

# **PRÁCTICA 2**

## **(2 sesiones de clase)**

### **Instrumentación y reflectometría en el dominio del tiempo (TDR)**

**Autores**

- Omar Alfonso Galvis Camaron
- Nicolas Lenis Sánchez

**Grupo de laboratorio:** J1B

**Subgrupo de clase:** 04

### 1.1. SDR – OSCILOSCOPIO

Tomando como referencia el SDR como generador de señales (use la señal de referencia constante) y el canal 1 del osciloscopio. tome los datos de amplitud leídos en el osciloscopio. variando la frecuencia de transmisión del radio ( $f_c$ ) y la amplitud de la señal constante. Nota: los valores de  $f_c$  se pueden variar de acuerdo con el criterio propio o con los datos presentados por el profesor durante la práctica.

FC = 50 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	364,34 mV
0.5	182,18 mV
0.25	93,06 mV
0.125	49.5 mV
0.0625	29,7 mV
FC = 75 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	655,38 mV
0.5	330,66 mV
0.25	140,98 mV
0.125	73,46 mV
0.0625	37,32 mV
FC = 100 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	357,38 mV
0.5	177,6 mV
0.25	91,67 mV
0.125	46,13 mV
0.0625	5,74 mV
FC = 130 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	112,86 mV
0.5	55,84 mV
0.25	27,32 mV
0.125	14,65 mV
0.0625	9,9 mV

## 1.2. SDR – ANALIZADOR DE ESPECTROS

Para esta parte del laboratorio, se debe hacer la transmisión entre dos grupos de trabajo, el primero debe generar una señal desde el radio y el otro grupo debe medir la señal desde el analizador de espectros usando su cable RG58 A/U que usó en la sección anterior.

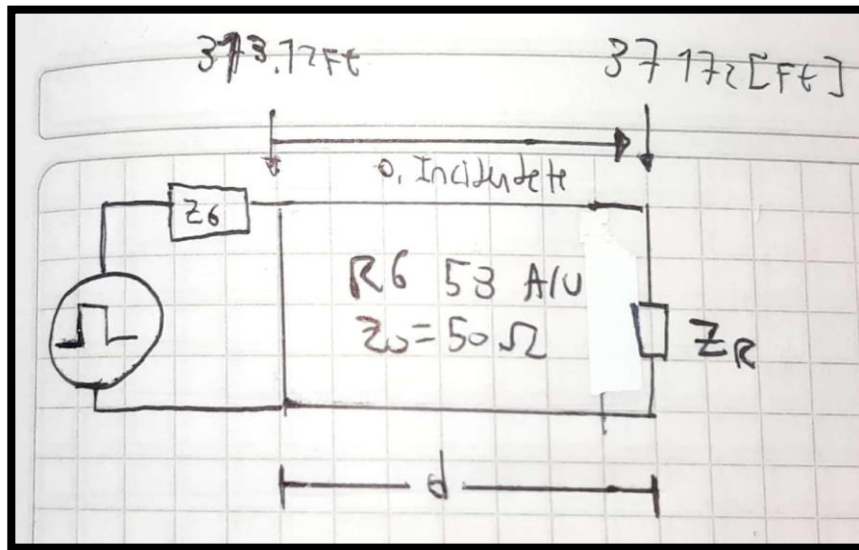
Usando el SDR como generador de señales (use la señal de referencia constante) por el puerto RX/TX (Un equipo de trabajo), y el analizador de espectros como equipo de medida conecte el cable RG58 A/U (del grupo de trabajo 2) y un atenuador de 30 dB. Varíe la ganancia del transmisor para cada valor de frecuencia de transmisión ( $f_c$ ) como se relaciona en la siguiente tabla.

