

# Laboratorios SDR con GNUradio

## Electiva Profesional I (Microondas)

Creación Colectiva  
IIPA 2017

Achury Brian, Caicedo William, Contreras Dimitri, Cruz Ángela, Flórez Jhonattan, Flórez Santiago, Gaitán Jorge, García Steven, Hernández Eduard, Leal Sebastián, Ledesma Yerson, Loaiza Andrés, Muñoz Melissa, Navarro Cristian, Ricardo Karen, Román María, Roncancio Jonhattan, Salamanca Camila, Sanabria Luisa, Sánchez David, Silva Daniel, Tobón Brayan, Vargas Alejandro, Vásquez Camilo, Vera Angel, Zamora José.  
IPA 2017

Baquero Miguel, Buitrago Miguel, Campos álvaro, Contreras Michael, Espinosa Kevin, Mahecha Jonathan, Moreno Santiago, Muñoz Alejandra, Rodríguez Anderson, Rodríguez Leonardo, Santamaría Cristian.

Tutor  
Rodríguez Mujica Leonardo

Facultad de Ingeniería  
Universidad de Cundinamarca

Junio 2018

## Tabla de contenido

Introducción a GNUradio

Lab1: Primeros pasos

Lab2: Osciloscopio y FFT

Lab3: Audio

Lab4: Modulación ASK en GRC

Lab5: Modulación BPSK en GRC

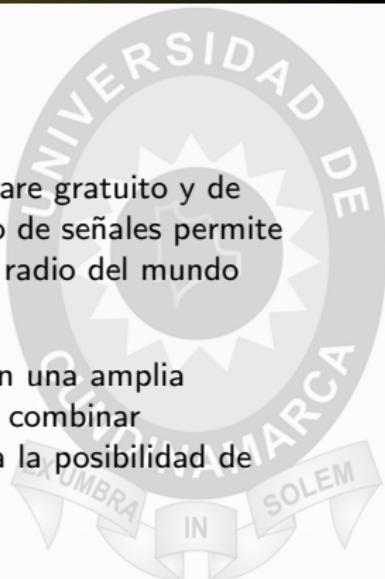
Bibliografía



# Introducción a GNUradio

## ¿Qué es GNUradio?

- Es un conjunto de herramientas de desarrollo de software gratuito y de código abierto que mediante bloques de procesamiento de señales permite a los usuarios diseñar, simular y desplegar sistemas de radio del mundo real.
- Se trata de un marco altamente modular que viene con una amplia biblioteca de bloques de procesamiento que se pueden combinar fácilmente para desarrollar aplicaciones, además brinda la posibilidad de crear y agregar nuevos bloques.



# Aplicaciones

- Radio de mundo real
- Audio procesamiento
- Comunicaciones móviles
- Rastreo de satélites
- Sistemas de radar
- Redes GSM
- Redes Digitales



# Instalación de GNU RADIO en linux

Para instalar GNUradio se deben seguir los siguientes pasos:

1. Ingresar a la ventana de comandos (o terminal) del sistema de su equipo.
2. Estando conectado a internet, escriba dentro del terminal:

```
sudo apt-get install gnu radio
```

3. Si su dispositivo tiene contraseña, debe ingresarla, al ser solicitada y oprimir enter.
4. Luego se deben aceptar los términos de la instalación oprimiendo la letra s seguido de enter.
5. Una forma de verificar la correcta instalación es volviendo a ingresar el comando indicado en el punto 2, y si aparece un mensaje anunciando que gnu radio ya esta en su versión mas reciente, su instalación fue correcta.

# Paquetes

Con el objetivo de clonar un repositorio y obtener ejemplos de GNU RADIO en nuestro ordenador se deben tener en cuenta los siguientes paquetes:

- **BUILD-ESSENTIAL**

Es un meta-paquete el cual se encarga de almacenar paquetes dentro de un paquete. Build essential es un paquete que contiene herramientas necesarias para la creación, compilación e instalación de programas.

- **CMAKE**

Es un sistema de construcción de código abierto multiplataforma. Se trata de un conjunto de herramientas diseñadas para construir, testear y empaquetar software. Se utiliza para controlar el proceso de compilación de software utilizando una plataforma sencilla y unos archivos de configuración independientes del compilador.

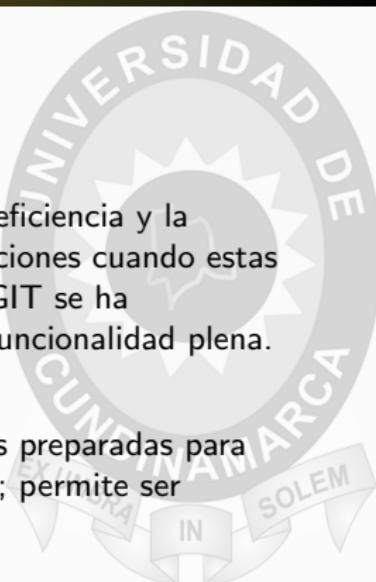
# Paquetes

- **GIT**

Es un software de control de versiones, pensado en la eficiencia y la confiabilidad del mantenimiento de versiones de aplicaciones cuando estas tienen un gran número de archivos de código fuente. GIT se ha convertido en un sistema de control de versiones con funcionalidad plena.

- **LIBBOOST-ALL-DEV**

Es una biblioteca de software libre y revisión por partes preparadas para extender las capacidades del lenguaje de programación; permite ser utilizada en cualquier tipo de proyectos.



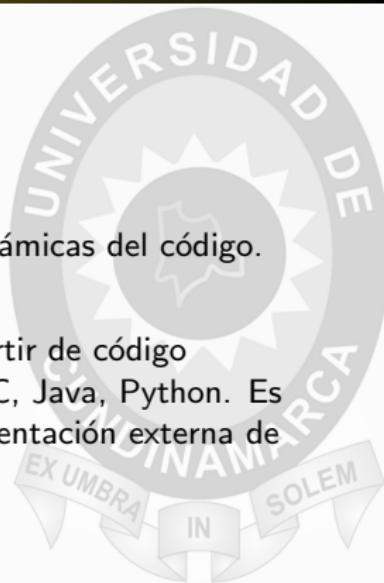
# Paquetes

- **LIBCPPUNIT-DEV**

Es una herramienta para realizar pruebas unitarias dinámicas del código.

- **DOXYGEN**

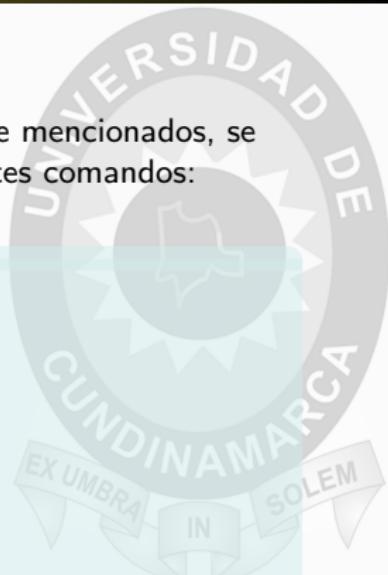
Es una herramienta para generar documentación a partir de código fuente. Es un sistema de documentación para C++, C, Java, Python. Es necesario solo si se desea generar referencias a documentación externa de la que no tiene las fuentes.



## Instalación de paquetes

1. La instalación de cada uno se los paquetes anteriormente mencionados, se realiza colocando, en la ventana de terminal, los siguientes comandos:

```
sudo apt-get install build-essential  
sudo apt-get install cmake  
sudo apt-get install git  
sudo apt-get install libboost-all-dev  
sudo apt-get install libcppunit-dev  
sudo apt-get install doxygen
```



## Clonar repositorio

El código fuente de los ejemplos esta almacenado en github por lo tanto para clonar el repositorio se debe realizar lo siguiente:

- Abrir la ventana de comandos o terminal.
- Despues se debe ingresar el siguiente comando para clonar el directorio git:

```
git clone https://github.com/gnuradio/gr-tutorial
```

- Una vez clonado el directorio se debe ver exactamente los mismo archivos y carpetas, que los del repositorio github, en el PC empleado.

## Instalación de módulos

- Luego de haber clonado el repositorio, debemos buscar la carpeta de gr-tutorial e ingresar a ella desde el terminal, para ellos se digitalizan los siguientes mandos:

```
ls
```

```
cd gr-tutorial
```

Es importante mencionar que al escribir el primer comando se podrán observar las diferentes carpetas que se encuentran en el dispositivo, por lo tanto gr-tutorial debe aparecer entre las opciones para poder digitalizar el segundo comando.

## Instalación de módulos

- Estando dentro de la carpeta, desde terminal, se deben escribir los siguientes comando, con la finalidad de instalar las soluciones o módulos.

```
mkdir build
```

```
cd build
```

```
cmake ..
```

```
make -j8
```

```
sudo make install
```

```
sudo ldconfig
```

# Lab1

## Primeros pasos

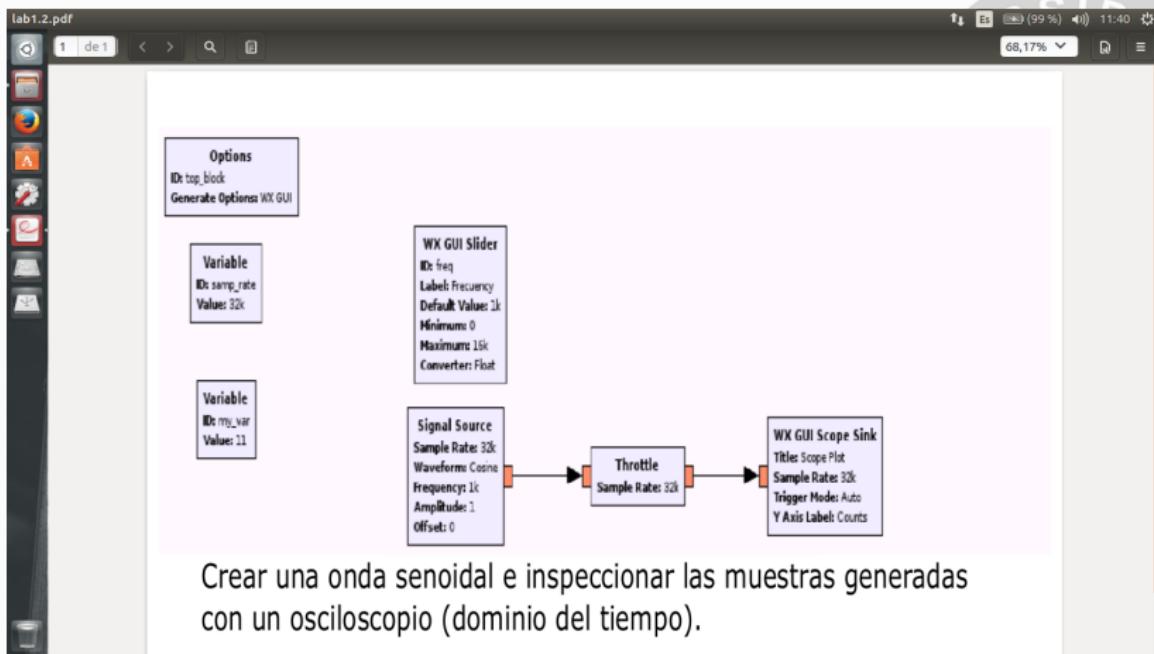
# Primeros pasos

The screenshot shows the GNU Radio Companion (GRC) application window. On the left, there's a toolbar with various icons for file operations, a search bar, and a help button. Below the toolbar is a vertical palette containing icons for different block types: Signal Sources, Sinks, Math Operators, etc. The main workspace is divided into several sections:

- Options**: A panel showing the current top block ID (top\_block) and generate options (WX GUI).
- Lienzo (area de construcción del diagrama de flujo)**: The central workspace where blocks are connected.
- Arrastra los bloques de la lista hacia el lienzo**: A placeholder area for dragging blocks from the palette.
- lista de bloques: presione CTRL + F para buscar por nombre.**: A list of available blocks with a search function.
- Block Details**: A panel showing the properties of selected blocks:
  - WX GUI Slider**: ID: freq, Label: Frequency, Default Value: 1k, Minimum: 1k, Maximum: 16k, Converter: Float.
  - Signal Source**: Sample Rate: 32k, Waveform: Cosine, Frequency: 1k, Amplitude: 1, Offset: 0.
  - Throttle**: Sample Rate: 32k.
  - WX GUI Scope Sink**: Title: Scope Plot, Sample Rate: 32k, Trigger Mode: Auto, Y Axis Label: Counts.
- Conecte los puertos haciendo clic en el puerto elegido de un bloque y, a continuación, haga clic en el puerto del otro bloque. Puede eliminar las conexiones haciendo clic en la línea de la conexión y presionando la tecla Suprimir.**: A callout box explaining how to connect blocks.
- Ventana de registros: terminal del programa**: A terminal window showing the command-line output of the GRC application.

```
/usr/share/gnuradio/grc(blocks
/home/kamila/.grc_gnuradio
Loading: "/home/kamila/lab1.grc"
>>> Done
Showing: "/home/kamila/lab1.grc"
```

# Primeros pasos



# Primeros pasos

The screenshot shows the GNU Radio Block Diagram Editor interface. On the left, a block diagram contains several blocks: a 'WX GUI Slider' block, two 'Variable' blocks (one labeled 'samp\_rate' and another labeled 'my\_var'), and a 'Signal Source' block. A double-headed arrow labeled '(doble clic)' points between the 'Options' block and the 'WX GUI Slider' block, indicating that a double click on the 'Options' block will open its properties dialog.

**Properties: Options**

General	Advanced	Documentation
ID: top_block		
Title		
Author		
Description		
Window Size	1280, 1024	
Generate Options	WX GUI	
Run	Autostart	
Max Number of Output	0	
Realtime Scheduling	Off	

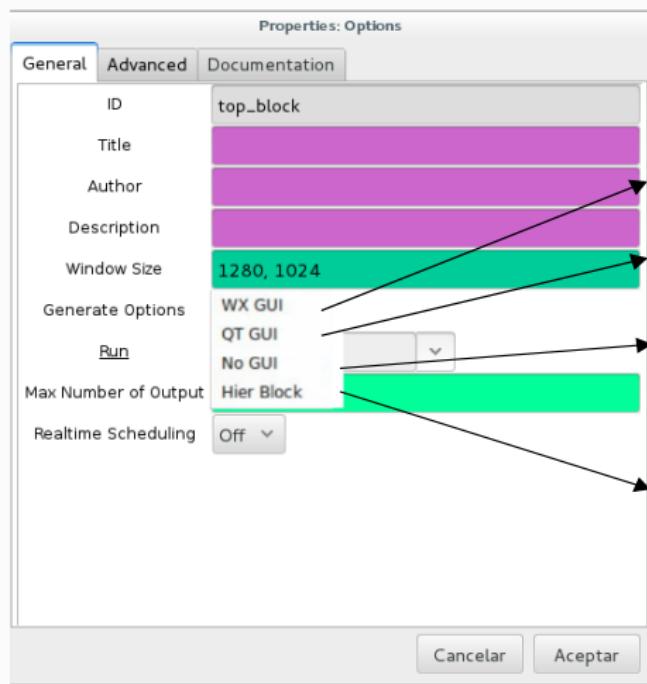
El bloque 'Opciones' se utiliza para establecer parámetros globales

# Primeros pasos

**Properties: Options**

	General	Advanced	Documentation
ID	top_block	Nombre del archivo generado en Python	
Title	Título de la ventana GUI principal o nombre del bloque jerárquico		
Author			
Description			
Window Size	1280, 1024 Tamaño del lienzo de GRC		
Generate Options	No GUI	Tipo de código a generar (ver siguiente)	
Run Options	Prompt for Exit	Cómo iniciar y detener el diagrama de flujo	
Max Number of Output	0	Avanzado: limita el número de muestras de salida de iteración de la función de trabajo de cada bloque	
Realtime Scheduling	Off	Si el código se ejecuta como 'root' (por ejemplo, con 'sudo') solicite al núcleo del SO que priorice este proceso	

# Primeros pasos



Aplicación GUI que utiliza el kit de herramientas WX (utiliza bloques GUI WX)

Aplicación GUI que utiliza el kit de herramientas Qt (utiliza bloques GUI Qt)

Aplicación de línea de órdenes sin GUI (basada en texto, ejecutada en una consola)

Cree un bloque jerárquico que aparezca en la lista de bloques (un componente reutilizable, no una aplicación: use los bloques Pad Source / Sink para exponer puertos y los bloques Parametricos para exponer variables de configuración)

# Primeros pasos

General Documentation

ID	top_block
Title	
Author	
Description	
Window Size	1280, 1024
Generate Options	WX GUI ▾
Run	Autostart ▾
Max Number of Output	Autostart → Iniciar automáticamente el esquema
Realtime Scheduling	Off → No iniciar automáticamente el esquema



