PRÁCTICA 3 grupo J1A

Bloques jerárquicos y modulaciones lineales en GNURADIO

Autore	Sergio Andrés Jiménez Buitrago – 2172309
	Yan Carlos Velasquez Meneses - 2183113

Grupo de laboratorio:	J1A
Subgrupo de clase	Grupo 5

EL RETO A RESOLVER:

El estudiante al finalizar la práctica tendrá los fundamentos suficientes para crear bloques jerárquico y a partir de ellos modelar entornos relacionados con las telecomunicaciones; estos bloques se crean a partir de otros módulos que se incluyen por defecto o que se han creado por el estudiante. Haremos un recorrido por un problema particular de estimación de la potencia de una señal.

EL OBJETIVO GENERAL ES:

Desarrollar habilidades en el manejo de GNURadio y resaltar la importancia de la creación de bloques jerárquicos para construir los sistemas de comunicaciones de acuerdo al proceso de cada estudiante.

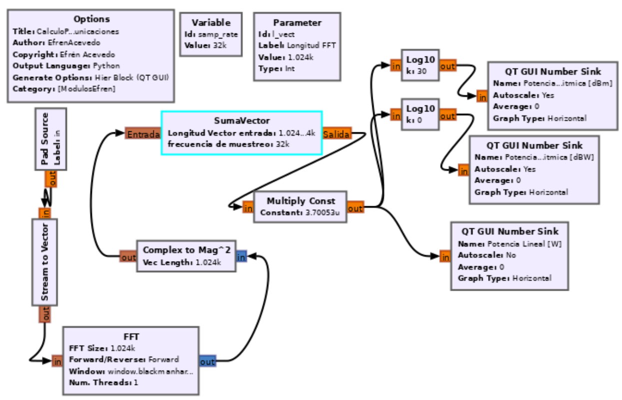
ENLACES DE INTERÉS

¿Qué es Gnuradio y que podemos hacer con este programa? Clic aquí

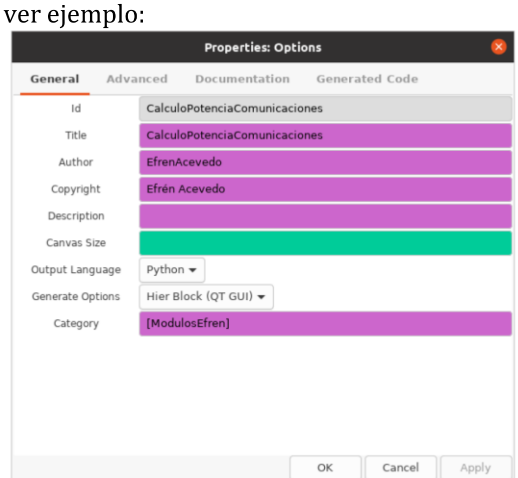
Atenuación en telecomunicaciones Clic aquí

LABORATORIO

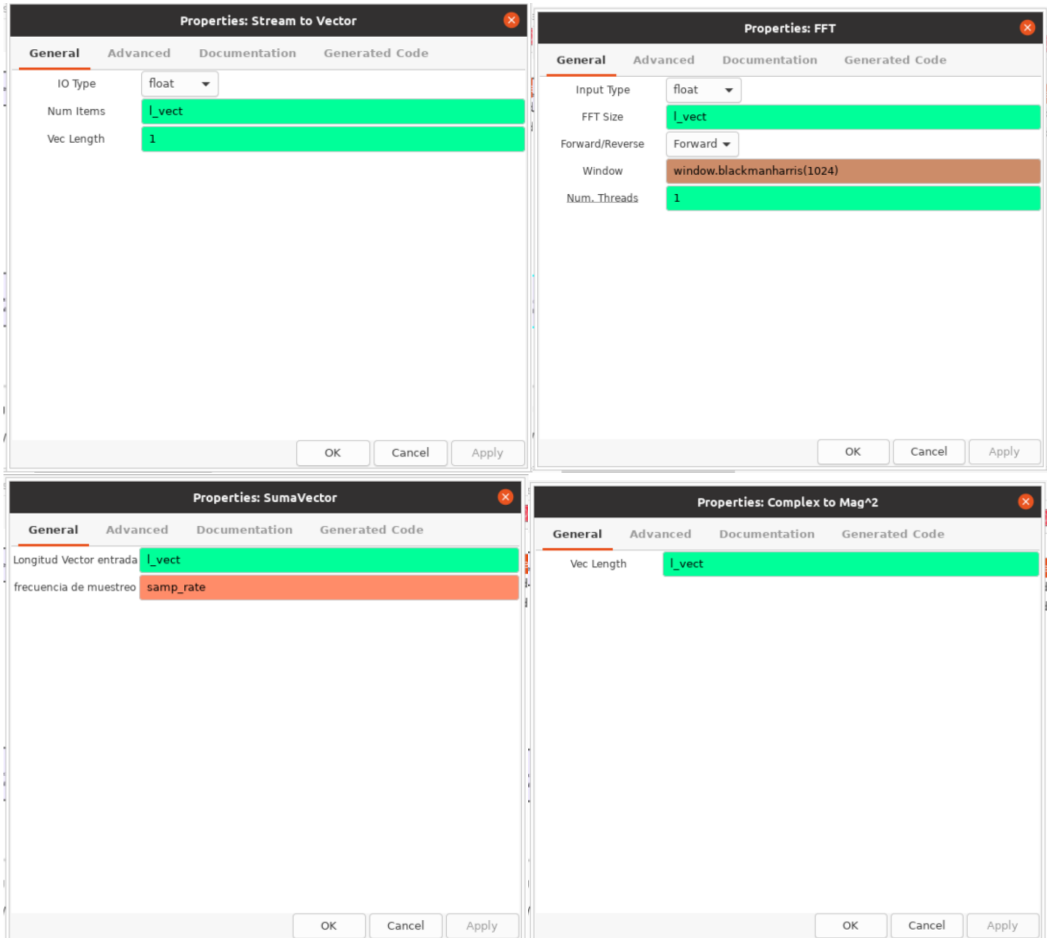
1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico:



