

PRÁCTICA 4 Grupo L1A

Modulaciones angulares en GNURADIO (2 sesiones de 2 horas)

Autores

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 consolidar el conocimiento en creación de bloques jerárquicos; estos bloques se crean a partir de otros módulos que se incluyen por defecto o que se han creado por el estudiante.

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

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

- forma polar de $g(t)$

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

para el caso de las modulaciones angulares

$$R(t) = A_c$$

$$\theta(t) = k_p * m(t); \text{ caso PM}$$

$$\theta(t) = 2\pi * k_f * \int m(t); \text{ caso FM}$$

donde: k_p es el coeficiente de sensibilidad de fase y k_f es el coeficiente de sensibilidad de frecuencia

EL OBJETIVO GENERAL ES:

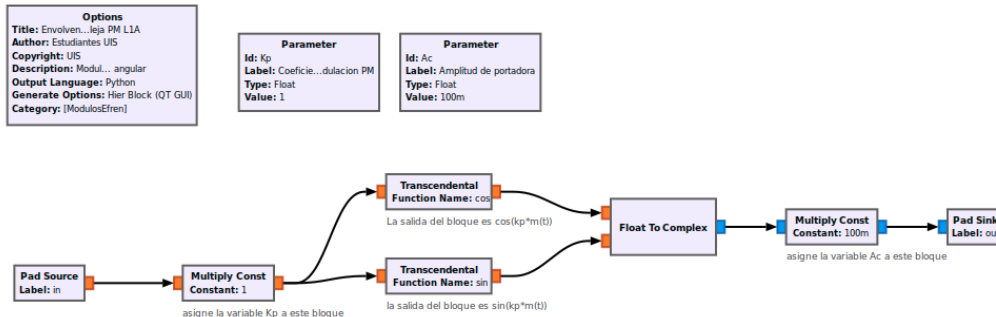
Desarrollar habilidades en el manejo de GNURadio y resaltar la importancia de la creación de bloques jerárquicos para construir los sistemas de comunicaciones convencionales a partir de la generación de la envolvente compleja.

ENLACES DE INTERÉS

¿Qué es Gnuradio y qué podemos hacer con este programa? [Clic aquí](#)

LABORATORIO

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



- a. Personalice el bloque Options, ver ejemplo:

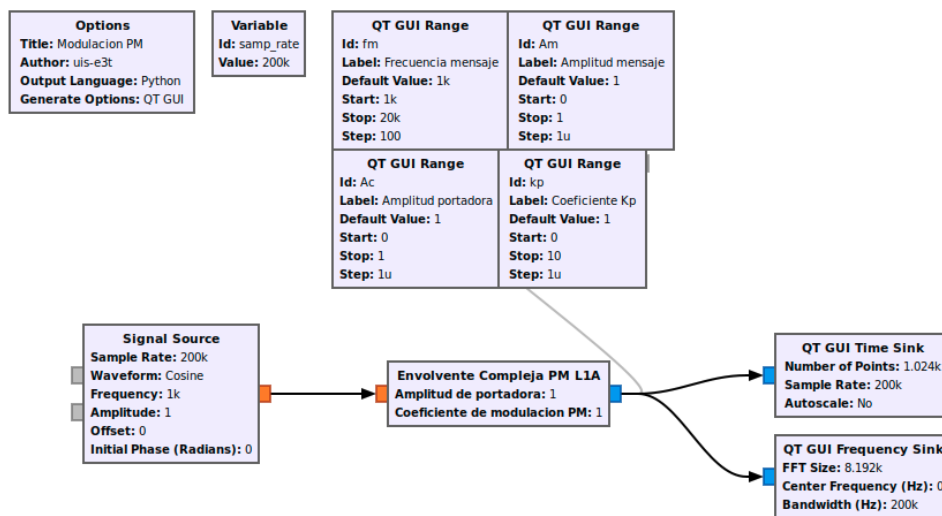
Properties: Options		
General	Advanced	Documentation
Id	EnvolveComplejaPM	
Title	Envolve Compleja PM L1A	
Author	Estudiantes UIS	
Copyright	UIS	
Description	Modulo desarrollado para estudiar la envolve comleja de una	
Output Language	Python	
Generate Options	Hier Block	
Category	[ModulosEfren]	

Botones: Aceptar, Cancelar, Aplicar

NOTA: Recuerde que el campo category debe personalizarse para que este módulo quede en la misma carpeta que los módulos de las prácticas anteriores Ejemplo: [Modulos]1AG1].