Frecuencia de operación ( $f_c$ ) MHz	Ganancia del transmisor (GTx=0)	Ganancia del transmisor (GTx=10)	Ganancia del transmisor (GTx=20)	Ganancia del transmisor (GTx=30)
50	-44,43 dBm	-34,81 dBm	-25,18 dBm	-18,19 dBm
60	-43,55 dBm	-34,01 dBm	-24,32 dBm	-18,17 dBm
70	-43,57 dBm	-33,93 dBm	-24,19 dBm	-18,28 dBm
80	-43,94 dBm	-34,25 dBm	-24,53 dBm	-18,64 dBm
90	-44,31 dBm	-34,74 dBm	-25,05 dBm	-19,08 dBm
100	-44,5 dBm	-34,89 dBm	-25,14 dBm	-19,18 dBm
200	-48,5 dBm	-38,92 dBm	-29,25 dBm	-22,72 dBm
300	-52,11 dBm	-42,59 dBm	-32,91 dBm	-26,05 dBm
400	-55,69 dBm	-46,25 dBm	-37,67 dBm	-29,53 dBm
500	-58,48 dBm	-49,17 dBm	-39,61 dBm	-32,34 dBm
600	-61,66 dBm	-52,12 dBm	-42,58 dBm	-35,16 dBm
700	-64,99 dBm	-55,40 dBm	-45,84 dBm	-38,08 dBm
800	-67,08 dBm	-58,01 dBm	-48,38 dBm	-40,32 dBm
900	-70,79 dBm	-61,36 dBm	-51,58 dBm	-43,31 dBm
1000	-73,09 dBm	-63,53 dBm	-53,96 dBm	-45,34 dBm
2000	-97,44 dBm	-90,55 dBm	-83,38 dBm	-73,17 dBm

## 2. ANÁLISIS DE DATOS

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

Obtenga el coeficiente de reflexión para cada una de las cargas agregadas al final de la línea de transmisión, explique la importancia de su análisis.



como podemos apreciar en los cálculos de la parte 1.3 el análisis de estos resultados permite saber cuanto porcentaje de una señal se entrega, y la realimentación que podría ocurrir a no entregarse completamente, lo ideal es que la resistencia del cable sea igual a la de la carga donde el resultado es 0 pero dependiendo si son diferentes existirá una reflexión positiva o negativa dependiendo de la resistencia calculada.

Con este análisis podemos determinar el mejor diseño para un sistema de transmisión, donde analizándolo en la industrial podemos determinar si cumple con la entrega de 100 % señal o si tocaría hacer un ajuste en la resistencia de carga debido a que la única forma de hacer el cambio en la de la línea es cambiar todo el cable lo cual no es previsto al momento de arreglar esos valores, debido al alto costo que podría generarse, ya que en el se hizo el análisis con 40 metros de cable pero fácilmente podría llegar a superar aun mas esa longitud.

A continuación, explicaremos como se halló la distancia del cable mediante el procedimiento del laboratorio



Usando el tiempo medido en el osciloscopio procedemos a aplicar la formula

$$V_p = \frac{66}{100} * 3 \times 10^8 m/s = 198 \times 10^6 m/s$$

Con la  $v_p$  y el tiempo ( $t_d$ ) hallaremos la distancia del cable mediante

$$d = v_p * \frac{t_d}{2} = 198 \times 10^6 * \frac{4.40 \times 10^{-7}}{2} = 42.5m = 139.4357ft$$

Teniendo en cuenta los datos obtenidos. encuentre la atenuación de las líneas de transmisión utilizadas en la práctica.

La atenuación la calcularemos mediante el siguiente proceso:

$$atenuacion = v_s - v_r$$

Donde  $v_r$  es el voltaje de referencia y  $v_s$  el voltaje con el que llega la onda reflejada y  $D$  es la distancia del cable.

- Circuito en corto

$$atenuacion = 0v - 7.52v = -7.52v$$

- Circuito abierto

$$atenuacion = 7.52v - 7.52v = 0v$$

- Resistencia de carga = 50

$$atenuacion = 7.52v - 7.52v = 0v$$

- Resistencia de carga = 200

$$atenuacion = 4.5v - 7.52v = -3.04v$$

- Resistencia de carga = 10

$$atenuacion = -5.0002v - 7.52v = -12.54v$$

- Resistencia de carga = 22

$$atenuacion = -2.535v - 7.52v = -10.055v$$

las atenuaciones están con signo negativo debido a que el punto de referencia en este caso es el 7.52v y de ahí se va disminuyendo el voltaje de acuerdo con cada caso analizado.

