

Laboratorio de Comunicaciones

Universidad Industrial de Santander

Práctica 4 Modulaciones angulares

Integrantes

OSCAR DANIEL CASTELLANOS MARIÑO - 2205024

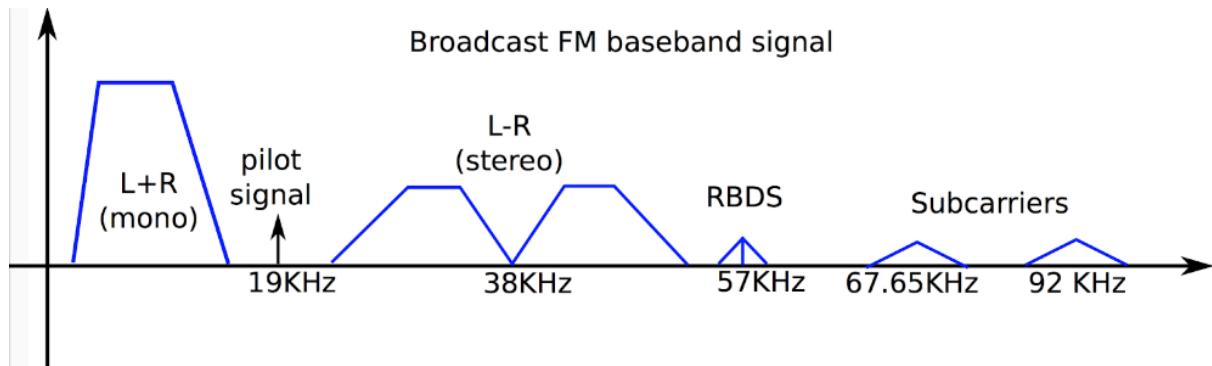
JUAN CAMILO GONZALEZ LEAL - 2184682

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad Industrial de Santander

Fecha

2025

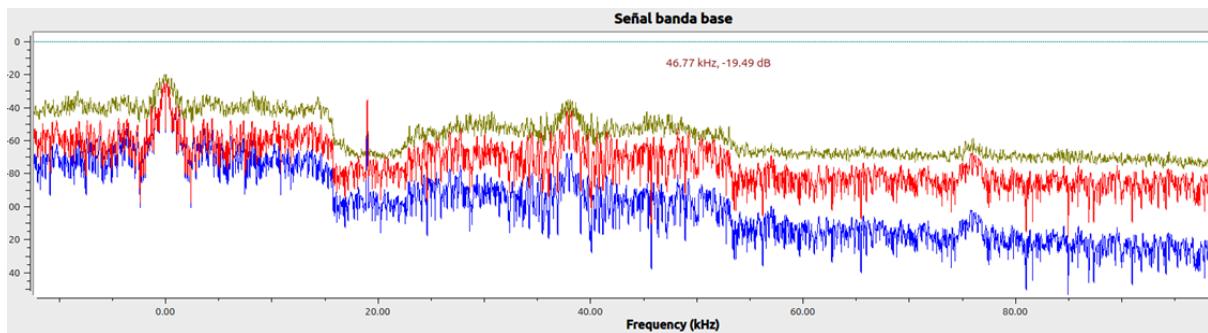
Practica 4A Modulación FM



Teniendo en cuenta esto se tomó la información de varias emisoras las cuales se adjuntan en el pdf adjunto.

Como ejemplo se toma la emisora “La FM”

- Frecuencia de operación
- Esta se sitúa sobre los 99.7 MHz



- L+R

Se observa que este componente “mono” llega hasta los 15kHz

- Señal piloto

Esta también contiene la referencia de fase, la cual su propósito principal es permitir que el receptor genere una portadora a 38 kHz para decodificar la parte estéreo

- L-R

Contiene la señal estéreo:

$$\text{Izquierdo (L)} = (\text{L}+\text{R} + \text{L}-\text{R})/2$$

$$\text{Derecho (R)} = (\text{L}+\text{R} - \text{L}-\text{R})/2$$

- RBDS

Radio Broadcast Data System está destinada para la transmisión de datos digitales.

- Clase de estación

ESTACIÓN CLASE A. Destinada a cubrir áreas más o menos extensas de servicio primario y secundario que contienen el municipio o distrito para el cual se otorga la concesión y uno o varios municipios o distritos.

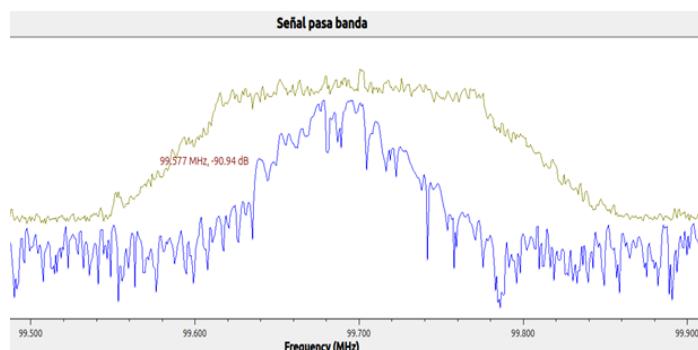
ESTACIÓN CLASE B. Destinada a cubrir áreas más o menos extensas de servicio primario que contiene el municipio o distrito para el cual se otorga la concesión y uno varios municipios o distritos.

ESTACIÓN CLASE C. Destinada principalmente a cubrir dentro de su área de servicio primaria, el municipio o distrito para el cual se otorga la concesión, sin perjuicio que la señal pueda ser captada en las áreas rurales y centros poblados de otros municipios.

La información adicional obtenida de la emisora en cuestión corresponde a una “Estación clase B”