- b. Asigne la variable **AC** (bloque multiply constant que conecta con el bloque pad sink) y **kp** (bloque multiply constant que conecta con el bloque pad source) creada con el bloque **Parameter** y asignarla según corresponda

- c. Ejecute el flujograma y observe que el nuevo bloque aparecerá dentro de la carpeta asignada (Ejemplo: [ModulosJ1AG1]).
- d. Conecte la salida del bloque **Envolvente compleja PM** con el bloque de UHD_USRP_SINK (creado por su grupo en clases anteriores).
- e. Cuando tenga el montaje conecte la señal coseno de entrada y en la salida realice la observación en el dominio del tiempo y frecuencia de la señal $g(t)$. (la amplitud de la portadora **AC** debe ser igual a la suma de cada último dígito del código de los integrantes multiplicado por 5). Considere los casos para $(k_p \cdot A_m = 0.3)$, $(k_p \cdot A_m = 2)$ y $(k_a \cdot a_m = 5)$. Estime la potencia de la señal envolvente compleja $g(t)$ (usando el medidor de potencia y verifique con la suma de los componentes espectrales de la señal) y la potencia de la señal $s(t)$ para cada caso.



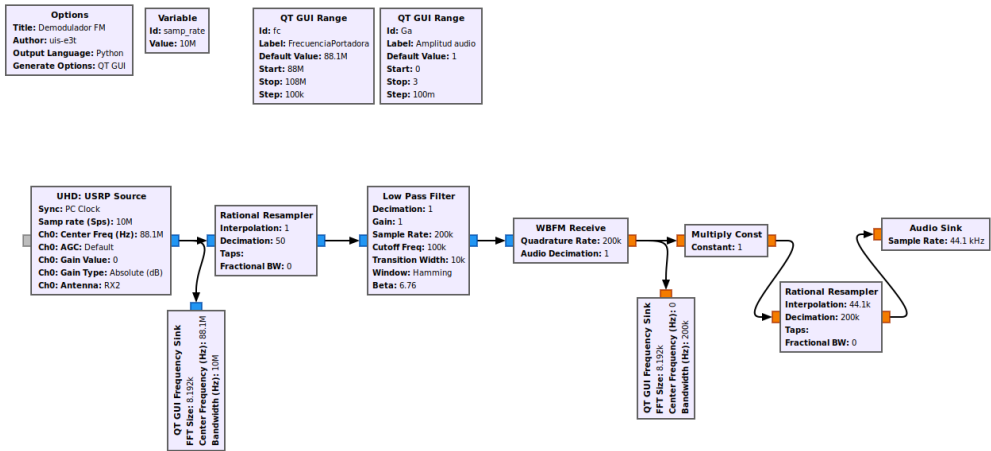
- f. Calcule los coeficientes de Bessel teóricos para la modulación PM, compare los resultados obtenidos en la práctica (medidos a partir en el dominio de la frecuencia usando el analizador de espectro a una frecuencia de 150 MHz). Considere como el valor teórico los coeficientes de Bessel calculados usando una herramienta matemática ([WOLFRAM](https://www.wolfram.com)) o tablas. Realice la conexión

NOTA: recuerde que en el analizador de espectro usted encontrará la potencia de cada componente en frecuencia el cual corresponde a un porcentaje de la potencia de la portadora.

