

PRÁCTICA 2

(2 sesiones de clase)

Instrumentación y reflectometría en el dominio del tiempo (TDR)

Autores Sergio Alejandro Uribe Gómez - 2182803

Juan Camilo Sarmiento Gómez - 2172256

Grupo de laboratorio: D1A

Subgrupo de clase Cinco (5)

1. LA REFLECTOMETRÍA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (PARTE 1)

La reflectometría en el dominio del tiempo es usada como una prueba estándar para detectar fallas en una línea de transmisión; no solamente se determina el tipo, también se es posible aproximar la localización de la falla.

Para el estudio del fenómeno de reflectometría se realizan pruebas de corto circuito, circuito abierto y carga acoplada en los terminales de la línea de transmisión, de tal manera que se pueda diferenciar el comportamiento del tipo de falla asociada a cada prueba.

La velocidad a la cual viaja la onda de tensión dentro de una línea coaxial se conoce como velocidad de propagación:

$$v_p = \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$$

Por otra parte, la calidad de un sistema de transmisión es mostrada por la razón entre la onda reflejada y la onda incidente originada en la fuente. Esta relación es llamada el coeficiente de reflexión, Γ_R , y está relacionado con la impedancia de la línea de transmisión por la ecuación:

$$\Gamma_R = \frac{V^-}{V^+} = \frac{Z_R - Z_0}{Z_R + Z_0}$$

Donde: Z_R es la impedancia de carga; Z_0 es la impedancia característica de la línea de transmisión; V^+ es la magnitud de la onda incidente; V^- es la magnitud de la onda reflejada.

1.1. TDR para Localización de fallas

El punto en la línea donde se encuentra un defecto que está representado por una discontinuidad para la señal; este defecto hace que una parte de la señal transmitida se refleje en vez de continuar por el cable. La reflectometría funciona en forma similar al radar, un pulso de corta duración con corto tiempo de subida se propaga por un cable, se mide el tiempo en que regresa una parte de la señal a la fuente.

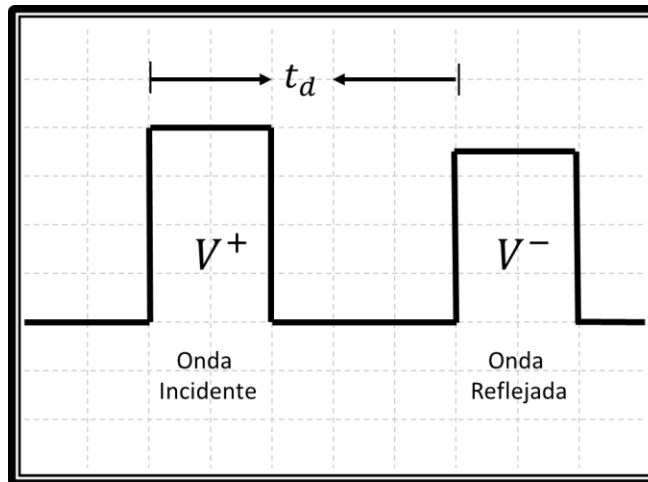
Al conocer la velocidad de propagación del medio, se puede calcular la distancia exacta entre el defecto y la fuente, con la siguiente ecuación:

$$d = \frac{v_p \cdot t_d}{2}$$

Donde:

v_p es la velocidad de propagación en el medio;

t_d Es el tiempo de separación entre el pulso incidente y el reflejado.

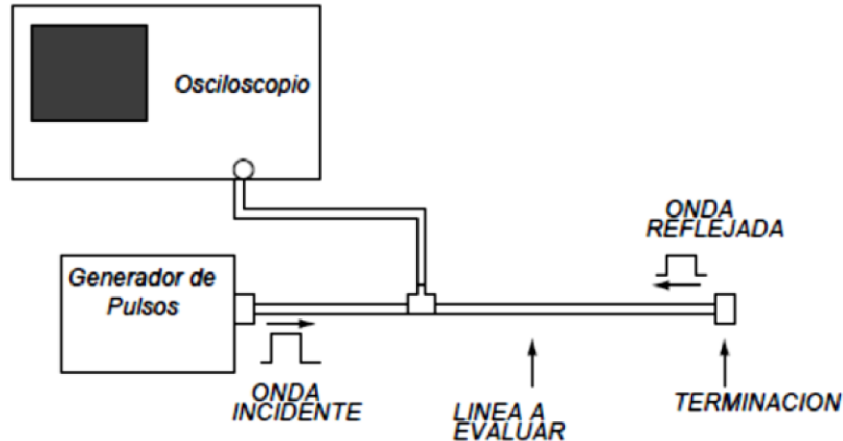


2. TRABAJO PREVIO

Investigue los parámetros eléctricos del Cable Coaxial RG-58: impedancia característica, ancho de banda, constante dieléctrica, atenuación, velocidad de propagación.