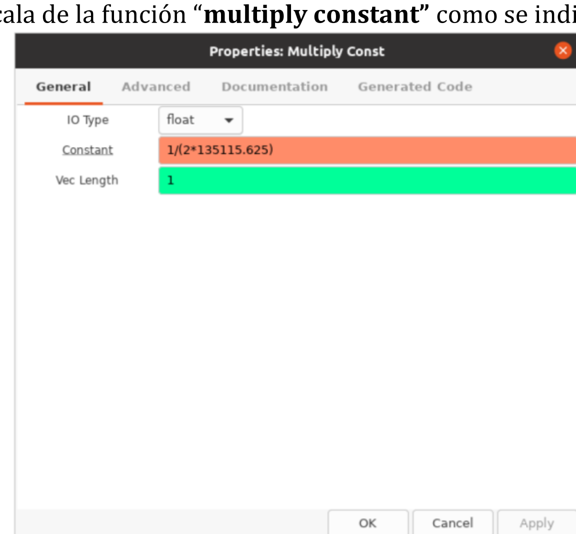
   a. Personalice el bloque Options, Nota: el campo **"Category"** debe poner el nombre de **[Modulos_J1A]** o el (a partir de la fecha, todos los módulos deben guardarse en la misma carpeta; este ejercicio es parte de la evaluación del laboratorio) ver ejemplo:



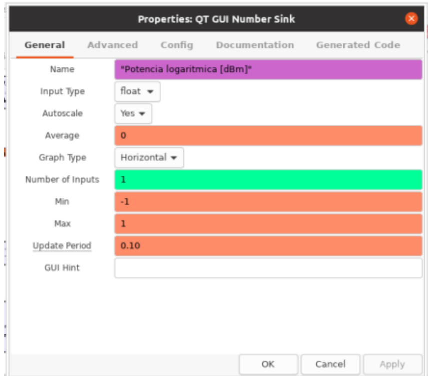
   b. Agregue la variable **l_vect** creada con el bloque **Parameter, ver el siguiente ejemplo:**

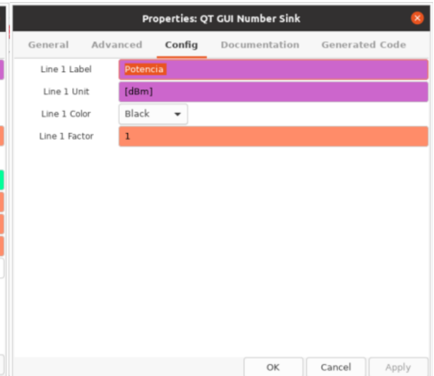


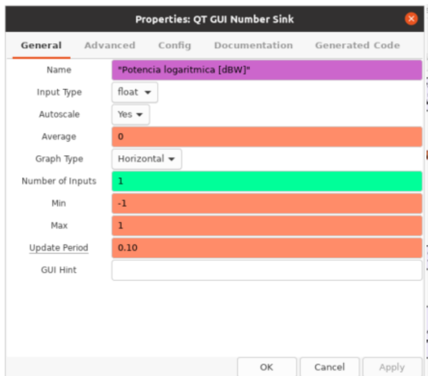
c. Ajuste los valores de escala de la función "**multiply constant**" como se indica en la imagen.

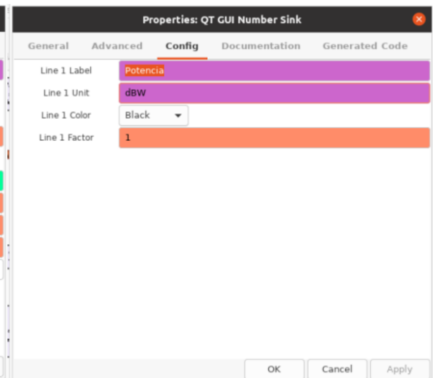


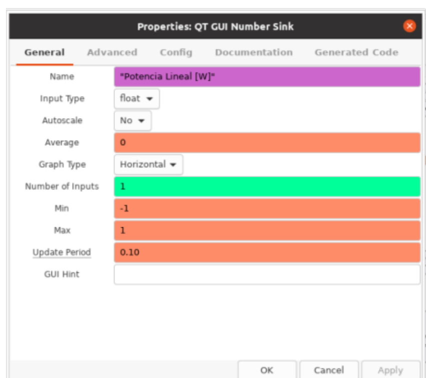
d. Ajuste los valores de los bloque "QT GUI Number Sink" para cada uno de las salidas

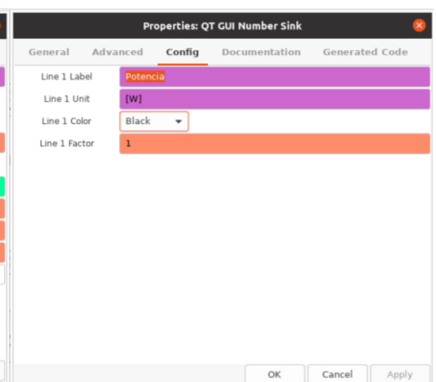












e. Ejecute el flujograma y observe que el nuevo bloque aparecerá dentro de la carpeta asignada. siempre y cuando se presione el botón "Reload Blocks" que aparece en la parte superior derecha de la interfaz de GNURadio.

2. Demuestre el funcionamiento del bloque asignando la variable correspondiente para calcular la potencia de una señal seno con amplitud variable (use el bloque QT GUI RANGE con valores de su preferencia), adicionalmente observe la señal en el dominio del tiempo y frecuencia usando los bloques pertinentes.

   a. Tabular los resultados con mínimo 5 valores de amplitud donde se observe los valores calculados de forma analítica y con el instrumento creado.
   b. Calcule la potencia de forma analítica para varios tipos de señales disponibles en el bloque Signal Source y valide la respuesta con diferentes valores de amplitud (mínimo 3 para cada señal). Tabular los datos obtenidos.

   c. Multiplique dos señales (Use valores de frecuencia de la señal diente de sierra (señal A) la suma de todos los dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz y la señal coseno (señal B) la multiplicación de los todos los

   d. dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz (en caso de tener dígitos cero los debe convertir en 10) . **Encuentre el valor de la frecuencia de muestreo** (primero haga un análisis y luego ejecute el flujograma) que debe usar en el sistema para visualizar y procesar la información. Calcule la potencia de la señal y explique la manera de estimar esta potencia de forma analítica.

   : si el último dígito del código es cero se debe tomar como diez. Ejemplo: Bob (cód: 2068123) y Grace (cód: 2176120). De esta forma la frecuencia de la señal A es igual a (2+10+6+8+1+2+3+2+1+7+6+1+2+10) kHz y la frecuencia de la señal B es (2*10*6*8*1*2*3 **+** 2*1*7*6*1*2*10) kHz.