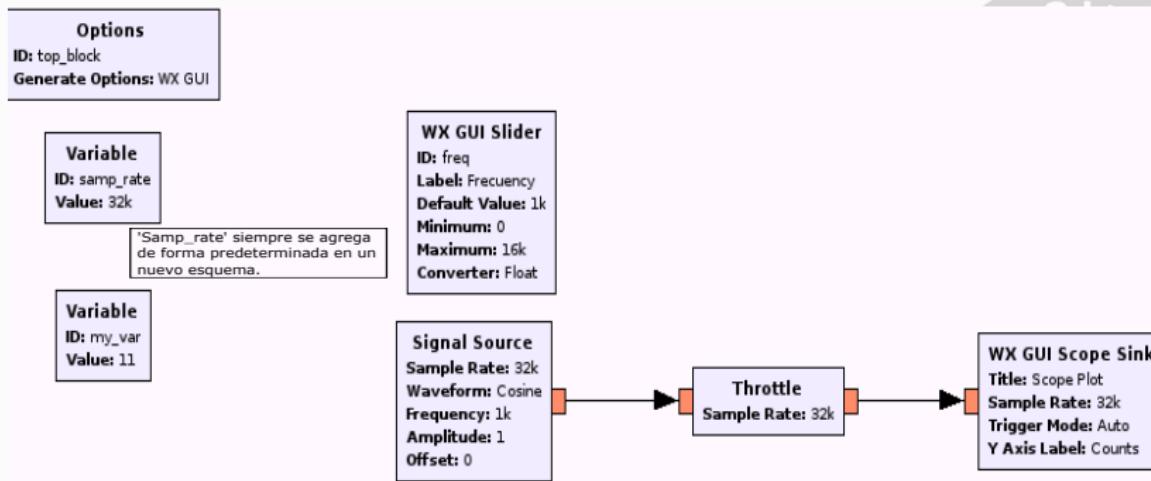
# Primeros pasos

General Documentation

ID	top_block
Title	
Author	
Description	
Window Size	1280, 1024
Generate Options	No GUI ▾
Run Options	Run to Completion → Saldrá automáticamente cuando termine
Max Number of Output	Prompt for Exit → Presionando ENTER saldrá
Realtime Scheduling	Off ▾



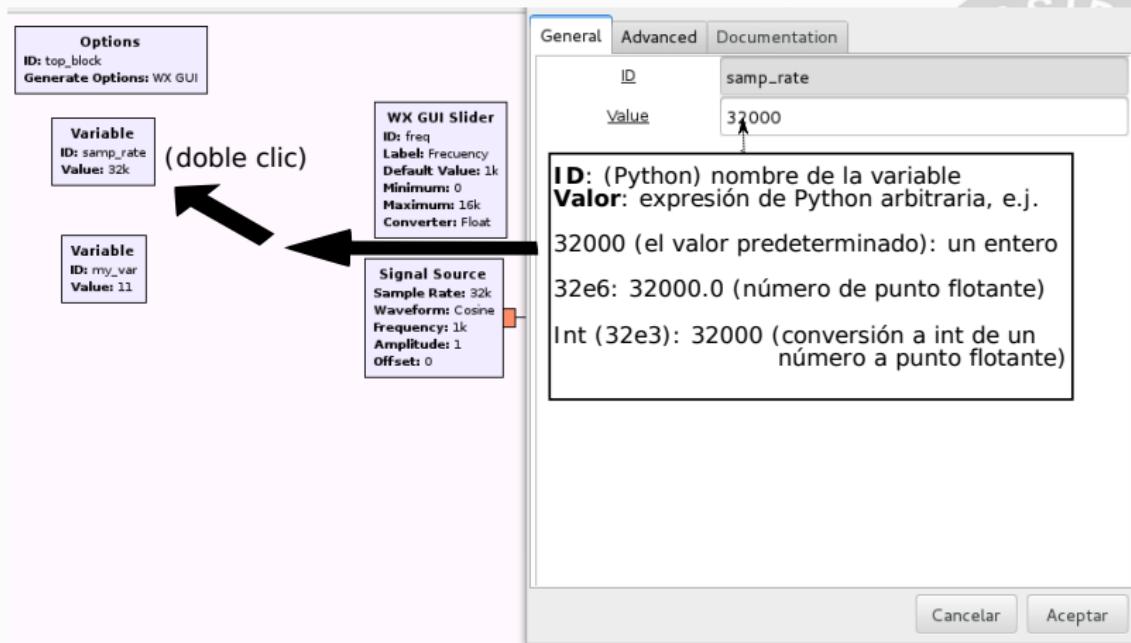
# Primeros pasos



**Variable:** un bloque que contiene una expresión de Python arbitraria.

Puede referirse a ella en otro bloque por su **ID**.

# Primeros pasos



The screenshot shows the GNUradio configuration interface with several components visible:

- Options**: A panel containing "ID: top\_block" and "Generate Options: WX GUI".
- Variable**: A panel containing "ID: samp\_rate" and "Value: 32k".
- WX GUI Slider**: A panel for a slider component with the following settings:
  - ID: freq
  - Label: Frequency
  - Default Value: 1k
  - Minimum: 0
  - Maximum: 16k
  - Converter: Float
- Signal Source**: A panel for a signal source component with the following settings:
  - Sample Rate: 32k
  - Waveform: Cosine
  - Frequency: 1k
  - Amplitude: 1
  - Offset: 0

A large black arrow points from the "Variable" panel towards the "WX GUI Slider" panel, with the text "(doble clic)" (double click) written above it.

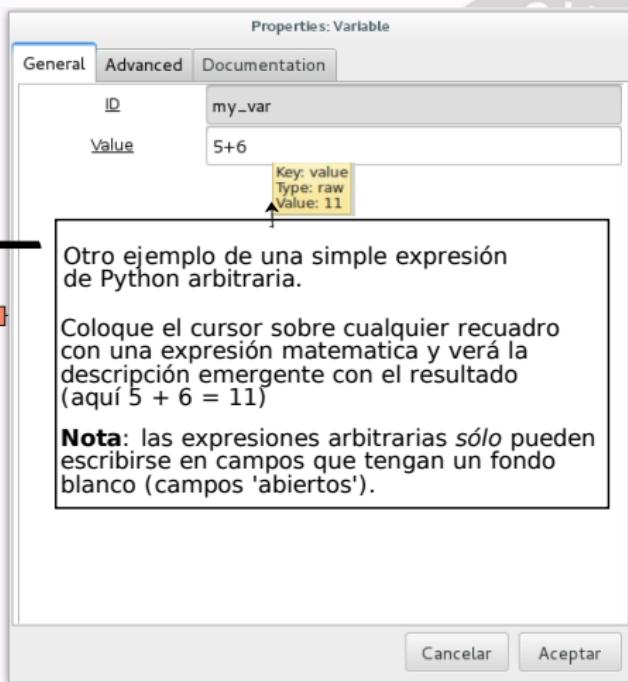
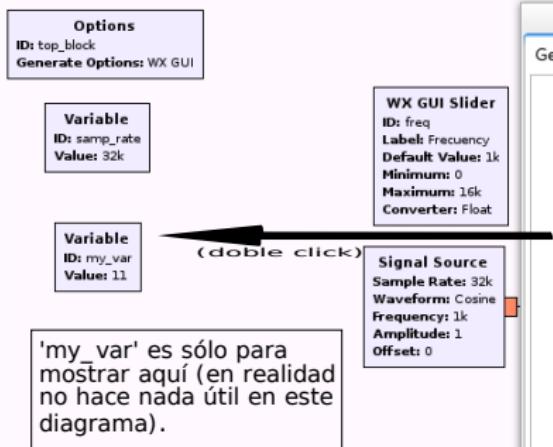
**General Advanced Documentation**

**ID:** (Python) nombre de la variable  
**Valor:** expresión de Python arbitraria, e.j.

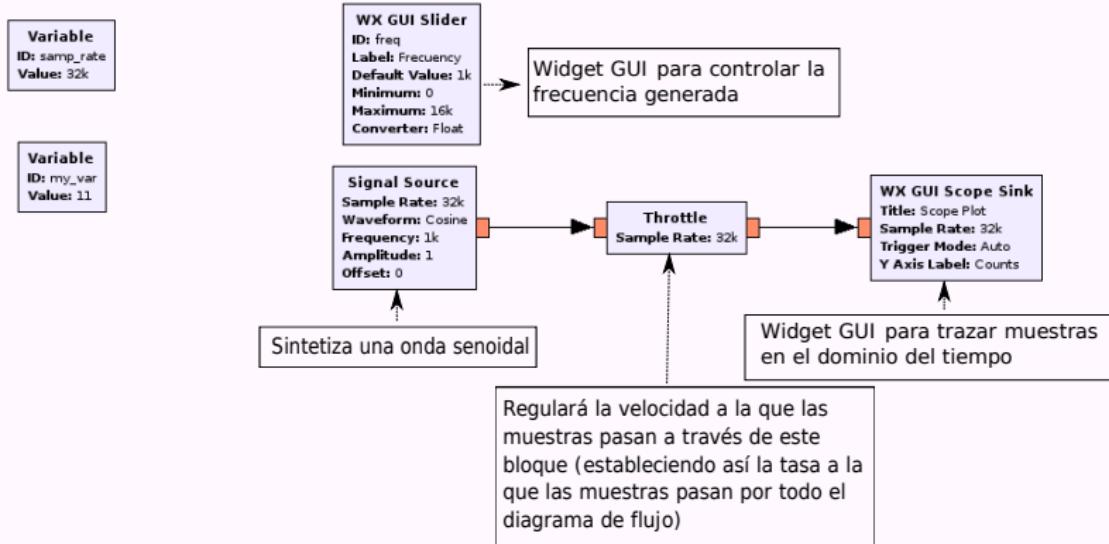
32000 (el valor predeterminado): un entero  
 32e6: 32000.0 (número de punto flotante)  
 Int (32e3): 32000 (conversión a int de un número a punto flotante)

**Cancelar** **Aceptar**

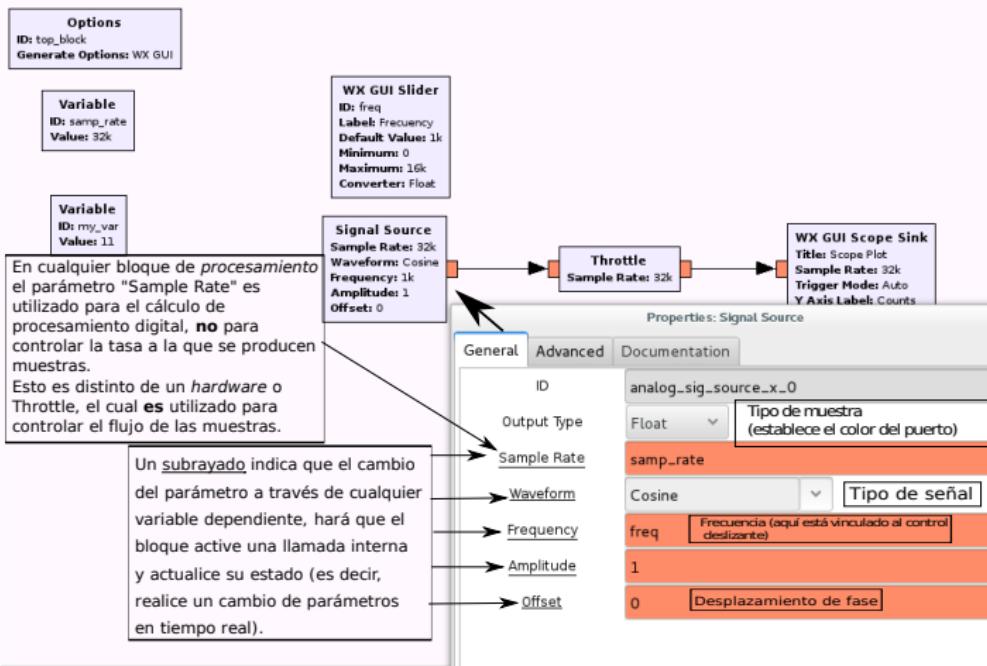
# Primeros pasos



# Primeros pasos



# Primeros pasos



# Primeros pasos

El color de un puerto indica el tipo de muestras que fluyen a través de él. Los colores también se aplican a los parámetro de los bloques.

**Valores de punto flotante de precisión simple**

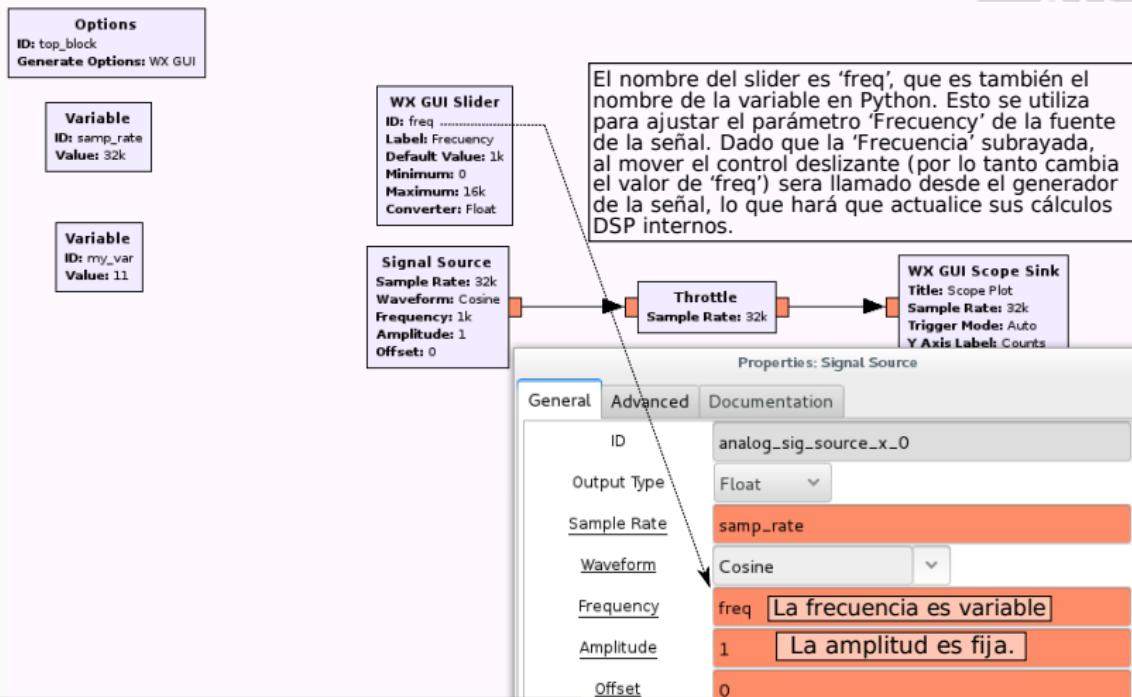
Consejo:

Después de hacer clic en el bloque, presione las teclas de flecha arriba / abajo para cambiar el tipo de muestras. (En las opciones de bloque se puede configurar manualmente, en el primer parámetro)

**Color Mapping**

Types
Complex Float 64
Complex Float 32
Complex Integer 64
Complex Integer 32
Complex Integer 16
Complex Integer 8
Float 64
Float 32
Integer 64
Integer 32
Integer 16
Integer 8
Message Queue
Async Message
Bus Connection
Wildcard

# Primeros pasos



# Primeros pasos

The screenshot shows the GNU Radio Block Editor interface. On the left, there is a tree view of blocks and variables:

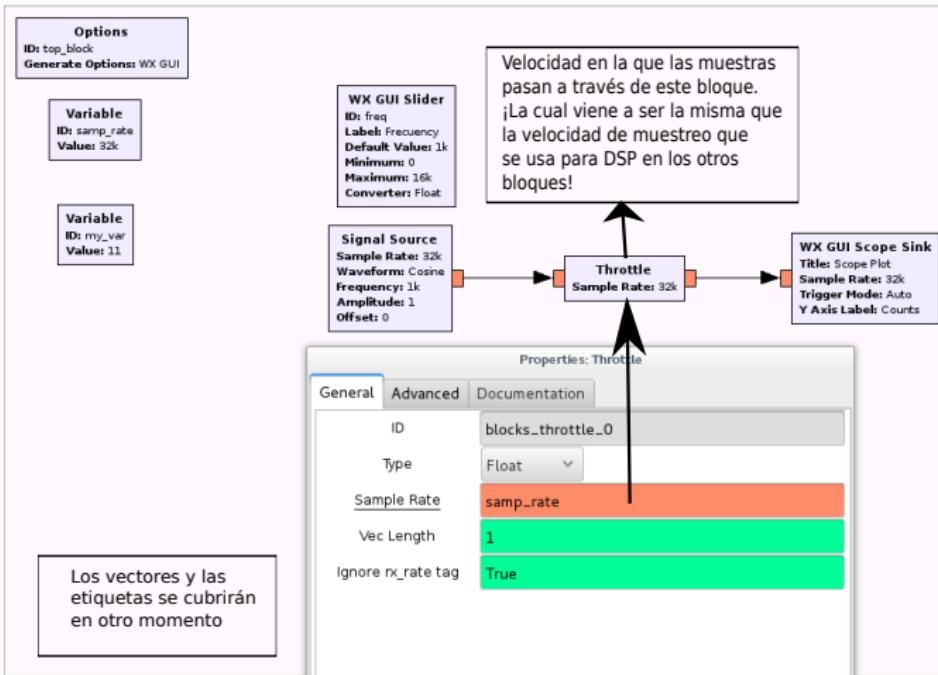
- Options**: ID: top\_block, Generate Options: WX GUI.
- Variable**: ID: samp\_rate, Value: 32k.
- WX GUI Slider**: ID: freq, Label: Frequency, Default Value: 1k, Minimum: 0, Maximum: 16, Converter: F.
- Variable**: ID: my\_var, Value: 11.
- Signal Source**: Sample Rate: 32k, Waveform: Cos, Frequency: 1k, Amplitude: 1, Offset: 0.

A black arrow points from the "Label" field of the WX GUI Slider block towards the "Properties" dialog box.

