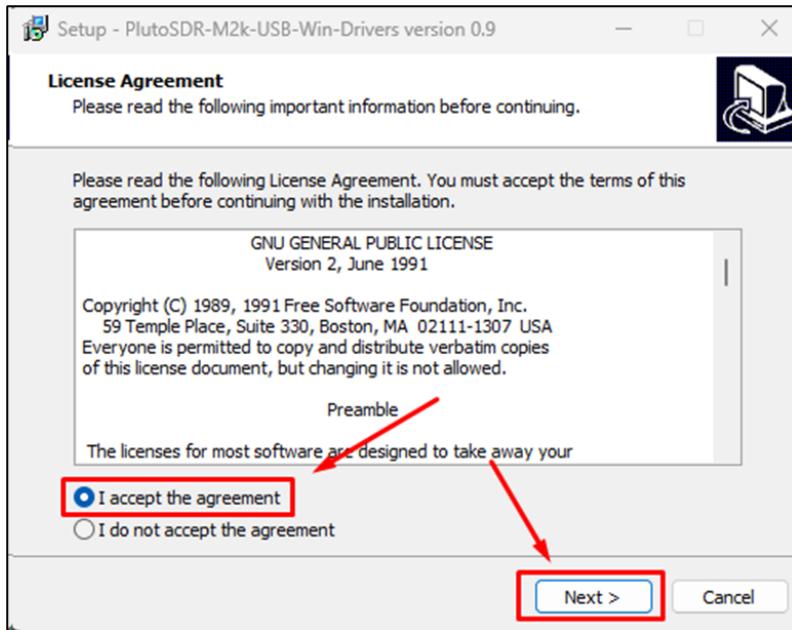


Figura 6: Ventana de inicio de instalación de drivers.

En la ventana que nos aparece a continuación daremos clik en “Install” para comenzar con la instalación, en la cual una vez iniciada nos aparecerá una ventana como la que se observa en el lado derecho de la siguiente figura, aquí daremos en “siguiente”.

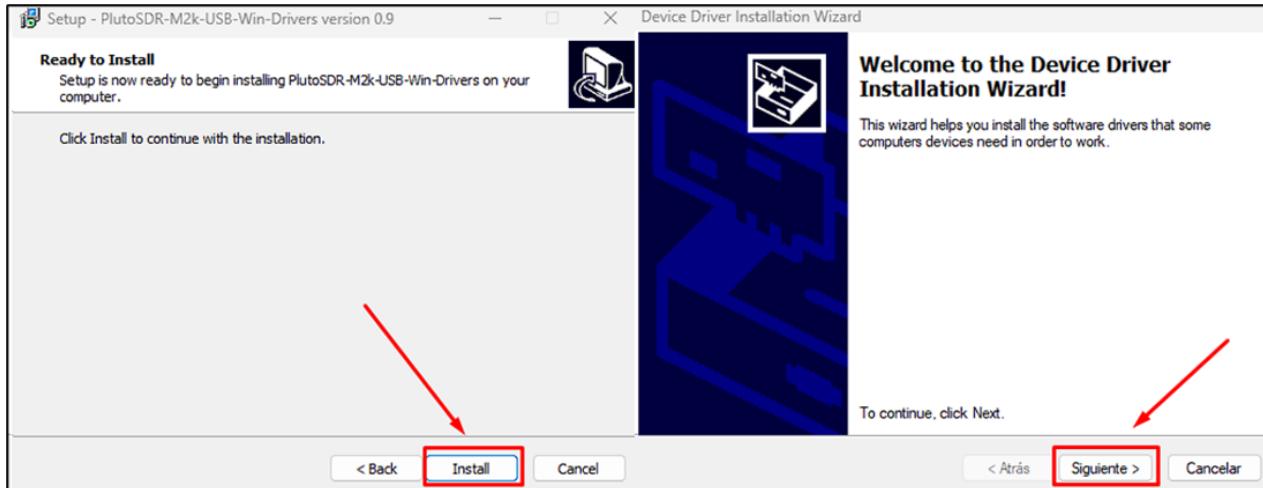


Figura 7: Proceso de instalación de drivers ADALM-PLUTO.

Una vez finalizado el proceso de instalación, veremos que mediante un recuadro se nos informa los drivers se han instalado y el dispositivo esta listo para utilizarse, entonces finalizaremos la instalación.

## Radio definida por software

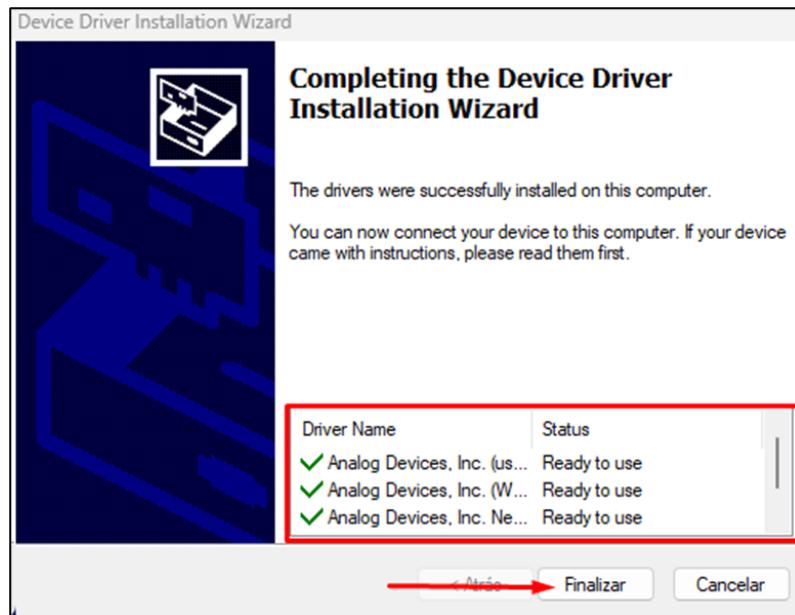


Figura 8: Finalización de la instalación de drivers

Ahora el siguiente proceso es realizar la conexión del dispositivo ADALM-PLUTO a nuestra computadora, tal como se observa en la siguiente figura.