3. Modulaciones Modulaciones lineal

Por otra parte, el estudiante deberá construir los diferentes modelos para la envolvente compleja de modulaciones lineales. La envolvente compleja es un representación canónica en banda base de la señal pasabanda; específicamente se puede representar cualquier señal mediante la siguiente ecuación:

$$s(t) \ = Re\{g(t)e^{j\,2\,pi\ \ fc\,t}\}$$

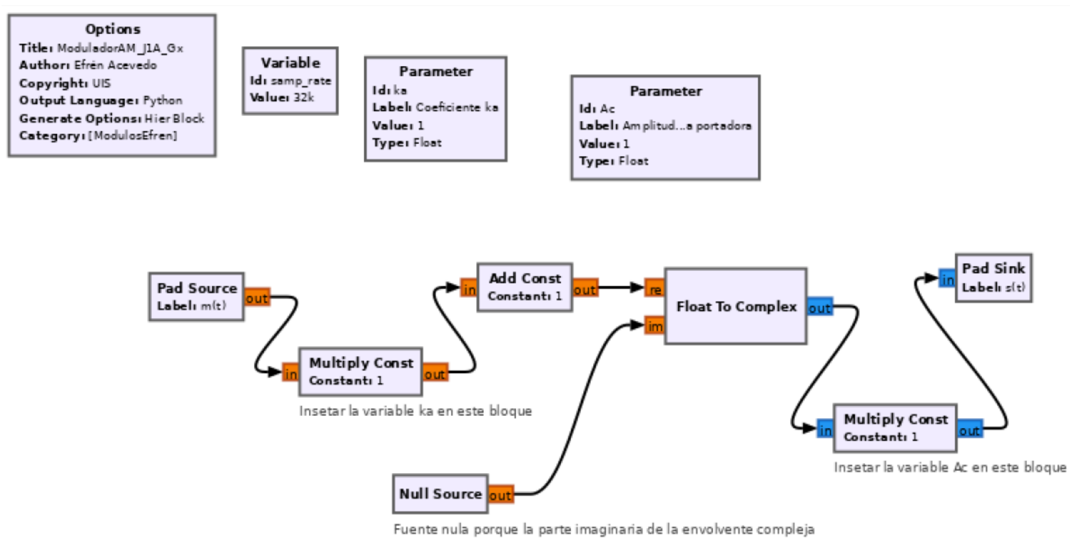
- forma rectangular de g(t)

$$g(t) \ = \ x(t) + jy(t)$$

- forma polar de g(t)

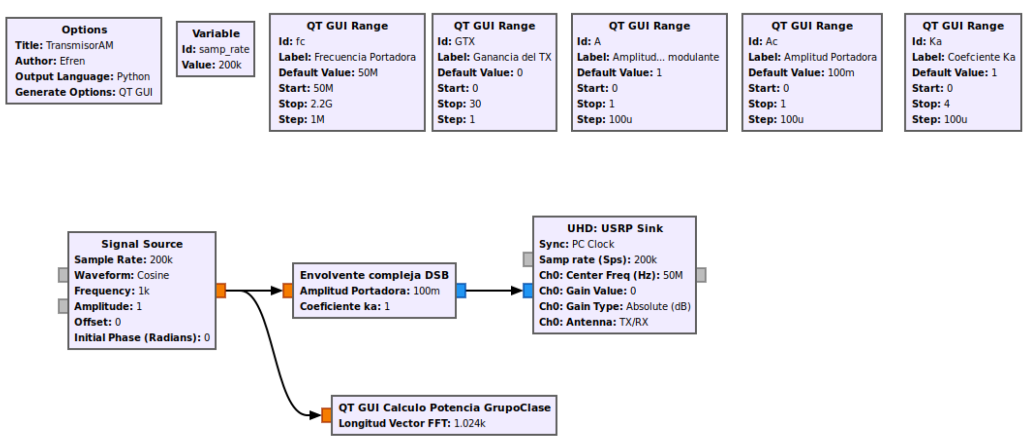
$$g(t) \ = R(t)e^{j\,\theta(t)}$$

1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico, con entrada m(t) y salida g(t): Nota: no olvide insertar el Nota: el campo **"Category"** debe poner el nombre de **[Modulos_J1A]**



a. Conecte la salida del USRP al bloque **Modulación AM** Ver figura siguiente. Cuando tenga el montaje conecte en cascada la señal coseno de entrada (m(t)), realice el análisis en el dominio del tiempo de la señal s(t) (usando el osciloscopio) y frecuencia de la señal s(t) (usando el analizador de espectro).

   a. Considere los casos para (ka*Am = 1), (ka*Am > 1) y (ka*am < 1). Calcule la potencia de la señal envolvente compleja g(t) y la potencia de la señal s(t0). Compare los resultados medidos en los instrumentos con el bloque medida de potencia creado en la primera parte de la práctica.

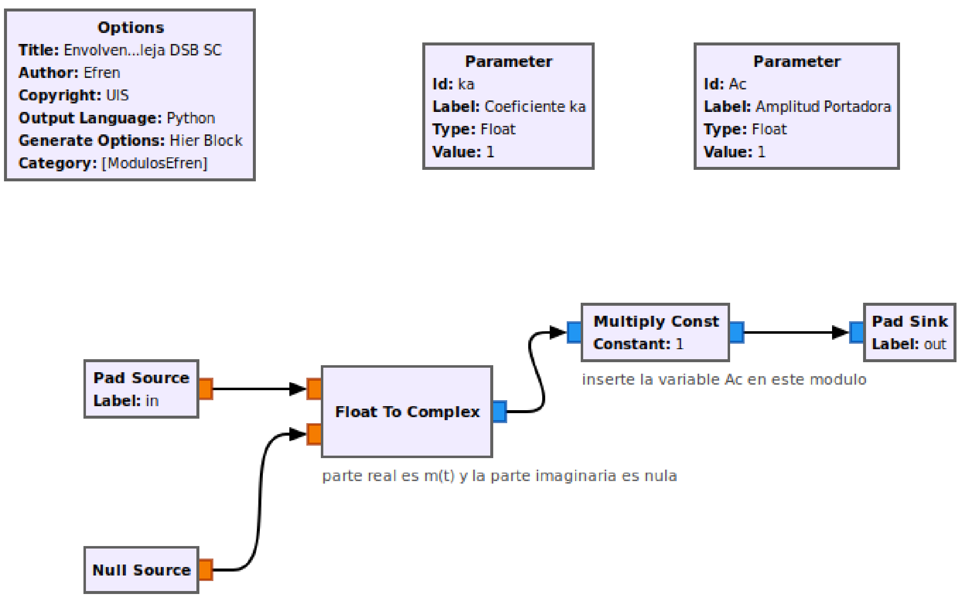


b. Cree la envolvente compleja para los siguientes modulaciones lineales:

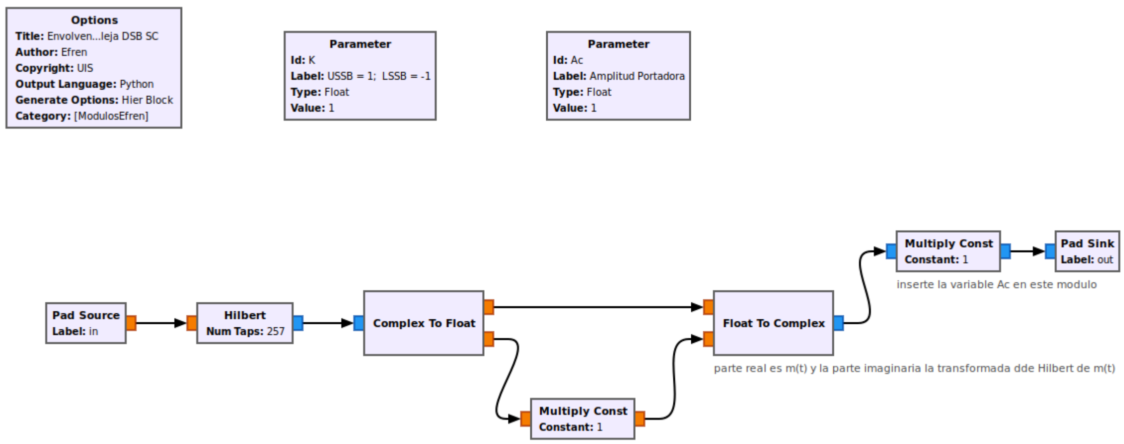
Nombre	$x(t)$	$y(t)$	$R(t)$	$s(t)$	Potencia
Modulador AM **DSB**	$Ac[1+ka.m(t)]$	0	$Ac[1+ka.m(t)]$	$Ac[1+ka.m(t)]Cos(2\,pi\,fc\,t)$	$\frac{Ac^2}{2}[1+ka.P_{m(t)}]$
Modulador AM con portadora suprimida **DSB-SC**	$Ac[m(t)]$	0	$Ac[m(t)]$	$Ac[m(t)]Cos(2\,pi\,fc\,t)$	$\frac{Ac^2}{2}[P_{m(t)}]$
Banda lateral Unica **SSB**	$\frac{Ac}{2}[m(t)]$	$\pm\frac{Ac}{2}[\hat{m}(t)]$	$\frac{Ac}{2}\sqrt{m^2(t)+\hat{m}^2(t)}$	$\frac{Ac}{2}[m(t)]Cos(2\,pi\,fc\,t)$ $\mp\frac{Ac}{2}[\hat{m}(t)]Sen(2\,pi\,fc\,t)$	$\frac{Ac^2}{4}[P_{m(t)}]$
Modulación en cuadratura **QAM**	$m_1(t)$	$m_2(t)$	$\sqrt{m_1^2(t)+m_2^2(t)}$	$[m_1(t)]Cos(2\,pi\,fc\,t)$ $+[m_2(t)]Sen(2\,pi\,fc\,t)$	$\frac{P_{m_1(t)}}{2}+\frac{P_{m_1(t)}}{2}$

b. Conecte la salida del USRP a cada uno de los módulos que representan la envolvente compleja en cada caso. Cuando tenga el montaje conecte en cascada la señal coseno de entrada (m(t)), realice el análisis en el dominio del tiempo de la señal s(t) (usando el osciloscopio) y frecuencia de la señal s(t) (usando el analizador de espectro).

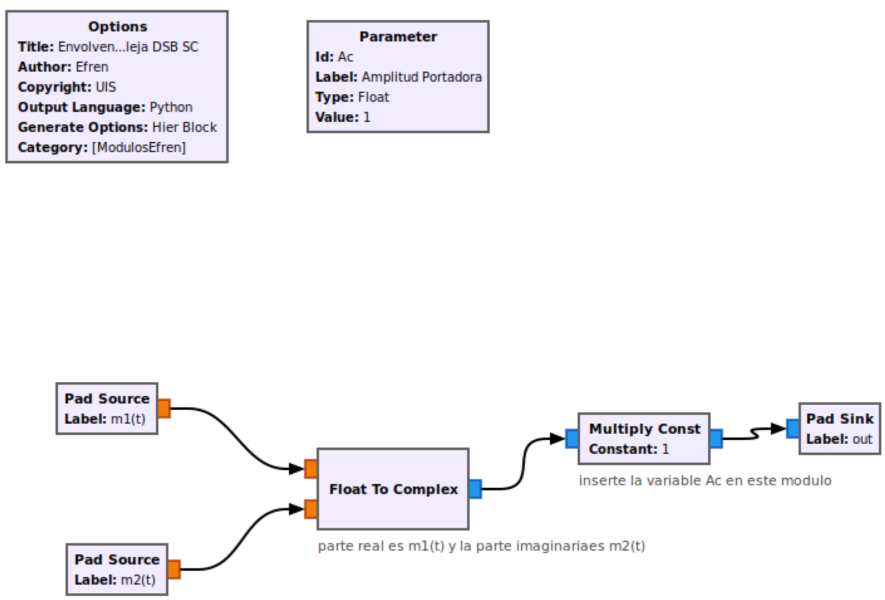
Envolvente compleja modulador AM portadora suprimida.



Envolvente compleja modulador AM Banda lateral Única SSB.

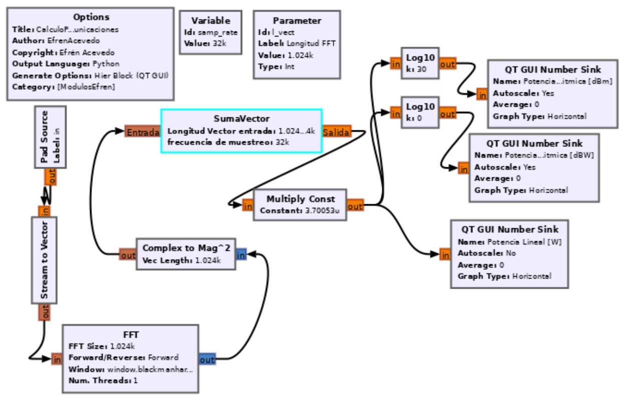


Envolvente compleja modulador en cuadratura QAM.