The "Properties: WX GUI Slider" dialog box is open, showing the following settings:

General	Advanced	Documentation
ID: freq	Label: Frecuencia	Etiqueta junto al widget en la GUI
Default Value: 1e3	1000.0 en notación científica	
Minimum: 0		
Maximum: 16e3		
Num Steps: 1000		
Style: Horizontal		
Converter: Float		El parámetro 'freq' debería ser un número de punto flotante o un número entero
Grid Position		
Notebook		

# Primeros pasos



# Primeros pasos

Properties: WX GUI Scope Sink

General Advanced Documentation

ID: wxgui\_scopeink2\_0

Type: Float

Title: Scope Plot

Sample Rate: samp\_rate

V Scale: 0

V Offset: 0

T Scale: 0

AC Couple: Off

XY Mode: Off

Num Inputs: 1

Window Size

Grid Position

Notebook

Trigger Mode: Auto

Y Axis Label: Counts

¡Esto es solamente para generar los pasos correctos en el eje X dibujado!

WX GUI Scope Sink

Title: Scope Plot  
Sample Rate: 32k  
Trigger Mode: Auto  
Y Axis Label: Counts

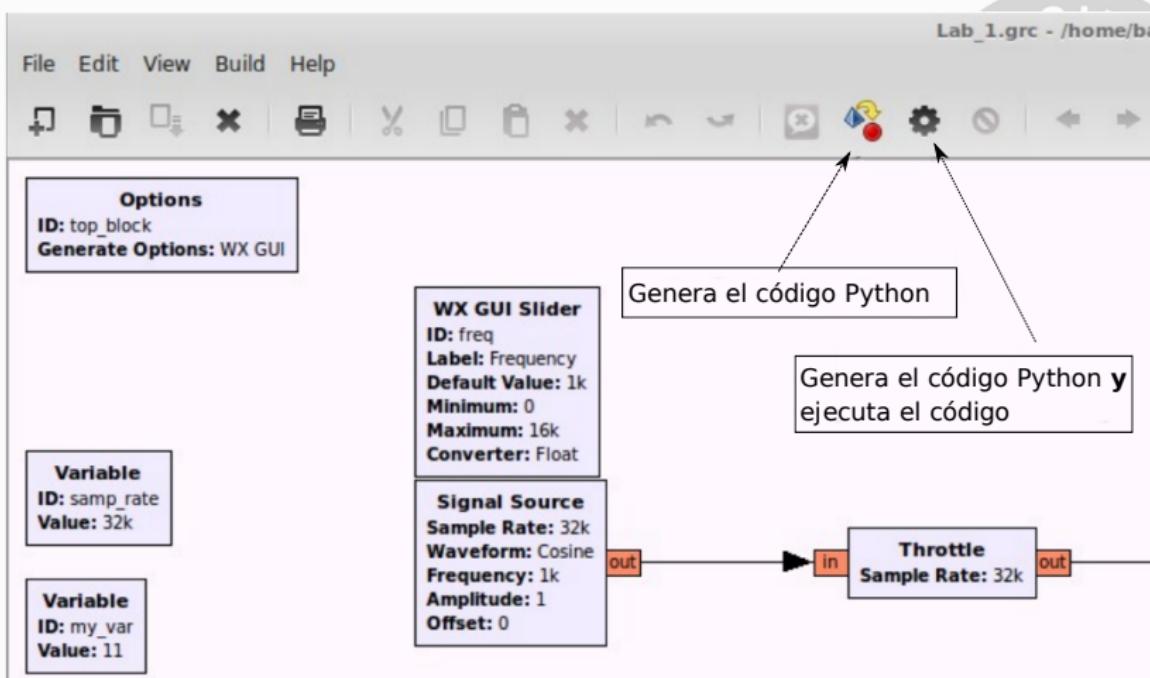
O hará que el gráfico se auto-escala a la señal entrante. Al ingresar cualquier otro valor, se mostrará en una escala/ desplazamiento fija en esa dimensión

traza varias señales (pueden no estar sincronizadas cuando se dibujan!\*)

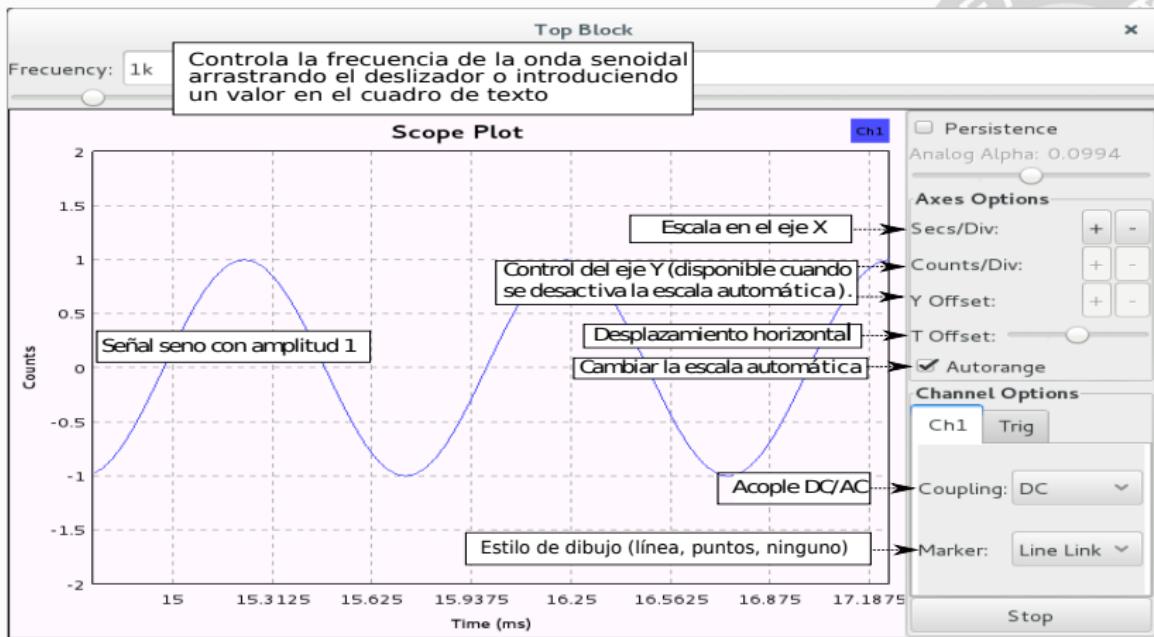
Este será cubierto más adelante, pero por ahora revise la pestaña documentación donde se discute.

\*Dibuja dos flujos Float en sincronía cambiando el Tipo de osciloscopio a Complejo, y use el Bloque Float a Complejo.\*

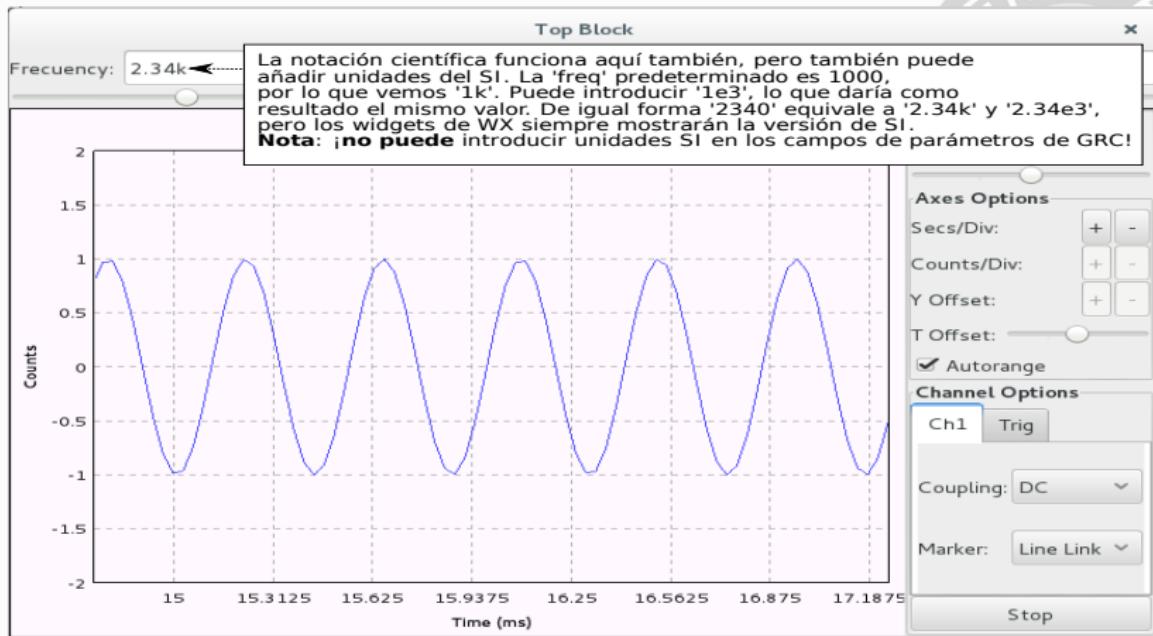
# Primeros pasos



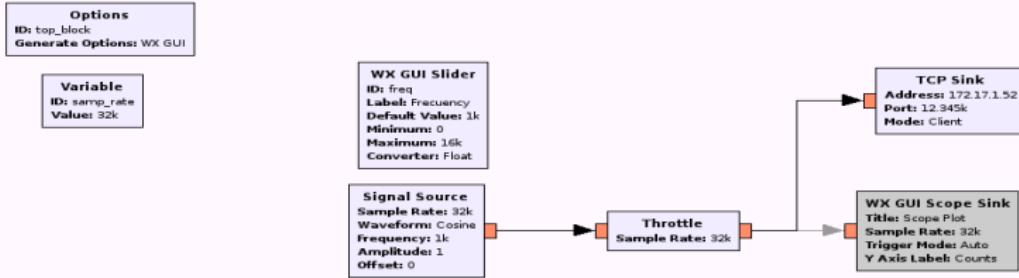
# Primeros pasos



# Primeros pasos

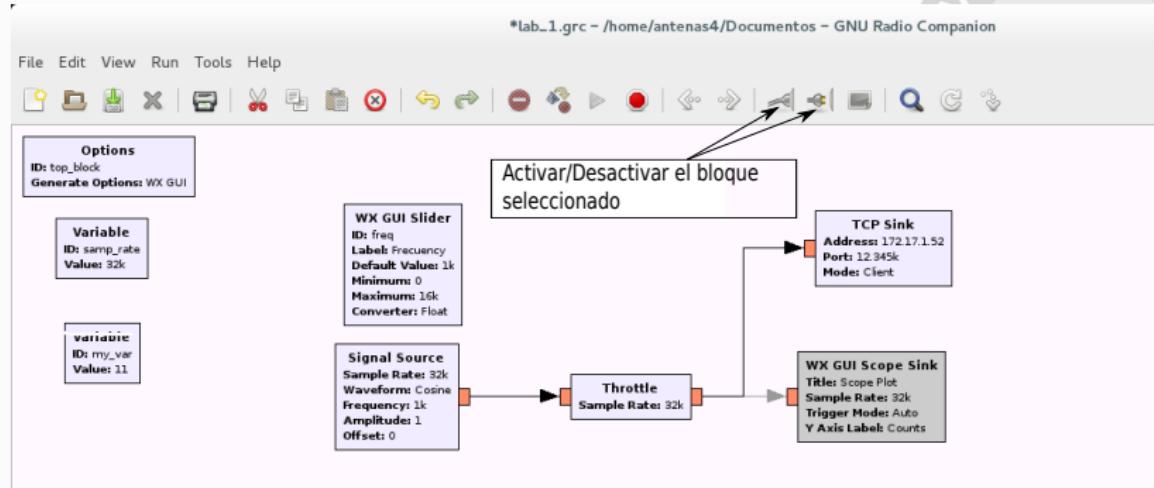


# Primeros pasos

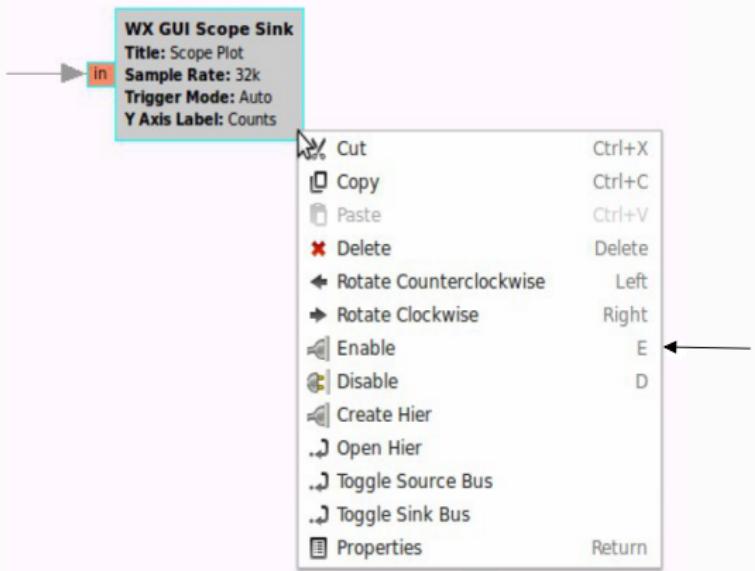


Crear una onda senoidal y transmitir las muestras generadas a través de una conexión TCP

# Primeros pasos

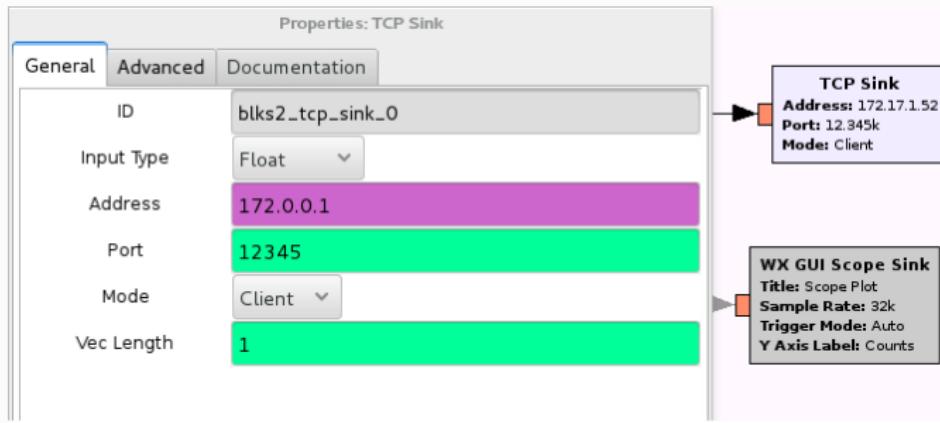


# Primeros pasos



consejo:  
tome nota de los atajos de  
teclado en el menú contextual  
del bloque.

# Primeros pasos



## Consejo:

El diagrama de flujo no arrancará a menos que se establezca una conexión TCP. Si falla la conexión TCP, se produce una excepción de Python y el programa no arranca.

\*La implementación de cliente / servidor TCP actual no funciona en Windows

# Primeros pasos

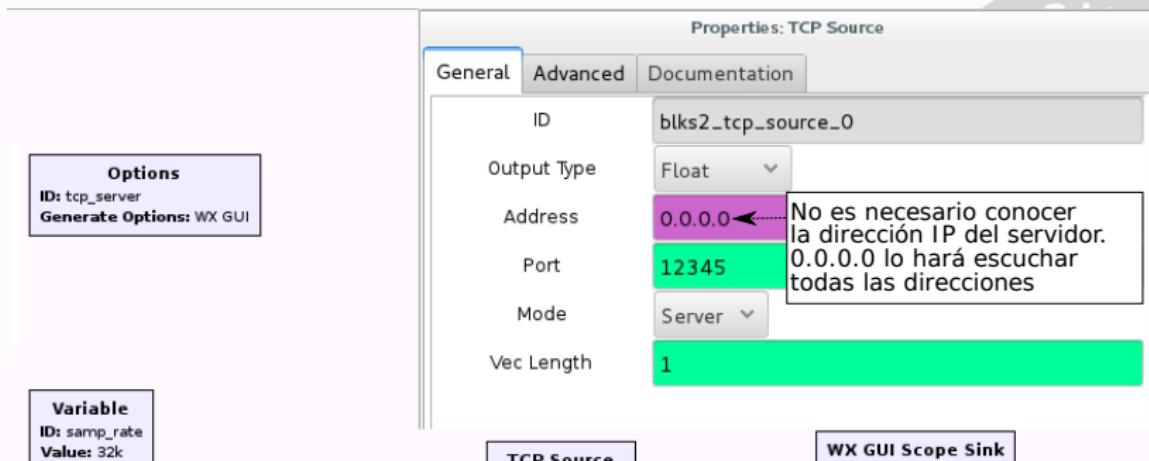
**Options**  
**ID:** tcp\_server  
**Generate Options:** WX GUI

**Variable**  
**ID:** samp\_rate  
**Value:** 32k



Recibe muestras de una conexión TCP entrante y las dibuja en un osciloscopio

# Primeros pasos



Consejo:

El diagrama de flujo no se iniciará hasta que se acepte una conexión TCP. En este caso, la GUI no aparecerá hasta que el cliente se haya conectado.