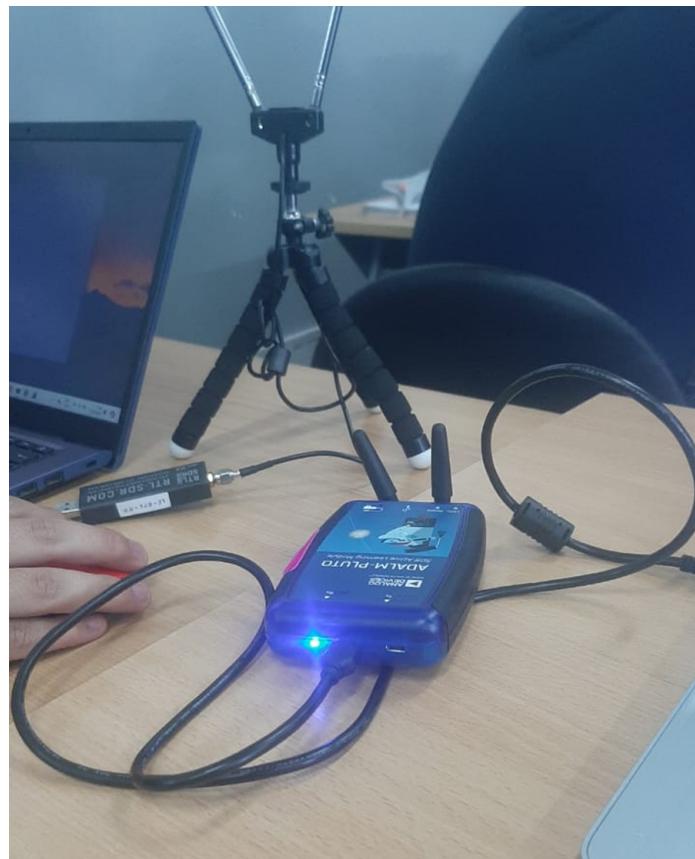


Figura 9: Conexión de dispositivo ADALM-PLUTO.

## Radio definida por software

Para comprobarlo vamos a ir al administrador de dispositivos y en el apartado de puertos, veremos que ya se reconoce el denominado M2k Serial Console, lo que nos da a entender que el dispositivo ya es reconocido por el sistema.

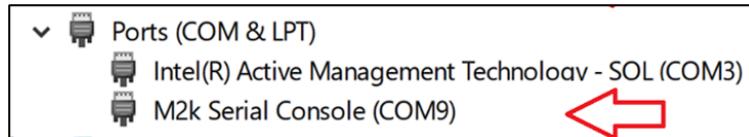


Figura 10: Drivers de puertos de conexión ya instalados.

Una vez realizado este proceso, debemos abrir el software GNU Radio, en el cual vamos a realizar la creación de un nuevo proyecto, para implementar los bloques necesarios que nos permitan capturar las frecuencias con el dispositivo.

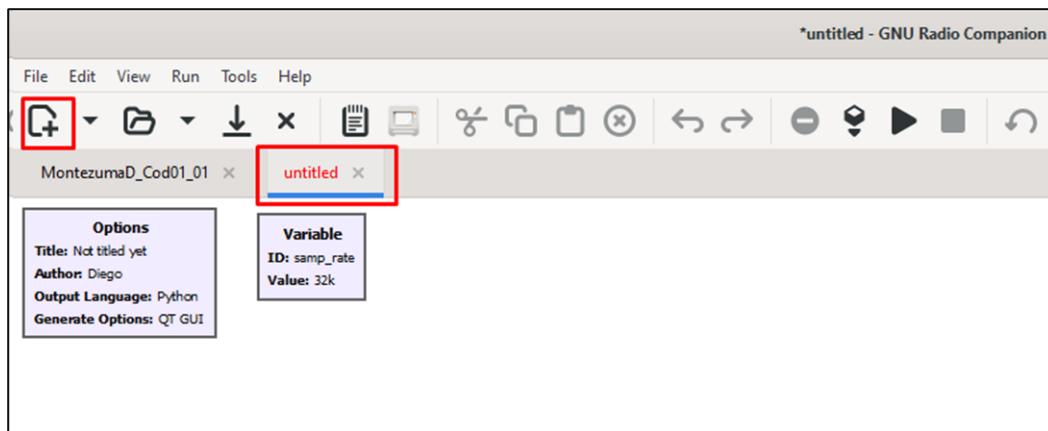


Figura 11: Inicio del software GNU Radio.

Si nos desplazamos al buscador de bosques e ingresamos la opción “Pluto”, se nos desplegarán las diferentes opciones que este trae, debemos seleccionar el bloque denominado “PlutoSDR Source”, tal como se aprecia en la siguiente figura.

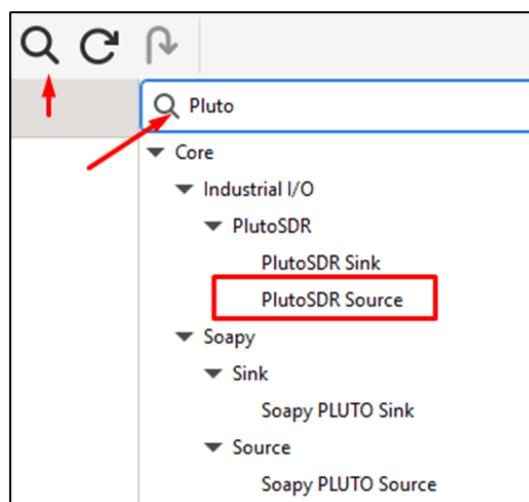


Figura 12: Búsqueda del bloque Pluto Source.