3. PROCEDIMIENTO

3.1. Realice el siguiente montaje usando como línea de evaluación el cable coaxial RG58 A/U.



- 3.2. Mida la distancia de los cables coaxiales
- 3.3. Genere un tren de pulsos rectangulares, el periodo de la señal en 400 kHz y el ciclo de trabajo sobre 10 %.
- 3.4. Habilite la señal del generador de señales, obtenga las medidas de amplitud y de tiempo entre las señales incidentes y reflejadas
- 3.5. Ajuste las escalas verticales y horizontales del osciloscopio de acuerdo con la señal generada. Ajuste los cursores horizontales sobre la onda incidente y la onda reflejada, ajuste los cursores verticales sobre el instante de tiempo donde aparece la onda incidente y la onda reflejada. Registre los valores medidos.

- 3.6. Luego, conecte en el terminal del cable coaxial la carga tipo corto circuito apoyados. Registre los valores medidos.
- 3.7. Conecte en el terminal del cable coaxial la carga de 50Ω . Registre los valores medidos.
- 3.8. Conecte en el terminal del cable coaxial dos cargas diferentes con valores superiores a 50Ω y dos cargas con valores inferiores a 50Ω . Registre los valores medidos.

2. INSTRUMENTACION

2.1. 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 leída 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 (El / corresponde a la segunda toma hecha)	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	230 mV / 232 mV
0.5	124 mV / 104 mV
0.25	72 mV / 53.2 mV
0.125	46 mV / 27.2 mV
0.0625	34 mV / 14.5 mV
FC = 75 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	282 mV
0.5	123 mV
0.25	60.8 mV
0.125	31.4 mV
0.0625	17.2 mV
FC = 100 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	244 mV
0.5	95 mV
0.25	47.2 mV

0.125	24.2 mV
0.0625	13.2 mV
FC = 130 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	56 mV
0.5	28 mV
0.25	14.2 mV
0.125	7.8 mV
0.0625	4.5 mV

2.2. 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 uso 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 (fc) como se relaciona en la siguiente tabla.

Frecuencia de operación (fc) MHz	Ganancia del transmisor (GTx=0)	Ganancia del transmisor (GTx=10)	Ganancia del transmisor (GTx=20)	Ganancia del transmisor (GTx=30)
50	-43.9 dBm	-53.1 dBm	-43.6 dBm	-35.6 dBm
60	-42.9 dBm	-51.2 dBm	-41.8 dBm	-35.9 dBm
70	-42.6 dBm	-51.2	-41.1	-34.6
80	-42.6 dBm	-50.5	-40.4	-36.5
90	-42.9 dBm	-51.2	-41.8	-36.9
100	-46.2 dBm	-52.2	-43.1	-35.9
200	-50.1 dBm	-56.5	-47.1	-39.5
300	-53.8 dBm	-59.5	-49.5	-42.8
400	-56.1 dBm	-61.9	-52,8	-46.2
500	-59.5 dBm	-66.1	-62.9	-52.8

600	-61,9 dBm	-68.1	-58.2	-51.3
700	-65.1 dBm	-53.6	-62.5	-54.3
800	-68.2 dBm	-73.6	-65.5	-56.5
900	-71.5 dBm	-78.5	-69.1	-60.8
1000	-73.9 dBm	-80.2	-71.5	-63.1
2000	N/N	N/N	N/N	N/N

3. ANALISIS 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.

Para obtener el coeficiente de reflexión asociado a las cargas de manera práctica, se utilizó la relación entre las tensiones de onda incidente y reflejada medidas en el laboratorio con la ayuda del osciloscopio, mediante la expresión presentada en la ecuación 1, el proceso de medición de las señales en el laboratorio puede ser visto en la figura 1.

$$\Gamma_R = \frac{V^-}{V^+} [1]$$



Figura 1. Medida de la señal de tensión incidente y reflejada en el laboratorio.

De la figura 1 cabe mencionar que la señal a través del cable fue generada mediante el generador de señales visto en la imagen, donde se generó una señal de pulso cuadrado con un ciclo útil del 10%, a una frecuencia de 400 [kHz]. El generador fue conectado al osciloscopio a través de un cable coaxial RG58 A/U, el cuál cumplía el papel de línea de transmisión con impedancia de 50 [Ω] en el modelo de la figura 2, usado para este objetivo de la práctica.