- Potencia de transmisión

Siendo esta de 10kW



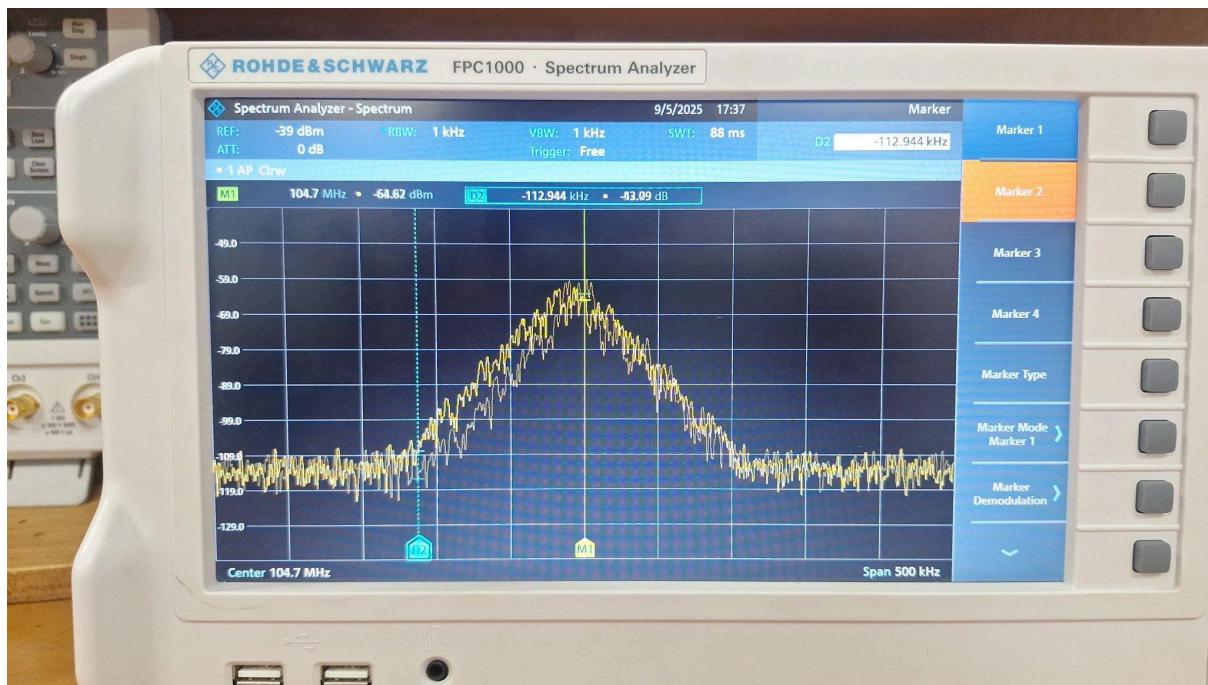
El ancho de banda estimado para la emisora “La FM” es aproximadamente 246 kHz

Teniendo en cuenta esto, se obtienen los valores de ancho estimados para cada una de las emisoras sintonizadas a nivel de ruido de piso

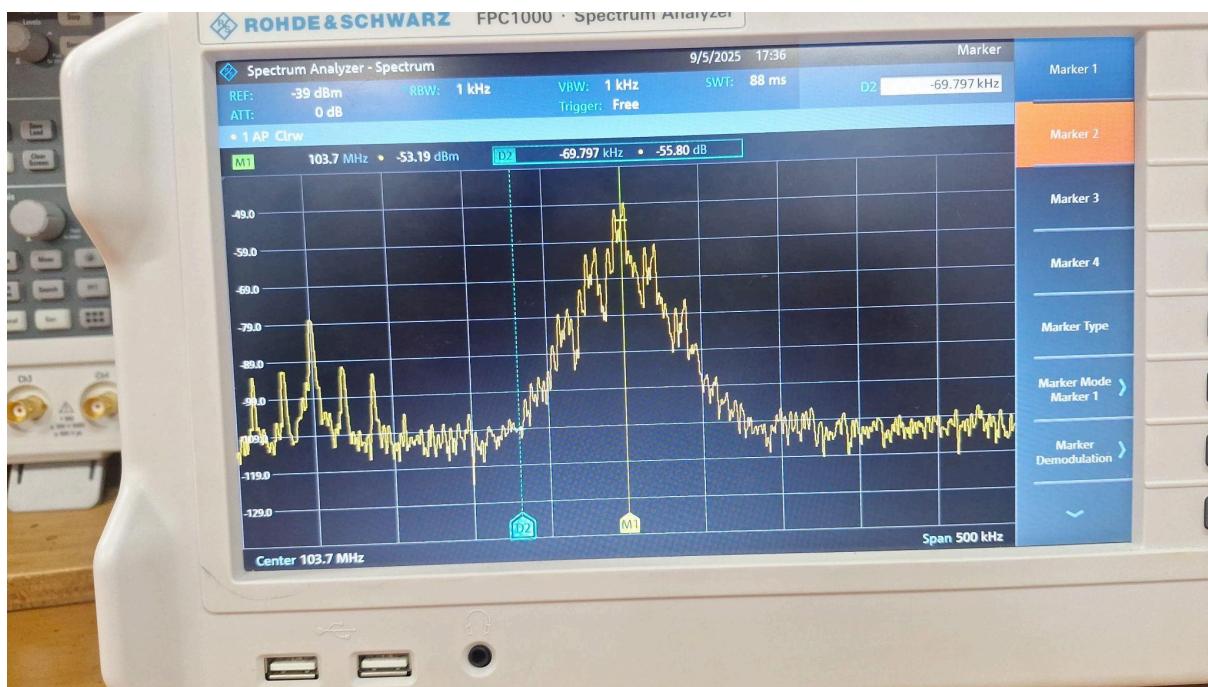
Nombre	Frecuencia central	Ancho de banda
W RADIO	90.7 MHz	170 kHz
POLICIA NACIONAL BUCARAMANGA	91.7 MHz	216 kHz
RADIONICA	92.3 MHz	180 kHz
COLOMBIA ESTEREO	92.9 MHz	136 kHz
EMISORA COMUNITARIA LA BRUJULA - ÁREA DE SERVICIO No.1	93.4 MHz	240 kHz
TROPICANA	95.7 MHz	266 kHz
SANTO TOMAS ESTEREO	96.2 MHz	166 kHz
LA FM	99.7 MHz	246 kHz
EMISORA CULTURAL LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO	100.7 MHz	164 kHz
UTS - TU RADIO STEREO	101.7 MHz	108 kHz
LA MEGA ESTÉREO	102.5 MHz	158 kHz
RUMBA ESTÉREO	103.7 MHz	130 kHz
BÉSAME	104.7 MHz	124 kHz
LA GUAPACHOSA	105.1 MHz	140 kHz
LA U RADIO	107.7 MHz	160 kHz

Repita el proceso de medida del ancho de banda de las emisoras en pasabanda usando el analizador de espectro. (realice el análisis con las 5 principales emisoras según su criterio). Determine el ancho de banda de las señales con un criterio de 20 dB y a nivel de ruido de piso.