## Radio definida por software

El bloque del dispositivo Pluto es el que se puede observar en la siguiente figura, como se puede apreciar, este tiene algunas diferencias con su contraparte de RTL-SDR Source, pero algunas de sus similitudes están en la frecuencia central, la frecuencia de muestreo, ganancia. Pero tiene un cambio en configuraciones como Tamaño de buffer, tipo de cuadratura, ancho de banda, configuración de filtros y corrección de corriente directa.

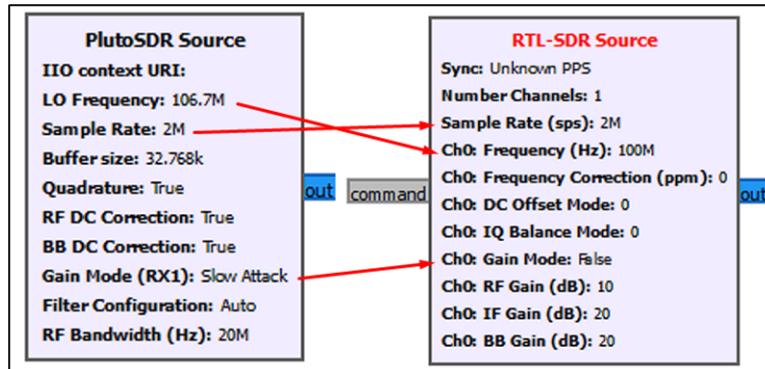


Figura 13: Comparación de bloques Pluto Source y RTL Source

Una vez que tenemos el bloque con el que podemos capturar las señales que provienen desde el dispositivo ADALM-PLUTO, lo siguiente es armar la configuración de bloques típica que ya hemos utilizado posteriormente con el RTL-SDR, para lo cual necesitamos de bloques de variables tanto para la frecuencia de muestreo como la frecuencia central, un bloque de “Rational Resampler” que funciona como un dispositivo para realizar un cambio en la frecuencia de muestreo de una señal. También utilizamos el bloque WBFM Receive, el cual permite capturar las señales en frecuencia modulada para poder convertirlas en una forma procesable. Finalmente se hace uso de los bloques de salida que permiten tanto la escucha del audio como la grafica de los espectros de frecuencia y espectrogramas, estos bloques los encontramos en la parte inferior derecha de la figura.

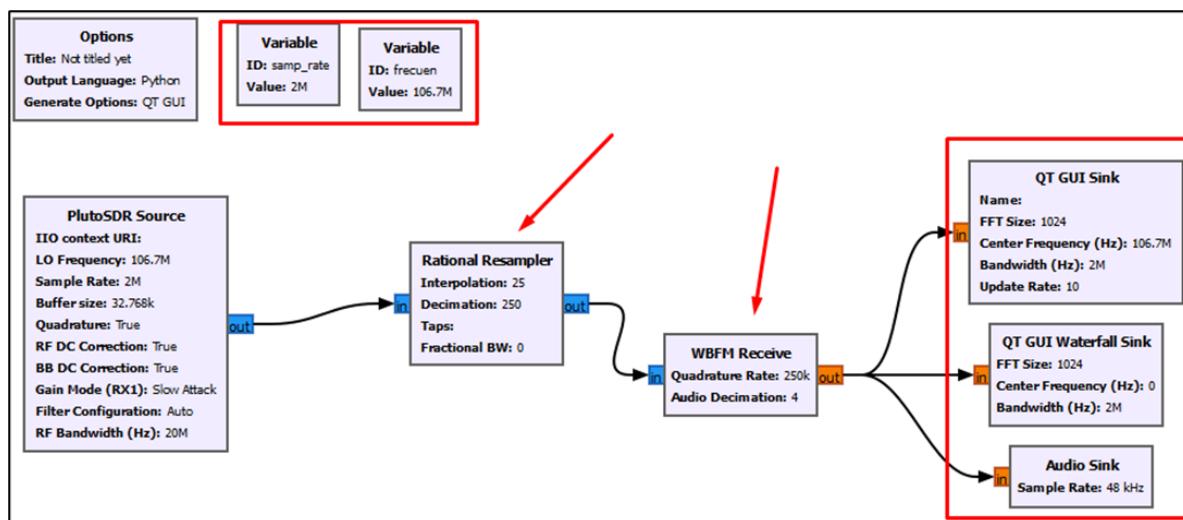


Figura 14: Esquema de bloques propuesto para la captura de señales con ADALM-PLUTO.

## 7. Interpretación de Resultados / Discusión

La tasa de muestreo o frecuencia de muestreo, representa la cantidad de muestras tomadas por unidad de tiempo de una señal continua para convertirla de una forma analógica a una digital. Este proceso es esencial para la conversión de señales analógicas en señales discretas, permitiendo así su procesamiento y análisis digital. Dentro del software SDRSharp se realizó el cambio adecuado de la tasa de muestreo, ac continuación se puede visualizar la cantidad de tasas de muestreo que se pueden adaptar dentro de cada frecuencia seleccionada.

