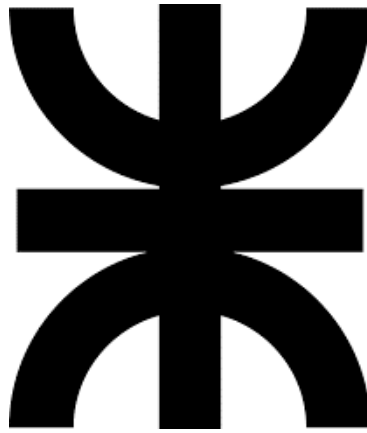


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL CÓRDOBA  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA



MEDIDAS ELECTRÓNICAS I

# **Trabajo Práctico de Laboratorio N°11**

ANÁLISIS DE SEÑALES CON OSCILOSCOPIOS DIGITALES

<b>ALUMNOS</b>	:	Carreño Marin, Sebastian	83497
		Juarez, Daniel	79111
		Torres, Heber	84640
<b>CURSO</b>	:	4R1	
<b>DOCENTES</b>	:	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>2</b>
3.1. Análisis de una forma de onda cuadrada . . . . .	2
3.2. Análisis de un tren de pulsos . . . . .	2
3.3. Observación de frecuencias producto del aliasing . . . . .	3
3.3.1. Aliasing con señal senoidal . . . . .	3
3.3.2. Aliasing con señal cuadrada . . . . .	4
3.4. Análisis de una señal modulada en amplitud . . . . .	6
3.4.1. Señal senoidal como modulante . . . . .	6
3.4.2. Señal cuadrada como modulante . . . . .	9
3.4.3. Señal triangular como modulante . . . . .	10
3.5. Observación de los productos de IMD de tercer orden . . . . .	12
3.6. Análisis de una señal modulada en frecuencia . . . . .	12
3.7. Análisis de la distorsión armónica producida por un amplificador . . . . .	13
<b>4. Conclusiones</b>	<b>13</b>

## **1. Introducción**

## **2. Marco Teórico**

## **3. Actividad Práctica**

### **3.1. Análisis de una forma de onda cuadrada**

### **3.2. Análisis de un tren de pulsos**

### 3.3. Observación de frecuencias producto del aliasing

El *aliasing* es un fenómeno que produce componentes de frecuencia falsas, es decir, que no son propias de la señal que se desea medir. Esto, en los osciloscopios digitales, ocurre cuando la velocidad de muestreo que se utiliza es insuficiente, es decir, muy baja, para la señal que se desea medir.

Por el teorema del muestreo se sabe que la velocidad de muestreo debe ser, como mínimo, el doble de la frecuencia máxima de la señal a ser medida.

#### 3.3.1. Aliasing con señal senoidal

Con el uso de uno de los generadores se setea una señal **senoidal** de frecuencia  $f = 10 \text{ kHz}$ , y una amplitud acorde a la mitad del valor posible, ya que no es algo crítico. Luego, con el menú matemático se eligen las opciones **FFT**, **CH1**, **Hanning** y **Zoom X1**. Además, la velocidad de muestreo se setea en  $f_s = 25 \text{ kSa/s}$ . En la Figura 1 se puede observar que la señal es correctamente muestreada, ya que se logra ver su componente de frecuencia.

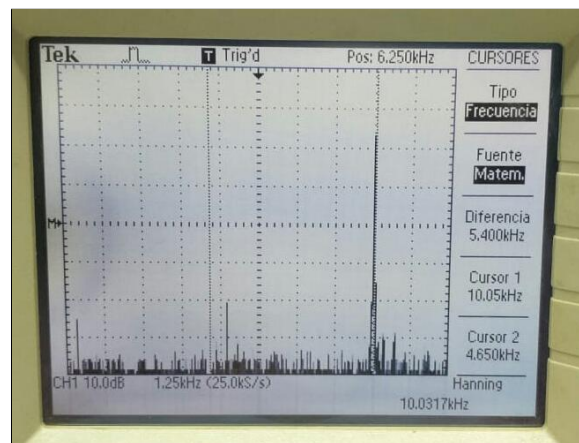
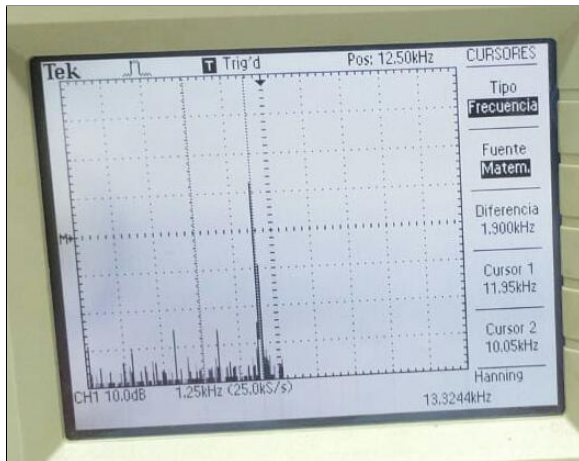
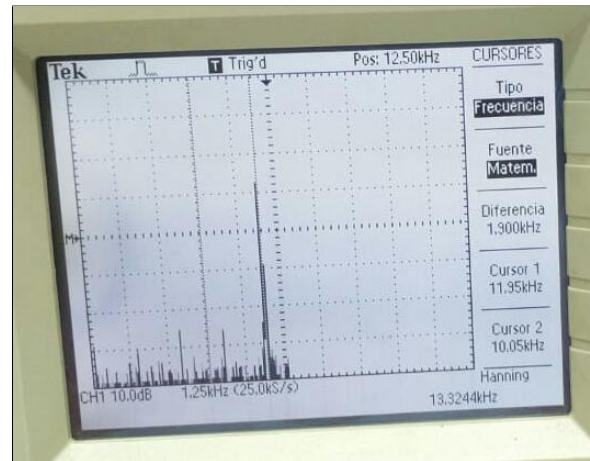


