

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE BUENOS AIRES

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA

TRABAJO PRÁCTICO 5

---

## Analizador de Espectros

---

*Grupo 2:*

Víctor OH 56679

Valentina LAGO 57249

Gonzalo SILVA 56089

Santiago BUALÓ 57557

Agustina IBARRECHE 53550

*Profesores:*

Pablo COSSUTTA

María Alejandra WEILL

Matías SALVATI

# Ejercicio 1

## Medicion de distorsión armónica

### 1.1. Medición

Utilizando el analizador de espectros, se midió la distorsión armónica del generador de funciones Agilent(modelo) con una señal senoidal de 0,7MHz y 250mV<sub>pp</sub>.

Para calcular la distorsión armónica total (THD) medida con el analizador, se utilizaron las ecuaciones 1.1 y 1.2.

$$THD = \frac{\sum_{j=1}^n P_j}{\sum_{i=0}^n P_i} \quad (1.1)$$

$$P_k[\text{mW}] = 1\text{mW} * 10^{P_k[\text{dBm}]/10} \quad (1.2)$$

Entonces,

$$P_0 = 123\text{mW}; P_1 = 123\text{mW}; P_2 = 123\text{mW}$$

$$\Rightarrow THD = Ans \quad (1.3)$$

Con las mediciones y cálculos anteriores y utilizando otros generadores de funciones, se obtuvo la siguiente tabla:

Modelo	$P_0(\text{mW})$	$P_1(\text{mW})$	$P_2(\text{mW})$	$P_3(\text{mW})$	$P_4(\text{mW})$	$THD$	$THD_{Fab}$
Agilent							
Picotest							
Instek							

### 1.2. Comparación con la hoja de datos

### 1.3. Conclusiones

# Ejercicio 2

## Análisis de otras señales

Utilizando señales (i)cuadradas, (ii)triangulares(simetría 50 %) y (iii)un tren de pulsos con  $DC = 33,3\%$

1. Se analizó analíticamente el espectro de la señal
2. Se simuló el espectro mediante MATLAB
3. Se midió la señal con el analizador de espectros
4. Se calculó el DC en función a la medición

### 2.1. Señal Cuadrada

#### 2.1.1. Análisis matemático

Dado que el análisis es de la señal dada en la figura 2.1 se observa que para un análisis de Fourier se trata de una onda impar:

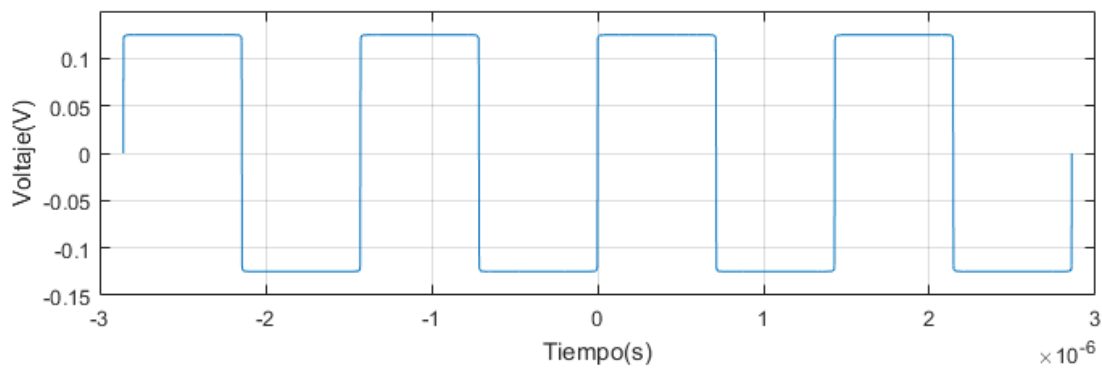


Figura 2.1: Señal cuadrada con las características dadas

Por lo tanto, la serie de Fourier estará dada por sólo senos:

$$S(t) = \sum_{k=1}^{\infty} B_{2k-1} \text{sen}(2\pi f(2k-1)t) \quad (2.1)$$

$$B_{2k-1} = \frac{1}{\pi(2k-1)} \quad (2.2)$$

Por lo tanto, las amplitudes observadas serán las de los armónicos impares de la fundamental, mientras que los armónicos pares se anulan.

### 2.1.2. Simulación del Espectro

Dado que se tienen las amplitudes de las diferentes frecuencias que conforman la señal cuadrada, se pueden calcular las potencias entregadas sobre la entrada del analizador, teniendo en cuenta que tiene una resistencia de  $50\Omega$ . Por lo tanto, el espectro observado en el analizador debería ser el visto en la figura 2.2. De esta se puede observar que las potencias de los armónicos de mayor orden son cada vez menores.