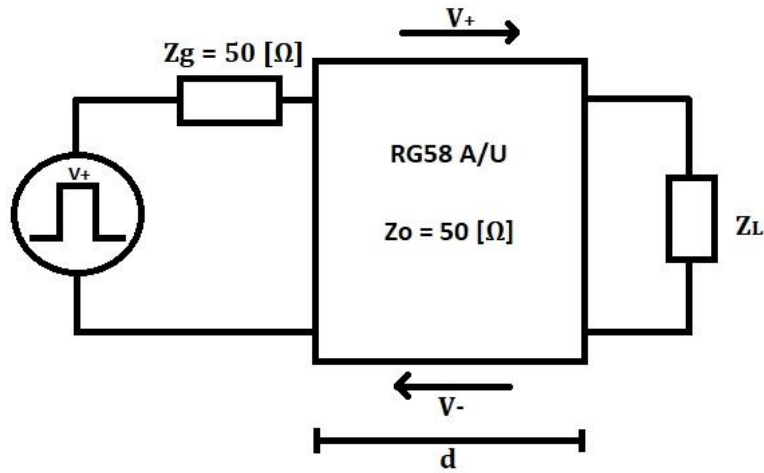


Figura 2. Modelo de circuito para la medida de onda incidente y reflejada en el laboratorio.

Para obtener el coeficiente de reflexión de forma teórica fue usada la ecuación 2.

$$\Gamma_R = \frac{Z_R - Z_0}{Z_R + Z_0} [2]$$

Los datos obtenidos en el laboratorio al realizar la medición de la tensión incidente y reflejada del circuito, así como los obtenidos de las ecuaciones 1 y 2 de estos, están consignados en la tabla 1.

Tabla 1. Datos obtenidos teórica y experimentalmente para el objetivo 1.

Z_L [Ω]	V^+ [V]	V^- [V]	$\Gamma_{R\text{teórico}}$	$\Gamma_{R\text{práctico}}$
50 [Ω]	1.34	0.074	0	0.05522
0 [Ω]	1.33	-1.22	-1	-0.91729
∞	1.37	1.37	1	1
22 [Ω]	1.28	-0.4	-0.38888	-0.3125

La importancia del análisis de la carga conectada al final de la línea depende de lo que se requiera, y también depende de la impedancia característica de la línea, como se puede ver en las ecuaciones 1 y 2, y en la tabla 1, un ejemplo de esto puede ser una antena, donde lo ideal es que, de la potencia o tensión transmitida a la antena, modelada por una impedancia de carga, se transfiriese todo, y no se reflejase nada, dado que el coeficiente de reflexión es una relación entre lo transmitido y reflejado, en este caso se busca hacer ese coeficiente de reflexión lo más cercano a cero posible, así, habría que tener una impedancia de carga de un valor muy cercano, de ser posible igual, a la impedancia de línea, para que hubiese un acople perfecto.

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

Para hallar la atenuación de la línea utilizada en la práctica, que cabe aclarar, depende también de la carga conectada a ella, se utilizó la ecuación 3.

$$A_L = \frac{V_o}{V_i} = V^+ - V^- \quad [3]$$

Tabla 2. Cálculo atenuación de la línea para diferentes cargas de salida.

Z_L [Ω]	V^+ [V]	V^- [V]	A_L [V/V]	A_L [dB]
50 [Ω]	1.34	0.074	0.94477	-0.493421
0 [Ω]	1.33	-1.22	1.91729	5.65377
∞	1.37	1.37	1	N/A
22 [Ω]	1.28	-0.4	-0.38888	2.36198

Cabe mencionar que, para el caso de una impedancia infinita, el valor en decibels no esta definido en el cero, pero no hay atenuación, pues la tensión vista en los bornes de la carga es la misma tensión brindada por la fuente, por eso la relación en voltio-voltio es de uno, porque son iguales, en el caso de las atenuaciones positivas, o mejor dicho, las ganancias, se debe al cambio de signo de la reflejada.

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.

Carga circuito abierto:

El comportamiento de la onda incidente y reflejada cuando se conecta una impedancia correspondiente a un circuito abierto se puede observar en la figura 3, donde se realizó la medición de estas en el osciloscopio.

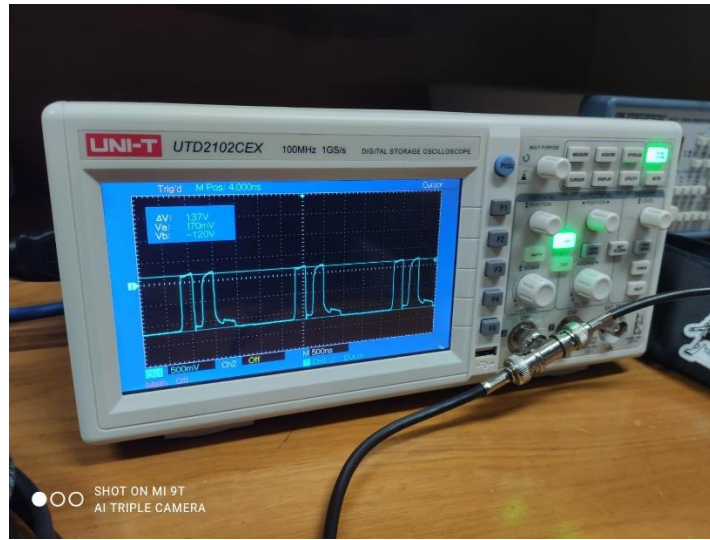


Figura 3. Onda incidente y reflejada para una impedancia de carga circuito abierto.