Figura 1: Espectro de señal senoidal de 10 kHz.

Ahora, se procede a cambiar la frecuencia de la señal que se desea medir, y se logra ver que a partir de la frecuencia  $f = 12,5 \text{ kHz}$  empiezan a haber frecuencias falsas. Este efecto es esperable, ya que la velocidad de muestreo elegida cumple con el teorema de muestreo solo para señales senoidales cuya frecuencia, como máximo, sea la mencionada en este párrafo.



(a)  $f = 12,5 \text{ kHz}$  y  $f_s = 25 \text{ kSa/s}$ .

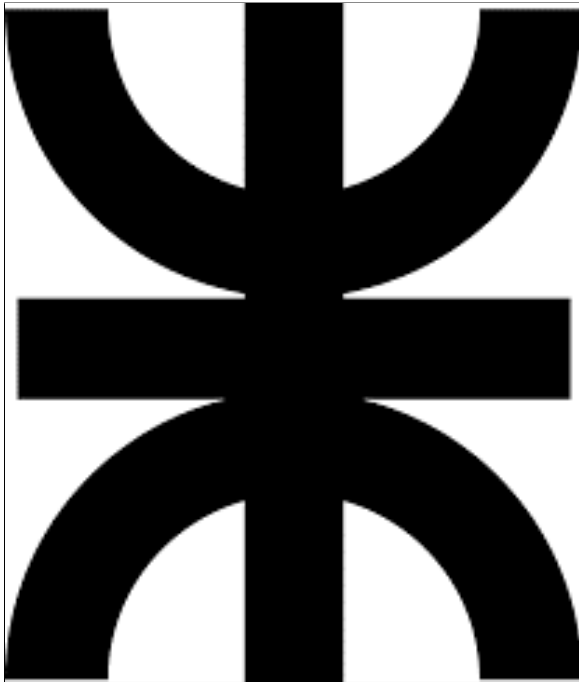


(b)  $f = 15 \text{ kHz}$  y  $f_s = 25 \text{ kSa/s}$ .

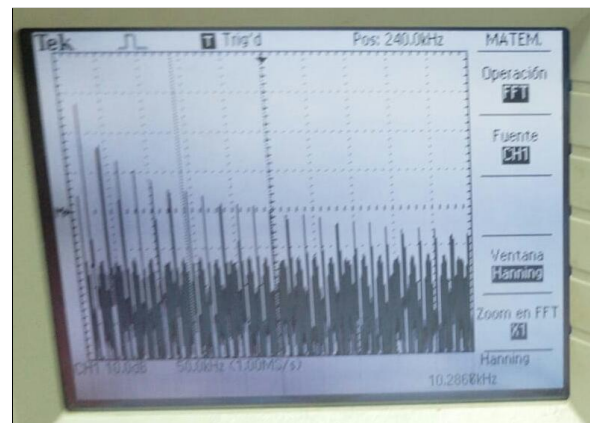
Figura 2: Espectro de señales con aliasing.

### 3.3.2. Aliasing con señal cuadrada

Se procede a hacer la misma experiencia anterior, pero con una señal cuadrada de  $f = 10 \text{ kHz}$ . Su forma en el tiempo y su espectro se puede ver en la Figura 3.



