

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA



MEDIDAS ELECTRÓNICAS I

**Trabajo Práctico de Laboratorio N°10**

RESPUESTA EN FRECUENCIA CON UN GENERADOR DE  
BARRIDO

<b>ALUMNOS</b>	:	Carreño Marin, Sebastian	83497
		Juarez, Daniel	79111
		Torres, Heber	84640

**CURSO** : 4R1

**DOCENTES** : Ing. Centeno, Carlos  
Ing. Salamero, Martin  
Ing. Guanuco, Luis

CÓRDOBA, ARGENTINA  
6 de octubre de 2022



## CONTENIDO

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>2</b>
<b>3. Actividad Práctica</b>	<b>5</b>
3.1. Calibración del dial del Generador de Barrido . . . . .	5
3.2. Características de detección . . . . .	6
3.3. Valores límites de detección de sintonía . . . . .	9
<b>4. Conclusiones</b>	<b>10</b>

## 1. Introducción

Se propone emplear un generador de barrido y marcas, para relevar la respuesta en frecuencia de un amplificador de FI de un receptor de FM, y los límites de sintonía del mismo.

## 2. Marco Teórico

Una forma de obtener dicha respuesta, es generar un barrido en frecuencia y registrar punto por punto, un esquema que se puede emplear para ello es el que se observa en la Figura 1.

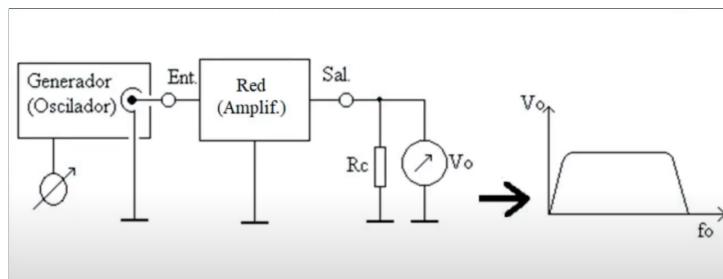


Figura 1: Esquema de barrido en frecuencia.

Aunque el método propuesto es útil, en la práctica resulta complicado realizar el registro de valores. Como solución al problema planteado, se puede utilizar un generador de barrido el cual posee una salida modulada en frecuencia, ligada a una señal triangular, que también está disponible como salida. Este dispositivo se puede utilizar en conjunto con un osciloscopio, para simular el comportamiento de un analizador de redes, que permite visualizar de forma automática la respuesta en frecuencia. La Figura 2 muestra un posible esquema de conexión.

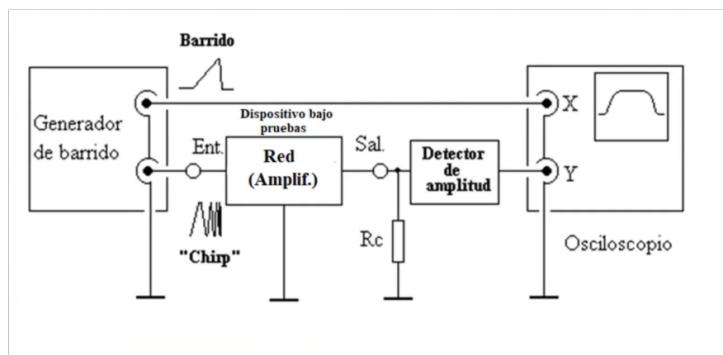


Figura 2: Análisis de red usando un generador de barrido.

Con esta segunda alternativa presentada, se logra obtener la respuesta en frecuencia de una red bajo análisis. Sin embargo, no es posible conocer, con exactitud, la frecuencia a la cual pertenece cada medición. Por ésta razón, se hace uso de un generador de marcas. La Figura 3 muestra un generador de barrido y de marcas en conjunto.