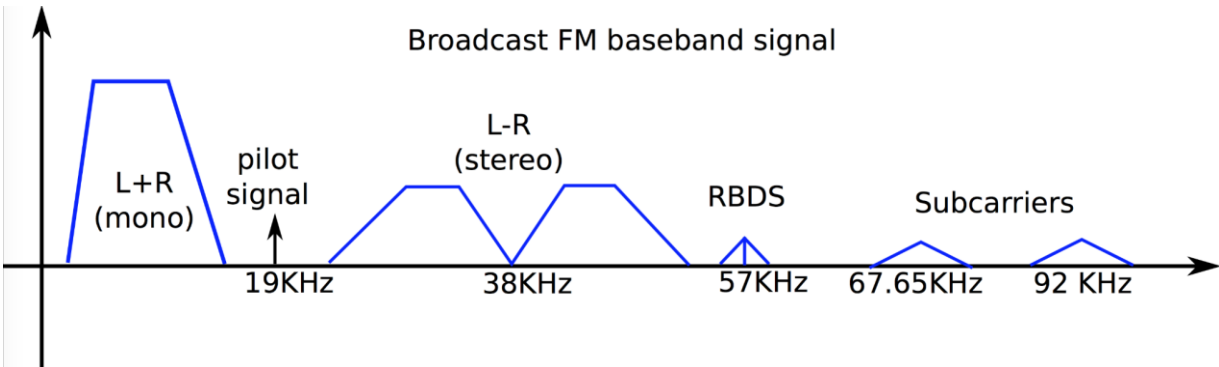
OBJETIVO 2. DEMODULACIÓN DE SEÑALES FM COMERCIALES.

Considere las [emisoras comerciales de la ciudad de Bucaramanga](#) para realizar el estudio de ancho de banda, servicios ofrecidos, entre otros.

- a. Realice el montaje del siguiente diagrama de bloques. Identifique los tipos de señales en cada proceso del diagrama.



- b. Realice un listado de las emisoras recibidas en su equipo e identifique la información contenida en la señal banda base demodulada. Apoyado en el plan técnico de radiodifusión sonora para FM, identifique si alguna de estas emisoras no cumple con el ancho de banda permitido.



Nombre emisora	Frecuencia operación	Ancho de banda señal recibida	señal L+R (SI/NO)	Pilot (SI/NO)	Señal L-R (SI/NO)	señal RBDS (SI/NO)	Imagen de evidencia

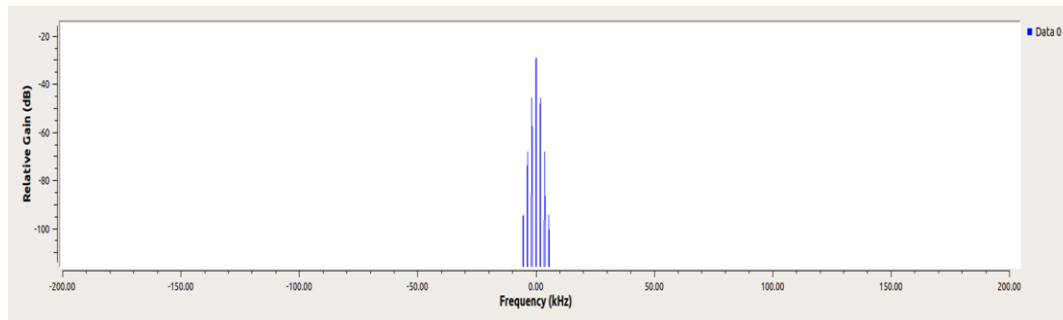
DESARROLLO DEL OBJETIVO 1. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 1.

Se conecto la salida del bloque PM con un bloque de conversión ascendente y su entrada (mensaje) a una fuente de señal senoidal. En la salida se realiza la observación en el dominio del tiempo y frecuencia de la señal $s(t)$, además de la medición de su potencia. Para este caso, la amplitud de la portadora fue determinada a partir:

$$A_c = (9+3)*5=60$$

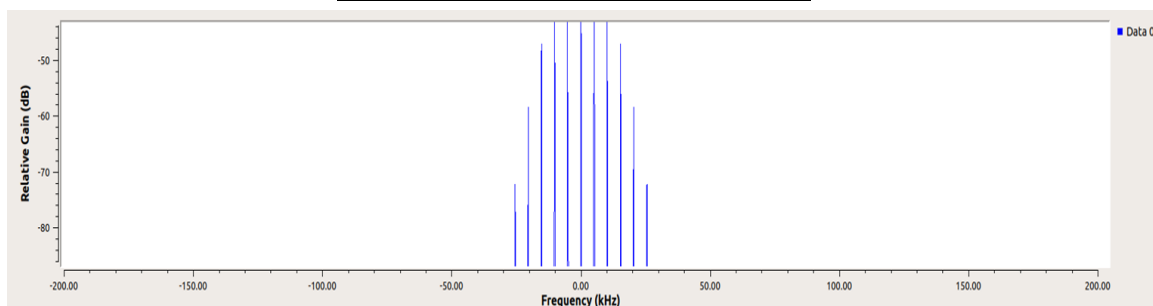
Caso 1: $K_p \cdot A_m = 0.3$ (Dejamos fijo A_m y variamos K_p)