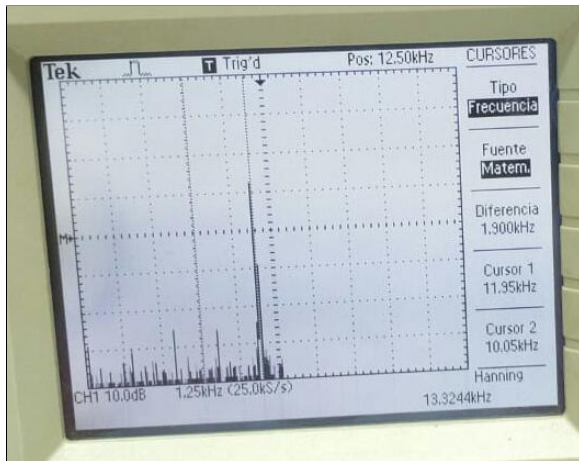
(a)  $f = 10 \text{ kHz}$ .



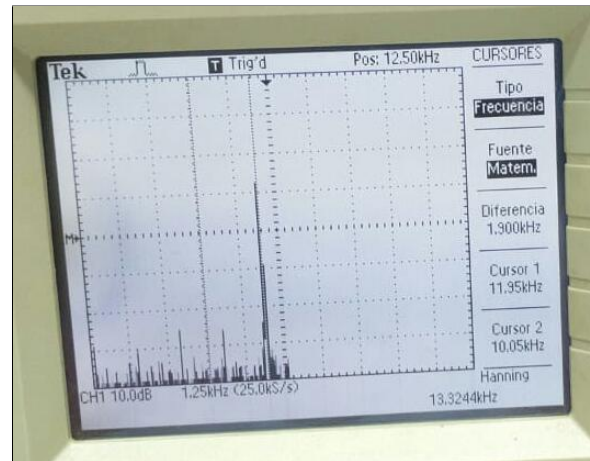
(b)  $f = 15 \text{ kHz}$  y  $f_s = 25 \text{ kSa/s}$ .

Figura 3: Espectro de señales con aliasing.

Luego, se procede a aumentar la frecuencia de la señal del generador, y también se logra ver los efectos del aliasing. En la Figura 4 se muestra lo mencionado.



(a)  $f = 12,5 \text{ kHz}$  y  $f_s = 25 \text{ kSa/s}$ .



(b)  $f = 15 \text{ kHz}$  y  $f_s = 25 \text{ kSa/s}$ .

Figura 4: Espectro de señales con aliasing.

### 3.4. Análisis de una señal modulada en amplitud

Las señales que son moduladas en amplitud (AM) poseen un espectro característico, como el que se puede ver en la Figura 5. Mediante el espectro se puede medir frecuencia, pero también las amplitudes, de portadora y bandas laterales, lo que permite calcular el índice de modulación, el cual es un parámetro importante a tener en cuenta.

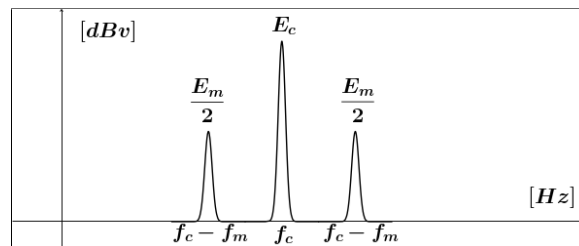


Figura 5: Ejemplo de espectro de una señal AM.

Recordando que el índice de modulación es  $m = E_m / E_c$ , y además, que el módulo matemático del osciloscopio en cuestión mide las amplitudes en dBv, entonces

$$m = \frac{E_{BLateral} \cdot 2}{E_{Portadora}} \implies m_{dB} = dBv_{BLateral} - dBv_{Portadora} + 6dB \quad (1)$$

$$\therefore m = 10^{\frac{m_{dB}}{20}} \quad (2)$$

Para poder visualizar el espectro de una señal AM se utiliza el circuito de la Figura 6. El mismo posee un circuito sintonizado o resonante, el cual está diseñado para que su frecuencia sea de  $f_0 = 50 \text{ kHz}$ .

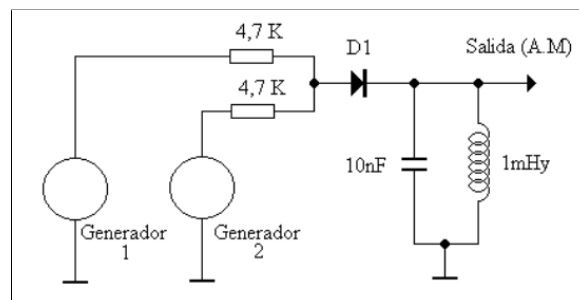


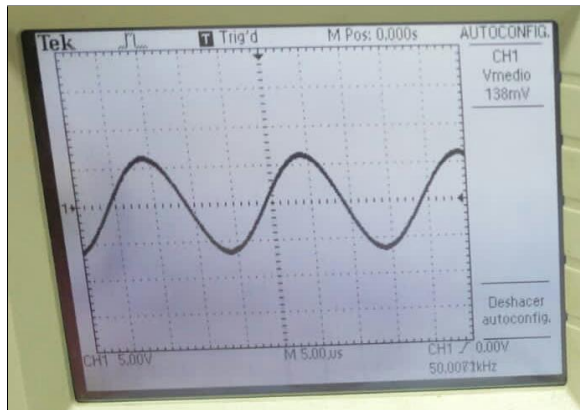
Figura 6: Circuito de modulación en amplitud.