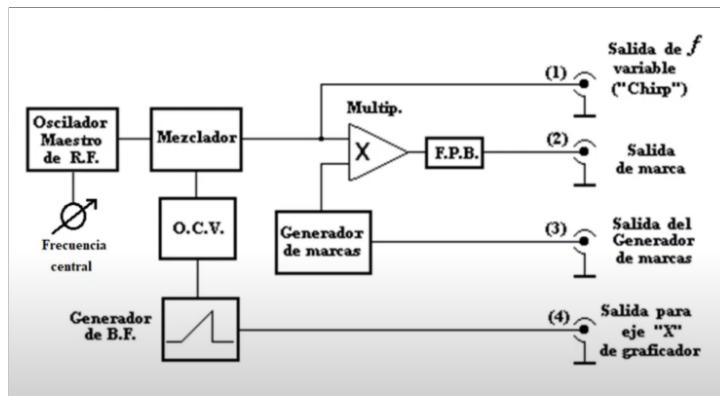


Figura 3: Esquema de generador de barrido y marcas.

La salida de marca proviene de un modulador en conjunto con un filtro pasa bajos (generada con el método del batido cero), que se conoce como *PIP*. Dicha señal se suma a la respuesta de la red bajo análisis, y se obtiene la salida del canal vertical. De esta forma, la marca permite determinar la frecuencia. En la Figura 4 se muestra el esquema del análisis de una red con un osciloscopio y un generador de barrido y marcas.

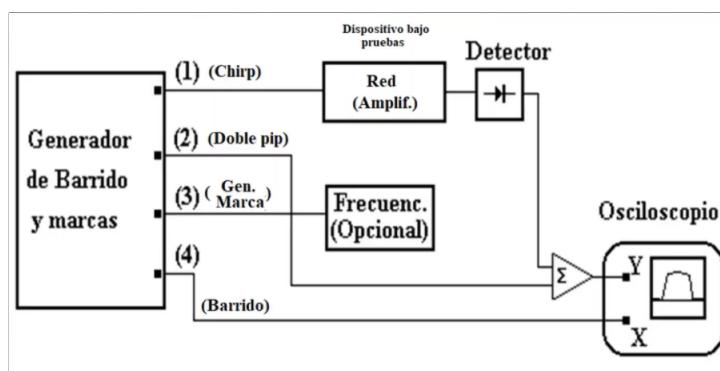


Figura 4: Esquema de osciloscopio y generador de barrido y marcas.

Los ensayos se pueden realizar en un receptor FM, cuyo esquema simplificado se presenta en la Figura 5.

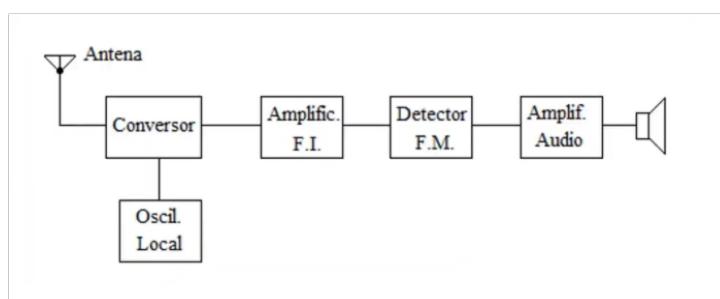


Figura 5: Esquema de Detector FM simplificado.

Se considera como etapa amplificadora, al conjunto formado por el conversor y el amplificador, que conforman lo que se denomina *amplificador sintonizado*.

La salida del amplificador se combina con el detector para dar la señal resultante. Bajo éste análisis, se deduce la salida del receptor de FM, que muestra la Figura 6. Dicha salida es de utilidad para realizar los ensayos propuestos en el presente informe.

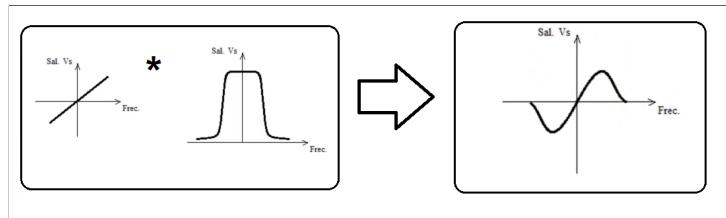


Figura 6: Salida del detector.