INFORME DE RESULTADOS

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



Se creó el módulo para calcular la potencia, configurando el bloque options, y es posible usarlo ahora para nuevos sistemas.

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

A)

Amplitud sin mensaje	**W**	**dB**	**dBm**
1	0.5	-3	27
2	2	3	33
3	4.5	6	36
4	8	9	39
5	12.5	11	41

Tabla 1. Resultados del cálculo de potencia de una señal cosenoidal con diferentes amplitudes obtenidas en GnuRadio.

B)

La potencia para una señal cosenoidal está determinada por la mitad de la amplitud de su espectro elevado al cuadrado. Al aplicar la Transformada de Fourier a una sinusoidal pura, obtenemos como resultados, dos impulsos ubicados en la frecuencia de la señal, con la mitad de la amplitud de la señal original.

$P_x = \frac{A^2}{4} + \frac{A^2}{4} = \frac{A^2}{2}$, que corresponde a cada impulso de la FFT de la función.

Para realizar el cálculo de la potencia, partimos en primer lugar de una señal sinusoidal con amplitud 1, su potencia será:

$$P_x = \frac{1^2}{2} = 0.5\ [W]$$

La potencia medida en dB o dBW se calcula a partir de la fórmula:

$$P_{[dB]} = 10log_{10}(\frac{P[W]}{1\ W})$$

$$P_{[dB]} = 10log_{10}(\frac{0.5[W]}{1\ W})$$

$$P_{[dB]} = -3\ [dB]$$

Finalmente, en la práctica, la tercera columna es la potencia medida en dBm, para verificar que el valor corresponda al mostrado, de manera analítica, para pasar nuestra potencia de dB a dBm sumaremos 30 en escala logarítmica.

$$P_{[dB]} = -3 + 30 = 27[dBm]$$

- Ahora, sea el caso en el cual tenemos una señal sinusoidal con amplitud 2, su potencia lineal será:

$$P_x = \frac{2^2}{2} = 2\ [W]$$

La potencia medida en dB es:

$$P_{[dB]} = 3\ [dB]$$

Por último, la potencia medida en dBm, es de:

$$P_{[dBm]} = 3 + 30 \approx 33\ [dBm]$$

- Para el caso en el cual tenemos una señal sinusoidal con amplitud 3, su potencia lineal será:

$$P_x = \frac{3^2}{2} = 4.5\ [W]$$

La potencia medida en dB es:

$$P_{[dB]} = 6.53\ [dB]$$

Por último, la potencia medida en dBm, es de:

$$P_{[dBm]} = 6.53 + 30 \approx 36.5\ [dBm]$$

- Para el caso en el cual tenemos una señal sinusoidal con amplitud 4, su potencia lineal será:

$$P_x = \frac{4^2}{2} = 8\ [W]$$

La potencia medida en dB es:

$$P_{[dB]} = 9\ [dB]$$

Por último, la potencia medida en dBm, es de:

$$P_{[dBm]} = 9 + 30 \approx 39\ [dBm]$$

Entonces se logra demostrar la eficiencia del bloque creado para hacer el cálculo de la potencia.

- Para el caso en el cual tenemos una señal sinusoidal con amplitud 5, su potencia lineal será:

$$P_x = \frac{5^2}{2} = 12.5\ [W]$$

La potencia medida en dB es:

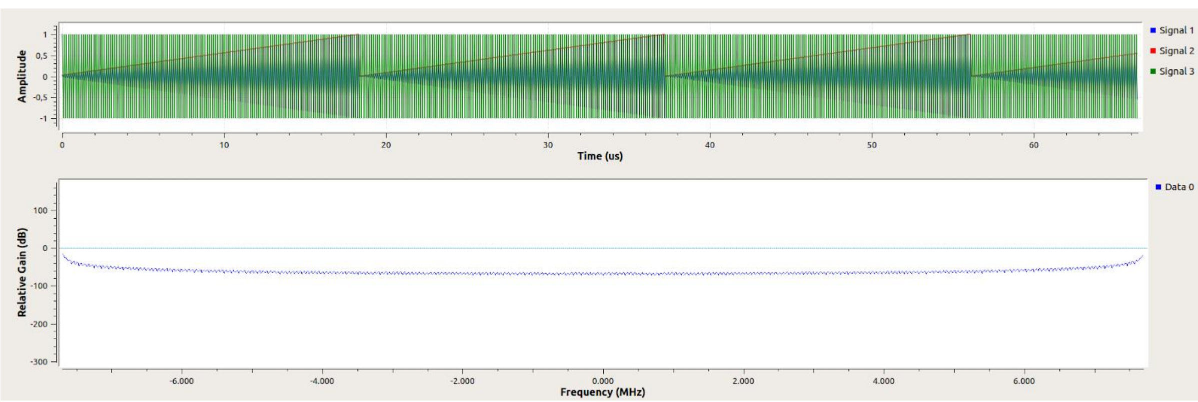
$$P_{[dB]} = 10.96\ [dB]$$

Por último, la potencia medida en dBm, es de:

$$P_{[dBm]} = 10.96 + 30 \approx 40.9\ [dBm]$$

C)

Las frecuencias resultantes con nuestros códigos son $F_A = 53\ kHz$ $y\ F_A = 7704\ kHz$. En esta ocasión se ha decidido aumentar esta frecuencia para tener una mejor resolución de la señal resultante de la multiplicación y se ha optado por una de 10[MHz].



A partir del Teorema de Parseval $\frac{1}{T}\int_0^T |x(t)|^2$ dt determinamos el valor de la potencia para la señal

$$|x(t)| = Cos(2\pi(7704 * 10^3)t) = Cos(15.4 * 10^6\ \pi t)$$

El periodo de la señal está definido por la señal cuadrada por lo tanto se usará esta frecuencia para los límites de la integral. Reemplazando estos valores se obtiene:

$$P[W] = \frac{1}{1/(53 * 10^3)} \int_0^{\mathbf{1/(53*10^3)}} |Cos(15.4 * 10^6\ \pi t)|^2 dt = 55000 \int_0^{\mathbf{1/(53*10^3)}} |Cos(15.4 * 10^6\ \pi t)|^2 dt$$

Cómo la señal cuadrada está la mitad de su periodo en uno y la otra mitad en cero, entonces al realizar el cálculo de la integral esta solo se calcula en el intervalo de 0 a T/2. Además como el coseno es una función real en todo su dominio su magnitud al cuadrado, es igual a su propio valor al cuadrado.