Con el generador **G1** se inyecta una señal senoidal que actúa como **portadora** de frecuencia  $f_c = 50 \text{ kHz}$ , y con el generador **G2** se inyecta la señal **modulante** de frecuencia  $f_m = 1 \text{ kHz}$ , que puede ser senoidal, triangular o cuadrada. Las amplitudes utilizadas mantienen una relación tal que la de la portadora sea el doble que la de modulante.

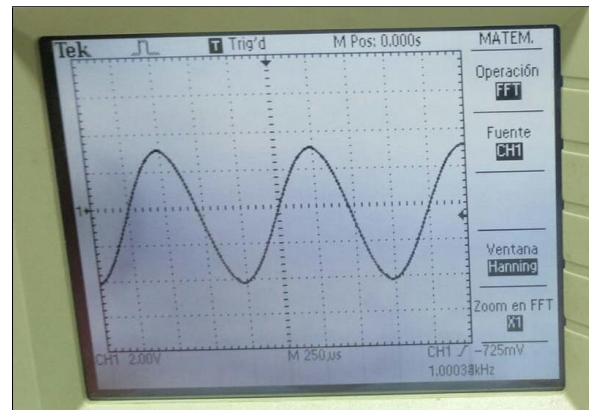
#### 3.4.1. Señal senoidal como modulante

Se setea el generador G2 para que entregue una señal senoidal, que actúa como banda base. Dicha señal y la portadora se pueden ver en la Figura 7.





(a) Portadora.



(b) Banda base senoidal.

Figura 7: Señales utilizadas para modular en amplitud,

Se elige una base de tiempos de **1 ms/div** y luego, el menú del trigger se setea de la siguiente manera: **Pendiente: +**, **Fuente: CH1**, **Modo: Auto**, **Acoplamiento: Rechazo AF**. Con todo esto, la imagen obtenida se encuentra en la Figura 8.

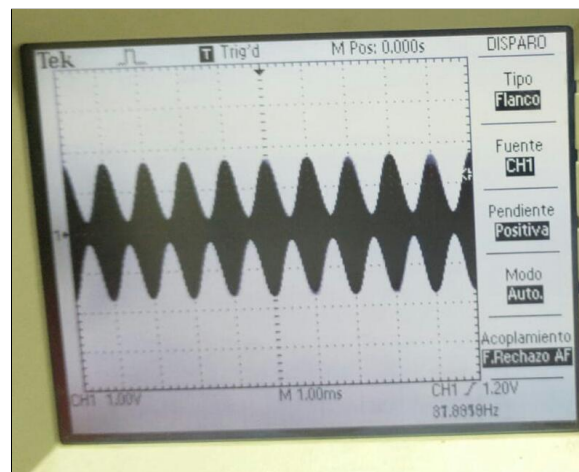
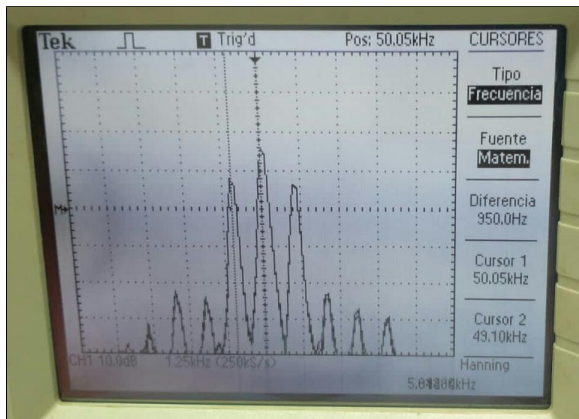
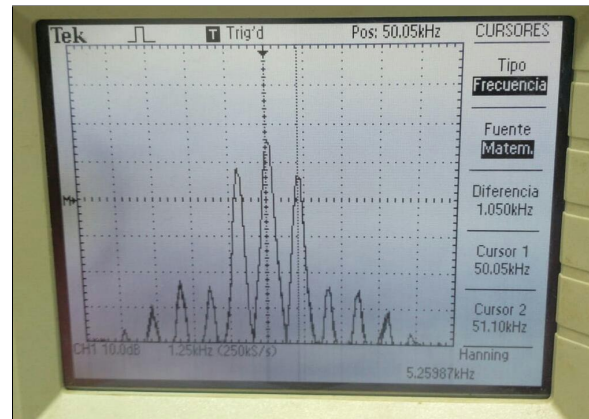


Figura 8: Señal AM con seno como modulante.