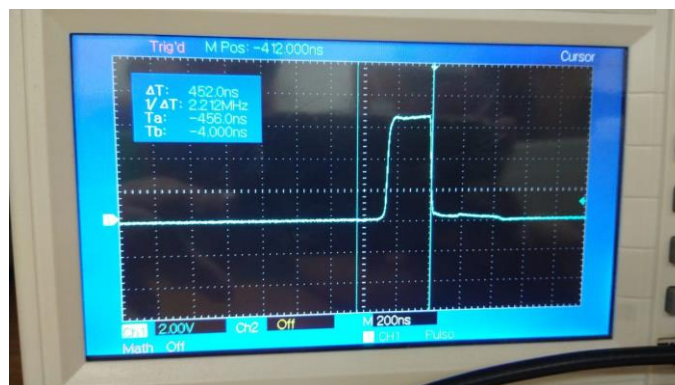
**Realice una descripción general de los comportamientos con los terminales en circuito abierto, cortocircuito y carga acoplada ( $Z_L = 50 \Omega$ ) en las líneas de transmisión.**

Usamos la siguiente funcione para el análisis:

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

- Cuando  $Z_L$  es igual a  $Z_0$  lo que ocurre aquí es que no hay coeficiente de reflexión esto significa que la señal se envía totalmente sin ninguna parte que se refleje

$$\Gamma = \frac{50 - 50}{50 + 50} = 0$$



- Cuando esta en corto circuito la señal de reflexión es -1 esto significa que la señal regresa, pero de valor contrario al enviado generando así una posible onda destructible

**DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.1.**

Determine la ganancia de amplitud del cable para cada valor de frecuencia de uso. Grafique estos valores en escala semilogarítmica.

Para poder hallar la ganancia de cada frecuencia utilizamos la siguiente ecuación:

$$Gv(dB) = 20\log\left(\frac{V_{salida}}{V_{entrada}}\right)$$

- Frecuencia = 50MHz

$$Gv(dB) = 20\log\left(\frac{357.58}{1000}\right) = -8.76 [dB]$$

- Frecuencia = 75MHz

$$Gv(dB) = 20\log\left(\frac{655.38}{1000}\right) = -3.67 [dB]$$

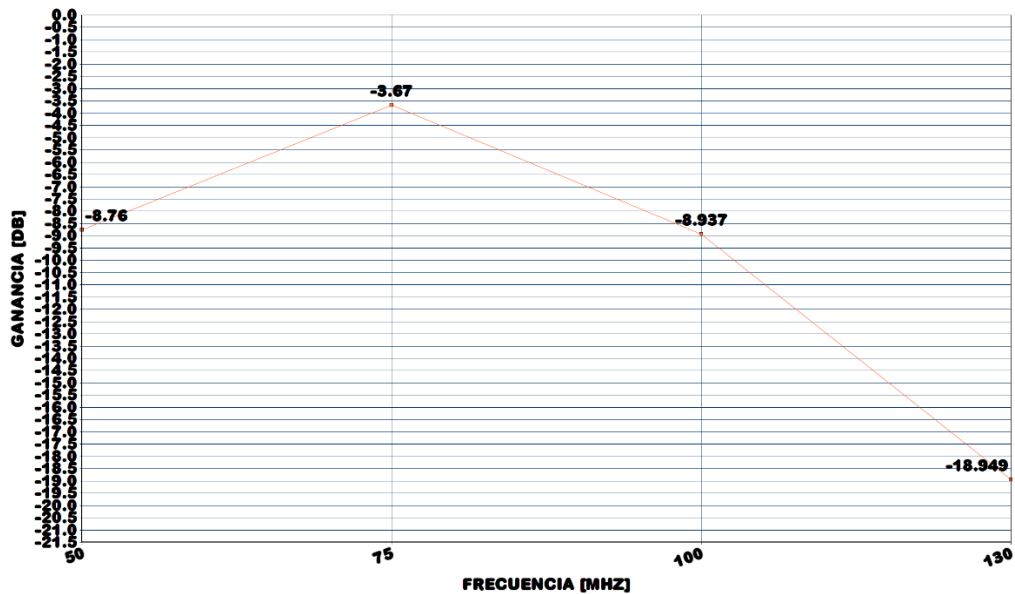
- Frecuencia = 100MHz

$$Gv(dB) = 20\log\left(\frac{357.38}{1000}\right) = -8.937 [dB]$$

- Frecuencia = 130MHz

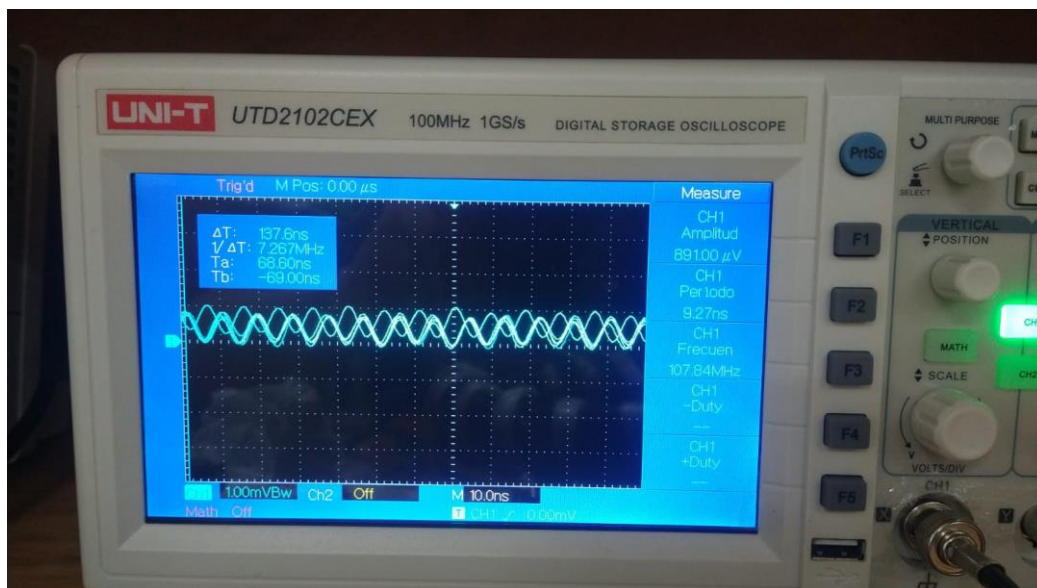
$$Gv(dB) = 20\log\left(\frac{112.86}{1000}\right) = -18.949 [dB]$$

Graficamos las ganancias:



¿Es posible medir una señal que opera a una frecuencia central de 100 MHz y un ancho de banda de 20 MHz con el osciloscopio del laboratorio de comunicaciones? Justifique su respuesta.

Para poder comprobar esto, medimos una señal en una frecuencia superior a 100MHz y obtuvimos la siguiente respuesta:



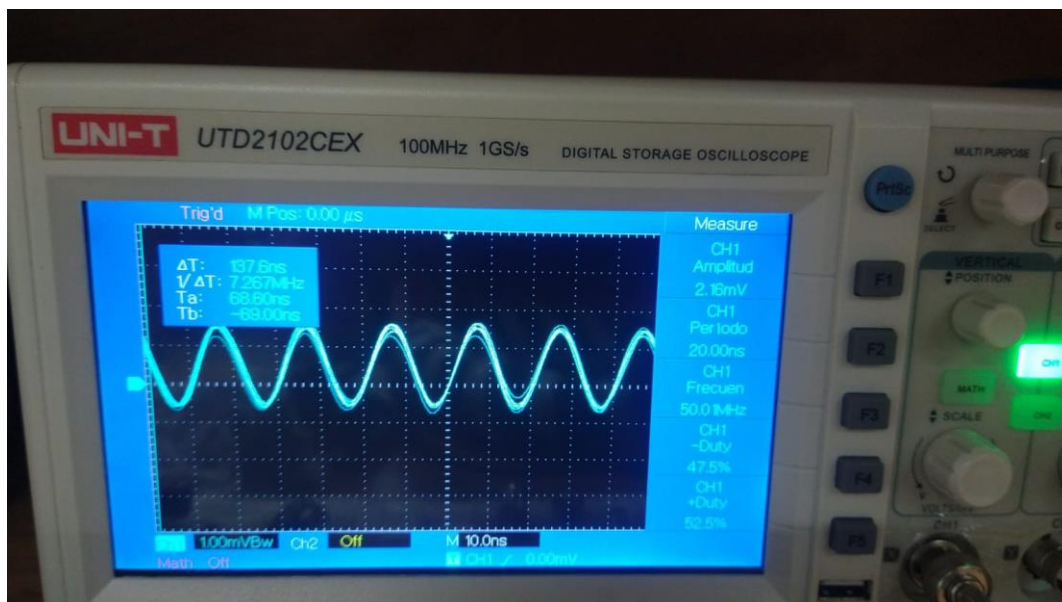


Al tener una señal mayor a 100MHz la señal la podemos notar distorsionada. Esto tiene mucho sentido ya que el oscilador con el que contamos en nuestro laboratorio tiene un límite situado en la frecuencia de 100MHz como lo podemos ver en su interfaz.