	Potencia [dB]
Primer Armónico	9.97
Segundo Armónico	26.65
Tercer Armónico	10.28



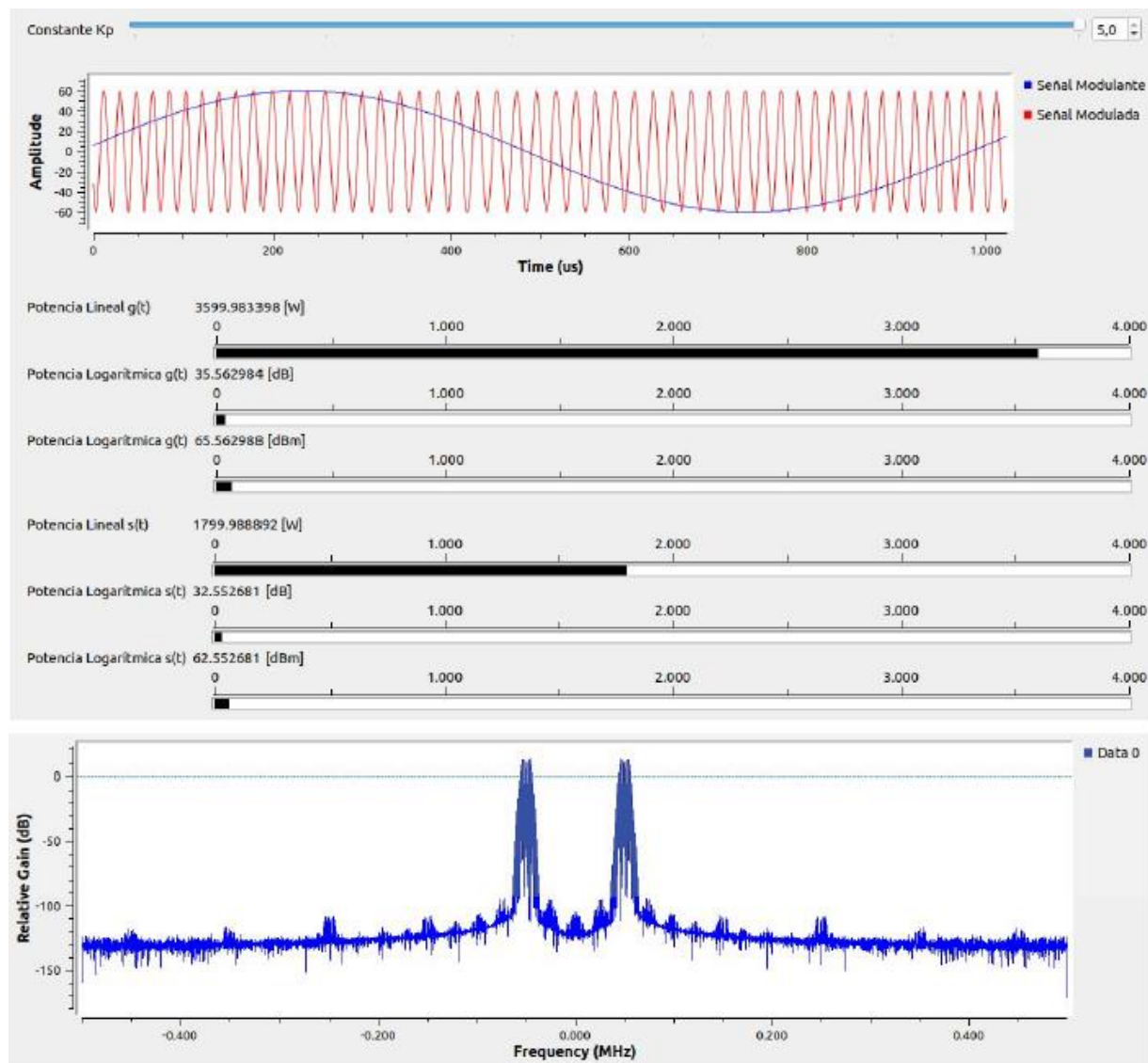
Caso 2: $K_p \cdot A_m = 2$ (Dejamos fijo A_m y variamos K_p)