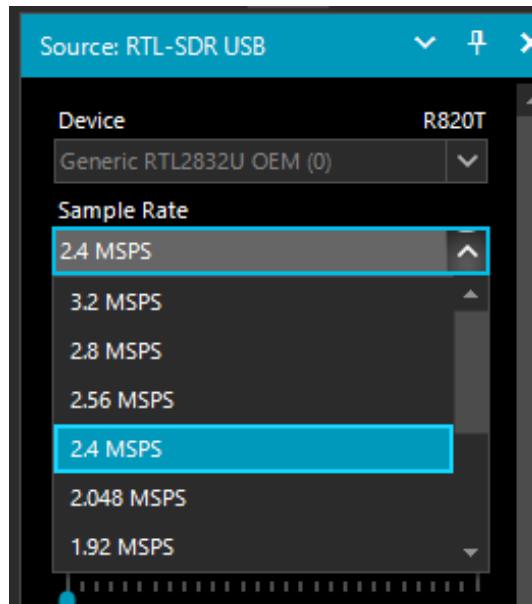


Figura 15: Tasas de muestreo

Al utilizar simultáneamente GNU Radio y SDRSharp junto con RTL-SDR, se aprecia una experiencia distinta pero complementaria. Mientras GNU Radio, con su enfoque modular basado en bloques, ofrece una gran flexibilidad y capacidad de adaptación, siendo especialmente adecuado para usuarios con conocimientos avanzados en SDR y programación, SDRSharp destaca por su interfaz gráfica intuitiva y fácil de utilizar, lo que la convierte en una opción accesible para aquellos usuarios menos familiarizados con el procesamiento de señales. Ambas herramientas son compatibles con RTL-SDR, lo que permite aprovechar hardware económico para la recepción de señales de radio. La elección entre estas dos opciones dependerá de las necesidades específicas del usuario, así como del nivel de experiencia y la complejidad deseada en el procesamiento de señales de radio.

## Radio definida por software

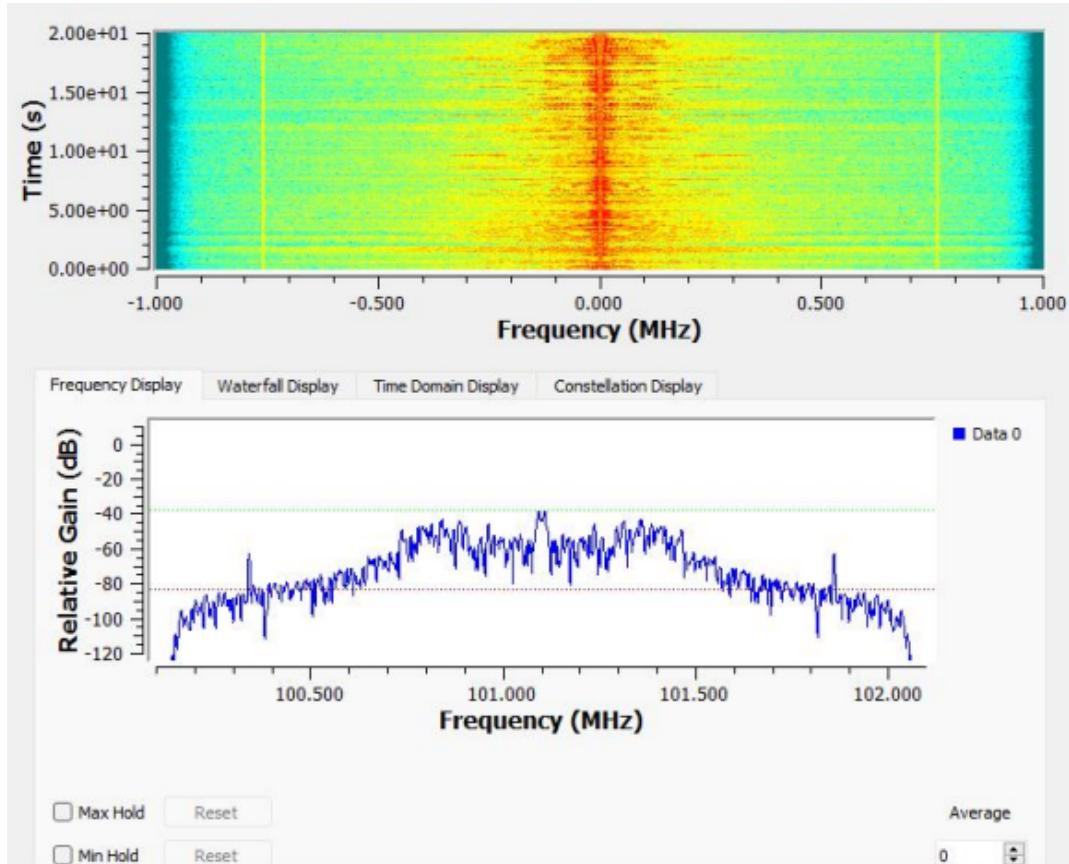


Figura 16: Frecuencia en GNU Radio de 101.1 MHz

Dentro del software SDRSharp al igual que en GNU Radio, se debe realizar la comparación entre ambas frecuencias al mismo tiempo con el fin de lograr un análisis sobre cuál es el equipo que tiene mejor recepción de sonido, es decir, en GNU Radio se utilizó el hardware Pluto y la captura de la frecuencia fue nítida sin mucho ruido, por otro lado, al utilizar SDRSharp con RTL-SDR la misma frecuencia se debe añadir varios parámetros para que la frecuencia no tenga mucho ruido.