Si tomamos a 100MHz como frecuencia central, las frecuencias mayores no tendrían una medición correcta. Sabiendo todo esto, podemos concluir que el osciloscopio con el que contamos para realizar nuestras practicas no está apto para hacer esta medición.

**Genere una señal de tipo coseno de amplitud 0.5 y frecuencia que corresponda a la relación ( $\text{samp\_rate}/10$ ) a una frecuencia de operación ( $f_c = 50 \text{ MHz}$ ), mida en el osciloscopio la forma de onda generada. Realice los análisis matemáticos necesarios para describir esta medida.**

Implementamos estas condiciones y obtuvimos la siguiente señal medida en el osciloscopio:



**DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.2.**

Determine la atenuación del cable RG58 A/U del cable para cada valor de ganancia del transmisor usado. Grafique estos valores en escala semilogarítmica en función de la frecuencia.

para poder hallar las atenuaciones del cable RG58 A/U primero hallamos la potencia transmitida:

$$P_{Tx} = G_{TX} + A_T + A_{TC} - P_{RX}$$

Teniendo en cuenta el datasheet del cable hallamos la potencia transmitida, esto debido a que no cambia. Teniendo el valor de esta, podremos hallar las atenuaciones para otras frecuencias y ganancias

- Para una frecuencia de 100MHz:

$$P_{Tx} = 0 - 30 - 25.2 + 44.5$$

$$P_{Tx} = -10.7 [dB]$$

**Atenuaciones: 0**

**Para una ganancia  $G_{tx} = 0$**

- Para una frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 0 + 30 - 55.69 = -36.39 [dB]$$

- Para una frecuencia de 800MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 0 + 30 - 67.08 = -47.78 [dB]$$

- Para una frecuencia de 1000MHz

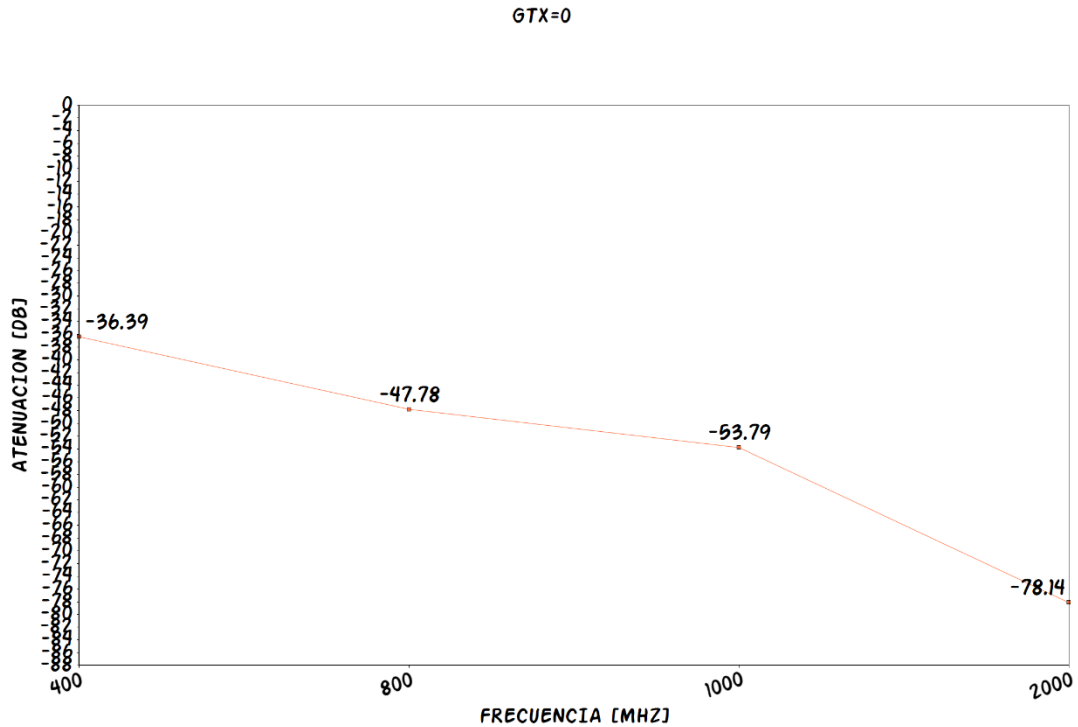
$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 0 + 30 - 73.09 = -53.79 [dB]$$