### 3. Actividad Práctica

Se propone medir la respuesta en frecuencia de un receptor FM mediante un generador de barrido y marcas, junto con un osciloscopio analógico. Los instrumentos de los cuales se hace uso son

- Generador de barrido y marcas LSW-250
- Osciloscopio analógico Hitachi V-665A
- Radio FM

Para el receptor de FM la etapa detectora se considera como parte del amplificador de FI (frecuencia intermedia).

#### 3.1. Calibración del dial del Generador de Barrido

El generador de barrido viene provisto de un cristal externo, el cual oscila a una frecuencia de 5,5 MHz. De esta forma, dicho cristal puede ser utilizado para calibrar el dial del generador de marcas. Para saber si se encuentra calibrado, simplemente se conecta el cristal y se lleva al generador de marcas a la frecuencia antes mencionada, y por medio de un pequeño parlante, debería escucharse un sonido intenso. La prueba puede hacerse también con frecuencias que son armónicos de la de oscilación del cristal, como por ejemplo, un valor de 11 MHz. Lo mencionado fue puesto a prueba, como puede verse en la Figura 7, y el generador se encontraba correctamente calibrado.

Para realizar este paso, con la perilla **Freq. Range** se debe seleccionar la banda A (2 a 6 [MHz]), y con el mando **Mod. Select** se elige **RF/Calib..**



(a) Calibración a 5,5 MHz.



(b) Calibración a 11 MHz.

Figura 7: Calibración del dial.

Una vez realizada la calibración, se procede a ver determinadas señales del generador de barrido y marcas. La salida identificada como **H** es la que genera el canal horizontal del espectro de frecuencias que puede ser visto en el osciloscopio. Dicha salida se conecta al **canal 1** del osciloscopio, y, como es de esperarse, la señal debe tener una forma triangular.

Luego, la salida **SWEP OUT** del generador es la que genera el barrido en frecuencia. Por lo tanto, si la misma es conectada al **canal 2** del osciloscopio, entonces lo que debe verse es una señal modulada en frecuencia, la cual coincide con la pendiente de subida del canal horizontal (el barrido es realizado en un solo sentido).

En la Figura 8 se pueden ver las dos señales mencionadas anteriormente.

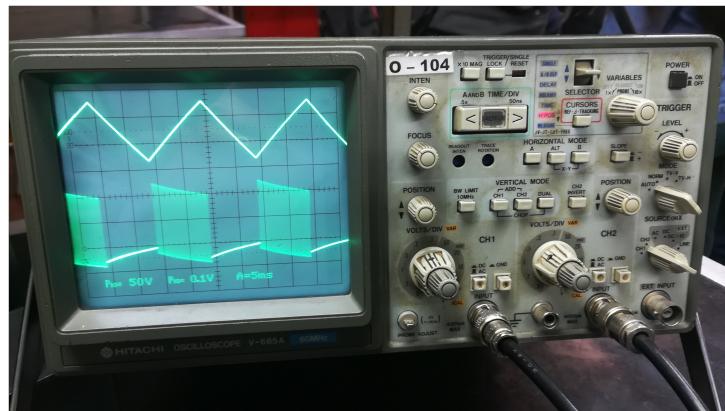
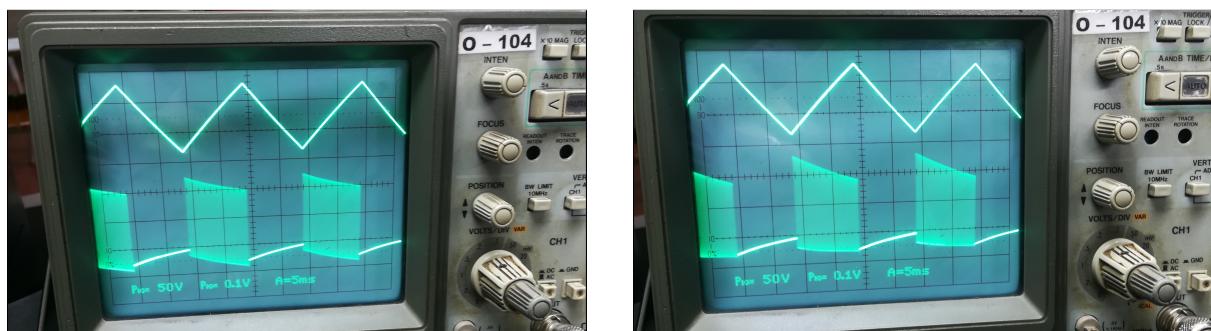