Luego, en el menú matemático se eligen las siguientes opciones: **Operación: FFT**, **Fuente: CH1**, **Ventana: Hanning** y **Zoom x10**. Además, el modo de adquisición se pone en **Promedio** con 64 cuentas. A continuación, mediante el uso de cursores, se procede a medir la frecuencias. Dichas mediciones se pueden apreciar en la Figura 9, y los valores se encuentran tabulados en la Tabla 1.



(a) Frecuencia BLInf.



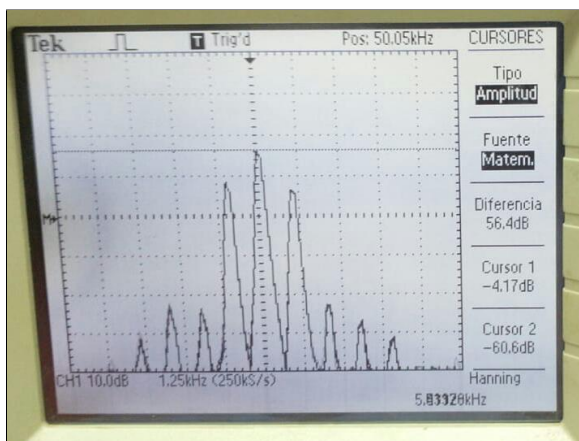
(b) Frecuencia BLSup.

Figura 9: Frecuencias de la señal AM con el seno como modulante.

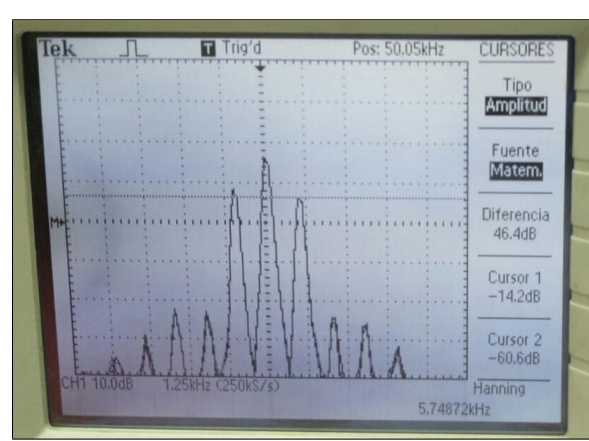
$f_c$	$f_{BLSup}$	$f_{BLInf}$	$f_m$
50,05 kHz	51,10 kHz	49,10 kHz	1,05 kHz

Tabla 1: Frecuencias medidas del espectro de la señal AM.

De la misma forma, se procede a realizar mediciones de amplitud de la señal AM en cuestión. En la Figura 10 se pueden observar dichas mediciones. Luego, con estas y el uso de las ecuaciones (1) y (2), se completa la Tabla 2.



(a) Amplitud BLInf.



(b) Amplitud BLSup.

Figura 10: Amplitudes de la señal AM con el seno como modulante.

Ampl. BLInferior	Ampl. Portadora	Índice m	Índice m
48,4 dBv	56,4 dBv	-2 dB	0,79

Tabla 2: Amplitudes medidas e índice de modulación.

### 3.4.2. Señal cuadrada como modulante

A continuación, se procede a cambiar el generador **G2** para que inyecte una la señal cuadrada como **modulante** con la misma frecuencia antes utilizada, respetando la relación de amplitudes previamente configurada. La señal AM obtenida se puede ver en la Figura 11.