- Para una frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 0 + 30 - 97.44 = -78.14 [dB]$$



**Para una ganancia  $G_{tx} = 10$**

- Para una frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 10 + 30 - 46.25 = -36.95 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 800MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 10 + 30 - 58.01 = -48.71 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

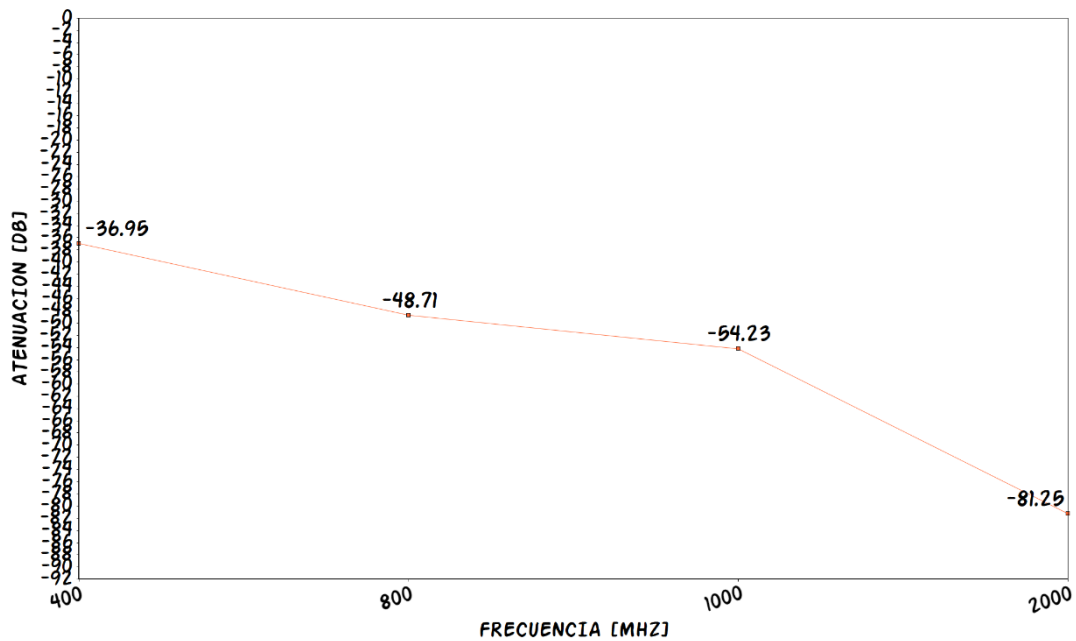
$$A_{TC} = -10.7 - 10 + 30 - 63.53 = -54.23 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 10 + 30 - 90.55 = -81.25 \text{ [dB]}$$

GTX=10



**Para una ganancia Gtx = 20**

- Para una frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 20 + 30 - 37.67 = -38.37 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 800MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 20 + 30 - 48.38 = -49.08 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