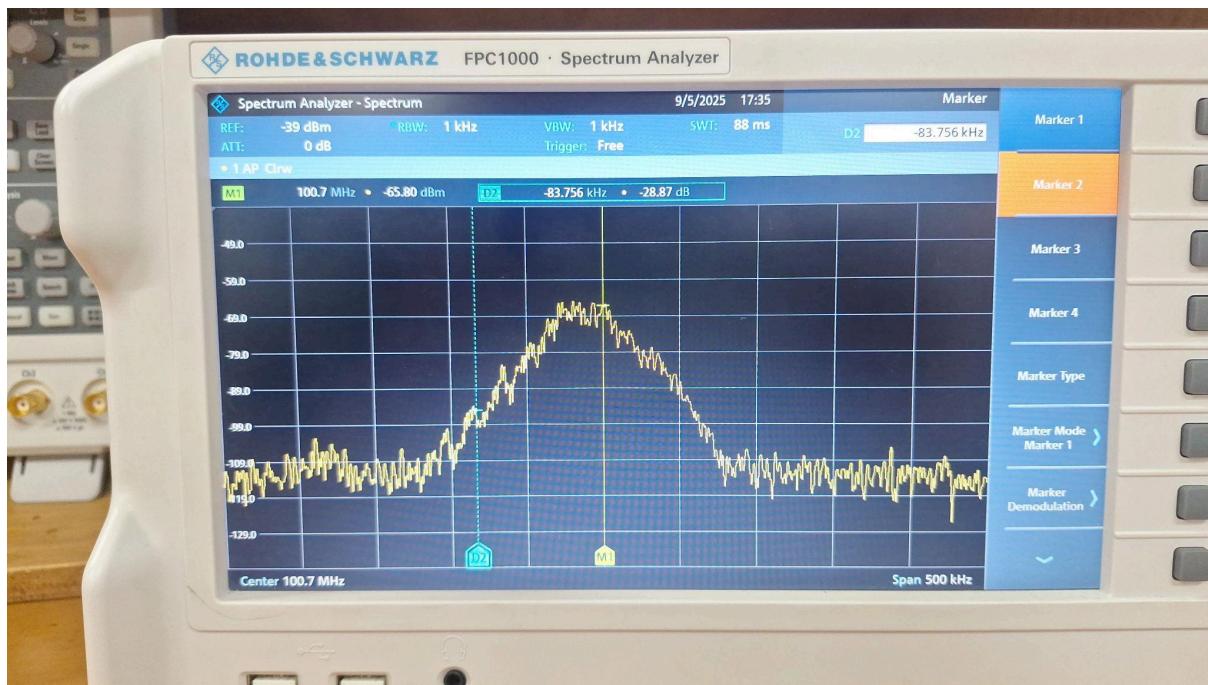
- BÉSAME 104.7 MHz



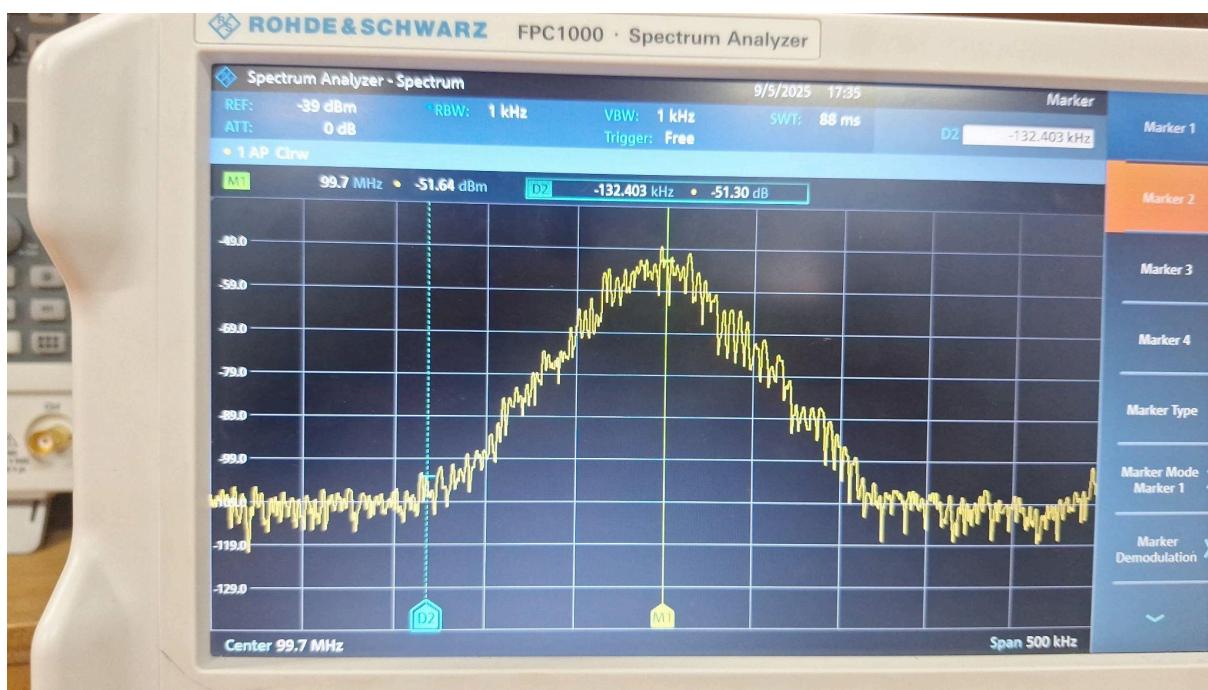
- RUMBA ESTÉREO 103.7 MHz



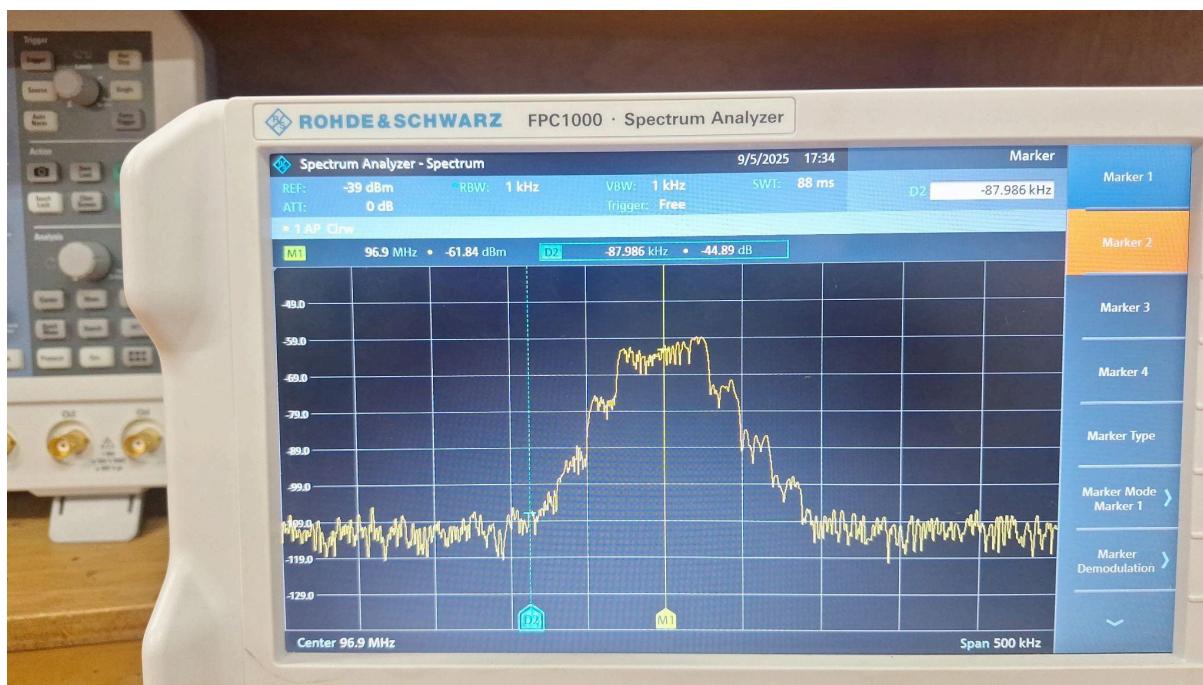
- EMISORA CULTURAL LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO 100.7 MHz