## Radio definida por software

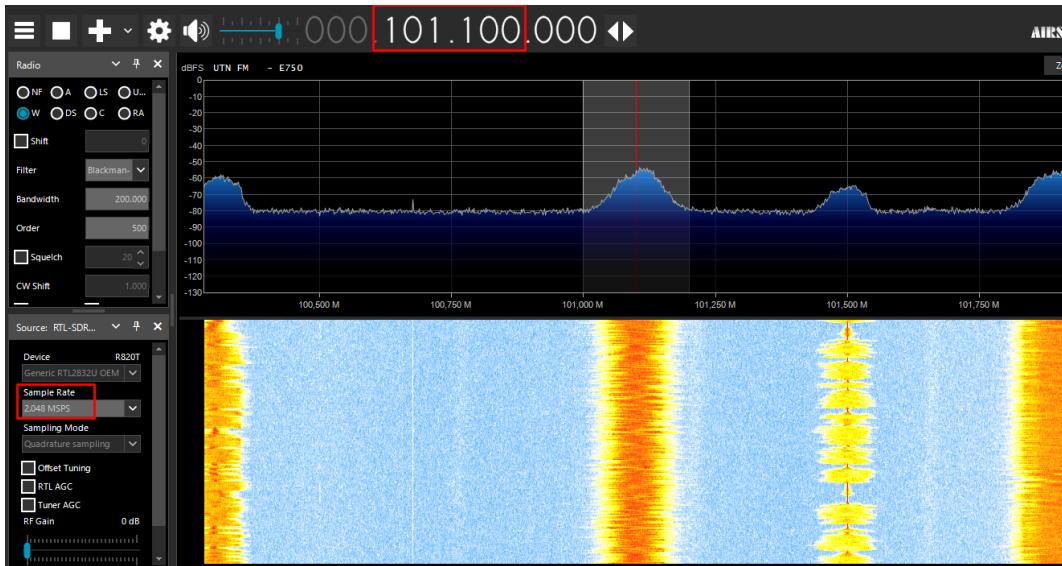


Figura 17: Evidencia de frecuencia 101.1 MHz

Es fundamental disponer de una frecuencia de muestreo óptima, en este ejemplo y como todos los demás, en GNU Radio al emplear el hardware Pluto para garantizar la calidad del sonido y la precisión en la recepción de señales, es ideal ingresar correctamente los parámetros para capturar las señales FM. Además, una tasa de muestreo adecuada permite una captura más fiel de la información presente en las señales de radio, lo que se traduce en una reproducción más precisa del sonido. Además, dentro de cada bloque se puede realizar un ajuste preciso de la frecuencia de muestreo con el fin de evitar problemas como la distorsión de las señales, los cuales podrían comprometer la interpretación correcta de los datos recibidos.

## Radio definida por software

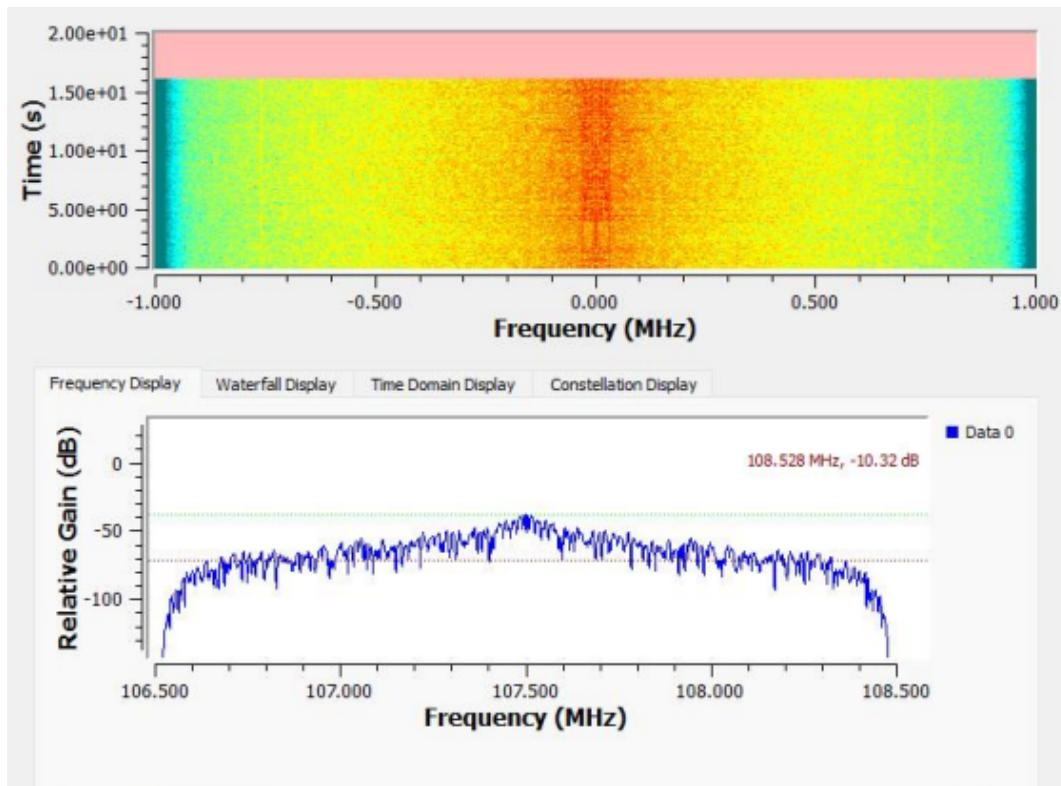


Figura 18: Frecuencia en GNU Radio de 107.528 MHz

De igual manera dentro del software SDRSharp, se capturó la frecuencia 107.528 MHz, se logró observar dentro de laboratorio que esta frecuencia generaba más ruido o distorsiones de la señal, en comparación con el hardware pluto, este equipo recibía la señal con poca distorsión.