Debe notarse que este espectro se vería en una mitad del analizador, dado que las frecuencias multiplicadoras al oscilador local son sumadas y restadas respecto a este.

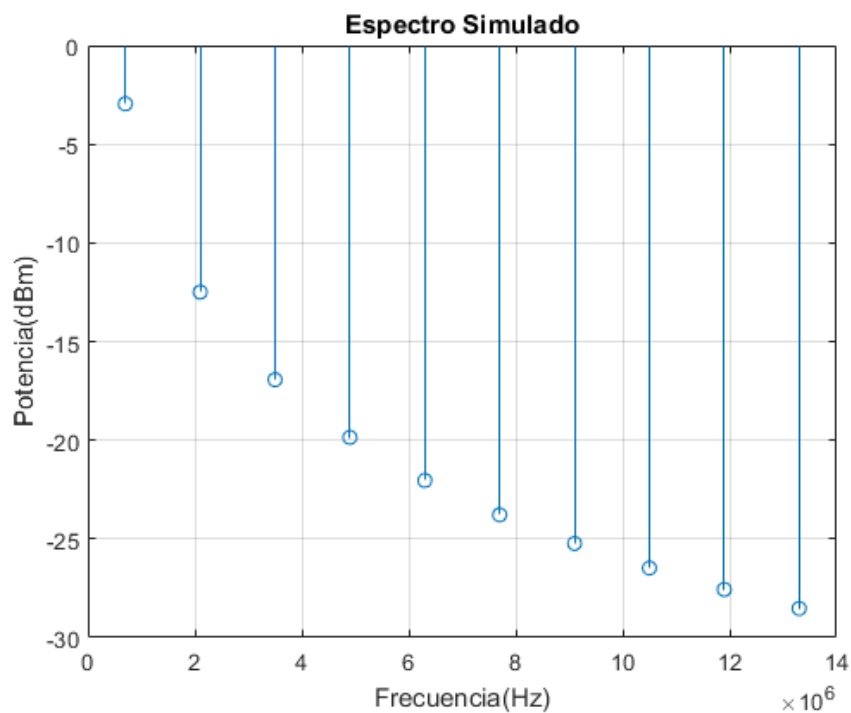


Figura 2.2: Simulación de las potencias a ser observadas

### 2.1.3. Medición en el Analizador de Espectros

Figura 2.3: Pantalla del Analizador de la señal cuadrada

### 2.1.4. Cálculo del DC

Observando la salida del analizador de espectros, se pueden contar la cantidad de armónicos con potencia 0 (p) y comparar esa cantidad a la cantidad total de armónicos que deberían verse en pantalla(q). Con estos datos, se puede utilizar la expresión 2.3 para calcular el Duty Cycle.

$$DC = \frac{p}{q} \quad (2.3)$$

Dado que en la salida del analizador observada en la figura 2.3 se puede observar que uno de cada dos armónicos están anulados, entonces el Duty Cycle es de 50 %.

## 2.2. Señal Triangular

### 2.2.1. Análisis matemático

Dado que el análisis es de la señal dada en la figura 2.4 se observa que para un análisis de Fourier se trata de una onda impar:

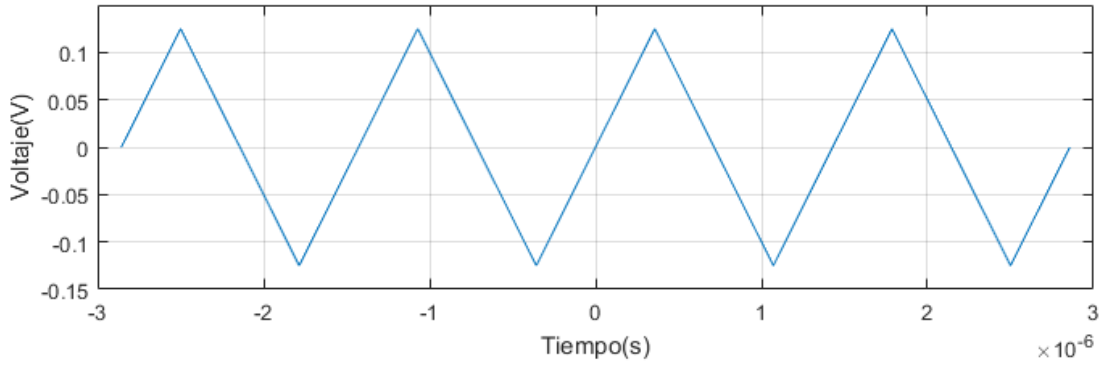


Figura 2.4: Señal cuadrada con las características dadas

Por lo tanto, la serie de Fourier estará dada por sólo senos:

$$S(t) = \sum_{k=1}^{\infty} B_{2k-1} \text{sen}(2\pi f(2k-1)t) \quad (2.4)$$

$$B_{2k-1} = \frac{2}{\pi^2(2k-1)^2} \quad (2.5)$$

Por lo tanto, las amplitudes observadas serán las de los armónicos impares de la fundamental, mientras que los armónicos pares se anulan.