- LA FM 99.7 MHz

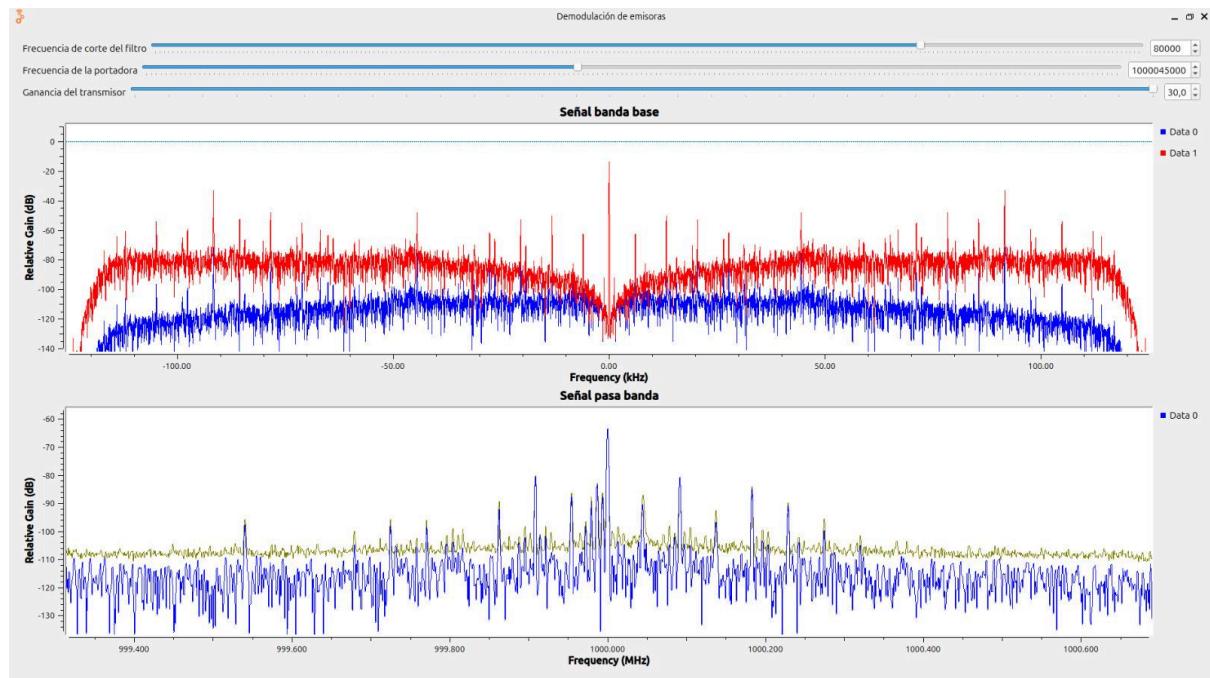


- RADIO NACIONAL DE COLOMBIA 96.9 MHz



	ANCHO DE BANDA	
EMISORA	Criterio 20dB	Nivel piso de ruido
BÉSAME 104.7 MHz	146 kHz	225.888 kHz
RUMBA ESTÉREO 103.7 MHz	62 kHz	139.594 kHz
EMISORA CULTURAL LUIS CARLOS GALAN SARMIENTO 100.7 MHz	107 kHz	167.512 kHz
LA FM 99.7 MHz	120 kHz	264.806 kHz
RADIO NACIONAL DE COLOMBIA 96.9 MHz	103 kHz	175.972 kHz

Tomar una señal diferente a las de radio



Características de la señal observada

Frecuencia central: ~ 1000.045 MHz \rightarrow dentro del rango de telecomunicaciones móviles.

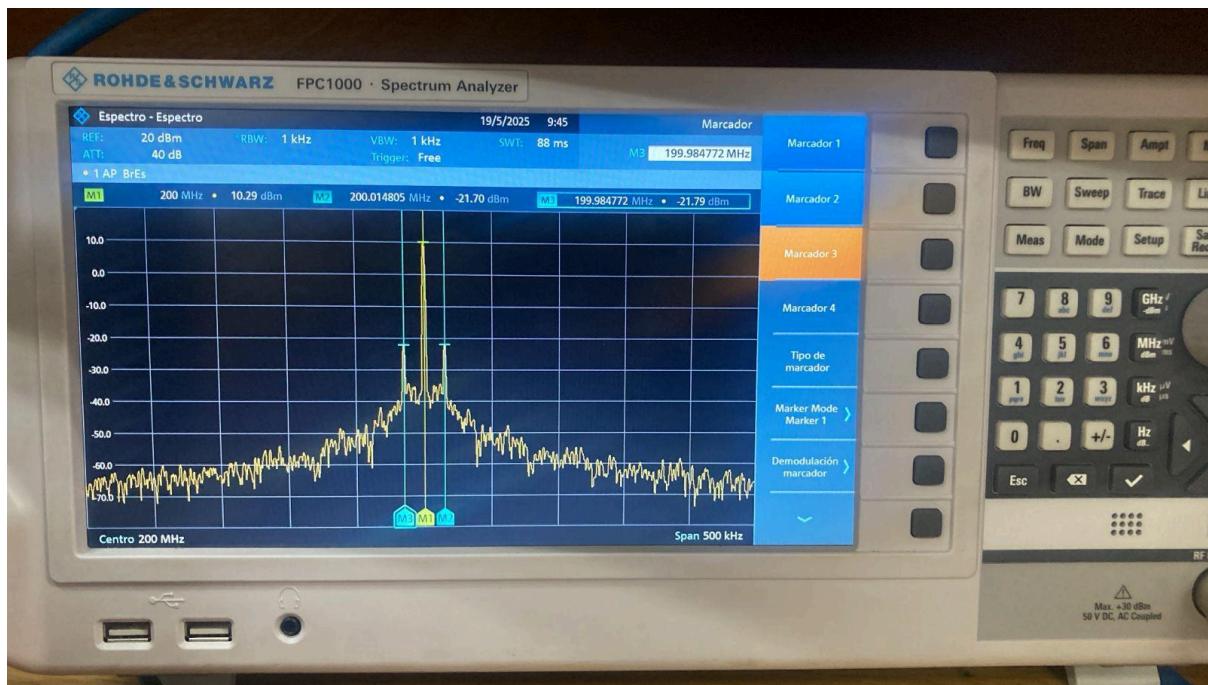
Ancho de banda aparente (banda base): Aproximadamente ± 100 kHz a ± 150 kHz \rightarrow indica modulación digital, no es una señal FM analógica.