Como se puede evidenciar, dado que la impedancia es un circuito abierto, de la tabla 1 se conoce que el coeficiente de reflexión, tanto teórico como práctico corresponde a 1, así pues, la tensión incidente es reflejada completamente y por eso la tensión reflejada corresponde a esta misma, esto se puede evidenciar en el osciloscopio, donde el pulso de la izquierda, de forma más “rectangular”, corresponde a la tensión incidente, y el pulso de la derecha, la tensión reflejada, son ambos positivos y tienen una magnitud prácticamente igual.

Carga cortocircuito:

El comportamiento de la onda incidente y reflejada cuando se conecta una impedancia correspondiente a un cortocircuito se puede observar en la figura 4, donde se realizó la medición de estas en el osciloscopio.

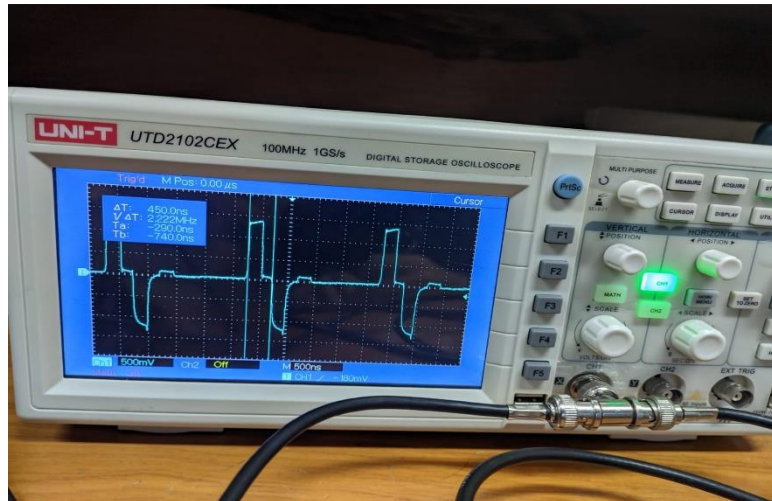


Figura 4. Onda incidente y reflejada para una impedancia de carga circuito abierto.

De la figura 4 se puede ver que, dado que la impedancia es un cortocircuito, de la tabla 1 se sabe que el coeficiente de reflexión teórico corresponde a menos uno, lo que es, una onda con la misma tensión pero en contrafase, o con distinto signo, para el caso práctico de las mediciones tomadas en el laboratorio, el coeficiente, si bien no fue -1, si fue muy cercano a este valor, y como se puede apreciar en la imagen, en efecto, la onda reflejada (derecha) tiene signo contrario a la onda incidente(izquierda), y una amplitud muy cercana, prácticamente igual.

Carga de 50 [Ω] (acople perfecto):

El comportamiento de la onda incidente y reflejada cuando se conecta una impedancia de carga igual a la impedancia de línea, para obtener un acople perfecto, se puede observar en la figura 5, donde se realizó la medición de estas en el osciloscopio.