	Potencia [dB]
Primer Armónico	8.70
Segundo Armónico	17.42
Tercer Armónico	21.83
Cuarto Armónico	13.64
Quinto Armónico	21.70
Sexto Armónico	17.42
Séptimo Armónico	8.70



Caso 3: $K_p \cdot A_m = 5$ (Dejamos fijo A_m y variamos K_p)

	Potencia [dB]
Primer Armónico	10.70
Segundo Armónico	12.40
Tercer Armónico	19.83
Cuarto Armónico	13.64
Quinto Armónico	24.60
Sexto Armónico	15.27
Séptimo Armónico	10.70



A partir de los cálculos obtenidos en GNU Radio los verificamos a partir del cálculo de la potencia analítica de la siguiente manera:

$$P_s = \frac{Ac^2}{4} * 2 = \frac{60^2}{4} * 2 = 1800[W]$$

Recordando que la potencia de s(t) se relaciona directamente con la g(t), tenemos:

$$P_s = \frac{1}{2} P_g \quad P_g = 2P_s = 2(1800) = 3600[W]$$

Con el valor de potencia en Watts, determinamos su correspondiente valor medido en dB de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} P[\text{dB}] &= 10\log_{10}(P[\text{W}]) \\ P_s[\text{dB}] &= 10\log_{10}(1800 [\text{W}]) = 32,5527 \text{ dB} = 62,5527 \text{ dBm} \\ P_g[\text{dB}] &= 10\log_{10}(3600) = 35,5630 \text{ dB} = 65,5630 \text{ dBm} \end{aligned}$$