Forma del espectro: Rectangular con caídas abruptas \rightarrow típico

PRACTICA B

Modulación Angular de banda estrecha

Considere dos casos para ($k p A m < 0.1$).



M1: 200 MHz a 10.29 dBm (portadora)

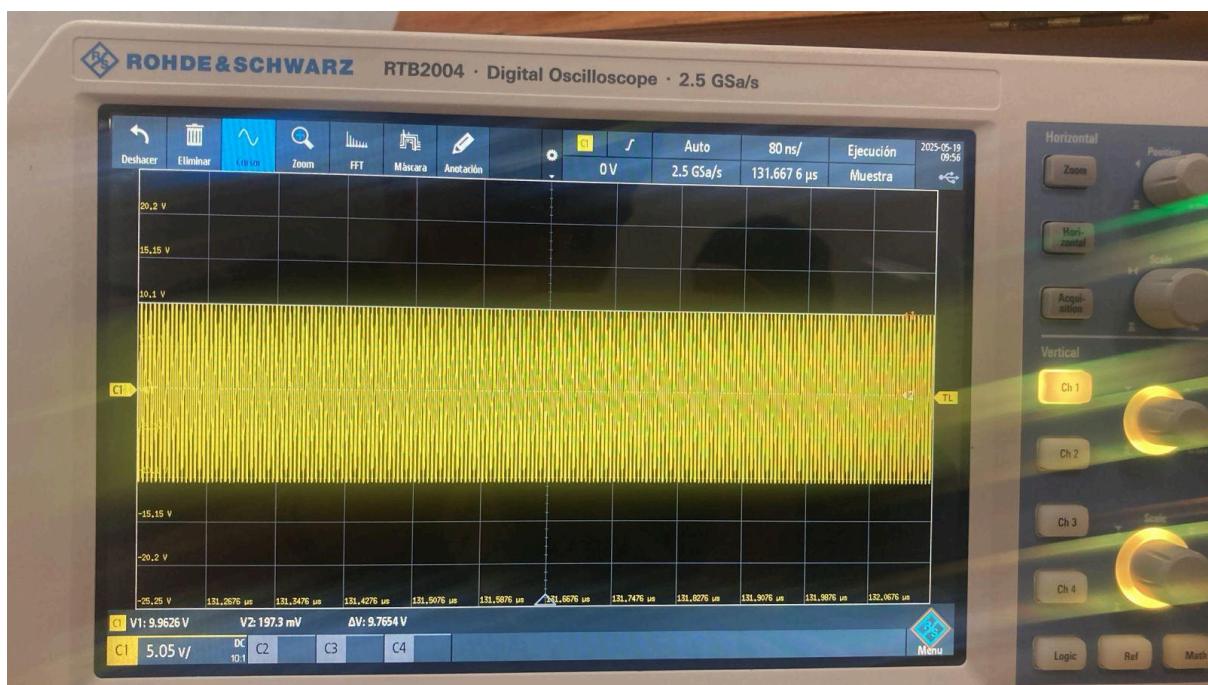
M2: 200.014805 MHz a -21.70 dBm (lóbulo lateral superior)

M3: 199.984772 MHz a -21.79 dBm (lóbulo lateral inferior)

$$P_{\text{envolvente}} = P_{\text{portadora}} + P_{(\text{BL}+)} + P_{(\text{BL}-)}$$

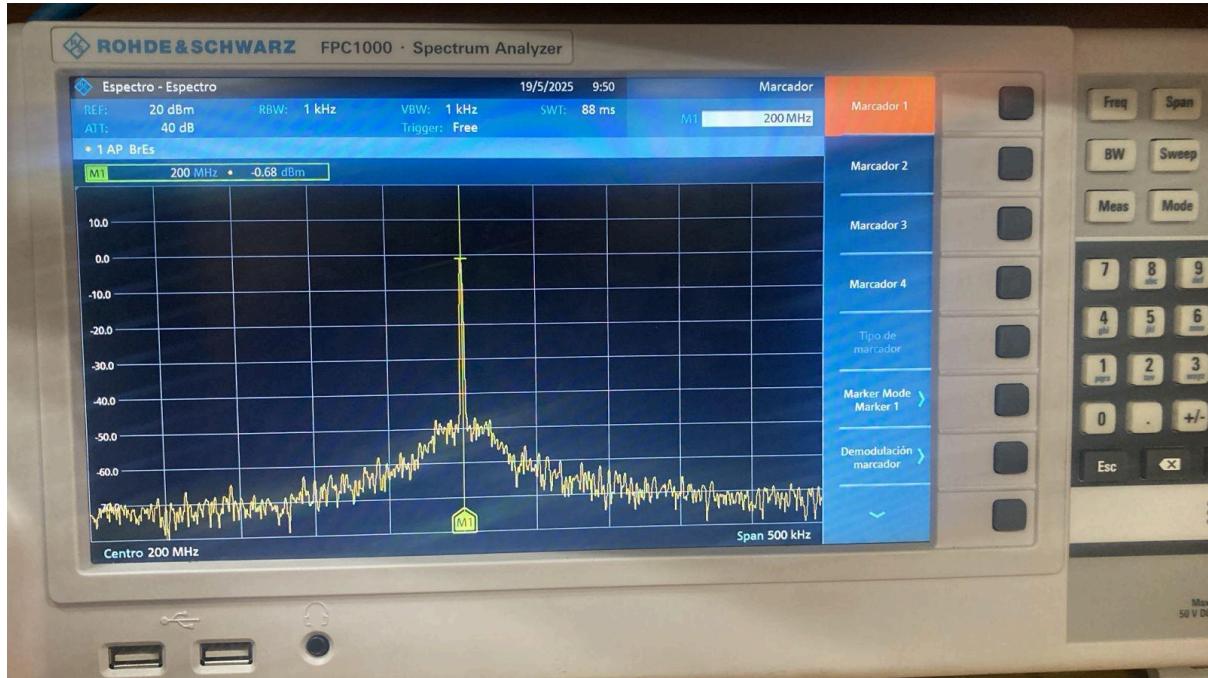
$$P_{\text{envolvente}} = 10.69 \text{ mW} + 0.00676 \text{ mW} + 0.006622 \text{ mW} = 10.703382 \text{ mW}$$