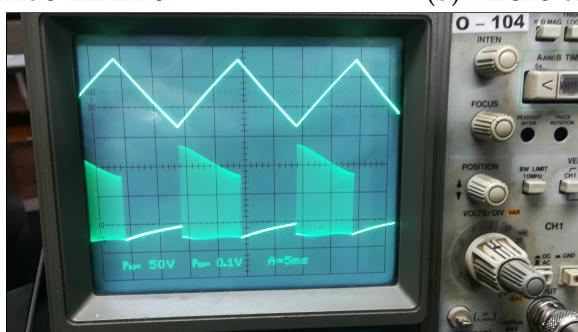
Figura 8: Señal de disparo y modulada en frecuencia.

Por último, si se varía la perilla **SWEET WIDTH** puede apreciarse ciertos cambios en la señal modulada en frecuencia. El efecto que tiene dicha perilla se ve reflejado en la amplitud de la onda modulada en frecuencia, por lo cual, se debe tener especial atención al ancho de banda del osciloscopio para poder visualizar bien esta onda. En la Figura 9 se pueden ver estas variaciones.



(a) Ancho de barrido mínimo.

(b) Ancho de barrido medio.



(c) Ancho de barrido máximo.

Figura 9: Efectos sobre la señal de FM por el ancho de barrido.

### 3.2. Características de detección

Para la presente experiencia, se determina la respuesta en frecuencia, del conjunto amplificador de frecuencia intermedia y el detector de frecuencia modulada del receptor.

En primer lugar, se debe configurar el osciloscopio de la siguiente forma: controles de ganancia en posición media, y **modo X-Y**. Se necesita modificar la amplitud de los canales varias veces durante la experiencia, por lo que no es crítica la posición de éstas.

Luego, se inyecta la salida del generador de barrido en la antena del receptor, la cual inicialmente está seteada en **10,7 MHz**.

Para no desarmar el receptor, se toma la salida del mismo en el conector de auriculares, a partir de este punto, se debe tener en cuenta la influencia del control del volumen en la medición.

Finalmente, se configura la salida del generador como muestra la Tabla 1.

Comando	Posición	Comentarios
Mod.Select	Off	Sin modulación
Marker Size	Mínimo	El botón pulsado
Frec. Rang	B	Banda 6 MHz a 18 MHz
Sweep Width	Posición media	-
Aten. por pasos	1	-
Aten. fino	Posición media	-
Marker Freq.	10,7MHz	Frec. Central de FI
Sep Freq.	FM-IF (10,7 MHz)	Frec. Central de FI

Tabla 1: Controles del generador para Experimento 2.

El esquema de conexiones que se debe implementar con los dispositivos antes mencionados, se puede observar en la Figura 10.

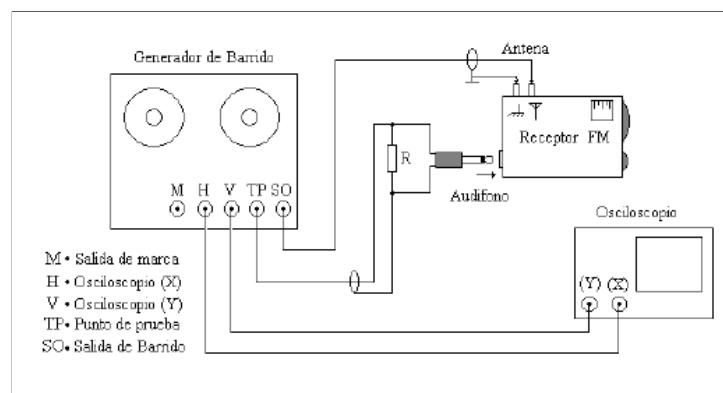
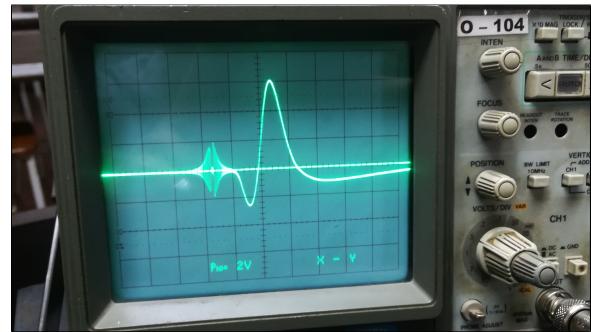


Figura 10: Esquema de conexiones para las mediciones.