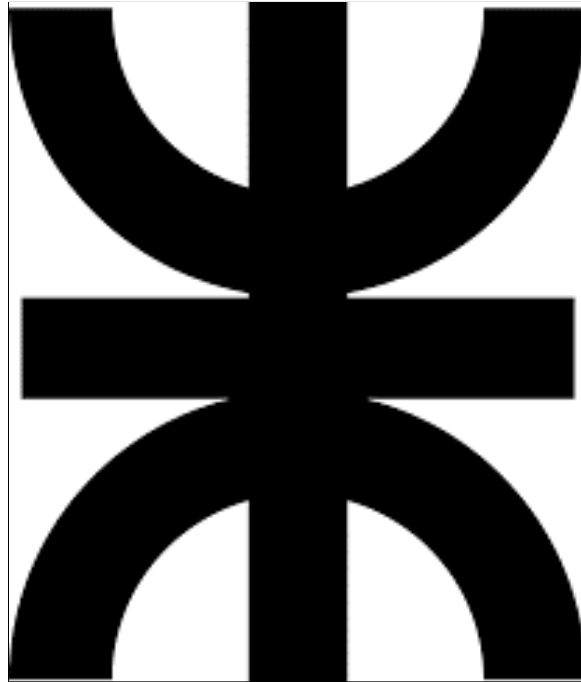
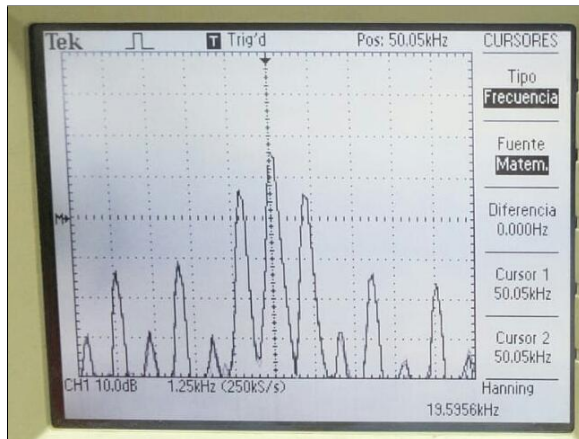
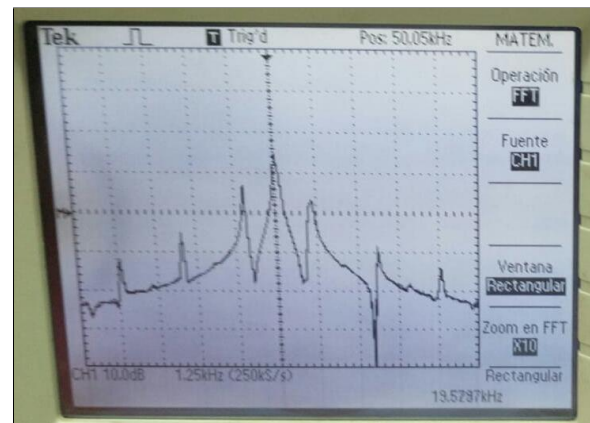


Figura 11: Señal AM con onda cuadrada como modulante.

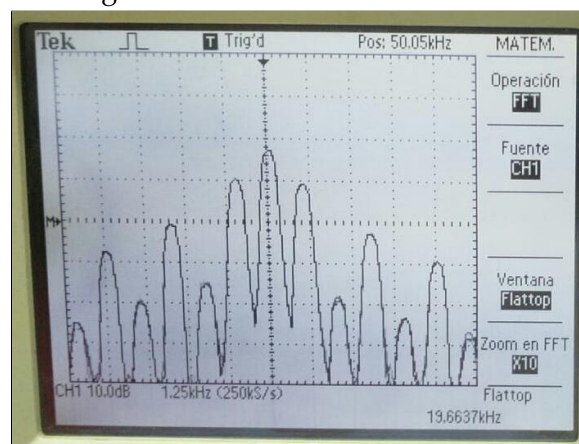
Finalmente, se hace uso de de las distintas ventanas que posee el menú matemático, para ver la diferencia entre cada presentación del espectro de la señal AM en cuestión. En la Figura 12 se puede apreciar lo mencionado.



(a) Ventana Hanning.



(b) Ventana Rectangular.



(c) Ventana Flattop.

Figura 12: Distintas ventanas de una señal AM con onda cuadrada como modulante.

### 3.4.3. Señal triangular como modulante

De la misma forma que en la sección anterior, se procede a cambiar el generador **G2** para que inyecte una señal triangular como **modulante** con la misma frecuencia antes utilizada, respetando la relación de amplitudes previamente configurada. La señal AM obtenida se puede ver en la Figura 13.