$$P_{\text{envolvente (dBm)}} = 10.2952 \text{ dBm}$$



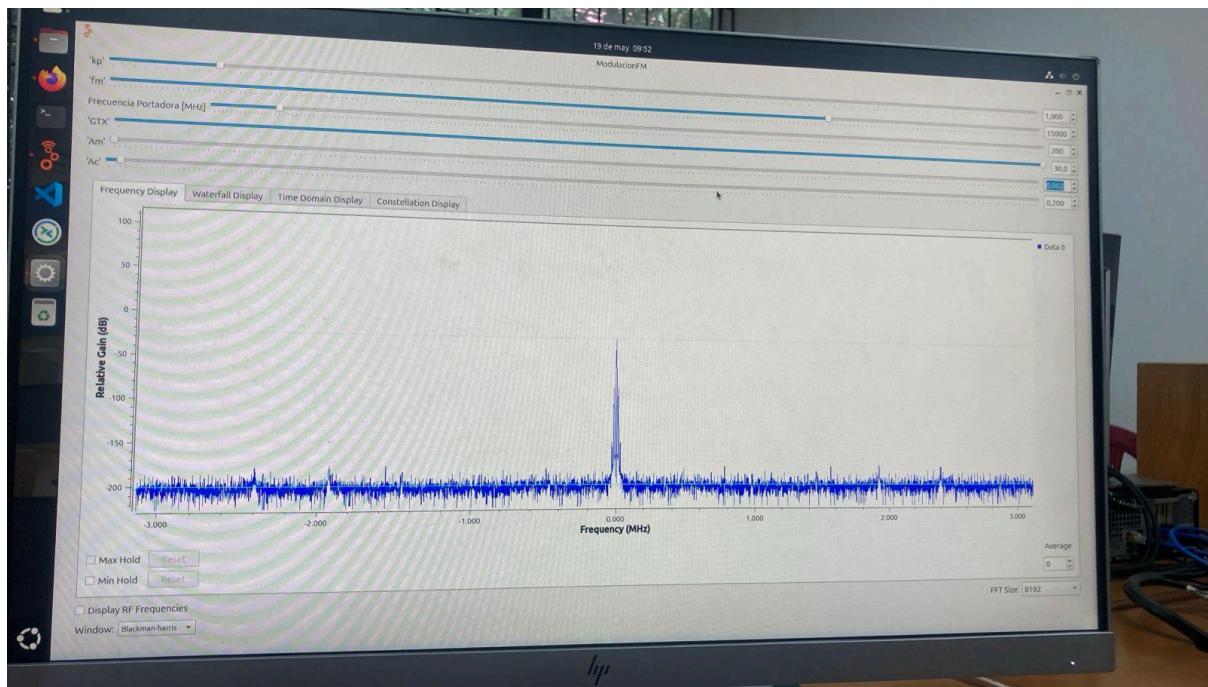
Comportamiento en el dominio del tiempo (osciloscopio)

- Voltaje pico a pico (Vpp): ~9.76 V
- Valor máximo (V1): ~9.96 V
- Tipo de señal: La forma de onda muestra una señal de alta frecuencia **con envolvente constante**, típica de una modulación FM (frecuencia modulada).
- La señal tiene una **amplitud prácticamente constante**.
- No se observan variaciones de amplitud típicas de la AM.



Hay un pico central con varios componentes laterales → señal **modulada en frecuencia (FM)**.

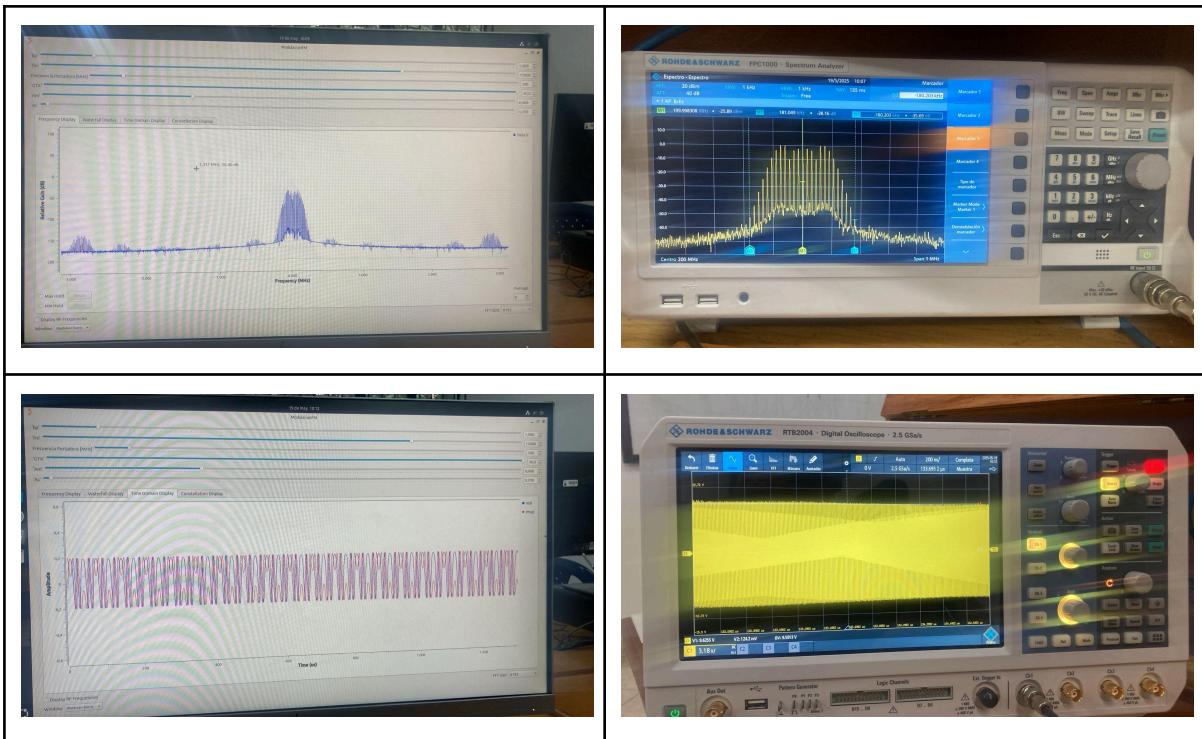
La potencia medida en el pico (portadora) es de **-0.68 dBm**, pero la **potencia total** se distribuye entre portadora y bandas laterales.



Modulación Angular de banda ancha

Considere dos casos para ($kpAm > 5$). NOTA: Para este caso se sugiere elevar la frecuencia de muestreo al máximo (samp_rate = 6.25 MHz). cambie el rango de de kp kasta 100.