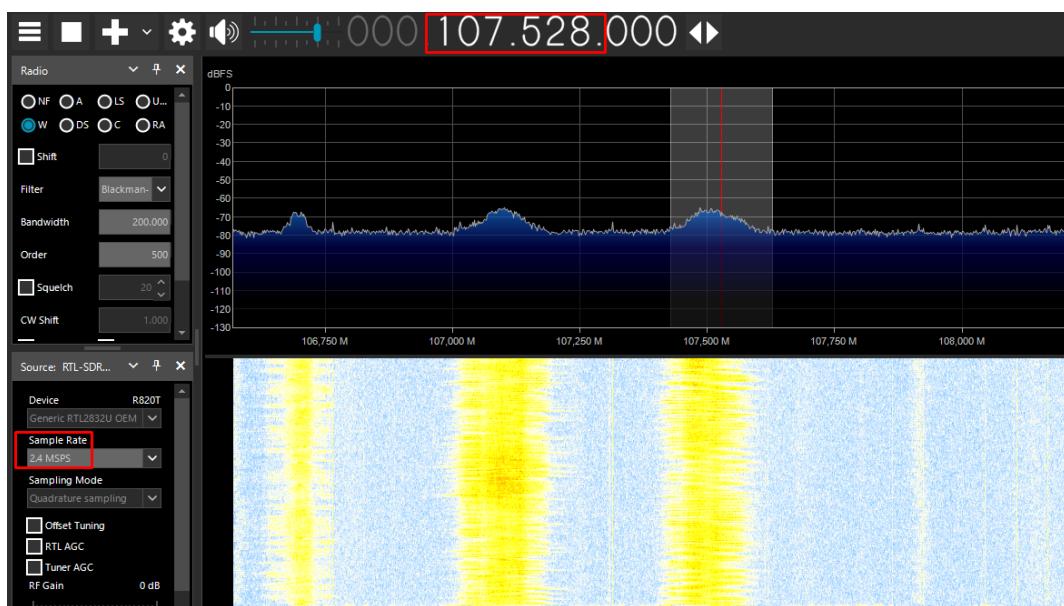


Figura 19: Evidencia de Frecuencia 107.528 MHz

## Radio definida por software

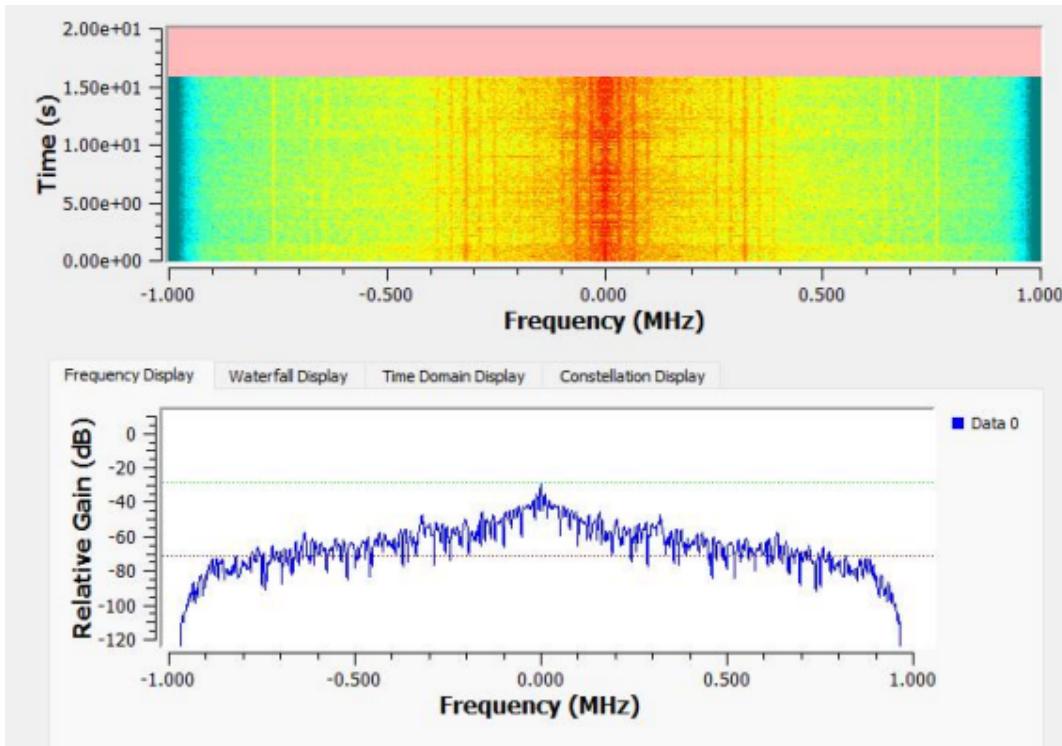


Figura 20: Frecuencia en GNU Radio de 93.1 MHz

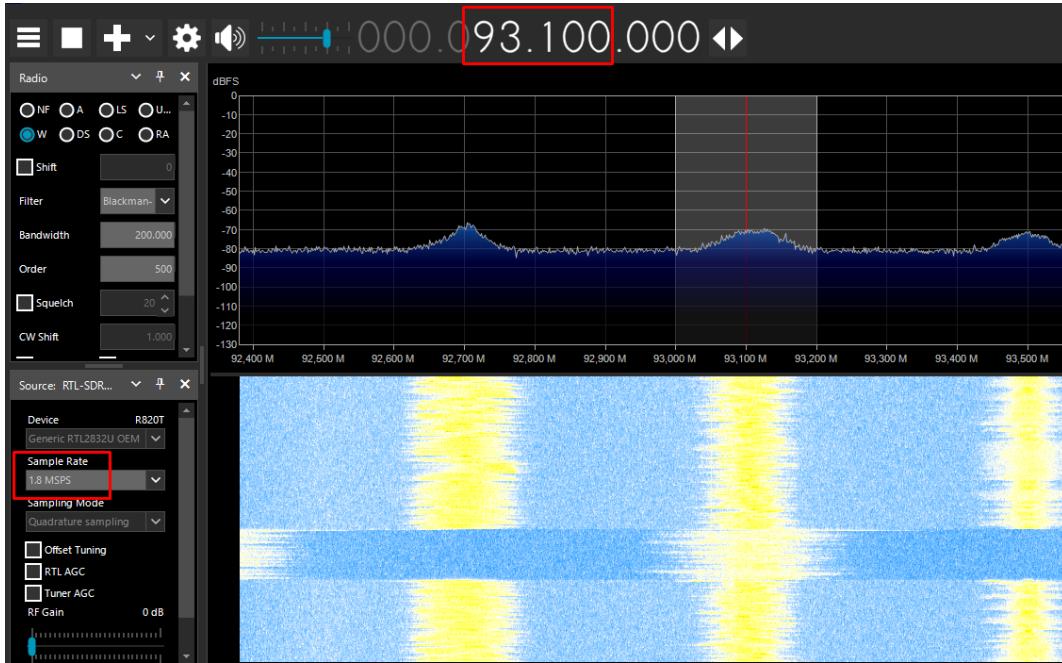


Figura 21: Evidencia Frecuencia 93.1 MHz

Dentro del software GNU Radio, se puede visualizar la ganancia relativa, esta función desempeña un papel crucial al ajustar la ganancia de un bloque específico en comparación con otros bloques dentro del flujo de señales. Este parámetro permite armonizar y optimizar la amplitud de la señal.