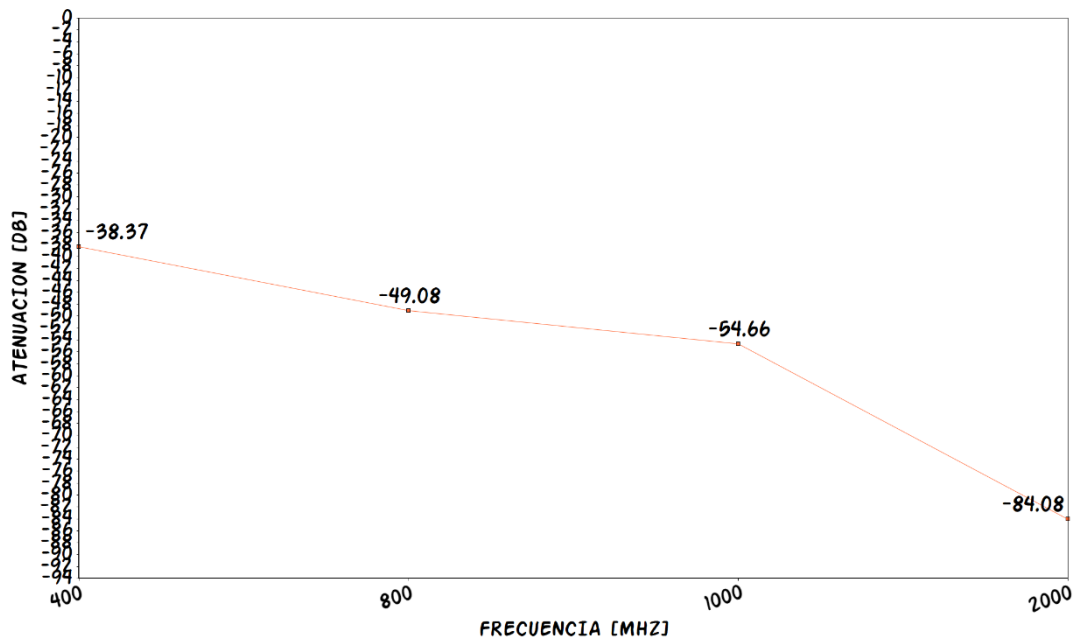
$$A_{TC} = -10.7 - 20 + 30 - 53.96 = -54.66 [dB]$$

- Para una frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 20 + 30 - 83.38 = -84.08 [dB]$$

GTX=20



**Para una ganancia Gtx = 30**

- Para una frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 30 + 30 - 29.53 = -40.23 [dB]$$

- Para una frecuencia de 800MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 30 + 30 - 40.32 = -51.02 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

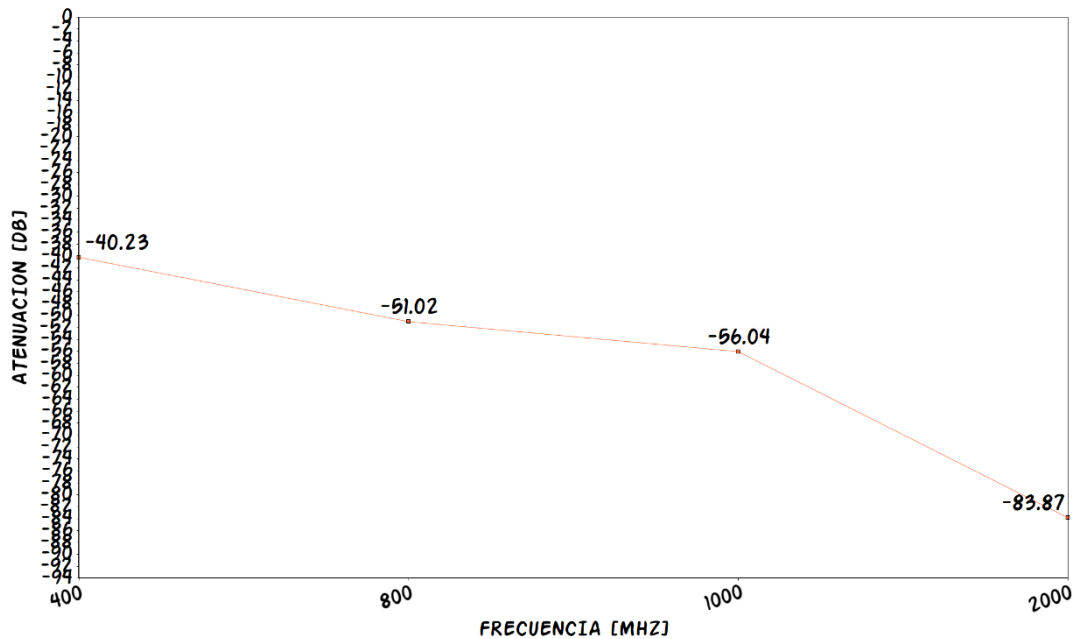
$$A_{TC} = -10.7 - 30 + 30 - 45.34 = -56.04 \text{ [dB]}$$

- Para una frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = P_{Tx} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 30 + 30 - 73.17 = -83.87 \text{ [dB]}$$

GTX=30



al analizar las gráficas, podemos observar que al aumentar la atenuación también aumenta.