Caso 1



Corresponde a una señal modulada en frecuencia (FM), caracterizada por una amplitud constante y una frecuencia que varía en función de la señal modulante. El patrón cóncavo/convexo del sobre refleja precisamente estas variaciones de frecuencia instantánea, típicas de una modulación FM. A lo largo del tiempo, se evidencia un cambio en la densidad de los ciclos, indicando que la frecuencia de la señal está siendo modulada. Según la escala mostrada, el tiempo por división es de aproximadamente 200 ns/div, lo que permite estimar una duración total visible cercana a 1.2 ms. Además, la frecuencia portadora de la señal se ubica alrededor de los 200 MHz, valor coherente con el observado en el analizador de espectro.

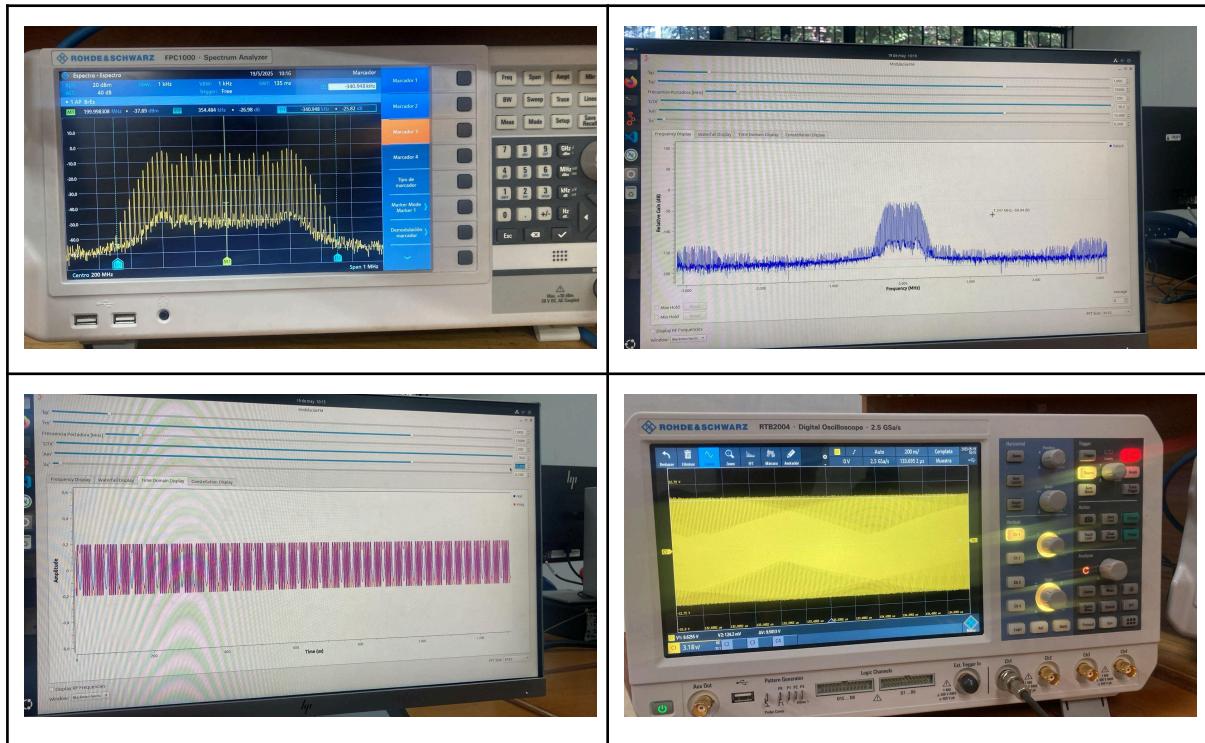
Frecuencia central: **200 MHz**

Marcadores indican una separación de aproximadamente **360 kHz** (± 180 kHz), lo cual concuerda con la fórmula de Carson.

Potencia pico: **aprox. -25.89 dBm**

Ancho de banda de la señal modulada (estimación del span visible) \approx **360 kHz**, lo cual concuerda con lo esperado para FM de banda ancha.

Caso 2



La forma de onda observada es **una portadora senoidal cuya frecuencia varía en el tiempo** de acuerdo a la señal moduladora (probablemente de tipo tono o voz).

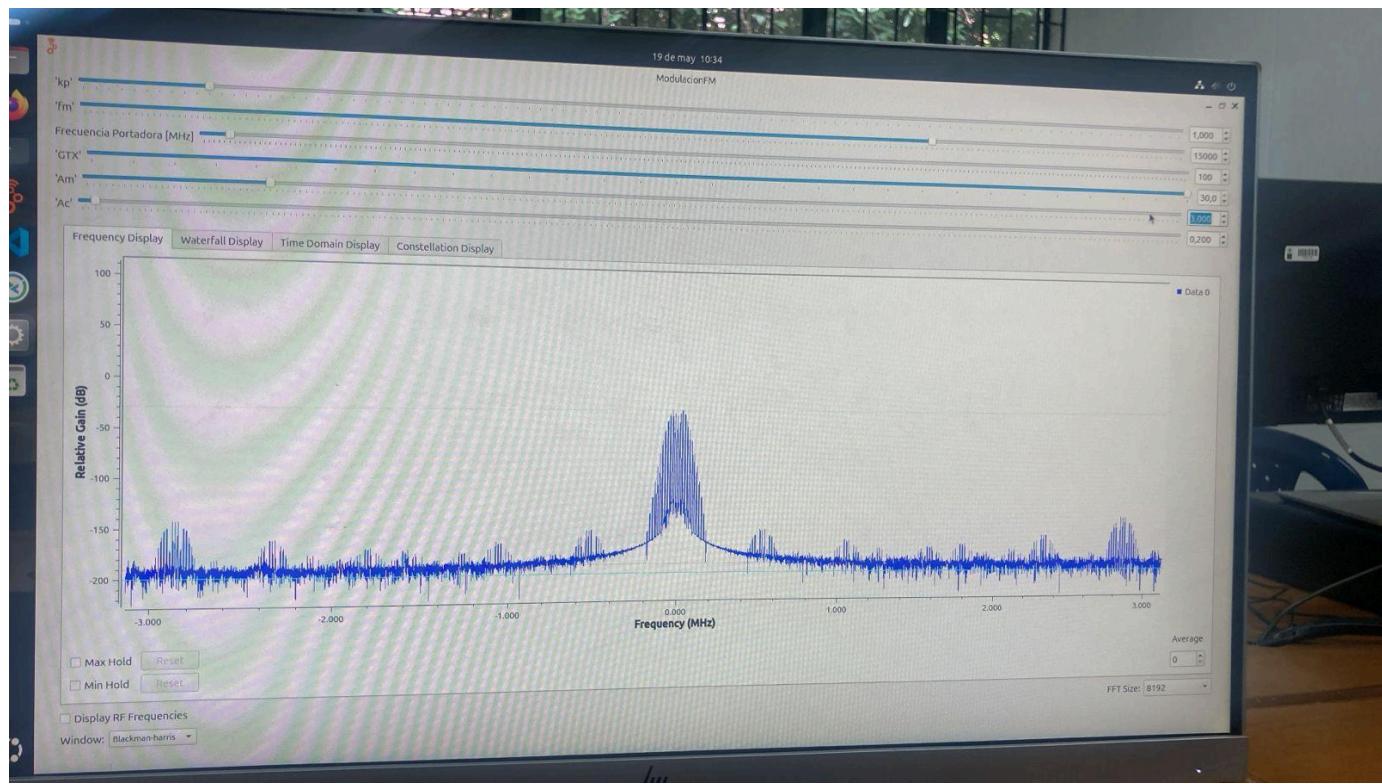
La señal tiene una **frecuencia central elevada** (~200 MHz), y una **ancho de banda relativamente grande**, como lo veremos en el espectro.