## Radio definida por software

de salida de dicho bloque con respecto a la señal de entrada y otros bloques en el proceso de señalización. La modificación de esta ganancia relativa puede resultar necesaria para prevenir la saturación o la distorsión de la señal, mejorar la relación señal-ruido o adaptar la amplitud de la señal a las necesidades de otros bloques dentro del flujo de procesamiento de señales.

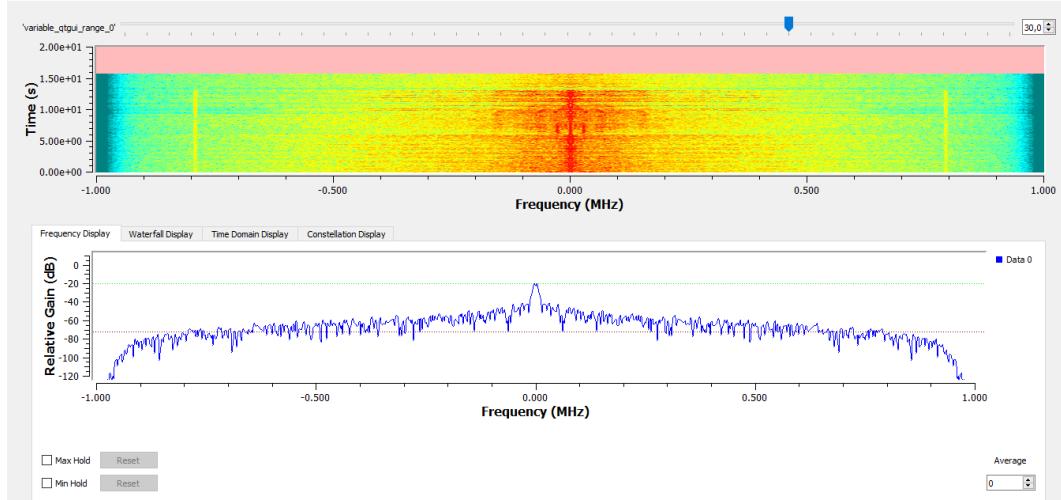


Figura 22: Frecuencia en GNU Radio de 89.1 MHz

De igual manera, para lograr capturar de mejor manera la señal dentro de SDRSharp, es necesario realizar ajustes para que el sonido sea nítido

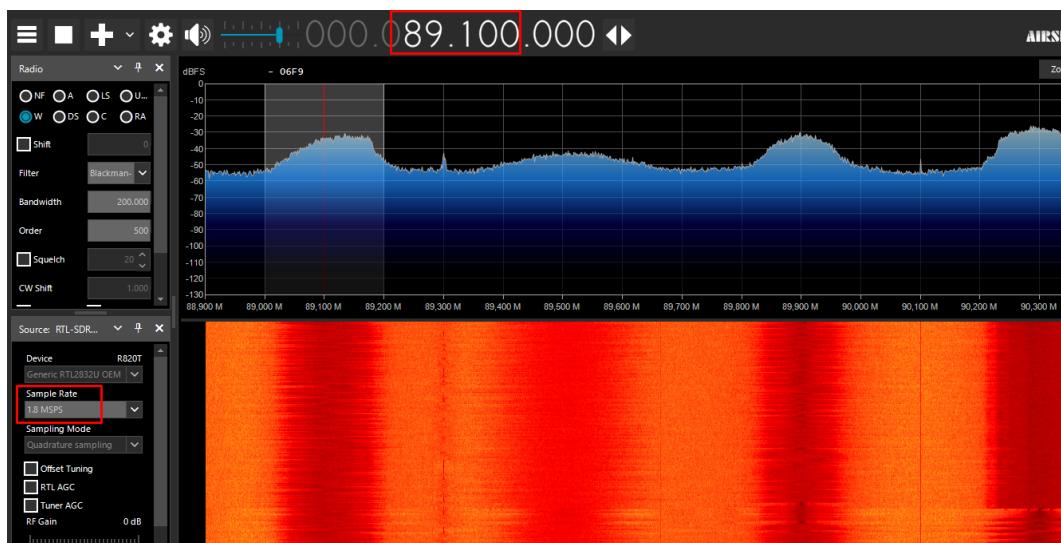


Figura 23: Evidencia Frecuencia 89.1 MHz

Las señales AM capturadas, son las señales en donde se logró obtener pequeños sonidos de voz, de igual manera se configuró la tasa de muestreo, con el fin de lograr tener algo de ganancia de sonido.