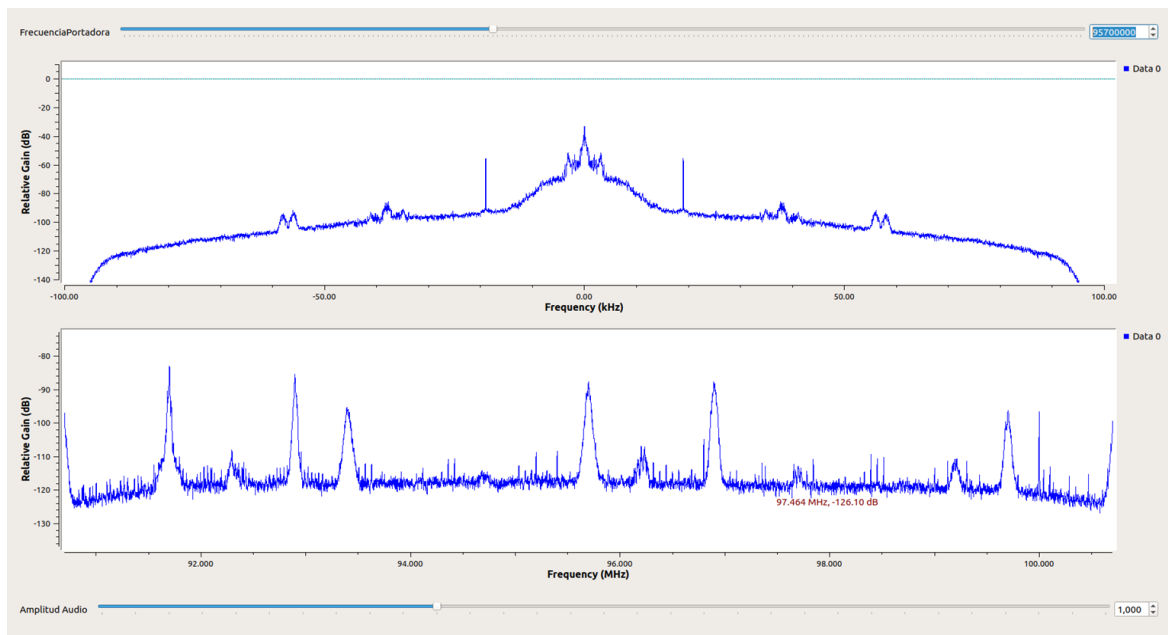
Coefficientes de Bessel

	B = 0.2		B = 2		B = 5	
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico
$j_0(B)$	0.990	0.9358	0.2239	0.4101	-0.1776	0.212
$j_1(B)$	0.0995	0.2423	0.5767	0.9891	-0.3276	0.4321
$j_2(B)$	0.0050	0.0306	0.3528	0.6233	0.0466	0.3210
$j_3(B)$	$1.66 * 10^{-4}$	0.0026	0.1289	0.3192	0.3648	0.4211
$j_4(B)$	$4.15 * 10^{-6}$	0.002	0.0340	0.0781	0.3912	0.0812
$j_5(B)$			0.0070	$3.761 * 10^{-3}$	0.2611	0.0031
$j_6(B)$			0.0012	$5.551 * 10^{-5}$	0.1310	$7.621 * 10^{-3}$
$j_7(B)$			0.0002	$8.923 * 10^{-6}$	0.0534	$2.321 * 10^{-3}$
$j_8(B)$						
$j_9(B)$						

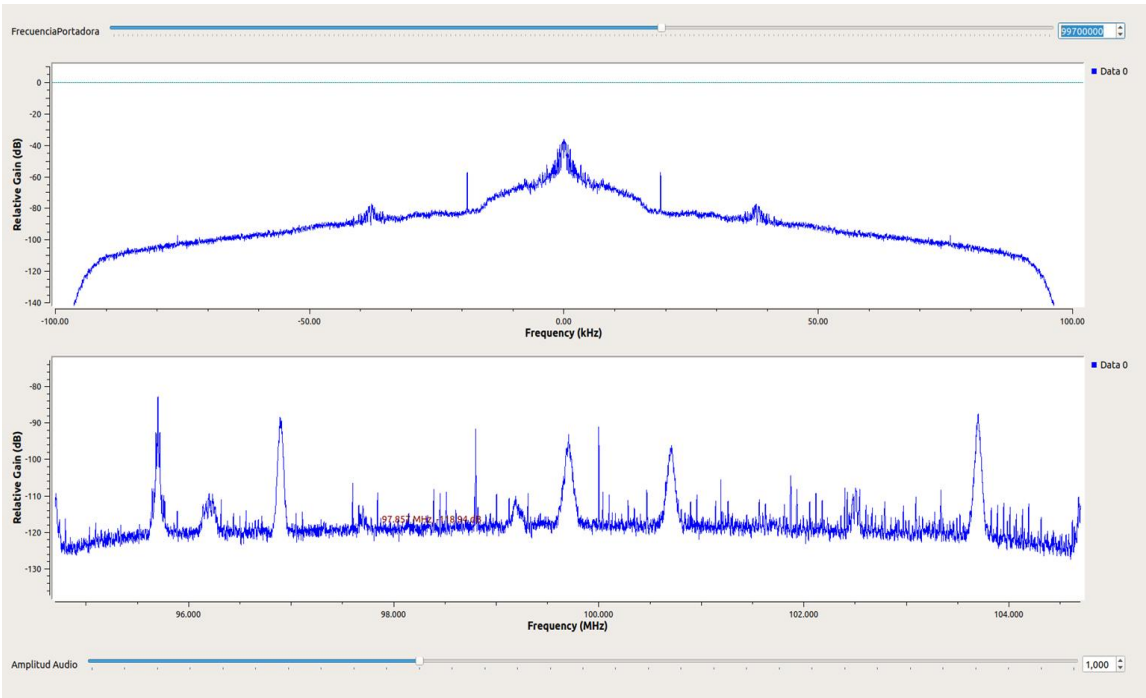
DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.