**Determine la atenuación del cable por unidad de longitud y compare los datos medidos con la hoja de datos del fabricante. Justifique a que se debe el margen de error.**

Hallamos la atenuación para una frecuencia igual a 200MHz

$$A_{TC} = P_{TX} - G_{TX} - A_T + P_{RX}$$

$$A_{TC} = -10.7 - 0 + 30 - 48.5 = -29.2 \text{ [dB]}$$

Si nuestro cable mide 42.5m dividimos la atenuación por la longitud:

$$A_{TC\text{obtenida}} = \frac{29.2\text{dB}}{42.5\text{m}} = \frac{68\text{dB}}{100\text{m}}$$

$$A_{TC\text{fabricante}} = \frac{26.8\text{dB}}{100\text{m}}$$

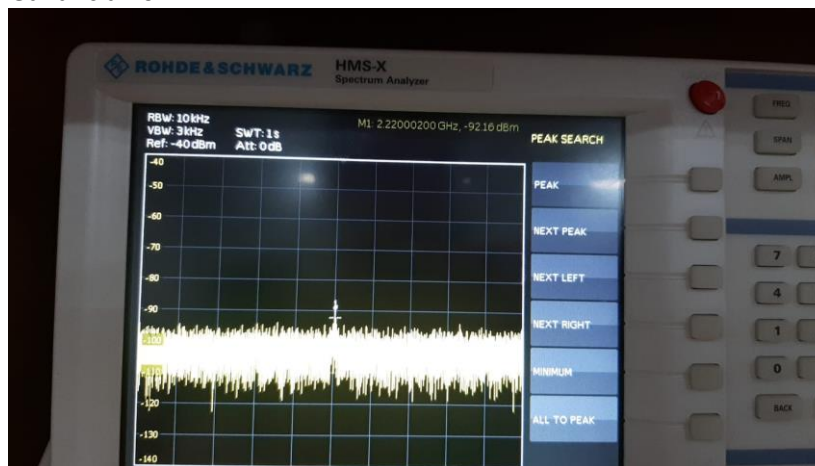
Comparándola con la atenuación de los datos del fabricante se nota una gran diferencia, esto debido a los parámetros de medida y los equipos de medición mas precisos de los que tuvimos en el laboratorio de la universidad.

- ¿Es posible medir una señal que opera a una frecuencia central de 2200 MHz y un ancho de banda de 20 MHz con el analizador de espectro del laboratorio de comunicaciones?, justifique su respuesta.

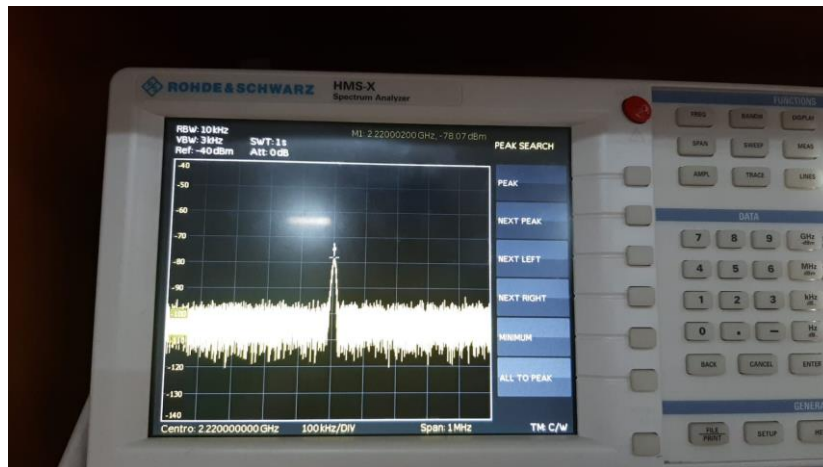
Para poder comprobar esto, medimos una señal mayor que 2200MHz y obtuvimos las siguientes respuestas a distintas ganancias:

**Frecuencia = 2220MHz**

- Ganancia 10:



- Ganancia 30:



Al revisar los resultados podemos ver que, si es posible medir una señal a una frecuencia de 2200MHz con un ancho de banda de 20MHz, pero solo se podrá tener una mejor medición si la ganancia es mayor a 10.