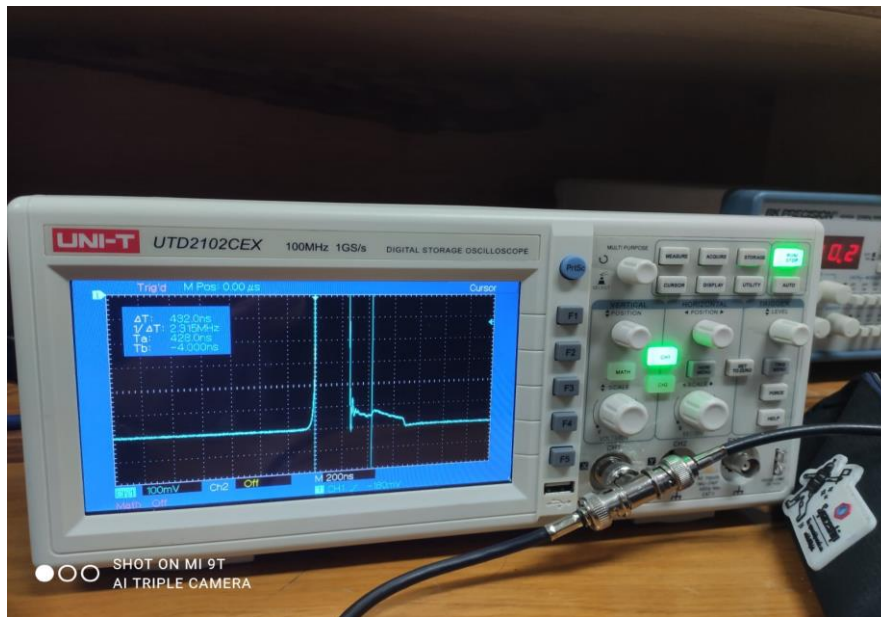


Figura 5. Onda incidente y reflejada para una impedancia de acople perfecto de 50Ω .

En la figura 5 no es tan notoria la presencia de la onda reflejada, más como se puede ver en la tabla 1, la amplitud de la onda incidente es aproximadamente 20 veces mayor a la onda reflejada, así pues, esa pequeña “montaña” que se puede ver al lado derecho de la onda incidente de la izquierda, corresponde a la onda reflejada. En este caso, dado que la impedancia de carga es igual a la impedancia de la línea, se logra un acople perfecto, donde toda la tensión que incidente es absorbida por la carga, y nada se devuelve, por ello la deleznable magnitud de la onda reflejada, este es el caso ideal de los sistemas de comunicaciones, donde, por ejemplo, en una antena, se desea que toda la potencia transmitida llegue y se quede en la antena receptora, sin reflejar nada.

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 usado. Grafique estos valores en escala semilogarítmica.

La ganancia corresponde al factor de proporción que indica cuánto aumenta o disminuye la salida de tensión (o potencia) respecto a cierta entrada. **La ganancia es de carácter adimensional**, por tanto, corresponde a unidades de $[V/V]$ o $[W/W]$ en el área de las

telecomunicaciones. Para este caso en particular que fue generada y medida una señal de tensión, la ganancia es posible calcularla de acuerdo con la Ecuación 4:

$$G = \frac{V_o}{V_i} [V/V] \quad [4]$$

Donde V_o corresponde a la tensión medida a la salida, y V_i a la señal de tensión enviada.

Las medidas de tensión realizadas se encuentran en la Tabla 3, 4, 5 y 6. Como ejemplo ilustrativo se tomará la primera medida realizada a una frecuencia F_c de 50 MHz:

$$G_1 = \frac{V_o}{V_i} = \frac{232 \times 10^{-3}}{1} [V/V] = \mathbf{0.232 [V/V]}$$

Luego, se realiza la conversión a la escala logarítmica en **decibeles (dB)** utilizando la Ecuación 5:

$$G [dB] = 20 \log_{10}(G) \quad [5]$$

Por tanto, para la ganancia G_1 calculada, se tiene una ganancia en decibeles de:

$$G_1 [dB] = 20 \log_{10}(G_1) = \mathbf{-12.6902403 [dB]}$$

El proceso descrito fue replicado para todas las medidas realizadas, y fueron registradas en las Tablas 3, 4, 5 y 6.

Ganancias para una frecuencia F_c de 50 MHz			
Amplitud generada [V]	Amplitud medida [V]	Ganancia [V/V]	Ganancia [dB]
1	0.232	0.232	-12.6902403
0.5	0.104	0.208	-13.6387333
0.25	0.0532	0.2128	-13.44567527
0.125	0.0272	0.2176	-13.24682217
0.0625	0.0145	0.232	-12.690240302

Tabla 3. Resultados de los cálculos de ganancia de amplitud para una frecuencia F_c de 50 MHz

Ganancias para una frecuencia F_c de 75 MHz			
Amplitud generada [V]	Amplitud medida [V]	Ganancia [V/V]	Ganancia [dB]
1	0.282	0.282	-10.9950178
0.5	0.123	0.246	-12.18129785
0.25	0.0608	0.0272	-31.308621919
0.125	0.0314	0.02512	-31.999607298
0.0625	0.0172	0.02752	-31.207031408

Tabla 4. Resultados de los cálculos de ganancia de amplitud para una frecuencia F_c de 75 MHz

Ganancias para una frecuencia F_c de 100 MHz			
Amplitud generada [V]	Amplitud medida [V]	Ganancia [V/V]	Ganancia [dB]
1	0.244	0.244	-12.25220347
0.5	0.095	0.019	-34.4249279
0.25	0.0472	0.0188888	-34.4799602
0.125	0.0242	0.01936	-34.26189294
0.0625	0.0132	0.02112	-33.50612172

Tabla 5. Resultados de los cálculos de ganancia de amplitud para una frecuencia F_c de 100 MHz