Lo que observamos en el osciloscopio es una **onda portadora con modulación angular (FM)**. La densidad del patrón es una indicación de la variación en la frecuencia instantánea, que depende de la señal de mensaje.

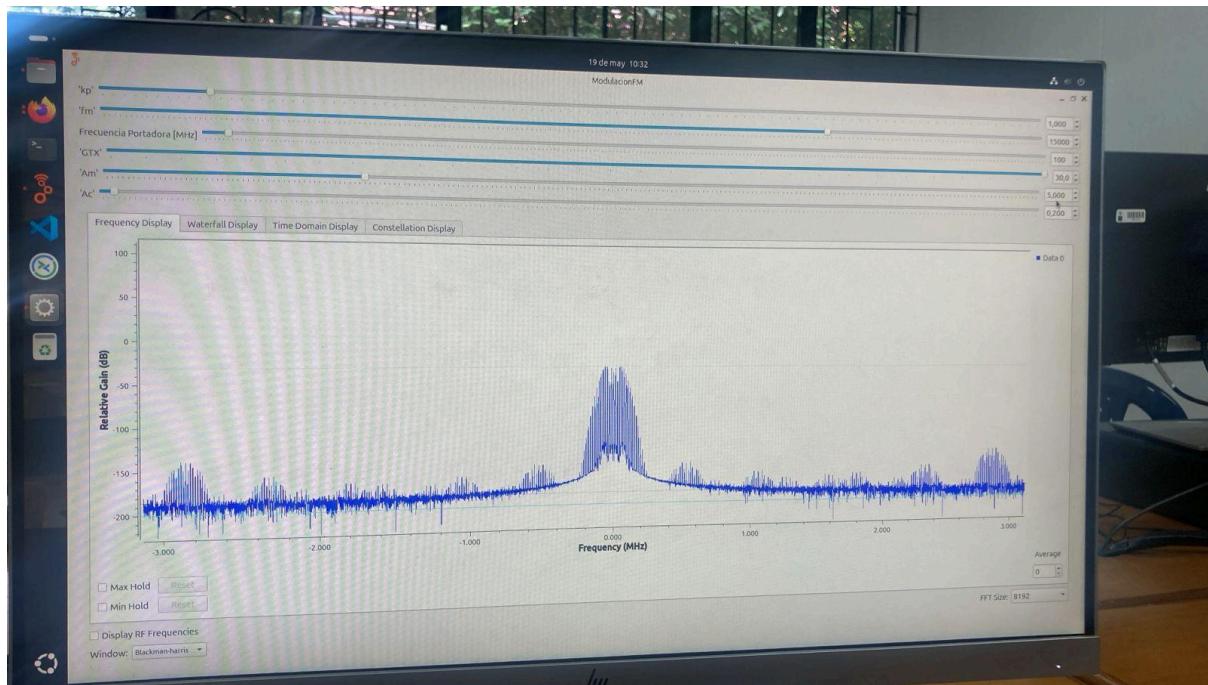
coeficientes de Bessel

	coeficiente Beta 3			
	potencia Armónico en dBm	Potencia Armónico mW	Coeficiente de Bessel practico	Coeficiente de Bessel teorico
0	J0(B)	-2,34	5,83E-01	1,90E-01
1	J1(B)	-0,3	9,33E-01	2,41E-01
2	j2(B)	2,79	1,90E+00	3,44E-01
3	j3(B)	-1,12	7,73E-01	2,19E-01
4	j4(B)	-8,51	1,41E-01	9,35E-02
5	j5(B)	-18,32	1,47E-02	3,02E-02
6	j6(B)	0	1,00E+00	2,49E-01
7	j7(B)	0	1,00E+00	2,49E-01
8	j8(B)	0	1,00E+00	2,49E-01
9	j9(B)	0	1,00E+00	2,49E-01
		Potencia total	16,10877545	mW





	coeficiente Beta 5				
	potencia Armónico en dBm	Potencia Armónico mW	Coeficiente de Bessel practico	Coeficiente de Bessel teorico	
0	J0(B)	-5.4	2,88E-01	1,35E-01	-0,17759677
1	J1(B)	-0.6	8,71E-01	2,34E-01	-0,32757914
2	j2(B)	-17,2	1,91E-02	3,47E-02	0,046565119
3	j3(B)	0,38	1,09E+00	2,62E-01	0,364831234
4	j4(B)	0,97	1,25E+00	2,81E-01	0,391232362
5	j5(B)	-2,53	5,58E-01	1,88E-01	0,261140547
6	j6(B)	0	1,00E+00	2,51E-01	0,131048732
7	j7(B)	0	1,00E+00	2,51E-01	0,05337641
8	j8(B)	0	1,00E+00	2,51E-01	0,018405217
9	j9(B)	0	1,00E+00	2,51E-01	0,005520283
	Potencia total	15,86877867	mW		



		coeficiente			
		Beta 15			
		potencia Armónico en dBm	Potencia Armónico mW	Coefficiente de Bessel practico	Coefficiente de Bessel teorico
0	J0(B)	-21.77	6,65E-03	2,60E-02	-0,01422447
1	J1(B)	-4,66	3,42E-01	1,86E-01	0,205103864
2	j2(B)	-18,73	1,34E-02	3,69E-02	0,041571655
3	j3(B)	-5,13	3,07E-01	1,77E-01	-0,19401809
4	j4(B)	-9,36	1,16E-01	1,08E-01	-0,11917889
5	j5(B)	-8,53	1,40E-01	1,19E-01	0,130456015
6	j6(B)	0	1,00E+00	3,19E-01	0,206149567
7	j7(B)	0	1,00E+00	3,19E-01	0,034463639
8	j8(B)	0	1,00E+00	3,19E-01	-0,1739835
9	j9(B)	0	1,00E+00	3,19E-01	-0,22004604
		Potencia total	9,84352776	mW	