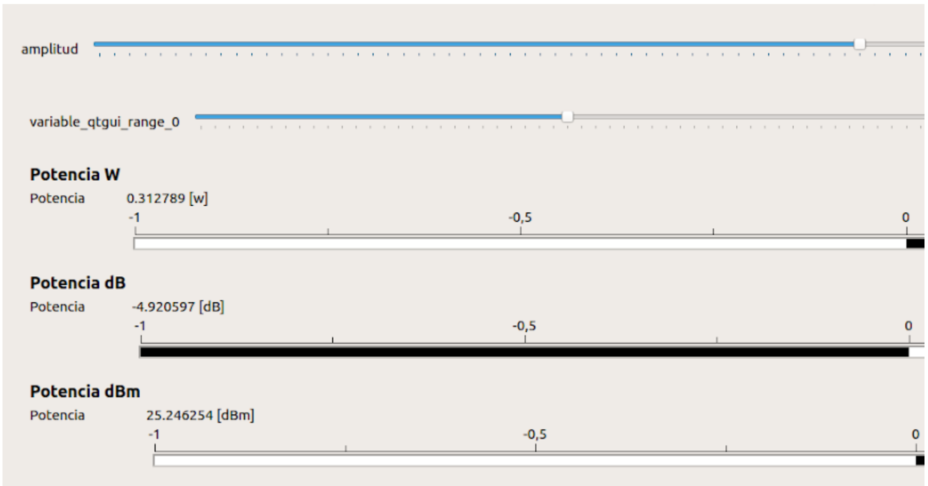
$$P[W] = 55000 \int_0^{\mathbf{1/(106*10^3)}} |Cos(15.4 * 10^6 \pi\ t)|^2 dt = 0.2597[W]$$

Con este valor es posible calcular su respectiva potencia en dB y dBm tal como se hizo en el literal anterior.

$$P_{[dB]} = 10log_{10}(\frac{P[W]}{1\ W}) = 10log_{10}\left(\frac{0.2597}{1\ W}\right) = -5.255[dB]$$

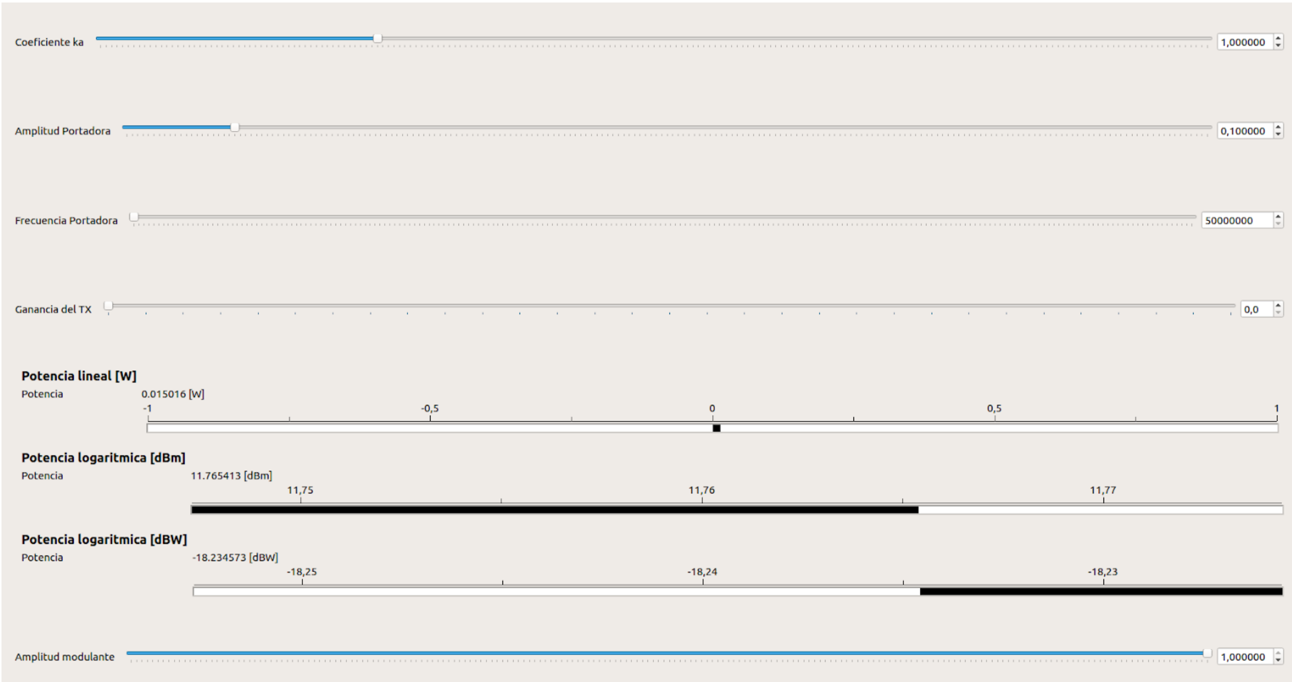
$$P_{[dBm]} = 10log_{10}(\frac{0.259[W]}{10^{-3}\ W}) = 10log_{10}\left(\frac{0.2597}{10^{-3}\ W}\right) = 24.01\ [dBm]$$

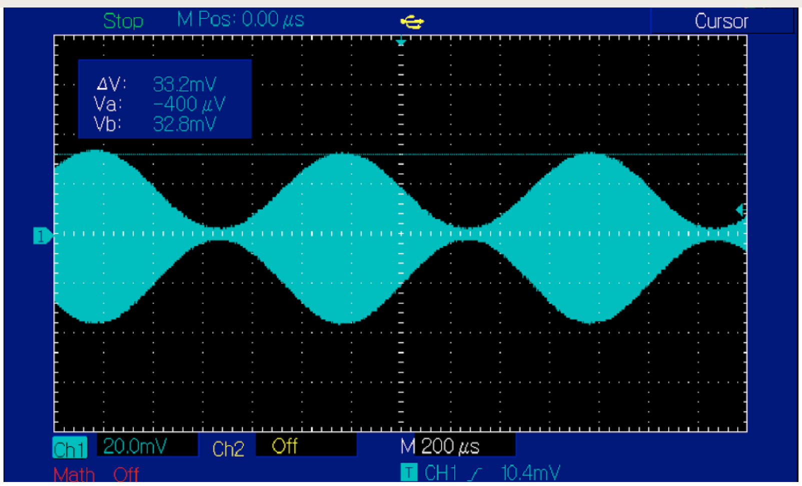
Estas potencias son verificadas con el simulador y efectivamente a pesar de su oscilación tienen un valor promedio muy similar.