Ganancias para una frecuencia F_c de 130 MHz			
Amplitud generada [V]	Amplitud medida [V]	Ganancia [V/V]	Ganancia [dB]
1	0.056	0.056	-25.0362394
0.5	0.028	0.056	-25.0362394
0.25	0.0142	0.0568	-24.9130332
0.125	0.0078	0.0624	-24.0963082
0.0625	0.0045	0.072	-22.85335

Tabla 6. Resultados de los cálculos de ganancia de amplitud para una frecuencia F_c de 130 MHz

Finalmente, con los datos calculados en las **Tablas 3, 4, 5 y 6**, fue utilizado el software *Matlab* para realizar una gráfica de la ganancia obtenida (en V/V) contra la frecuencia (en MHz) utilizando una escala logarítmica en el eje de las abscisas, y lineal en el de las ordenadas.

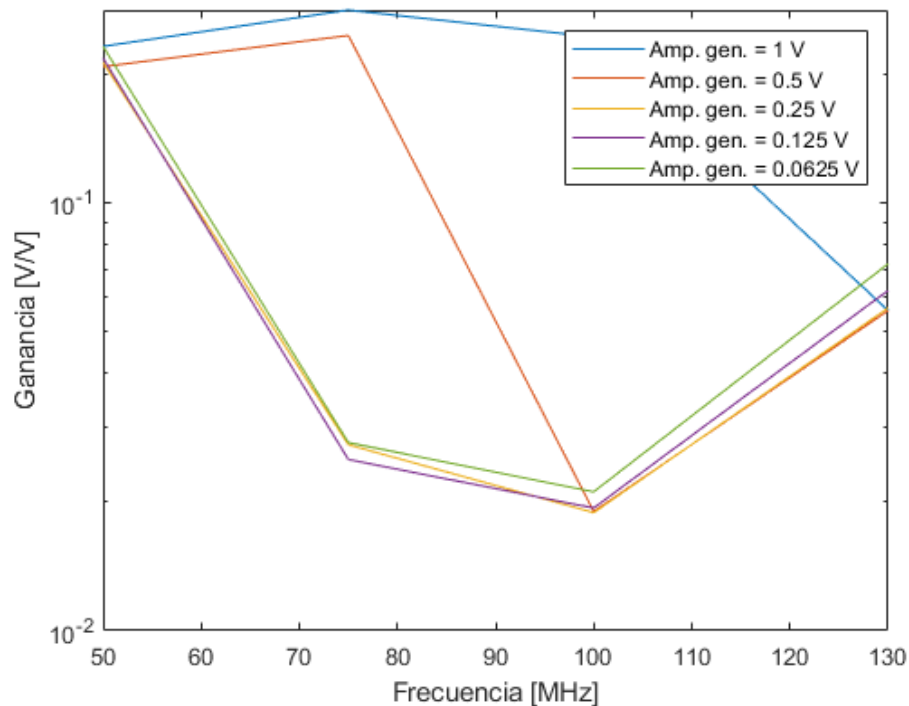


Figura 6. Gráfica de Frecuencia [MHz] contra ganancia obtenida [en V/V].

En la Figura 6 es posible observar que, la amplitud de 1 V cuenta por lo general con una ganancia mayor a las demás amplitudes. Entre menor amplitud, comienza a haber una gran caída en la ganancia. Resulta siendo un comportamiento poco intuitivo, pues, se esperaría que la ganancia se mantuviera relativamente constante, pues, se está midiendo la señal en la salida enviando la misma señal en distintas ocasiones, por tanto, hay un factor extra que afecta en el comportamiento de la ganancia, y probablemente sea la frecuencia. Analizando las Tablas 3, 4 y 5 se evidencia que entre mayor sea la frecuencia de trabajo al realizar las mediciones, hay mayores caídas en la ganancia, lo que podría soportar lo anteriormente dicho, a excepción de que a la frecuencia de 130 MHz no se sigue en totalidad este patrón como es observable en la Tabla 6, pues hay un aumento en la ganancia y no un decaimiento.

¿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.