Luego, en la Figura 11a se encuentra la implementación del experimento. Además, a modo de apreciar el funcionamiento del generador de barrido y marcas, en la Figura 11b se logra ver la respuesta en frecuencia junto con la marca.



(a) Disposición de instrumentos.



(b) Seteo del espectro junto con la marca.

Figura 11: Espectro del amplificador de FI del detector.

Ahora, se procede a la medición de la frecuencia mínima del conjunto del detector y el amplificador de FI, cuyo valor es  $f_{FImin} = 10,25 \text{ MHz}$ , tal y como se observa en la Figura 12.



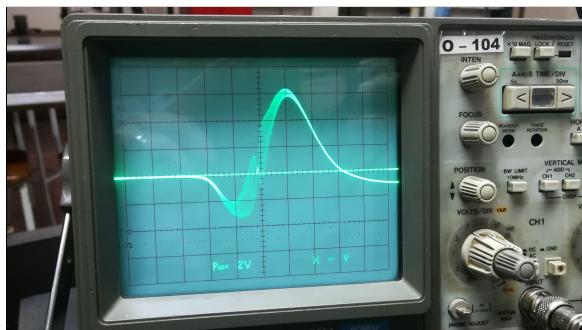
(a) Marca en la frecuencia mínima.



(b)  $f_{FImin} = 10,25 \text{ MHz}$ .

Figura 12: Medición de frecuencia mínima del amplificador de FI y el detector.

De la misma forma, se lleva la marca a la posición central del espectro, y se mide la frecuencia central del detector y el amplificador de FI. En la Figura 13 se puede ver que dicha frecuencia medida es  $f_{FIcen} = 10,45 \text{ MHz}$ .



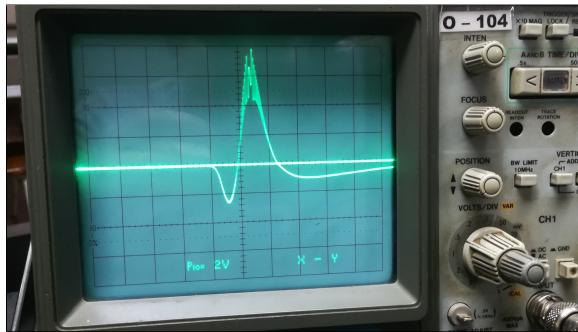
(a) Marca en la frecuencia central.



(b)  $f_{FIcen} = 10,45 \text{ MHz}$ .

Figura 13: Medición de frecuencia central del amplificador de FI y el detector.

Por último, la frecuencia máxima en cuestión se puede apreciar en la Figura 14, la cual da un valor de  $f_{FImax} = 10,65 \text{ MHz}$ .



(a) Marca en la frecuencia máxima.



(b)  $f_{FI\max} = 10,65 \text{ MHz}$ .

Figura 14: Medición de frecuencia máxima del amplificador de FI y el detector.

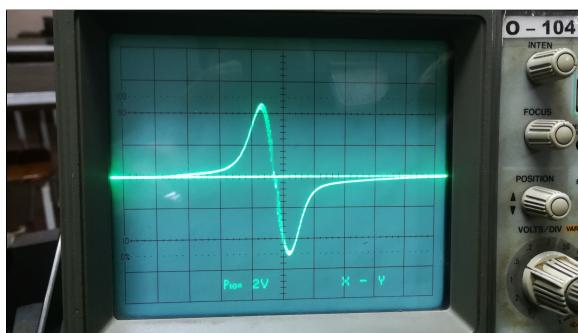
Los valores obtenidos durante esta experiencia se encuentran en forma tabulada en la Tabla 2.