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

Para $K_a * A_m = 1$





$$A_c[1 + k_a A_m] = 33.6\ [mV]$$
$$\Rightarrow A_c = 16.8\ [mV] = 0.28224\ [mW]$$

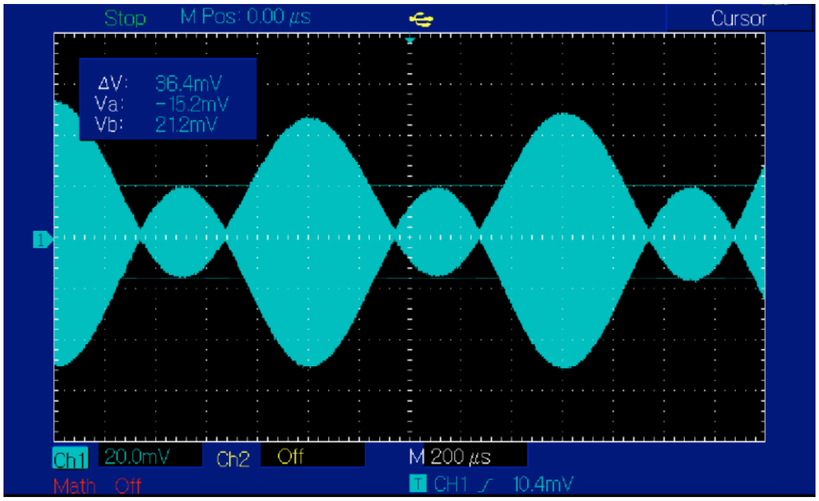
Envolvente compleja:

$$P_{g(t)} = A_c^2 + \left[\frac{(A_c K_a A_m)^2}{2}\right]$$
$$P_{g(t)} = 0.1194\ [mW]$$

Potencia $s(t)$

$$P_{s(t)} = \frac{A_c^2}{2}\left[1 + \frac{K_a^2 A_m^2}{2}\right]$$
$$P_{s(t)} = 0.0597\ [mW]$$

Para $K_a * A_m > 1$



$$A_c[1 + k_a A_m] = 51.5\ [mV]$$
$$A_c[1 - k_a A_m] = 18.2\ [mV]$$
$$\Rightarrow A_c = 34.85\ [mV] = 1.2145\ [mW]$$

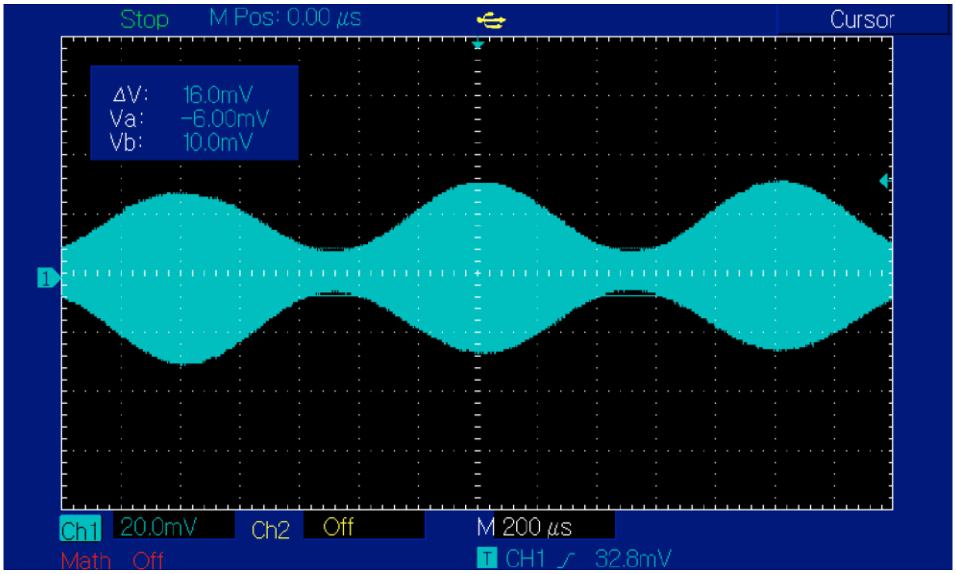
Envolvente compleja $\boldsymbol{P_{g(t)}}$:

$$K_a = 2$$
$$P_{g(t)} = A_c^2 + \left[\frac{(A_c K_a A_m)^2}{2}\right]$$
$$P_{g(t)} = 4.425\ [mW]$$

Potencia $\boldsymbol{s(t)}$

$$P_{s(t)} = \frac{A_c^2}{2}\left[1 + \frac{K_a^2 A_m^2}{2}\right]$$
$$P_{s(t)} = 2.913\ [mW]$$

Para $K_a * A_m < 1$



$$K_a = 0.2$$
$$A_c[1 + k_a A_m] = 31.2\ [mV]$$
$$A_c[1 - k_a A_m] = 8\ [mV]$$
$$\Rightarrow A_c = 19.6\ [mV] = 384.16\ [mW]$$

Envolvente compleja:

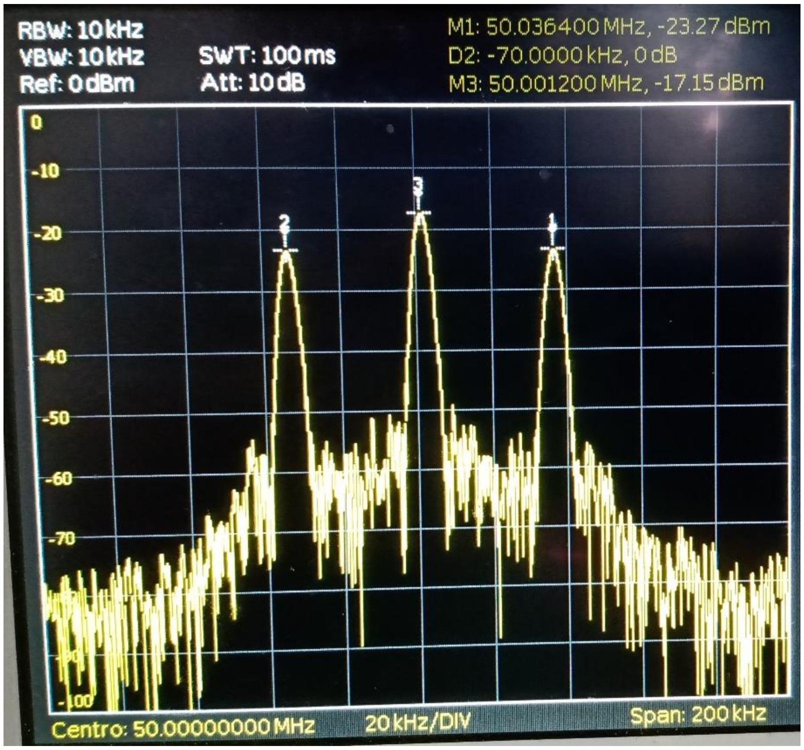
$$\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{g(t)}} = A_c^2 + \left[\frac{(A_c K_a A_m)^2}{2}\right]$$
$$P_{g(t)} = 0.1505\ [W]$$