El ancho de banda en un osciloscopio indica lo ‘máximo’ que puede soportar un osciloscopio en su canal analógico antes de generar una atenuación de 3 dB. El

osciloscopio brindado para esta práctica de laboratorio corresponde a la referencia **UNI-T UTD2102CEX** el cual cuenta **con un ancho de banda de 100MHz** (posible observar esto en las Figuras 3, 4 y 5, en el borde superior), por tanto, sí es posible medir una señal de frecuencia central de 100MHz con este osciloscopio, pero recibirá la atenuación de 3dB mencionada anteriormente en las señales mayores o iguales al ancho de banda, por tanto, dará una medida errónea a tomar en cuenta. No resulta recomendable realizar una medida de una señal de 100MHz con ancho de banda de 20MHz con este 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 lograr transmitir la señal a ciertas ganancias y amplitudes fue utilizado el software libre *GNURadio* con la configuración que se muestra en la Figura 7:

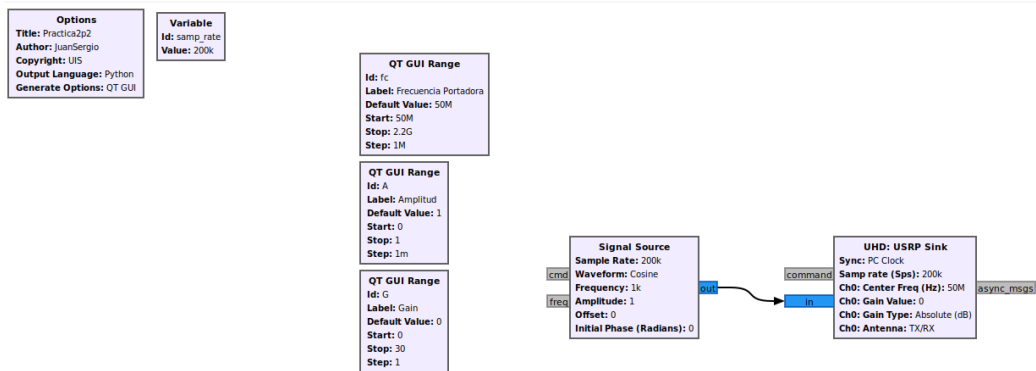


Figura 7. Configuración GNURadio para la configuración del radio a través de software.

Para lograr estimar la atenuación en el cable hay que tomar en cuenta el flujo que existe en la línea de transmisión que es posible detallar en la Figura 8.

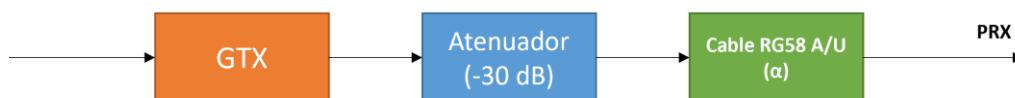


Figura 8. Esquemático de una línea de transmisión.

Para lograr estimar la atenuación en el cable hay que tomar en cuenta el flujo que existe en

la línea de transmisión que es posible detallar en la *Figura 7*. De la *Figura 7* es posible evidenciar que:

$$P_{RX} = P_{TX} + G_{TX} + \text{Atenuador} + \alpha$$

Por tanto, despejando, es posible encontrar la atenuación (α) en la práctica para el cable coaxial RG58 A/U como es expuesto en la Ecuación 6:

$$\alpha = P_{RX} - G_{TX} - \text{Atenuador} - P_{TX} \text{ [6]}$$

Donde P_{RX} corresponde a la potencia recibida, P_{TX} a la potencia enviada y α a la atenuación producida por el cable coaxial.

No obstante, como es evidenciable en la Ecuación 6, para realizar el cálculo de la atenuación en el cable resultante de la práctica, resulta necesario haber realizado la medición de la potencia transmitida, por tanto, no resulta posible cumplir satisfactoriamente este objetivo, pues sólo fue requerida la medición de la potencia recibida.

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.

En la hoja de datos, el fabricante da a conocer la existencia de un comportamiento no-lineal en la atenuación que puede generar el cable con respecto a la frecuencia de trabajo. En la *Figura 9* es posible observar las atenuaciones en decibeles (dB) que se da cada 100 metros para el cable coaxial RG58 A/U, la imagen fue extraída directamente de la hoja de datos

Nom. Attenuation Table

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100m)
1	1.4
10	5.0
50	12.2
100	17.8
200	26.6

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100m)
400	40.7
700	58.1
900	69.3
1000	74.9

Figura 9. Atenuación en el cable coaxial RG58 A/U en dB/m según la frecuencia de trabajo.

En esta práctica se contó en total con un cable de 136 ft, es decir aproximadamente **41.4528 m**. Para hallar la atenuación teórica en el cable basta con utilizar la siguiente Ecuación 6:

$$\text{Atenuación}_{\text{cable}} = \left(\frac{\text{Atenuación}_{\text{db}}}{100 \text{ m}} \right) (d) \text{ [7]}$$

Donde **d** corresponde al largo del cable (en metros) utilizado en la práctica.