# Primeros pasos

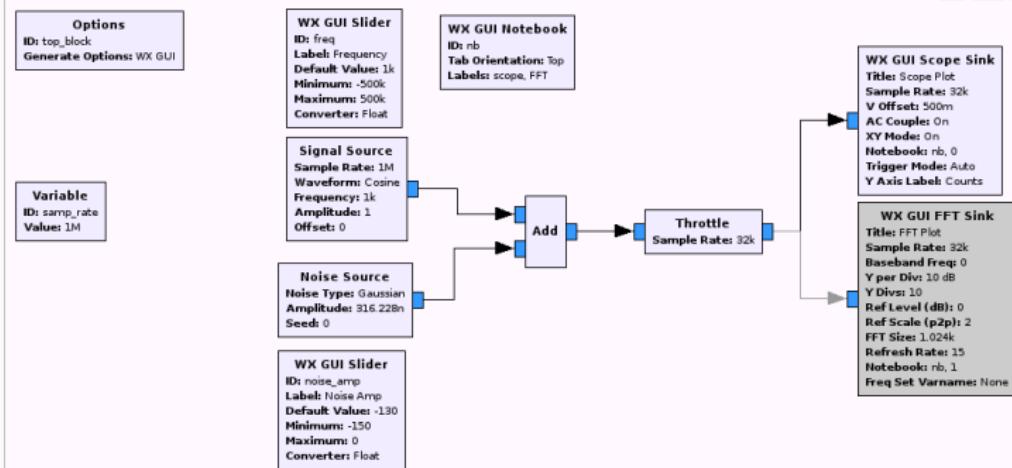


Consejo: Puede ejecutar cada aplicación por separado en dos máquinas conectadas en red. Simplemente cambie la dirección IP de destino del cliente a la máquina en la que se está ejecutando el servidor.

# Lab2

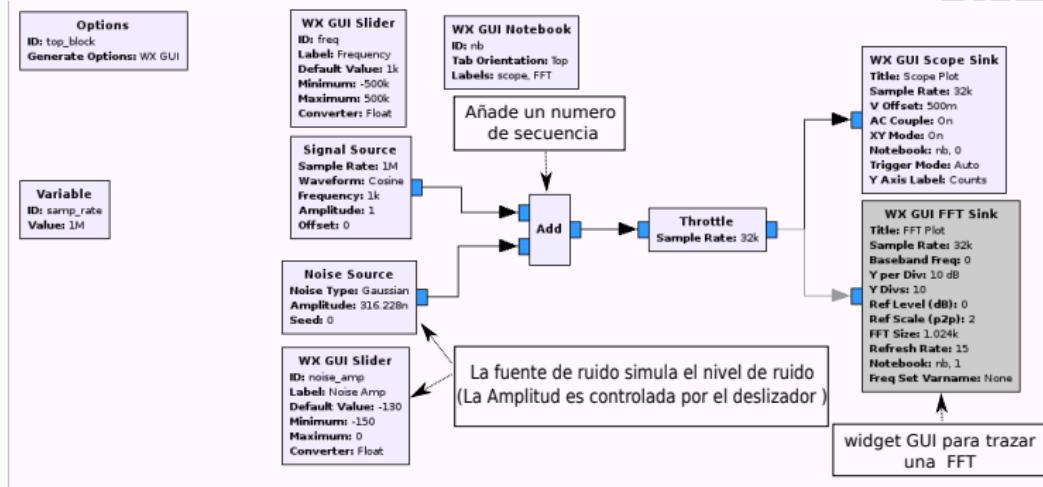
## Osciloscopio y FFT

# Osciloscopio y FFT

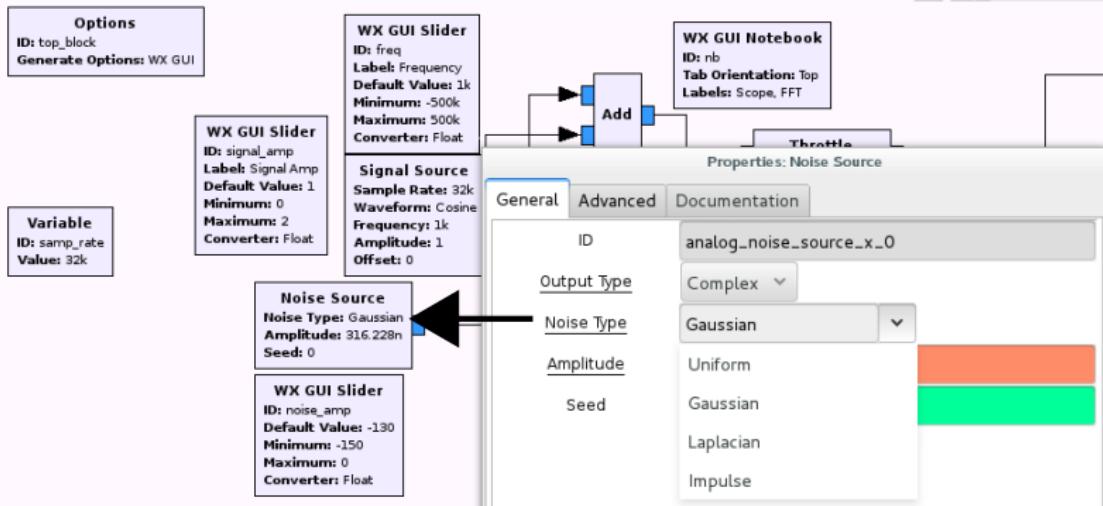


Genera una onda senoidal y un algún ruido, lo suma y traza la señal resultante en el dominio de la frecuencia

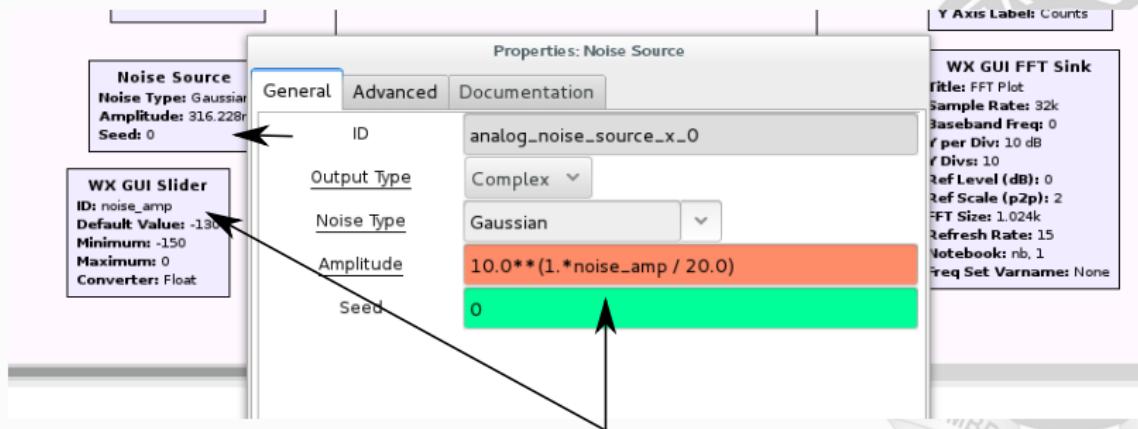
# Osciloscopio y FFT



# Osciloscopio y FFT

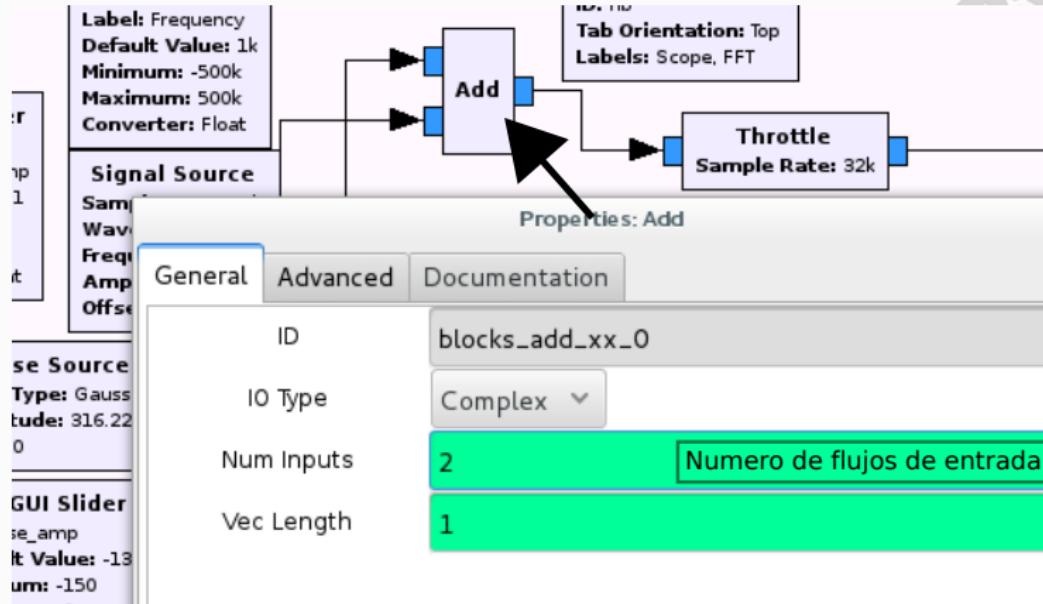


# Osciloscopio y FFT

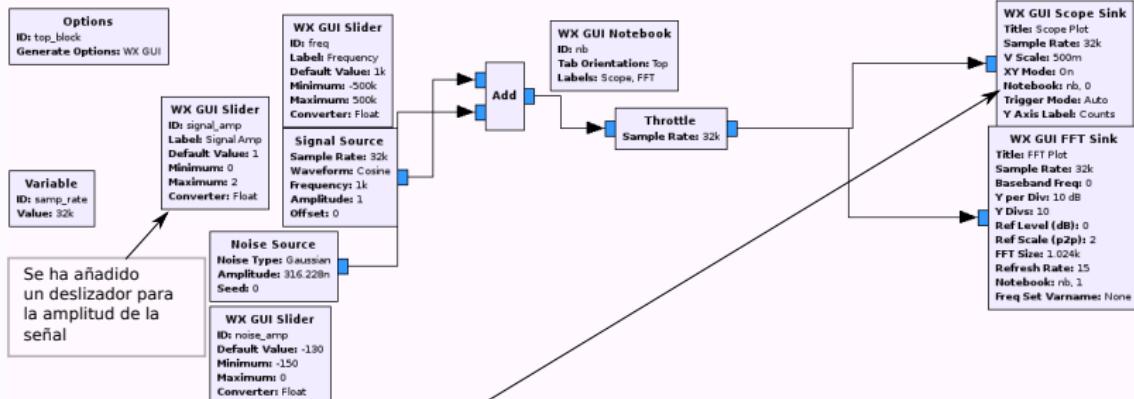


'noise\_amp' es el valor del deslizador, que (aquí) interpretamos en dB, en oposición a un valor de amplitud de muestra lineal (por ejemplo '1.0'). Por lo tanto, necesitamos convertir el valor en dB a un valor real de amplitud lineal ('voltios') para su uso en el bloque (es decir, invertir la función 'log10'). Los puntos decimales se añaden para obligar a Python a calcular con valores de punto flotante (de lo contrario redondea y produce números enteros).

# Osciloscopio y FFT

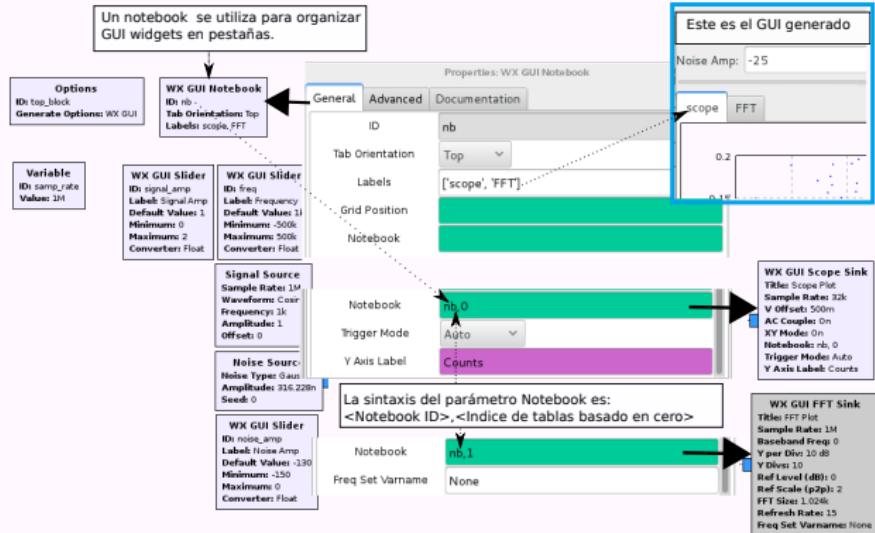


# Osciloscopio y FFT



Use un Osciloscopio en modo XY para poder observar las características de una señal IQ (en cuadratura)

# Osciloscopio y FFT



# Osciloscopio y FFT

**GRG**

**Options**  
ID: top block  
Generate Options: WX GUI

**Variable**  
ID: samp\_rate  
Value: 1M

Se utiliza para controlar cómo la FFT calculada se escala y "se ajusta" al área de trazado disponible

**Properties: WX GUI FFT Sink**

**General**

- ID: wxgui\_fttsink2\_0
- Type: Complex
- Title: FFT Plot
- Sample Rate: 32000 Establece el rango en el eje Y
- Baseband Freq: 0 Valor añadido a los valores del eje Y
- Y per Div: 10 dB
- Y Divs: 10
- Ref Level (dB): 0
- Ref Scale (p2p): 2.0
- FFT Size: 1024
- Refresh Rate: 15 Tiempo relativo a la frecuencia de muestreo
- Peak Hold: Off
- Average: Off
- Window: Automatic
- Window Size:
- Grid Position:
- Notebook: nb\_1
- Freq Set Varname: None

**WX GUI Scope Sink**

- Title: Scope Plot
- Sample Rate: 3M
- V C Scale: 500m
- AC Coupling: On
- XY Mode: Off
- Notebook: nb\_0
- Trigger Mode: Auto
- Y Axis Label: Counts

**WX GUI FFT Sink**

- Title: FFT Plot
- Sample Rate: 32k
- Baseband Freq: 0
- Y per Div: 10 dB
- Y Divs: 10
- Ref Level (dB): 0
- Ref Scale (p2p): 2
- FFT Size: 1.024k
- Refresh Rate: 15
- Notebook: nb\_1
- Freq Set Varname: None

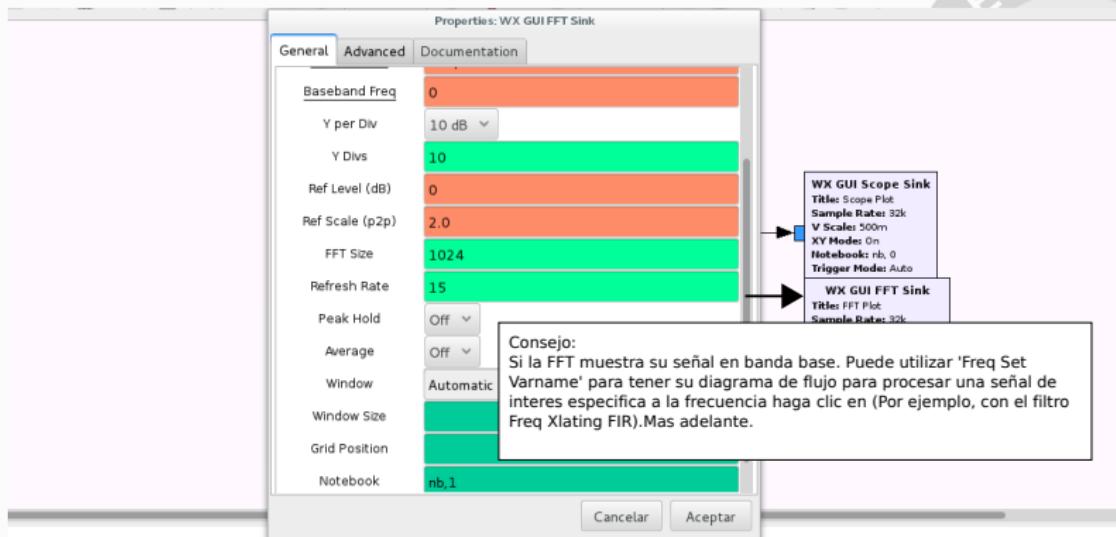
/usr/share/gnuradio/grc(blocks  
/home/william/.grc\_gnuradio