### 2.2.2. Simulación del Espectro

Bajo el mismo método que en la señal cuadrada, se simuló el espectro de la señal triangular como se ve en la figura 2.4. Se puede observar que, a diferencia de la señal cuadrada, la atenuación de cada armónico de mayor orden es doblemente mayor(figura 2.5).

### 2.2.3. Medición en el Analizador de Espectros

## 2.3. Tren de Pulsos

### 2.3.1. Análisis matemático

Dado que el análisis es de la señal dada en la figura 2.7 se observa que para un análisis de Fourier se trata de una onda par:

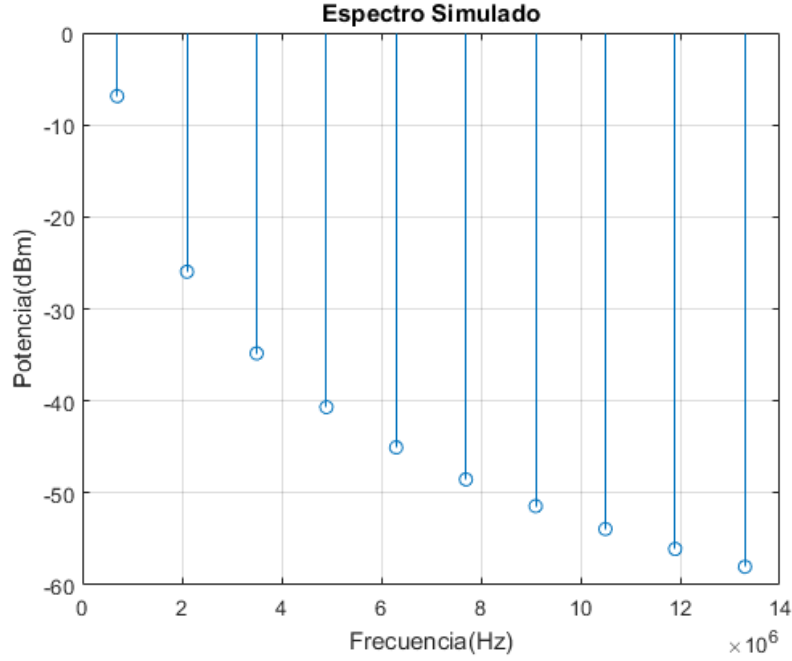


Figura 2.5: Simulación de las potencias a ser observadas en la señal triangular

Figura 2.6: Pantalla del Analizador de la señal triangular

Por lo tanto, la serie de Fourier estará dada por sólo senos:

$$S(t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n \text{sen}(2\pi f n t) \quad (2.6)$$

$$A_n = \frac{1}{\pi n} \cdot \text{sen}\left(\frac{\pi}{3}n\right) \quad (2.7)$$

De la expresión 2.7, se puede observar que la amplitud de cada armónico múltiplo de 3 se verá anulado.

### 2.3.2. Simulación del Espectro

Se tuvieron en cuenta las mismas consideraciones para calcular las potencias de cada frecuencia, con las cuales se crea la figura 2.8.

Debe notarse que este espectro se vería en una mitad del analizador, dado que las frecuencias multiplicadoras al oscilador local son sumadas y restadas respecto a este.

### 2.3.3. Medición en el Analizador de Espectros

### 2.3.4. Cálculo del DC

Utilizando nuevamente la ecuación 2.3 se calculó, con la salida del analizador de espectros, el DC de la señal.

Dado que en la salida del analizador observada en la figura 2.3 se puede observar que uno de cada tres armónicos están anulados, entonces el Duty Cycle es de 33,33%.