Se procede a calcular la atenuación teórica en el cable para cada frecuencia de trabajo utilizada durante la práctica (en MHz), basándose en las estipuladas según el fabricante como fue expuesto en la Figura 9:

- **Frecuencia de 50 MHz**

$$Atenuación_{cable} = \left(\frac{12.2 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \right) (41.4528 \text{ m}) = 5.05724 \text{ dB}$$

- **Frecuencia de 100 MHz**

$$Atenuación_{cable} = \left(\frac{17.8 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \right) (41.4528 \text{ m}) = 7.37859 \text{ dB}$$

- **Frecuencia de 200 MHz**

$$Atenuación_{cable} = \left(\frac{26.6 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \right) (41.4528 \text{ m}) = 11.02644 \text{ dB}$$

- **Frecuencia de 400 MHz**

$$Atenuación_{cable} = \left(\frac{40.7 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \right) (41.4528 \text{ m}) = 16.87128 \text{ dB}$$

- **Frecuencia de 700 MHz**

$$Atenuación_{cable} = \left(\frac{58.1 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \right) (41.4528 \text{ m}) = 24.08407 \text{ dB}$$

- **Frecuencia de 1000 MHz**

$$Atenuación_{cable} = \left(\frac{74.9 \text{ dB}}{100 \text{ m}} \right) (41.4528 \text{ m}) = 31.04814 \text{ dB}$$

Se registran los valores obtenidos en la Tabla 7:

Frecuencia [MHz]	Atenuación en el cable (41.4528 m) [dB]
50	5.05724
100	7.37859
200	11.026244
400	16.87128
700	24.08407
1000	31.04814

Tabla 7. Atenuación en un cable coaxial RG58 A/U de 41.4528m según la frecuencia de trabajo.

El cálculo de la atenuación del cable por longitud en la práctica debido a la misma razón expuesta anteriormente, es decir, se requiere haber hecho la medición de la potencia transmitida para lograr calcularla. Sin embargo, a partir de los valores de atenuación de la Tabla 7, y la Figura 9, es posible notar que efectivamente la frecuencia de trabajo influye en la potencia que se recibe, y, además también la distancia resulta ser también un factor para tomar en cuenta. Entre mayor sea la frecuencia de trabajo, mayor será la atenuación. lo cual corresponde con las observaciones realizadas para la Tabla 3, 4, 5, y, la Figura 6. Además, entre mayor distancia también habrá más atenuación.

¿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.

En el laboratorio de comunicaciones existe una variedad de analizadores de espectro disponibles, pero, para el caso de esta práctica correspondió uno de los más antiguos entre los que se encontraban. Es posible observar en la Figura 10 que el máximo en frecuencia soportable correspondía a 1.8 GHz, es decir, **1800 MHz**; con base en lo anterior es posible afirmar que *no es posible medir esta señal debido a la antigüedad del equipo*, y, de hecho, sucedió en la práctica al momento de realizar la toma de datos del **Objetivo 2.2** para la frecuencia de 2000 MHz.



Figura 10. Analizador de espectros usado en la práctica.

4. CONCLUSIONES

En la primera parte de la práctica, se pudo evidenciar como un modelo sencillo, como el mostrado en la figura 1, se puede implementar en el laboratorio, y así también como, dado que normalmente no se puede cambiar la configuración de la línea, más si de la carga receptora, la importancia de la escogencia de esta según lo que se requiera, donde normalmente en los sistemas de comunicaciones se espera un acople perfecto de impedancias de línea y carga para evitar reflexiones y absorber toda la potencia transmitida, como es el caso de la comunicación entre antenas receptora y transmisora. Así pues se observó también que pese a no lograr un acople de impedancia perfecto, se puede disminuir la magnitud del coeficiente de reflexión, hablando estrictamente de cargas resistivas, haciendo el valor de la impedancia de carga más pequeño que el valor de la impedancia de línea, cabe mencionar que a costa de esto, desde cierto valor, al tener un coeficiente de reflexión negativo cambia la fase de la onda incidente, con la onda que se refleja.

Durante la práctica fue evidenciable que en líneas de transmisión no-ideales existen distintos factores que pueden impedir que la señal llegue ‘correctamente’ a su destino. Tales factores mencionados anteriormente lo resultan la frecuencia de la señal, así como la distancia del cable coaxial utilizado. Entre mayor sea la frecuencia y la distancia que deba recorrer la señal, mayor será la atenuación para la señal enviada.

Es de mencionarse igualmente que los equipos de laboratorio con los que se contaron, para el caso de la práctica, no pueden resultar ser los óptimos para la realización de una de este tipo, pues, debido a limitaciones físicas (especialmente en el ancho de banda) no fue posible realizar ciertas medidas como sucedió con el analizador de espectros al usar una frecuencia de 2000 MHz, y, que al verse superada la frecuencia de ancho de banda del osciloscopio se genera una atenuación en la señal medida de 3 dB. Además, no pudieron cumplirse en totalidad todos los objetivos estipulados debido al requerimiento de una medida específica.