Loading: "/home/william/Documentos/prac  
>>> Done

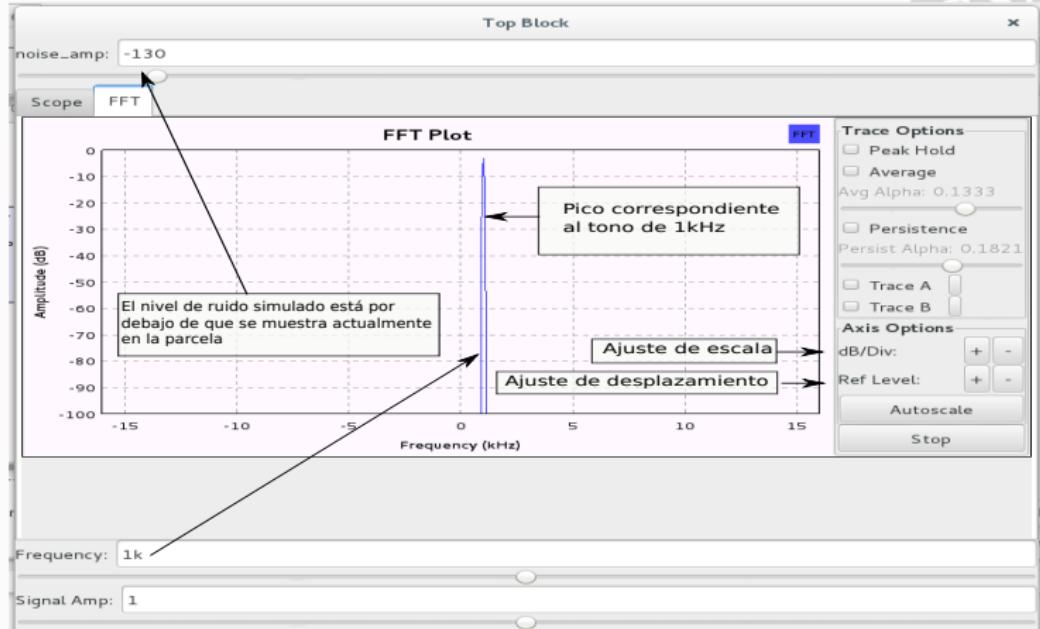
Showing: "/home/william/Documentos/prac

Aceptar Cancelar Aplicar

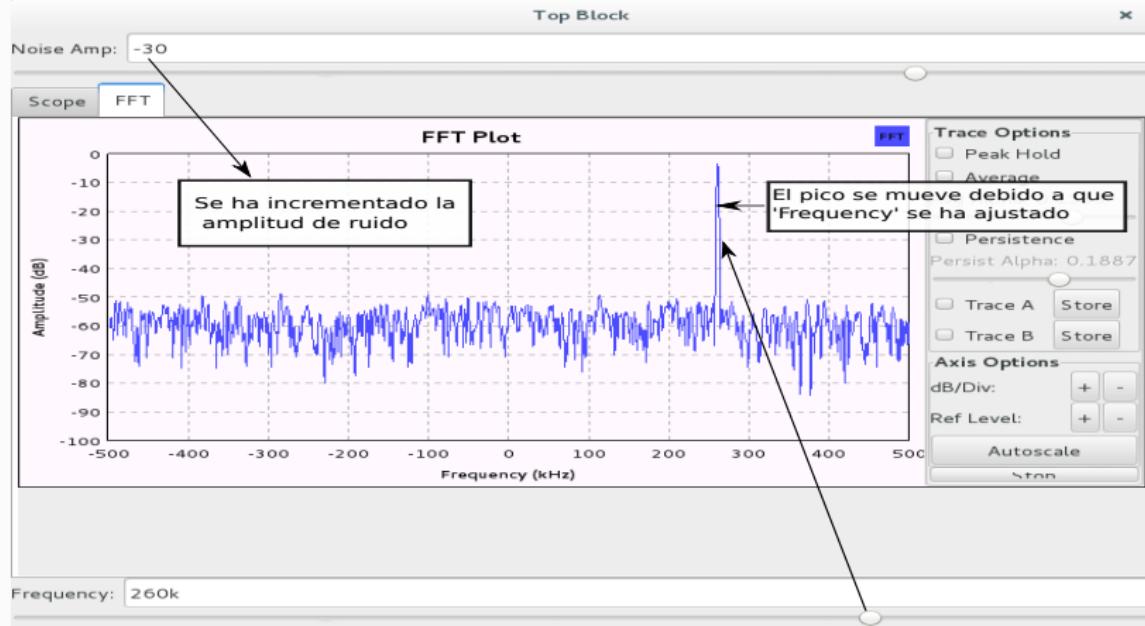
# Osciloscopio y FFT



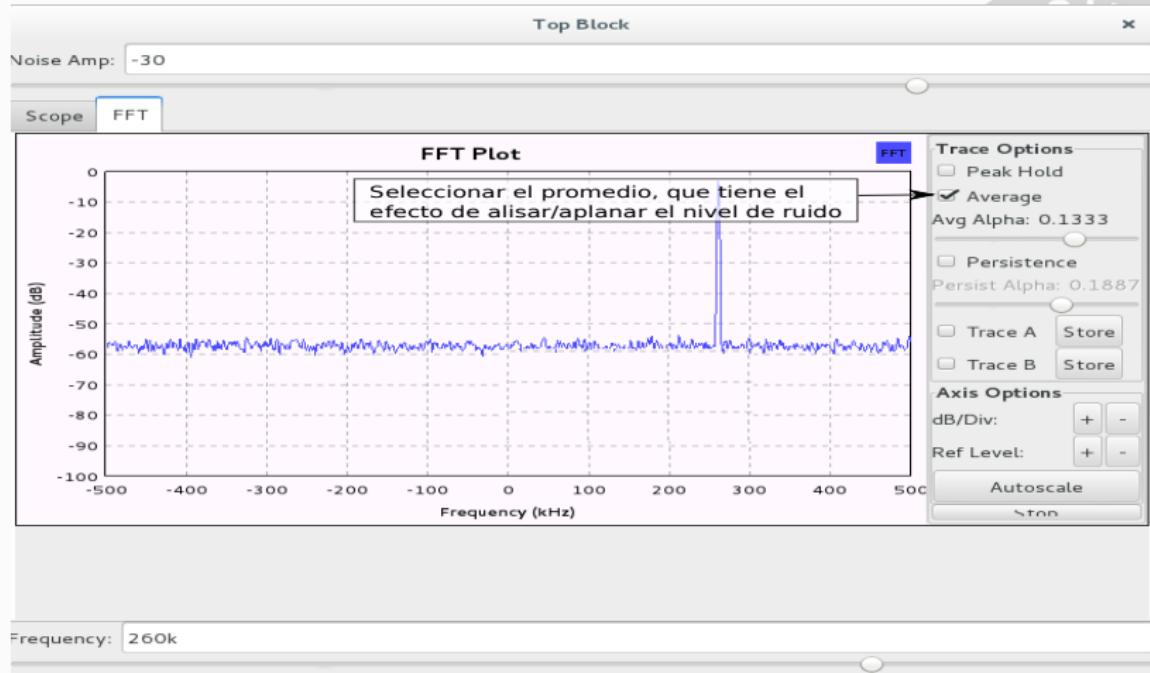
# Osciloscopio y FFT



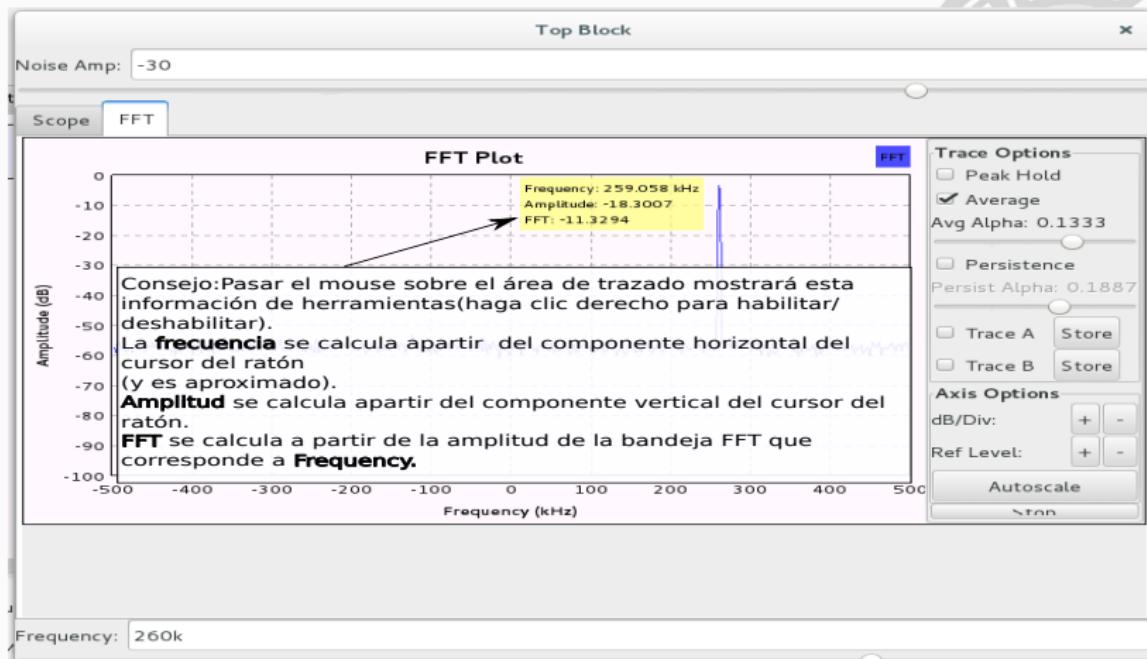
# Osciloscopio y FFT



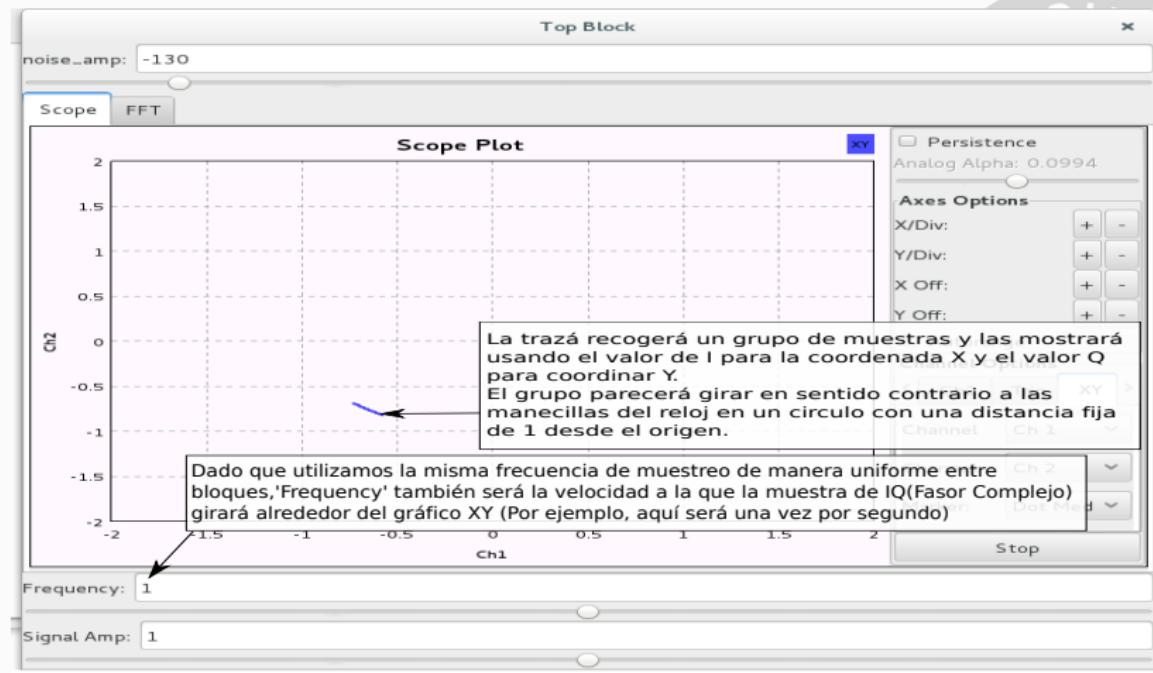
# Osciloscopio y FFT



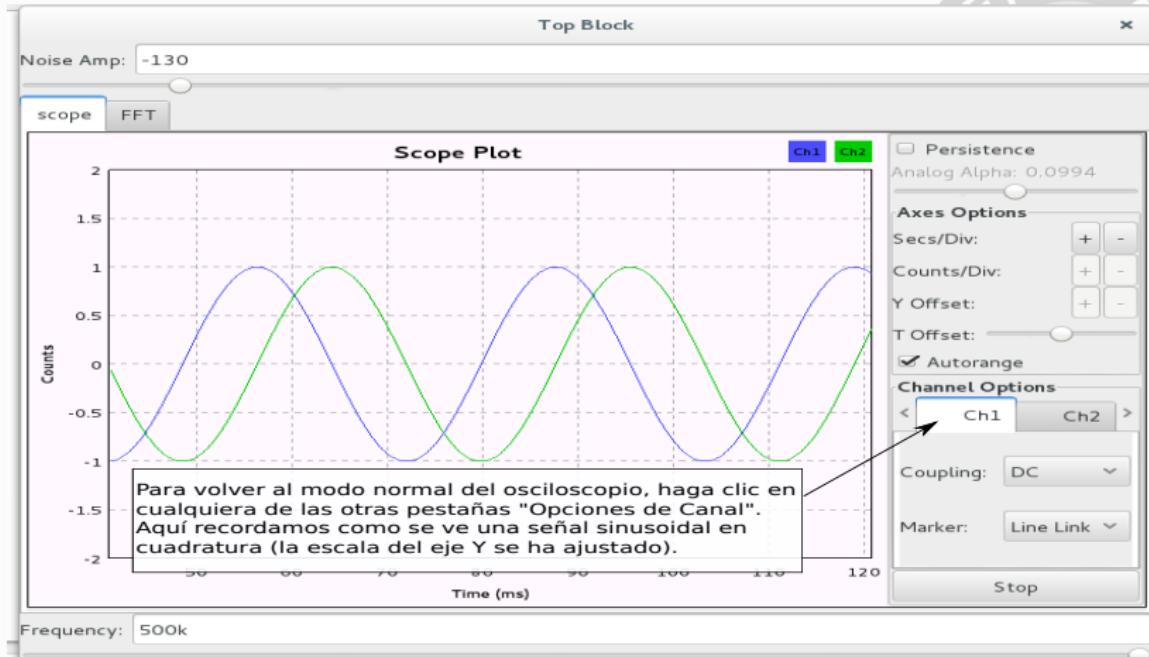
# Osciloscopio y FFT



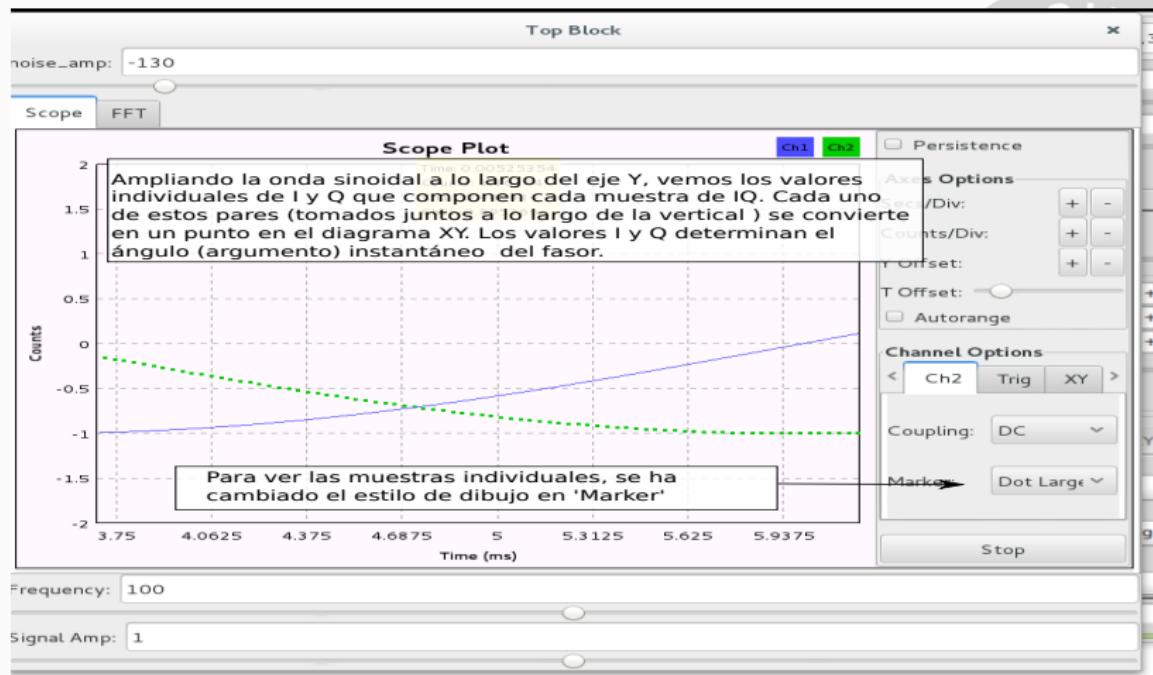
# Osciloscopio y FFT



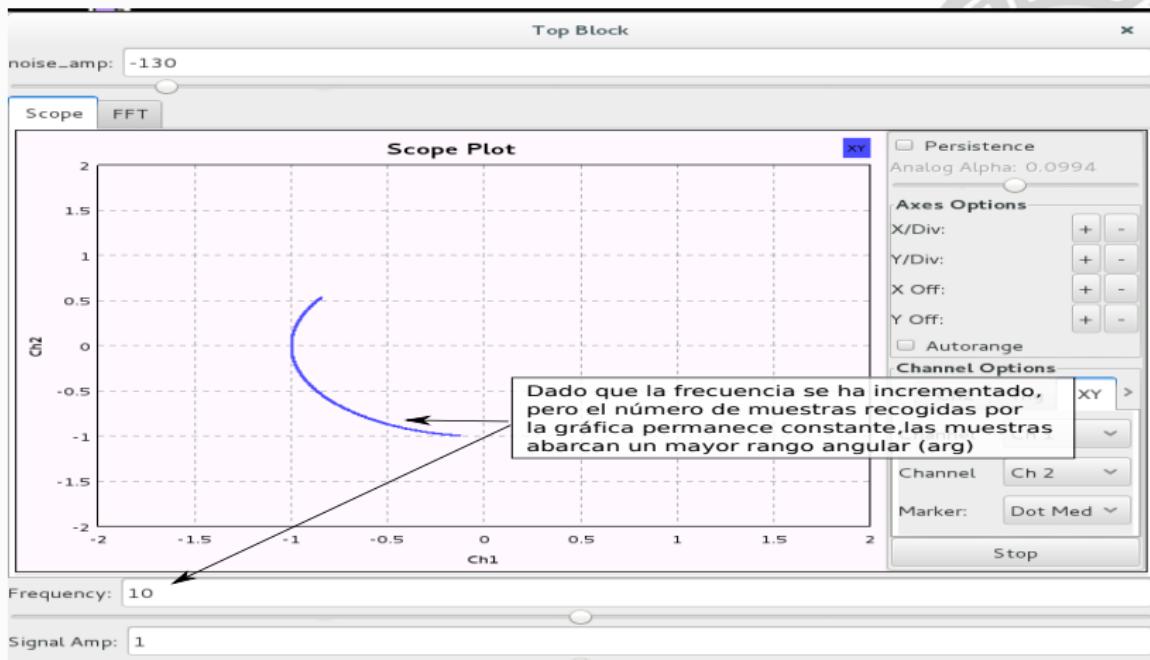
# Osciloscopio y FFT



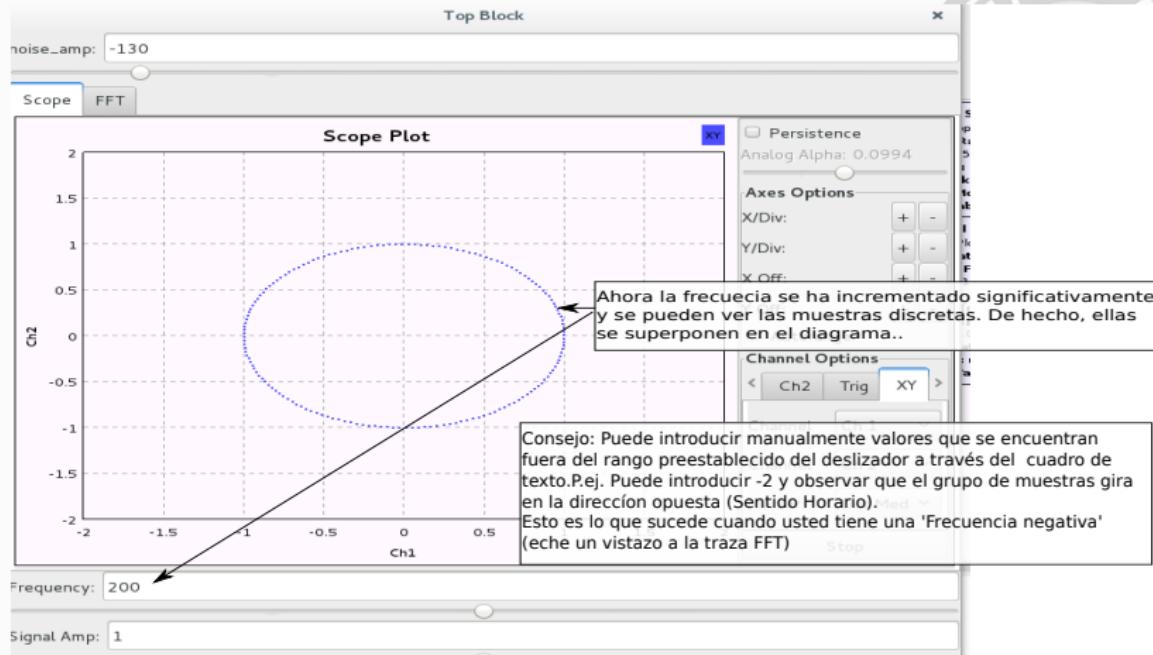
# Osciloscopio y FFT



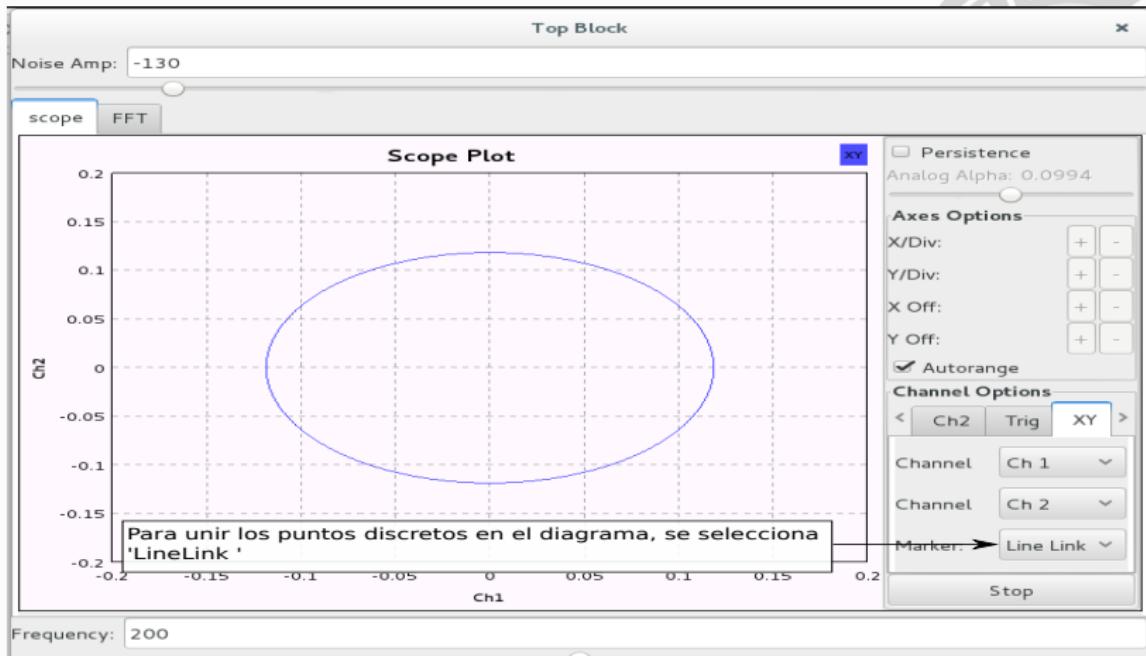
# Osciloscopio y FFT



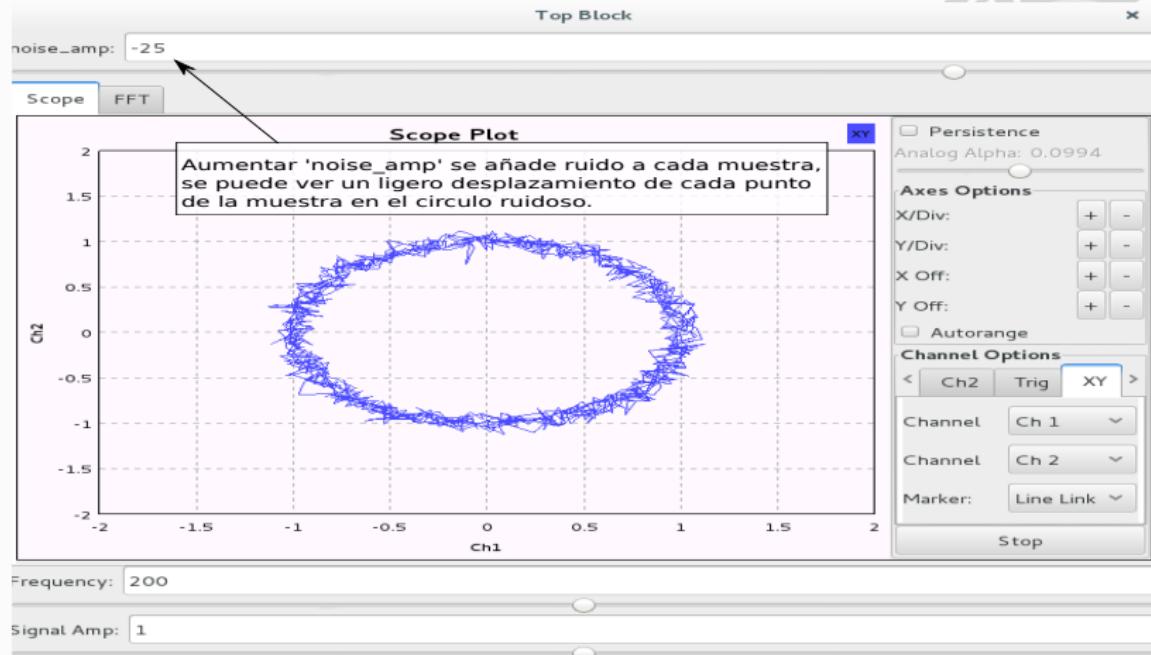
# Osciloscopio y FFT



# Osciloscopio y FFT



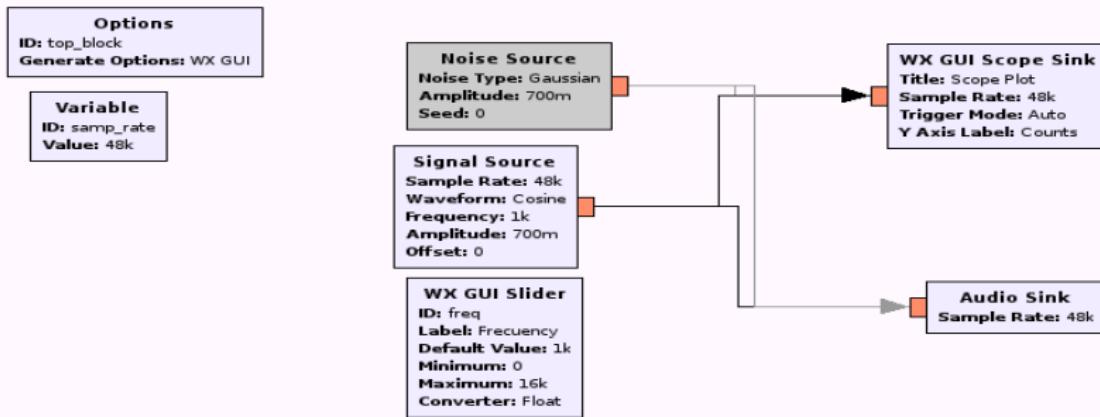
# Osciloscopio y FFT



# Lab3

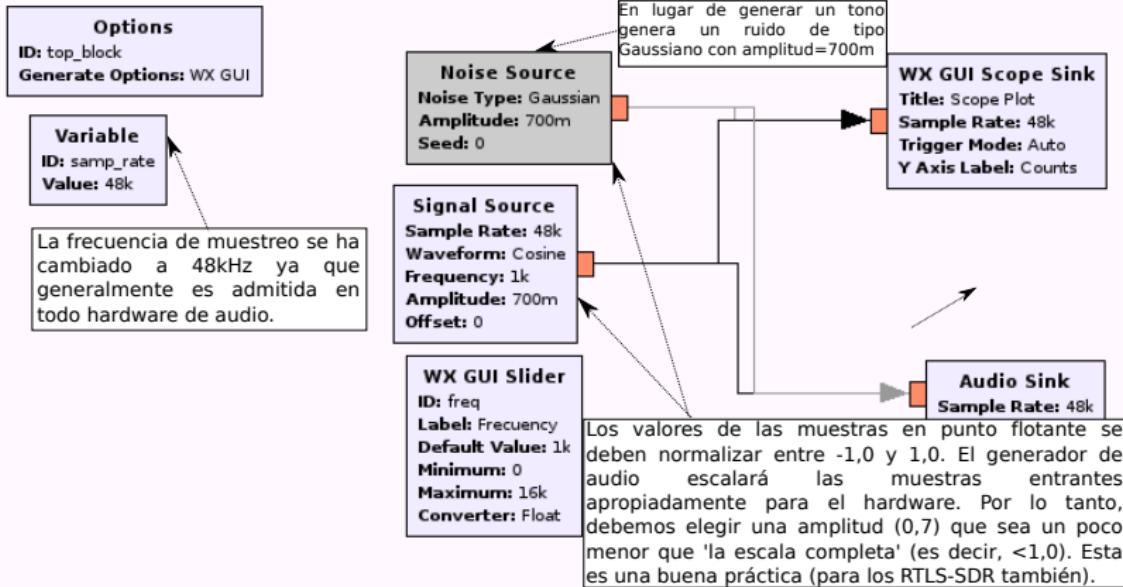
## Audio

# Audio

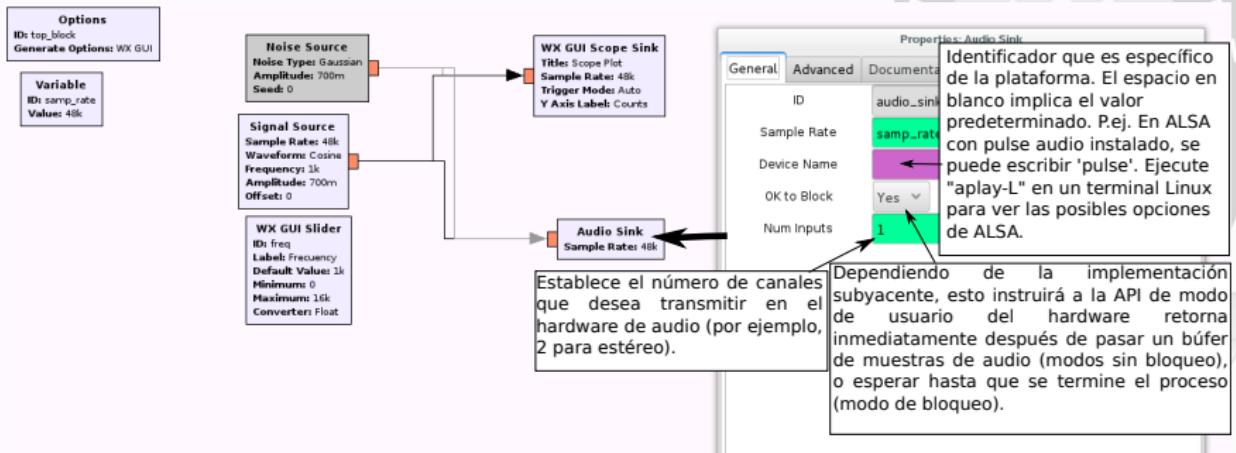


Emite un tono desde la tarjeta de sonido de la computadora.

# Audio



# Audio



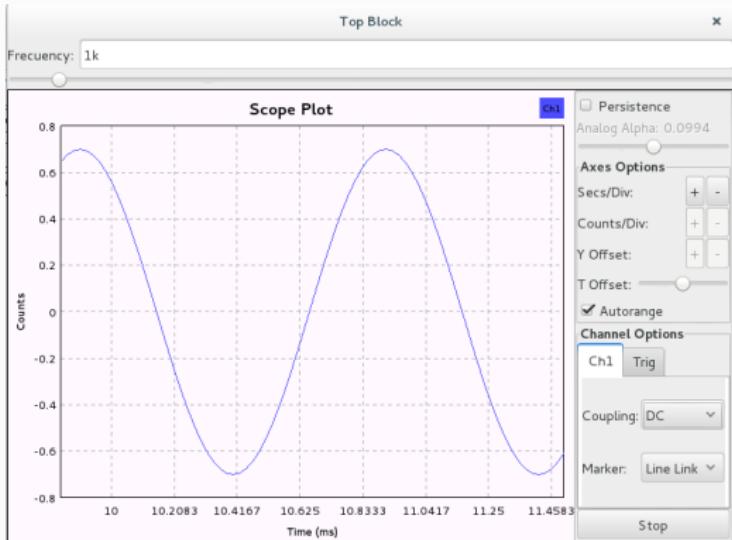