## Radio definida por software

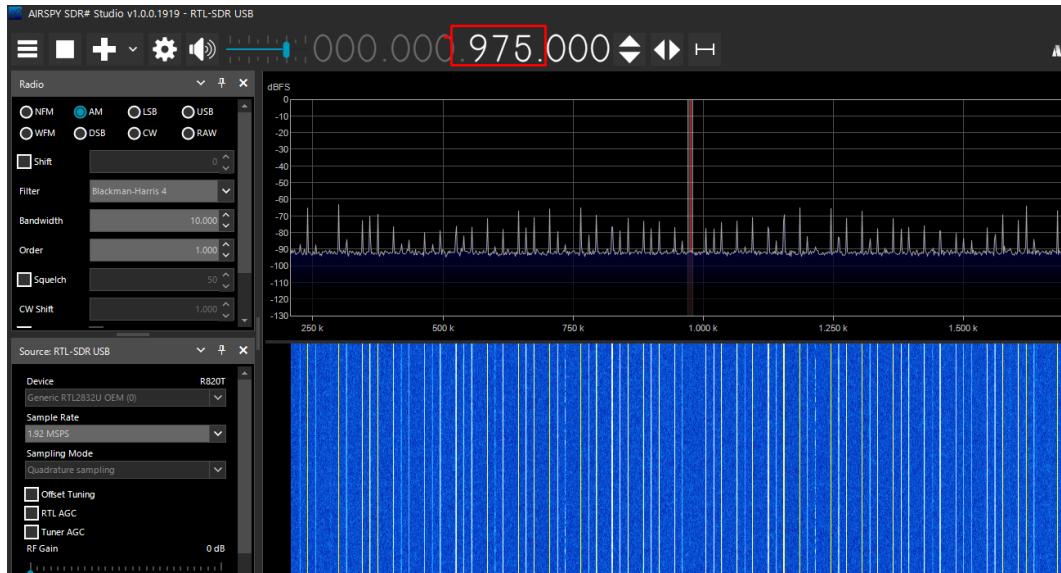


Figura 24: Señal 975 AM

Estas señales AM capturas sirven prácticamente como un análisis de la calidad de la señal y la identificación de interferencias.

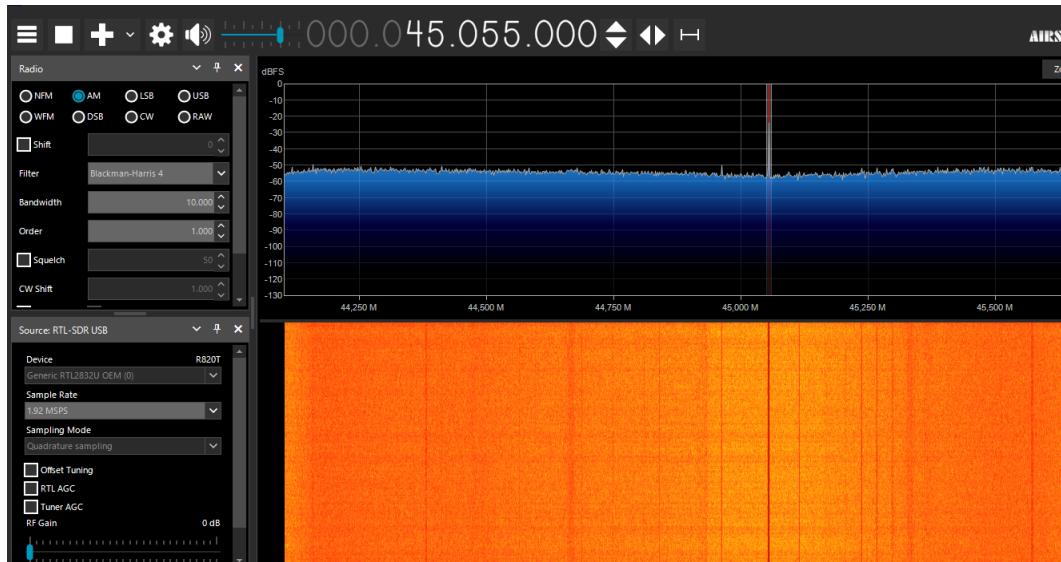


Figura 25: Señal 45.055 AM

## 8. Video

[Equipo05\\_Video03\\_SDR](#)

## 9. Conclusiones y Recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

- PlutoSDR es una solución rentable para experimentación y aprendizaje en radio definida por software. Su capacidad de operar en un rango de frecuencias amplio, combinado con su compatibilidad con diferentes entornos de programación, lo convierten en una herramienta versátil.
- La API de Python para PlutoSDR ofrece una plataforma accesible para quienes buscan aprender sobre radio definida por software. Los ejemplos de código y los recursos disponibles facilitan el desarrollo de habilidades en transmisión y recepción de señales.
- Aunque PlutoSDR es una herramienta de bajo costo, su precisión en frecuencia y capacidad de modulación lo hacen adecuado para aplicaciones prácticas en campos como comunicaciones inalámbricas y procesamiento de señales.
- En conclusión, mientras con RTL-SDR podemos capturar señales que varían en las frecuencias desde los 500KHz hacia los 24MHz, con ADALM-PLUTO, podemos capturar señales que van desde los 300 MHz hacia los 3.8 GHz, por ende las señales que puede capturar ADALM-PLUTO van más hacia las frecuencias más altas.
- Basado en el rango de frecuencias de captura, la conclusión es que ADALM-PLUTO es un dispositivo más robusto, con el cual es posible la captura y envío de señales de RF.
- Como se aprecia en el análisis de resultados, RTL-SDR al contar con una antena que abarca más espacio de recepción, puede capturar las señales de frecuencia modulada con más intensidad.

### 9.2. Recomendaciones

- Es importante mantener actualizados los controladores y el software asociados a PlutoSDR para asegurar la compatibilidad y el rendimiento óptimo de la plataforma.
- Para obtener el máximo provecho de PlutoSDR, se recomienda ajustar las configuraciones del hardware y software según las necesidades específicas de cada aplicación. Esto puede incluir la selección de parámetros de transmisión y recepción óptimos.
- La combinación de PlutoSDR con herramientas de análisis de señales, como MATLAB o GNU Radio, puede potenciar sus capacidades y abrir nuevas posibilidades de experimentación y desarrollo.
- Es recomendable generar bloques de variables para poder controlar valores repetidos en cada uno de los bloques de la estructura construida para la recepción de señales, como lo es el bloque de frecuencias y de frecuencia de muestreo.
- Se recomienda realizar las pruebas en lugares despejados, puesto que se ha visualizado que al estar en interiores la calidad de la recepción de señal disminuye considerablemente.

## 10. Referencias bibliográficas

### Referencias

- Overview, P. (2024). Sdr active learning module. *Analog.com*. Descargado de <https://www.analog.com/media/en/news-marketing-collateral/product-highlight/adalm-pluto-product-highlight.pdf>
- PySDR. (2024). 5. plutosdr en python — pysdr: A guide to sdr and dsp using python. *Pysdr.org*. Descargado de <https://pysdr.org/es/content-es/pluto.html>