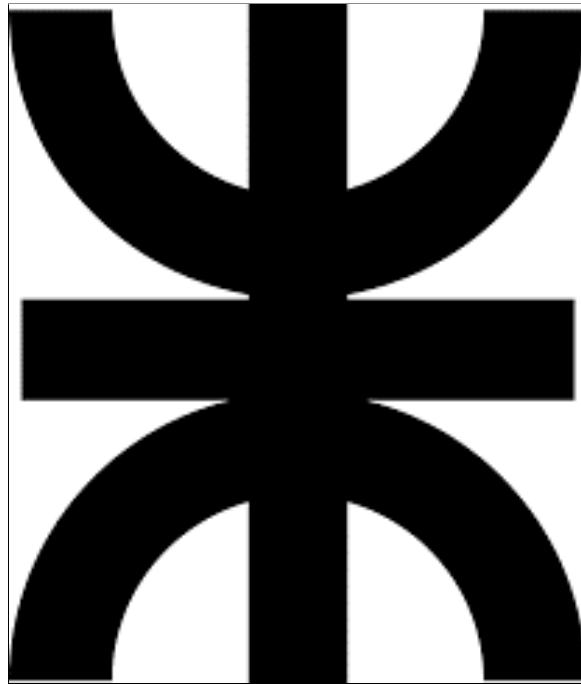
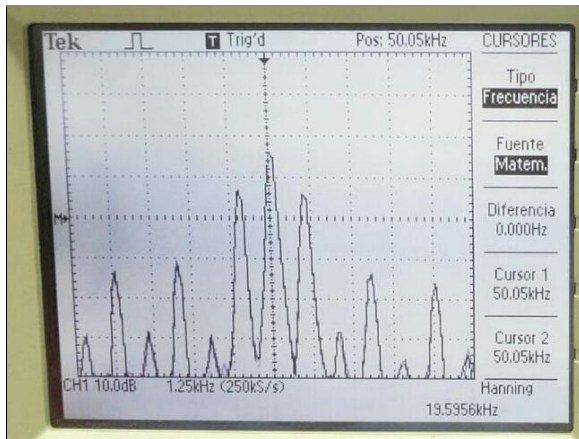


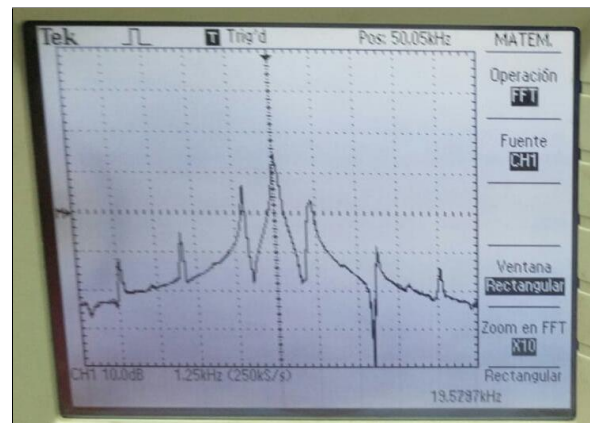
Figura 13: Señal AM con onda triangular como modulante.

Finalmente, se hace uso de de las distintas ventanas que posee el menú matemático, para ver la diferencia entre cada presentación del espectro de la señal AM en cuestión. En la Figura 14 se puede apreciar lo mencionado.

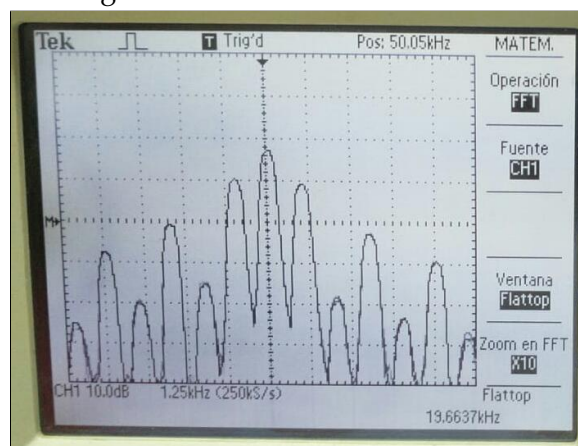




(a) Ventana Hanning.



(b) Ventana Rectangular.



(c) Ventana Flattop.

Figura 14: Distintas ventanas de una señal AM con onda triangular como modulante.

### 3.5. Observación de los productos de IMD de tercer orden

### 3.6. Análisis de una señal modulada en frecuencia

Se procede a analizar una FM. Para ello se hace lo siguiente:

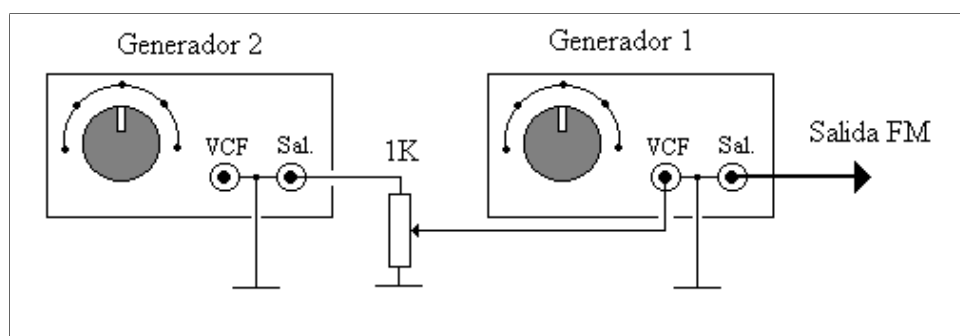
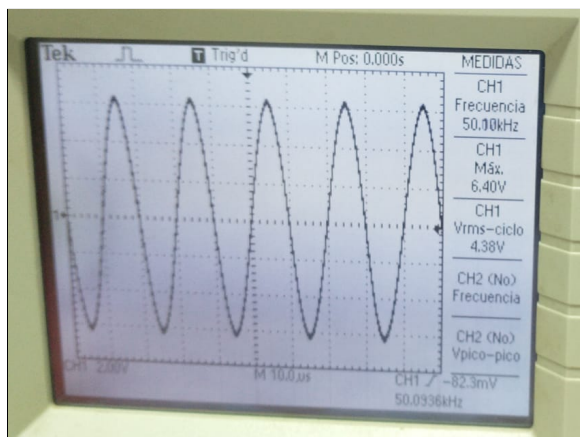
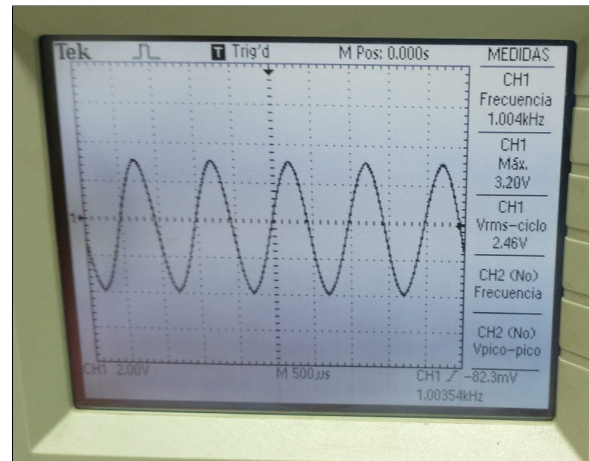


Figura 15: Conexión de los generadores.

Inicialmente se procede a calibrar los generadores.



(a) Calibración G1.



(b) Calibración G2.

Se observa la señal a 1 ms por div.

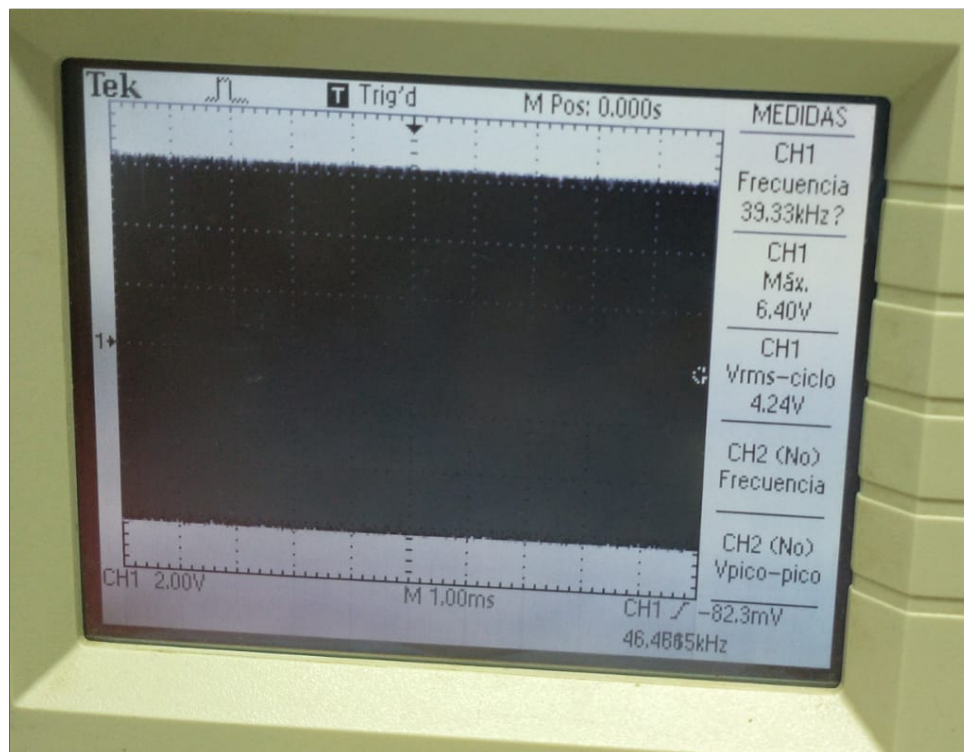


Figura 17: 1ms.

### 3.7. Análisis de la distorsión armónica producida por un amplificador

## 4. Conclusiones