# Audio

- El modo de bloqueo ('OK to Block') aplicará previamente un controlador regulado para que el Audio Sink opere eficazmente al escuchar el sonido, además es el único dispositivo del hardware en el diagrama de bloques capaz de emitir audio.
- Esto puede ser problemático si la fuente del diagrama de flujo es, por ejemplo, un RTL-SDR. La fuente es también un hardware que tiene su propio reloj interno y será regulado a la tasa de producción de las muestras, mientras que el Audio Sink regula el uso con su propio reloj no sincronizado. Esto se llama el problema de "dos relojes".

# Audio

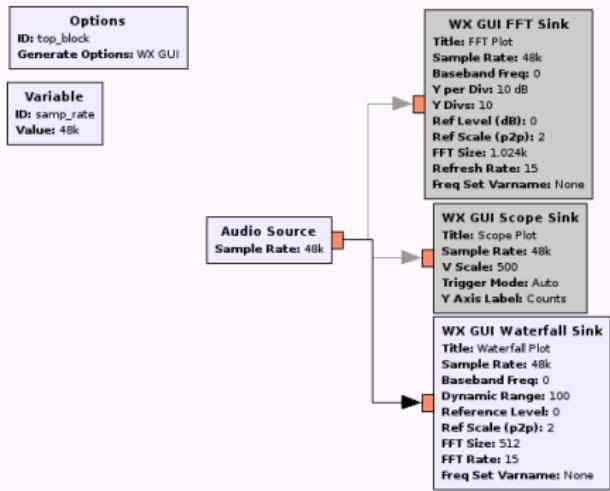
- Para solucionar este problema de dos relojes, se coloca un regulador de audio en modo sin bloqueo (no dar click 'Botón de Bloqueo') de tal forma que nunca interrumpa el diagrama de bloque (es decir, no aplicar el regulador controlado). Esto usará muestras de forma normal, pero si hay un exceso (por ejemplo, el RTL-SDR está produciendo muestras un poco más rápido de lo que el Audio Sink puede usar), se caerán las muestras (podría causar fallas de audio).
- Esto no soluciona el caso en el que las muestras se producen más lentamente que la tasa de uso del Audio Sink (esto producirá una ejecución lenta : el audio sonará agitado y se imprimirá 'aU' en la ventana de registro).