Potencia $\boldsymbol{s(t)}$

$$P_{s(t)} = \frac{A_c^2}{2}\left[1 + \frac{K_a^2 A_m^2}{2}\right]$$
$$P_{s(t)} = 0.0752\ [W]$$

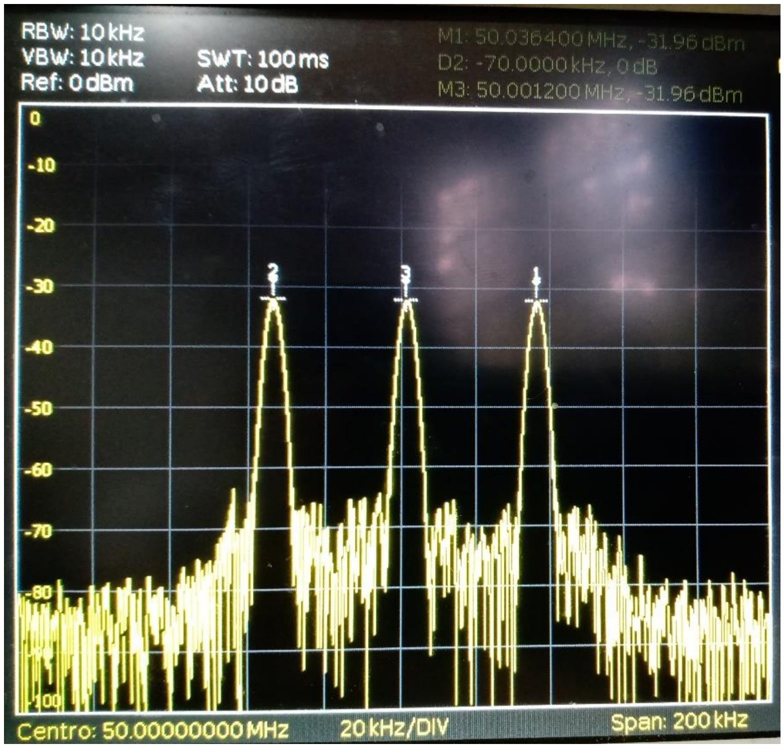
Análisis en frecuencia:

Para $K_a * A_m = 1$



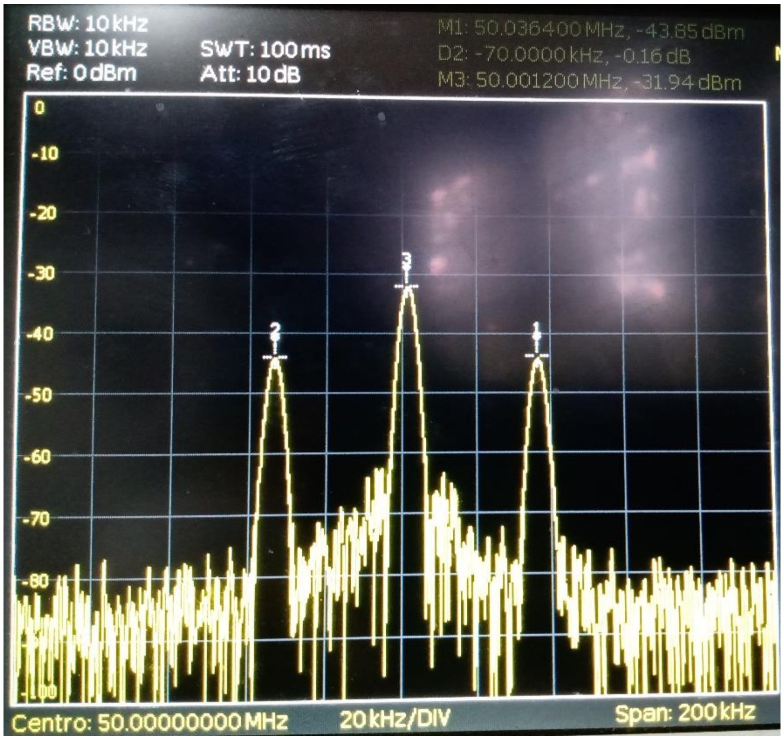
$$-14.23\ [dBm] \rightarrow 37.757\ [\mu W]$$
$$-14.15\ [dBm] \rightarrow 38{,}459\ [\mu W]$$
$$-23.27\ [dBm] \rightarrow 4.71\ [\mu W]$$
$$\boldsymbol{P_{s(t)}} = 80.926\ [\mu W]$$

Para $K_a * A_m > 1$



$$-28.96\ [dBm] \rightarrow 1.27\ [\mu W]$$
$$\boldsymbol{P_{s(t)}} = \ \ 3.811\ [\mu W]$$

Para $K_a * A_m < 1$



$$-40.65\ [dBm] \rightarrow 0.0869\ [\mu W]$$
$$-40.94\ [dBm] \rightarrow 0.0805\ [\mu W]$$
$$-28.94\ [dBm] \rightarrow 1.276\ [\mu W]$$

$$\boldsymbol{P_{s(t)}} = \ \ 3.811\ [\mu W]$$

Conclusiones y/o observaciones:

- Al variar el valor de Ka, fue evidente relación directa con la variación de los armónicos para la potencia de la señal, igualmente para el caso de las señales analizadas en el osciloscopio, cambia la forma de la señal modulada, verificando que Ka nos ayuda a controlar el índice de modulación de la señal
- Al analizar los valores de potencia obtenidos mediante el bloque de medidor de potencia y los valores calculados analíticamente, se observa una similitud en ellos, corroborando los resultados de la práctica en GNU Radio.
- Los valores de potencia obtenido mediante el analizas del osciloscopio y los obtenidos en el análisis del analizador de espectro, difieren entre ellos, una de las posibles causas de esta diferencia, puede ser los diferentes métodos analíticos usados en los dos casos para calcular las potencias.