Frec. central [MHz]	Frec. mín. [MHz]	Frec. máx. [MHz]	$\Delta f$ [MHz]
10,45	10,25	10,65	0,4

Tabla 2: Mediciones de FI obtenidas.

### 3.3. Valores límites de detección de sintonía

Partiendo de la experiencia previa, ahora se procede a determinar los límites de la frecuencia de sintonía. Para ello, se ajusta el dial del receptor al valor mínimo de **88 MHz** y posteriormente se ajusta la perilla de frecuencia del generador de barrido hasta que se pueda visualizar en el osciloscopio la curva de respuesta del detector. A continuación, se selecciona el rango de frecuencias **D** del generador de marca y se ajusta la marca para que esté en el medio de la curva de respuesta, como se ve en la Figura 15.



(a) Marca en la freq. mínima de sintonía.



(b)  $f_{min,sint} = 85 \text{ [MHz]}$ .

Figura 15: Medición de la frecuencia mínima de sintonía.

Ahora, el dial del receptor se lo lleva al valor máximo de **108 MHz** y se repite los mismos pasos previamente realizados. De esta manera, se determina el valor del límite máximo para la frecuencia de sintonía, como se observa en la Figura 16.



(a) Marca en la frec. máxima de sintonía.

(b)  $Frec_{max,sint} = 104 [MHz]$ .

Figura 16: Medición de la frecuencia mínima de sintonía.

Por último, se tabula los valores obtenidos en la Tabla 3.

Frec. sintonía mínima [MHz]	Frec. sintonía máxima [MHz]
85	104

Tabla 3: Mediciones de límites de freq. de sintonía.

## 4. Conclusiones

Partiendo del diagrama del receptor que se encuentra en la Figura 5, la inversión que se produce en los espectros obtenidos cuando se trabaja con frecuencias de señales FM y FI, se justifica debido a que cuando se inyecta esta última, se está salteando la etapa de conversión, y va directo a la etapa de, justamente, el amplificador de FI. Por otro lado, una señal de FM sí pasa por la etapa de conversión, la cual produce una convolución en frecuencia, que a su vez conlleva a una inversión del espectro.

Para determinar la frecuencia del oscilador local, se parte sabiendo las frecuencias  $f_{min}$  y  $f_{max}$  del receptor, y aplicando el cálculo

$$FI = \frac{f_{max} - f_{min}}{2} + k = \frac{108 - 88 [MHz]}{2} + 0,7 MHz \quad \therefore \quad FI = 10,7 [MHz],$$

donde  $k = 0,7 MHz$  para el estándar de FM.

Luego, debido a que el receptor es superheterodino, la frecuencia del oscilador local se determina de la siguiente manera

$$f_{osc} = f_{sintonia} + FI.$$

Si se analizara por separado la respuesta en frecuencia del amplificador de FI, lo que se obtendría sería un solo pulso, como se muestra a la izquierda de la Figura 6. Dicha respuesta estará centrada en  $10,7 MHz$  aproximadamente, y debido a que posee una desviación de frecuencia de  $\Delta f = 0,4 MHz$ , el espectro que se podría llegar a visualizar estaría bastante acotado, lo cual es propio de la selectividad que posee el amplificador en cuestión.

La curva de respuesta de un detector de FM, o conversor de frecuencia a tensión, posee dicha forma debido a que, para valores de frecuencia de corte mínima el conversor entrega la más negativa, y para valores de frecuencia de corte máxima la tensión es la más positiva.

Para la primer experiencia se vio dos de las señales de salida que proporciona el generador de barrido y marcas. Una de ellas proviene de la salida  $H$ , la cual se trata de una señal triangular que es utilizada para la generación del chirp, y además, para generar el eje horizontal del espectro en frecuencias. La otra señal proporcionada por la salida *SWEET OUT* es la señal modulada en frecuencia, la cual es conectada a la red bajo análisis y genera el barrido en frecuencia. Dicha señal se habilita con la pendiente positiva de la señal triangular antes mencionada, y se inhabilita con la pendiente negativa. Esto tiene como objetivo realizar el barrido en un solo sentido y evitar efectos de histéresis que dificultarían la medición.