# Audio



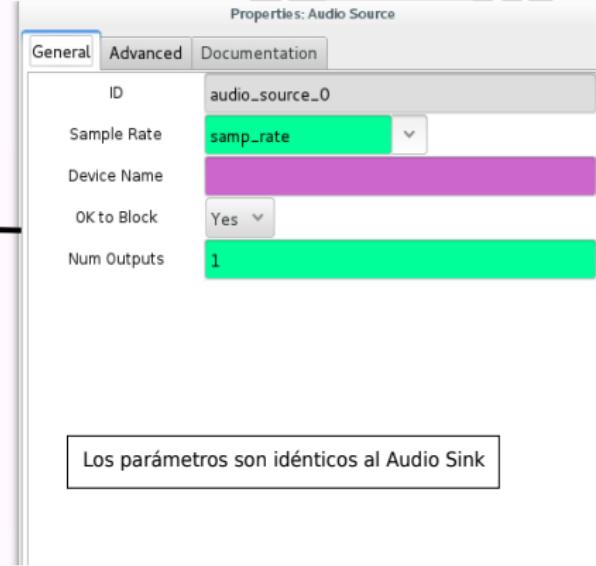
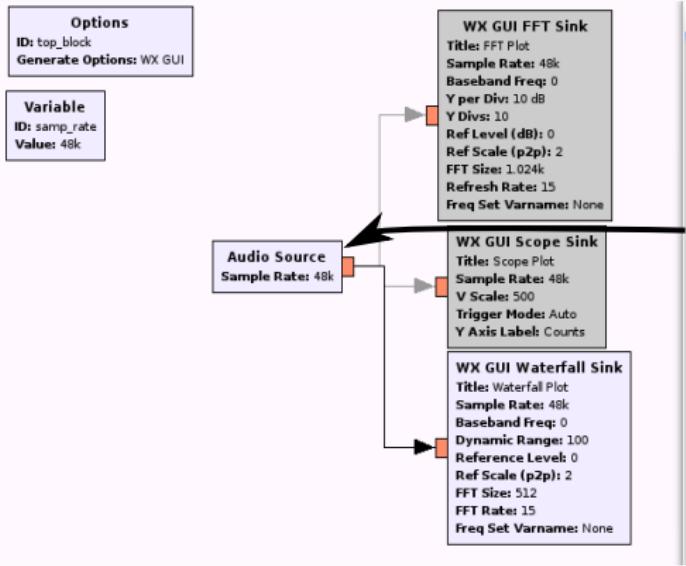
La misma onda seno de antes, pero ahora la escuchamos emitida por los parlantes del computador.

# Audio

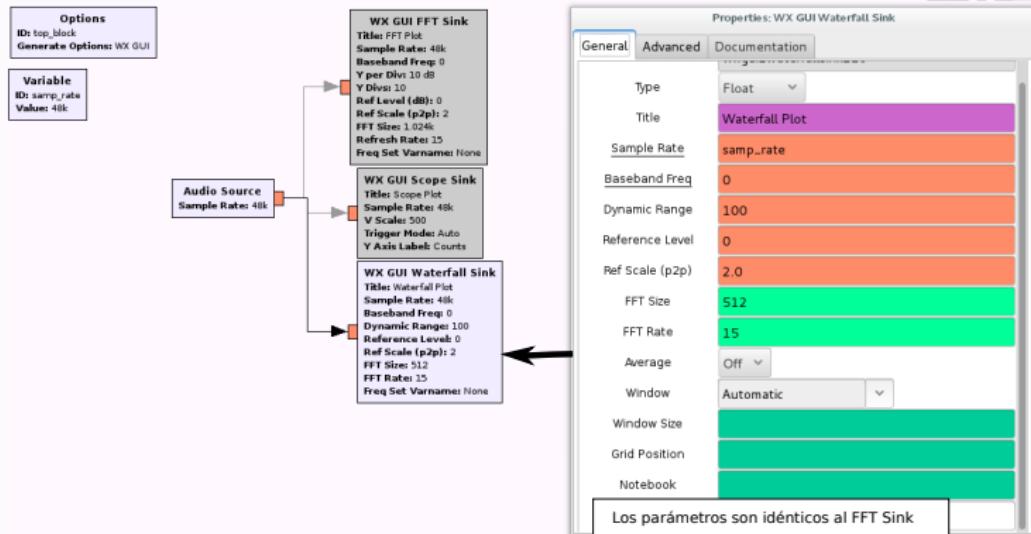


Visualiza el audio muestreado por la tarjeta de sonido en un FFT que se desplaza en el tiempo mediante el diagrama de (cascada / espectrograma).

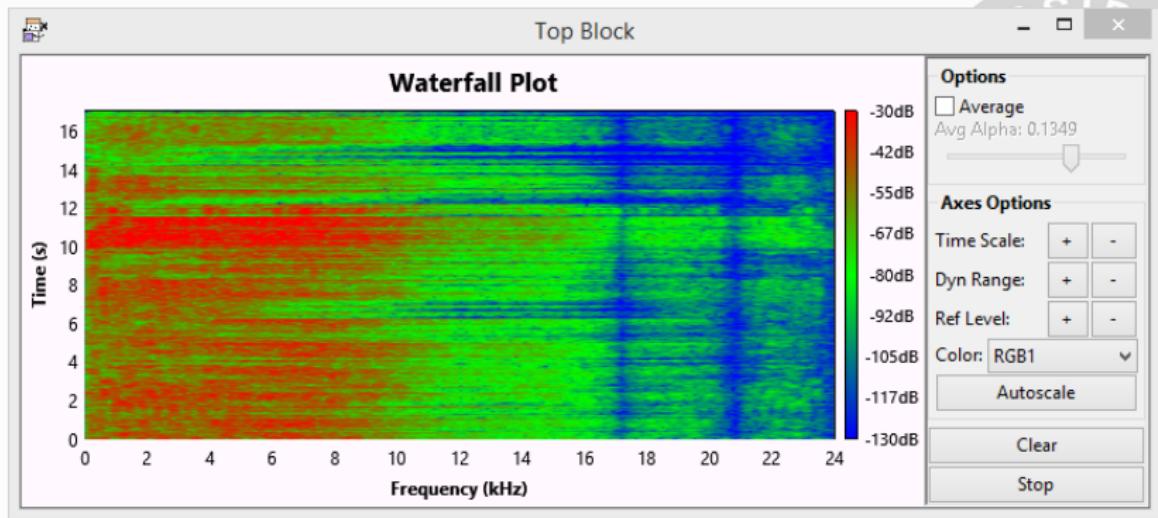
# Audio



# Audio

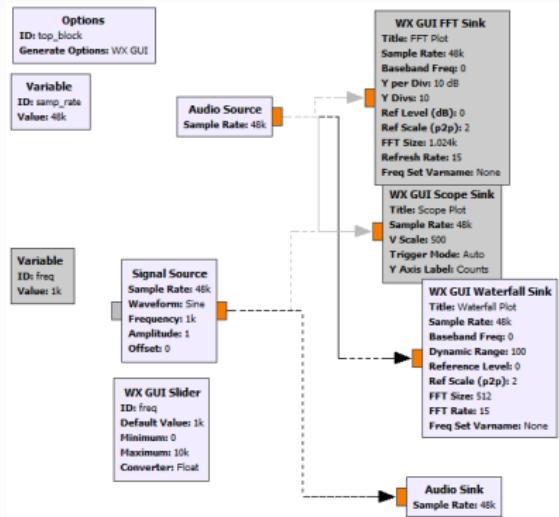


# Audio



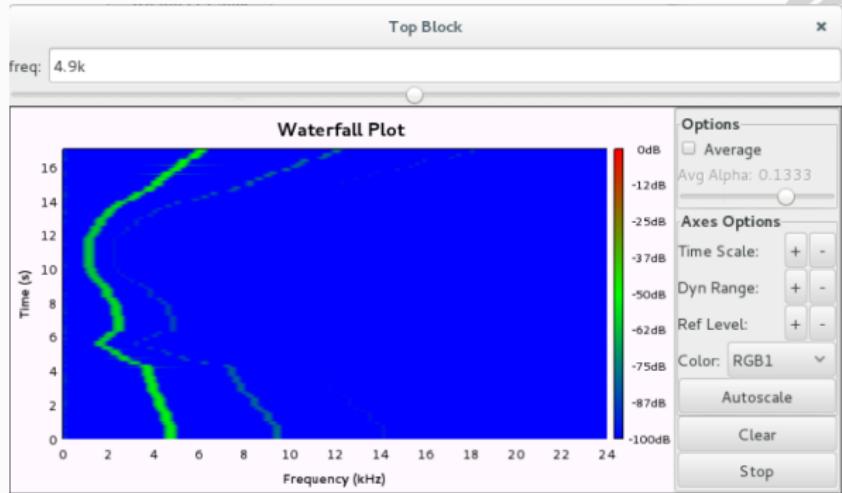
Ejecutando el programa generador de onda senoidal al mismo tiempo, y cambiando la frecuencia. Se trata de una prueba aproximada de “loopback” en la que el micrófono de la computadora escucha sus altavoces.

# Audio



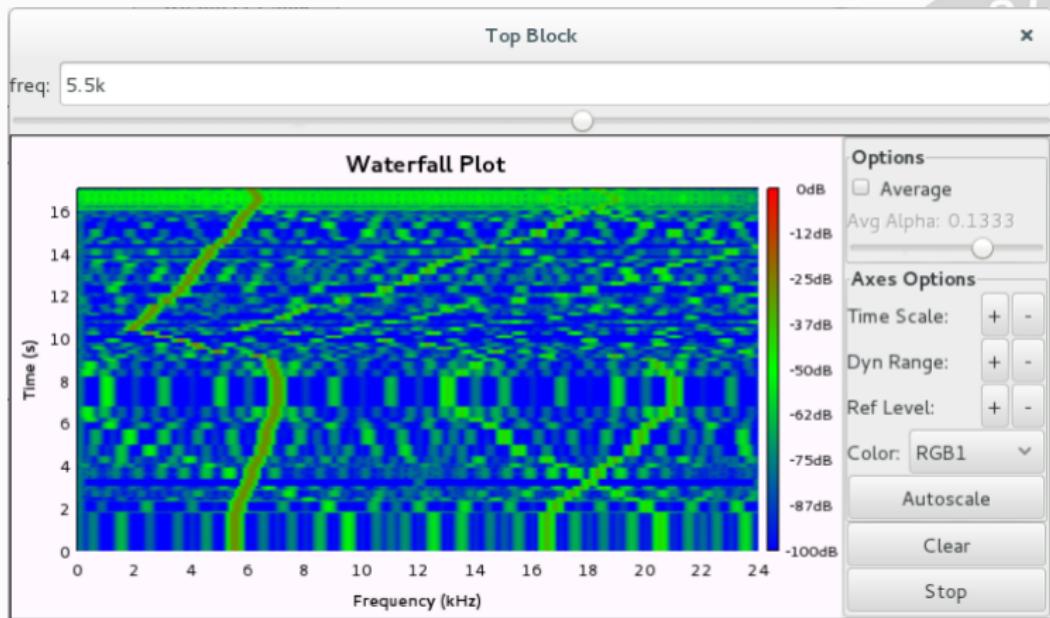
Se añade un bloque de prueba por medio de un generador de señales y un variador deslizante lo cual se escucha el tono variado en el Audio Sink y poder ver la variación de la frecuencia en el diagrama de cascada.

# Audio



Ejecutando el programa generador de onda senoidal se muestra la variación de frecuencia sin "loopback" del las entradas micrófono-altavoces.

# Audio



Con la retroalimentación del las entradas micrófono-altavoces.

# Lab4

## Modulación ASK en GRC

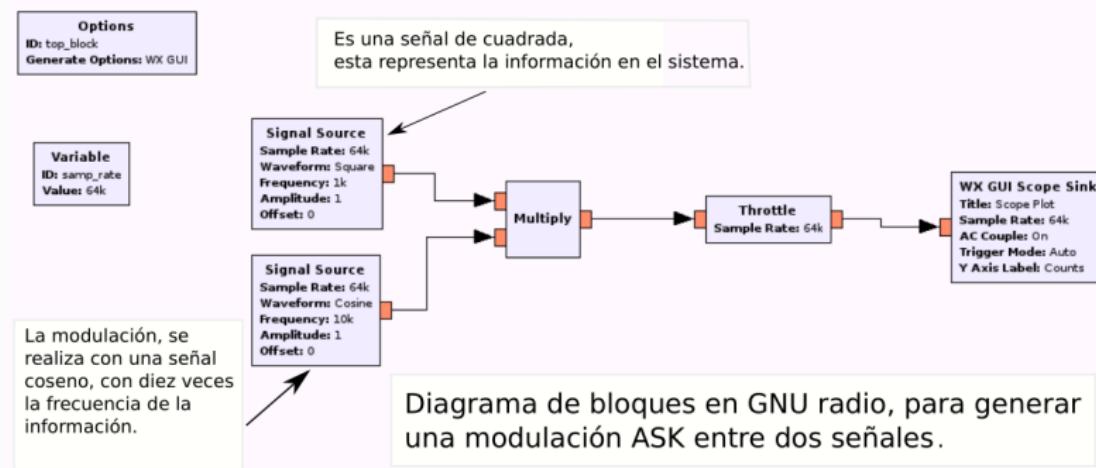
## Modulación ASK en GRC

- La Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK) es un esquema de modulación digital en el que la amplitud de la onda portadora se cambia con respecto a la señal de información, manteniendo la fase y la frecuencia de constantes. Para el presente laboratorio, se utilizó BASK, el cual tiene el mismo comportamiento, pero utilizando bits. Donde su comportamiento es descrito por la siguiente ecuación:

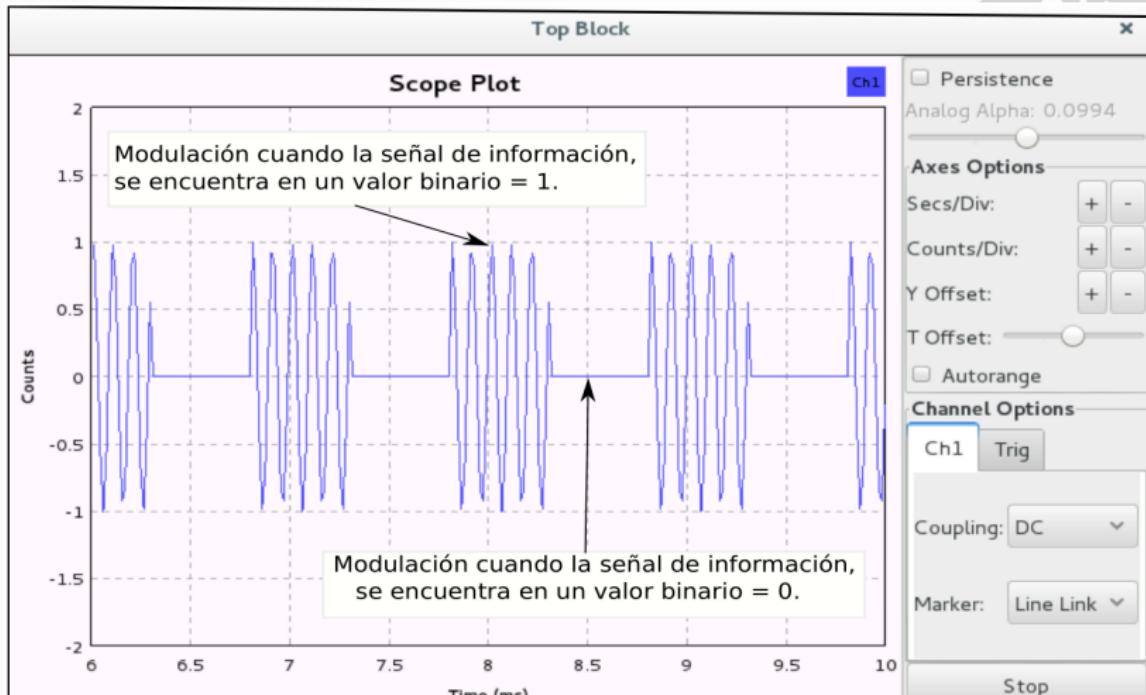
$$S(t) = Am(t)\cos(wt)$$

- El diagrama de boques en GRC consiste en la multiplicación de una señal de información con una portadora, que corresponde a una señal coseno de diez veces la frecuencia de la información. La frecuencia de muestreo debe ser mayor que el doble de la frecuencia máxima de la señal de datos.