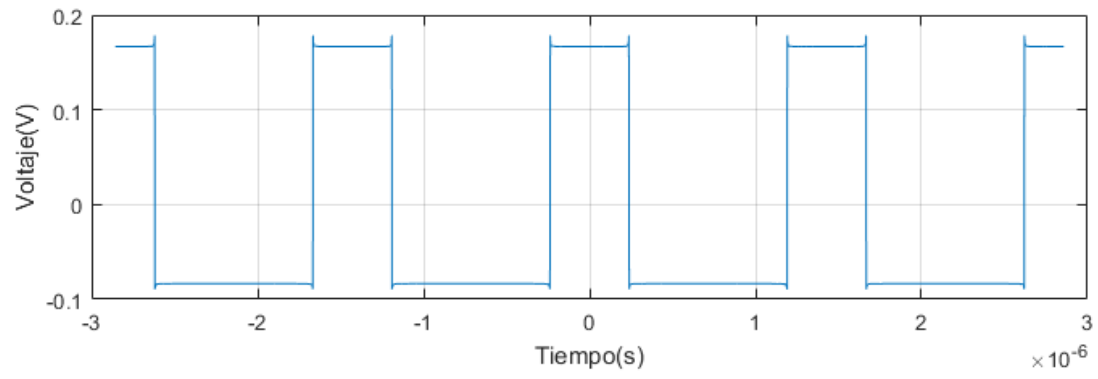


Figura 2.7: Señal cuadrada con DC 33.33 %

## 2.4. Conclusiones

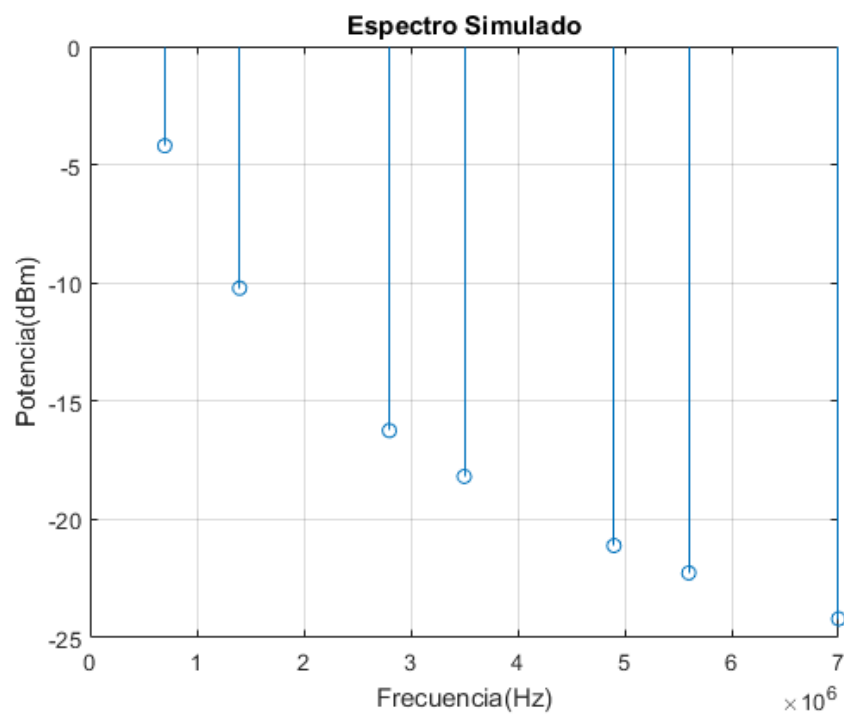


Figura 2.8: Simulación de las potencias de la señal cuadrada con  $DC = 33.33\%$

Figura 2.9: Pantalla del Analizador de la señal cuadrada



## Ejercicio 3

### Análisis de una senal AM

Utilizando dos generadores de señales, se creó una señal modulada en AM de  $200\text{mV}_{pp}$  donde:

Frecuencia de la portadora:  $900\text{kHz}$ .

Frecuencia de la moduladora:  $100\text{kHz}$ .

Luego, con el analizador de espectros, y simulando el espectro de la señal en MATLAB, se verificaron las señales medidas. Además, se utilizó un osciloscopio en paralelo para verificar las amplitudes de las señales.

1. Moduladora Senoidal;  $m = 0,5$
2. Moduladora Senoidal;  $m = 1$
3. Moduladora Triangular;  $m = 1$
4. Moduladora Senoidal;  $m = 1$ ; frecuencia igual a la portadora

## Ejercicio 4

### Análisis de una señal FM

Se repitió el ejercicio 3 con una señal FM.

## Ejercicio 5

# Distribucion de Radiofrecuencias en Argentina

as;dlfjasdfklaj.

## Ejercicio 6

### Análisis del espectro EM en la banda de FM

asdfjalkdsfj.

## Ejercicio 7

### Señal de Televisión

# Ejercicio 8

## Otras Señales

Se conectaron al analizador de espectros las siguientes señales con amplitud  $250\text{mV}_{pp}$  y a frecuencia  $125\text{kHz}$  y máxima.

1.  $\sin(x)/x$
2. Tren de deltas (Tren de Pulsos con DC mínimo)