Nombre emisora	Frecuencia de operación [MHz]	Bw [KHz]	Señal L+R	Pilot [KHz]	Señal L-R	Señal RBDS
Tropicana	95.7	95.83	Sí	19.1	Sí	Sí
La FM	99.7	96.81	Sí	19.07	No	Sí
Colombia estéreo	92.9	93.99	Sí	19.19	Sí	No
Bésame	104.7	96.2	Sí	19.19	Sí	Sí
La Mega	102.5	97.18	Sí	19.19	No	No

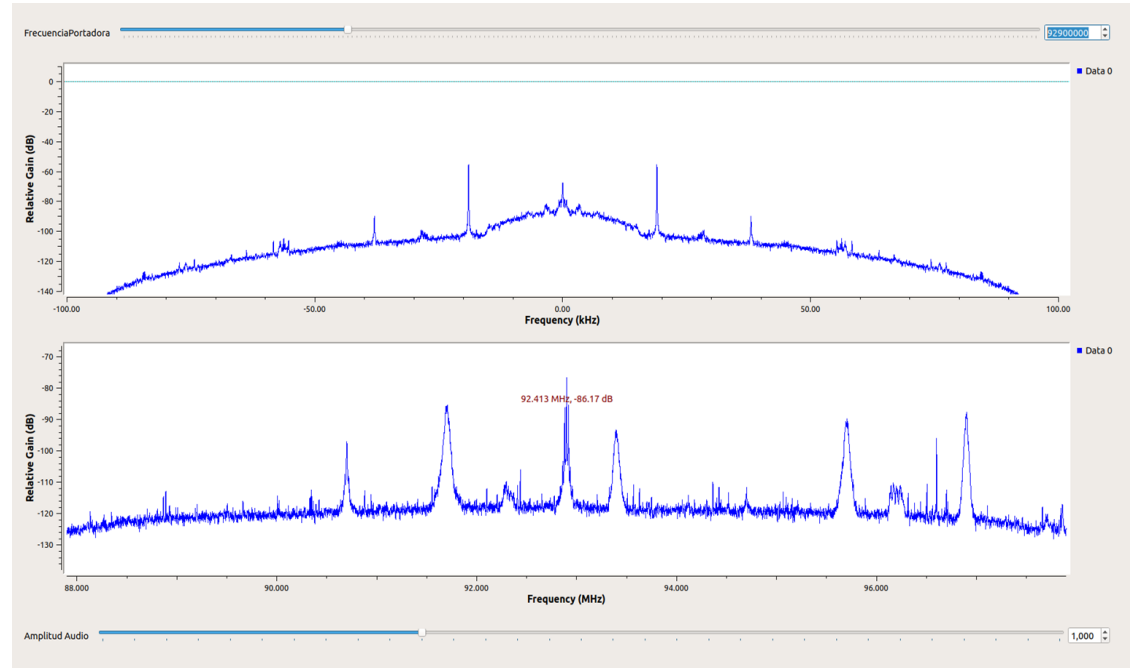
Tropicana



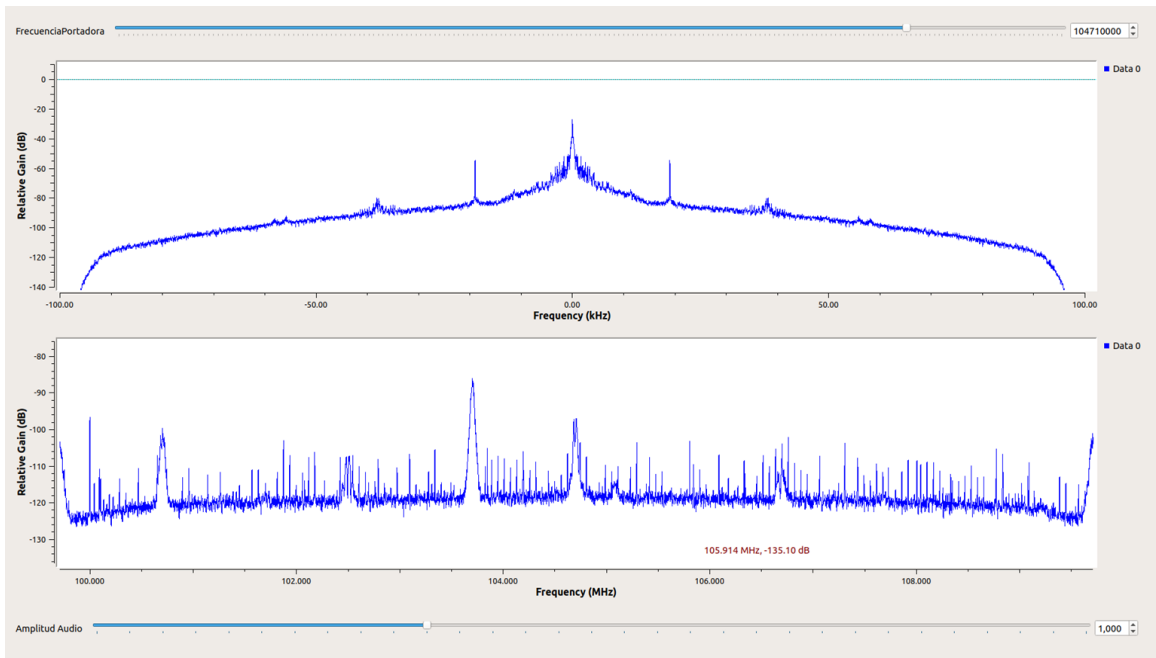
La FM



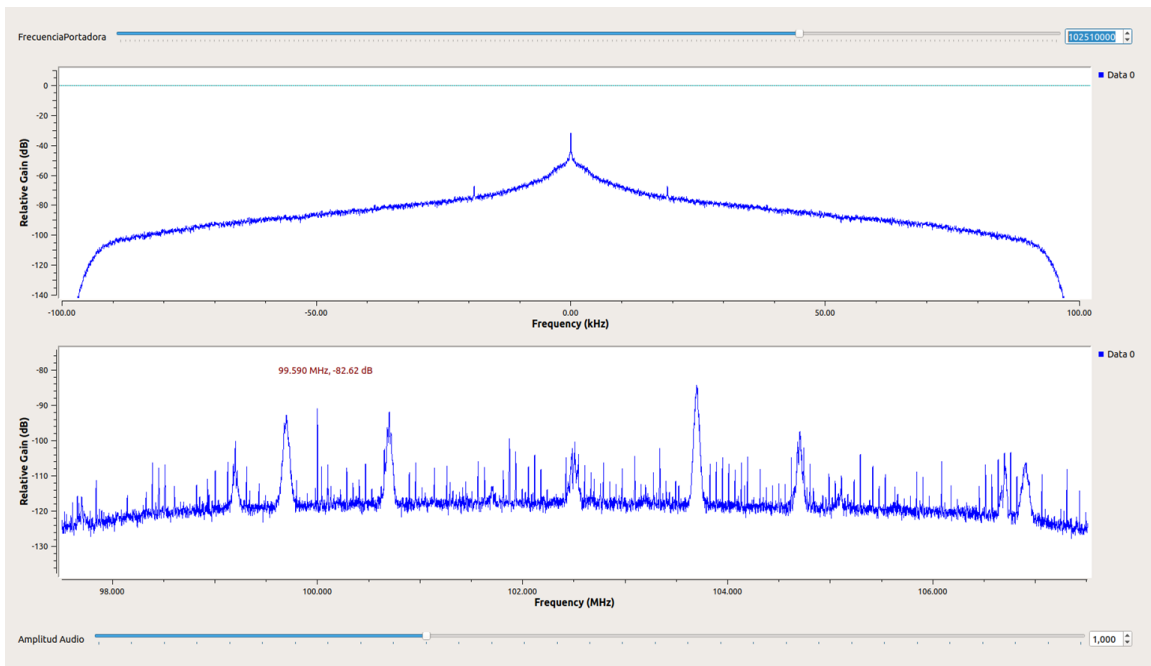
Colombia estéreo



Bésame



La Mega



En el plan técnico de radiodifusión sonora para FM, se considera para las emisiones fuera de banda, con respecto a la portadora sin modular, deben atenuarse de la siguiente manera:

<i>Separación con la portadora</i>	<i>Atenuación</i>
<i>Entre 120 kHz y 240 kHz.</i>	<i>25 dB</i>

Y para la anchura a de banda necesaria máxima para la clase de emisión dada es:

Señales Estereofónicas: 256 kHz.

Señales con sub-portadora: 302 kHz.

La anchura de audio frecuencia va desde 50 Hz hasta 15 kHz