# Modulacion ASK en GRC



# Modulación ASK en GRC



## Modulación ASK en GRC

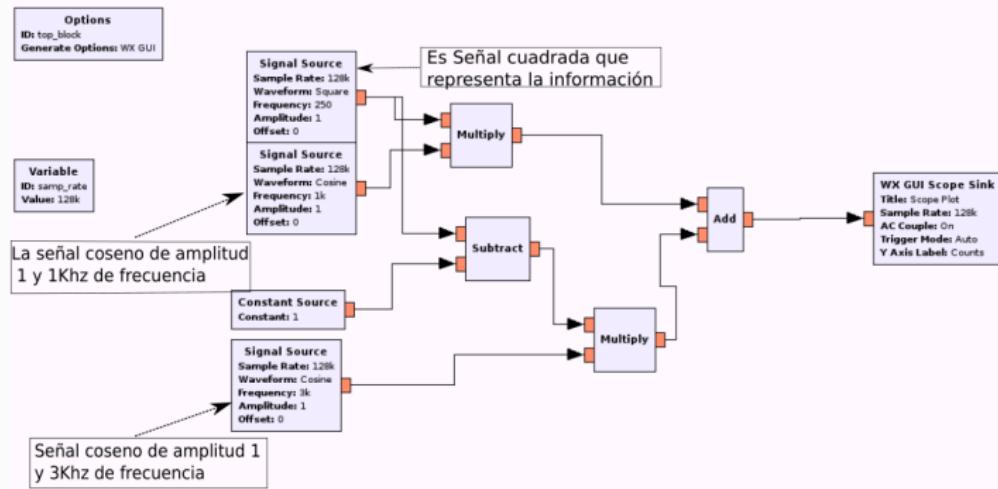
- La Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) es una técnica de modulación digital, utilizada para la transmisión de datos. Para BFSK que corresponde al mismo proceso, pero con datos binarios, se utilizan dos frecuencias diferentes para transmitir dos señales, es decir 0 y 1. como se puede ver a continuación:

$$S_1(t) = A \cos(\omega_1 t)$$

$$S_2(t) = A \cos(\omega_2 t)$$

- El diagrama de boques en GRC se utilizaron dos señales coseno como portadora de amplitud 1, y frecuencias de 1Khz y 10Khz. La señal 1 es representada por una onda cuadrada, y la señal 0 es obtenida restándole 1 a la señal cuadrada. Posteriormente se multiplican las señales 0 y 1 con las portadoras y luego se suman obteniendo la modulación FSK.

# Modulación ASK en GRC



# Modulación ASK en GRC



## Modulación ASK en GRC

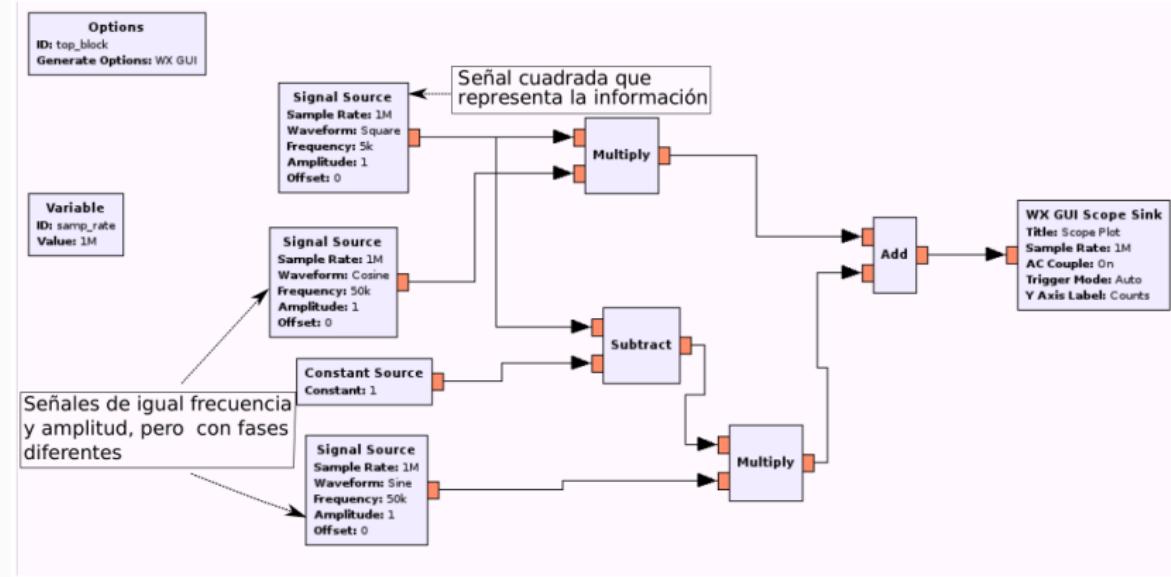
- La Modulación por desplazamiento de fase (PSK) es un esquema de modulación digital donde se varia la fase de la señal, manteniendo la frecuencia y la amplitud constante. Para la modulación PSK se usan dos señales con fases diferentes y frecuencias iguales, estas se multiplican con la señal 0 o 1 de los datos como se muestra a continuación:

$$S_1(t) = A \cos(\omega t)$$

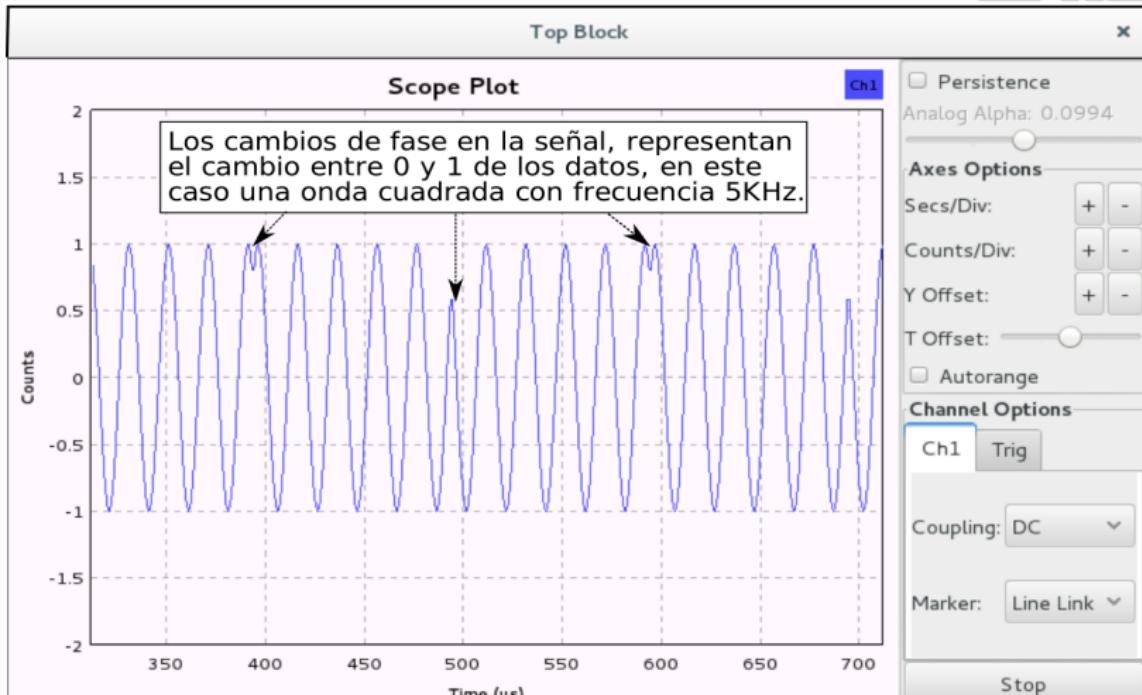
$$S_2(t) = A \sin(\omega t)$$

- El diagrama de boques en GRC se utiliza una señal coseno de 50000 hertz y la amplitud pico de 1, y otra onda sinusoidal de igual frecuencia y amplitud. Similar a BFSK se representa la señal 1 con la onda cuadrada de frecuencia 5000 hertz y el 0 por la resta de la constante.

# Modulación ASK en GRC



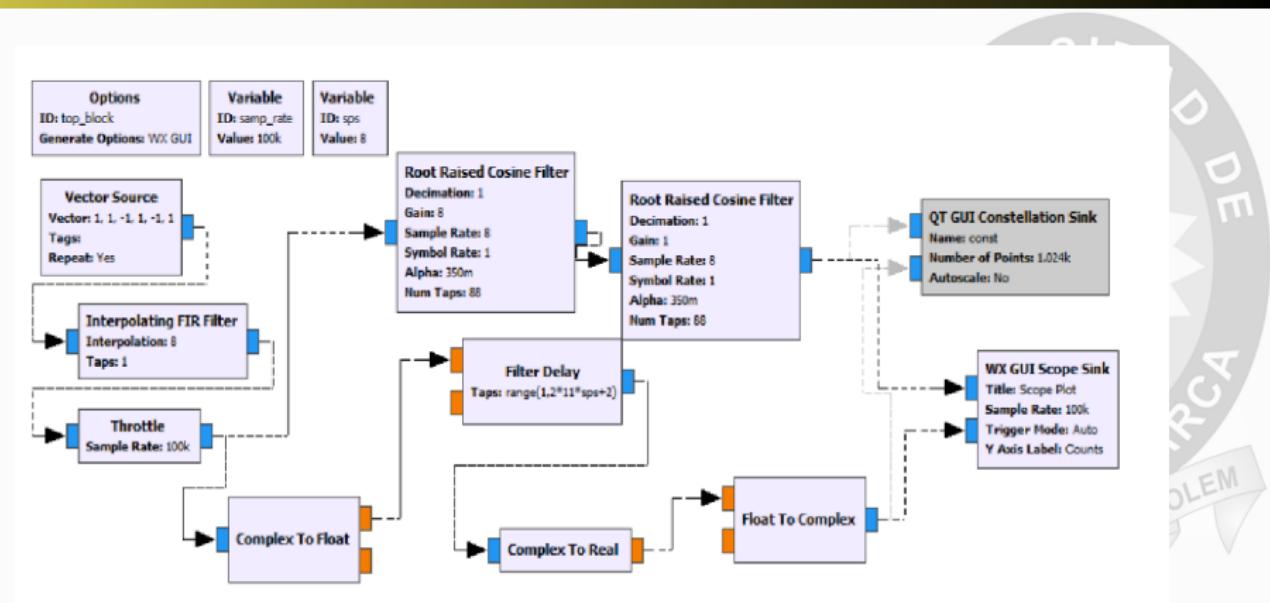
# Modulación ASK en GRC



# Lab5

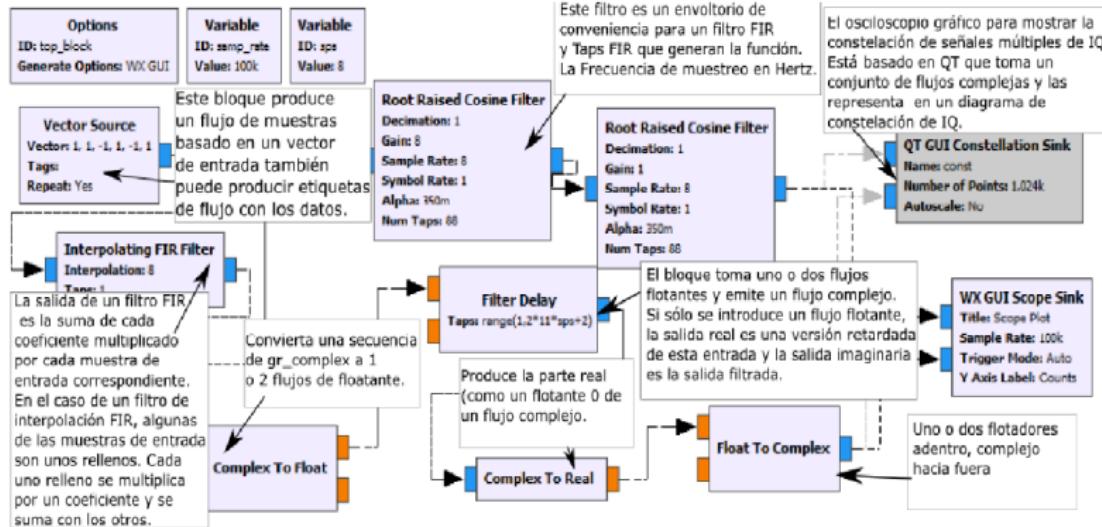
## Modulación BPSK en GRC

# Modulación BPSK en GRC

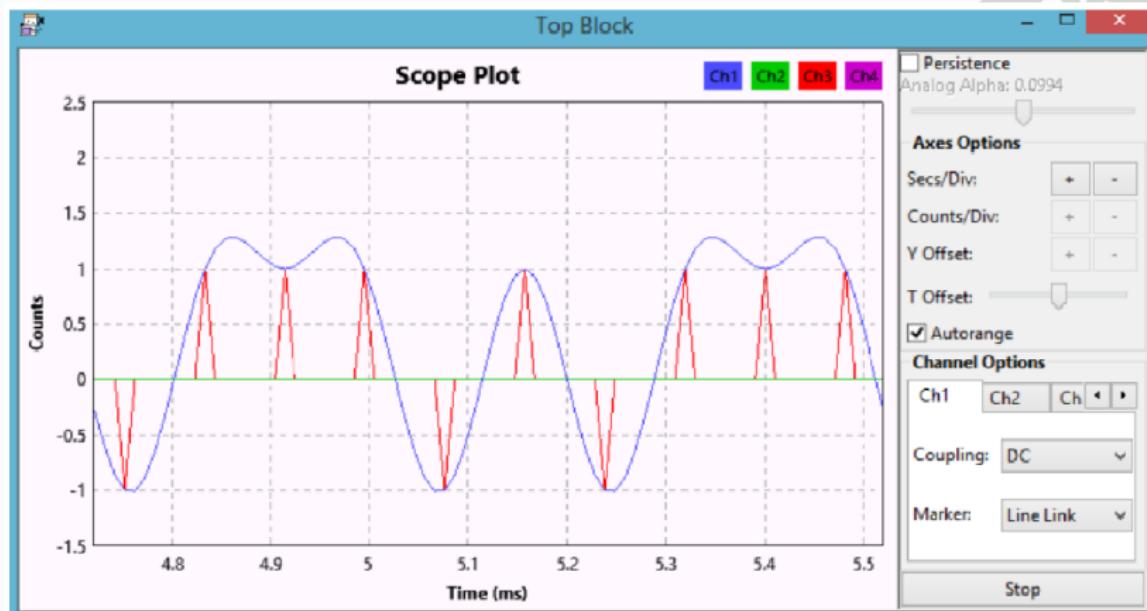


Convierte el flujo de datos digital en señal analógica de banda base (muestreada) utilizando el filtro FIR de interpolación.

# Modulación BPSK en GRC

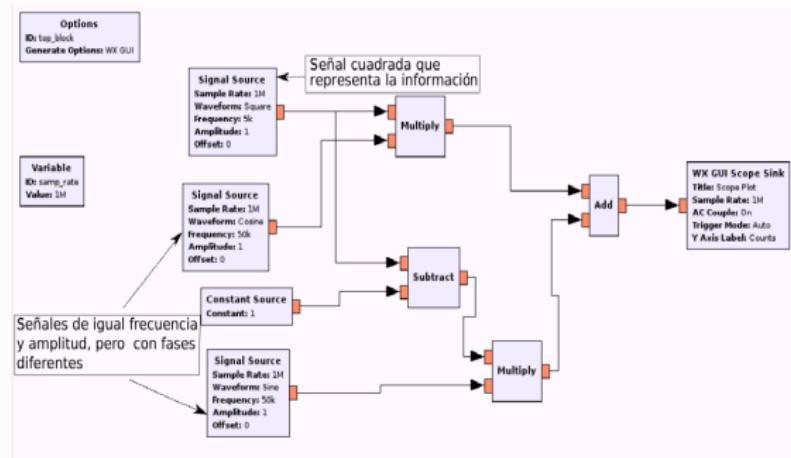


# Modulación BPSK en GRC



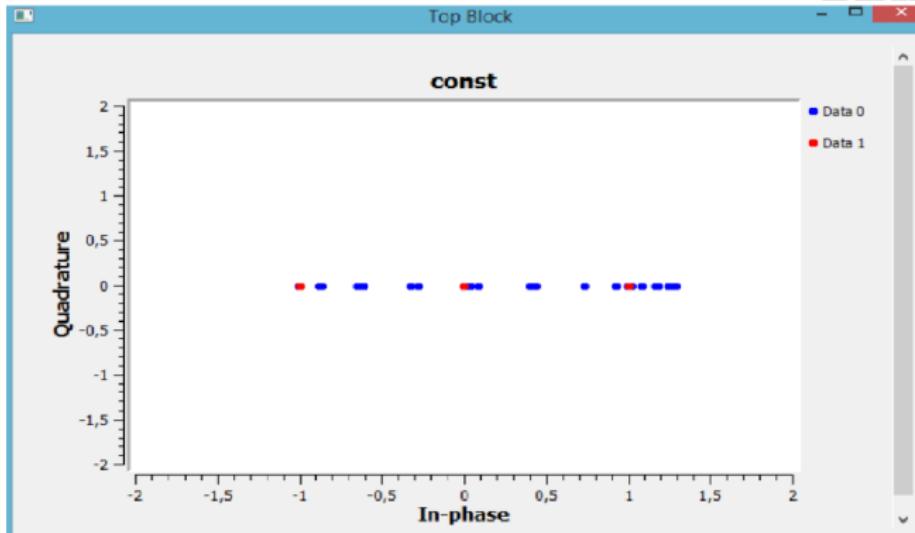
Modulación BPSK en función del tiempo

# Modulación BPSK en GRC



Se deshabilita el bloque del osciloscopio WX GUI y se habilita el osciloscopio de constelaciones QT GUI, también se debe cambiar en el bloque Options : Generate options : WX GUI por QT GUI para que el bloque de constelaciones funcione.

# Modulación BPSK en GRC



Constelación BPSK

# Bibliografía

## Bibliografía

-  KHYATI VACHHANI ASSISTANT PROFESSOR, *Design Analysis of Digital Modulation , Schemes with GNU Radio.*
-  v3L0C1R4PT0R, *RTL-SDR FM Radio Receiver With GNU Radio Companion*
-  DR. AARON SCHER, *GNU Radio Companion - BPSK Pulse shaping*
-  BALINT SEEBER Y ETTUS RESEARCH, *GNU Radio Tutorials Labs 1 – 5*