

PRÁCTICA 2

(2 sesiones de clase)

Instrumentación y reflectometría en el dominio del tiempo (TDR)

Autores Kevin Javier Sandoval Sandoval-2182324

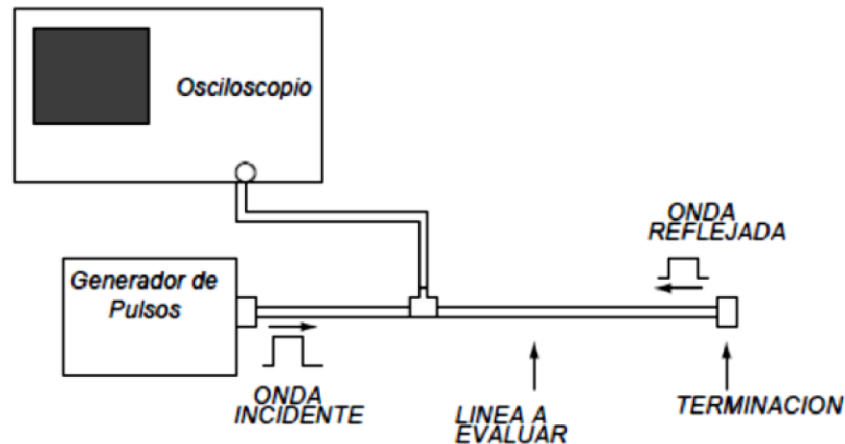
Eduardo Caballero Barajas-2182339

Grupo de laboratorio: D1B

Subgrupo de clase Grupo 3

PROCEDIMIENTO

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



1.2. Mida la distancia de los cables coaxiales (todo cable coaxial tiene asociado una nomenclatura inscrita en letras blancas sobre él acompañado de las letras FT) esto indica la posición de uno de los extremos, para determinar la distancia debe restar los valores encontrados en cada extremo para determinar la longitud del cable (tenga en cuenta que la medida del cable está en pies (FT)).

$$d_{cable} = (37312ft - 37172ft) = 140ft = 42.67m$$

- 1.3. Genere un tren de pulsos rectangulares, el periodo de la señal en 400 kHz y el ciclo de trabajo sobre 10 %.
- 1.4. Habilite la señal del generador de señales, obtenga las medidas de amplitud y de tiempo entre las señales incidentes y reflejadas
- 1.5. 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.
- 1.6. Luego, conecte en el terminal del cable coaxial la carga tipo cortocircuito apoyados con un cable coaxial terminado en pinzas. Registre los valores medidos.
- 1.7. Conecte en el terminal del cable coaxial la carga de 50 Ω . Registre los valores medidos.
- 1.8. Conecte en el terminal del cable coaxial dos cargas diferentes con valores superiores a 50 Ω y dos cargas con valores inferiores a 50 Ω . Registre los valores medidos.

Teniendo en cuenta que al momento de transmitir una señal y cuando esta refleja encontramos una discontinuidad, se tiene un defecto en ese punto. El tiempo en que la señal se refleja t_d se midió haciendo uso del osciloscopio, el cuál además nos sirve para calcular la distancia exacta desde la fuente hasta el defecto que se encuentra en la carga. La ecuación para calcular esta distancia está dada por:

$$d = \frac{v_p * t_d}{2} \quad (1)$$

Donde v_p es el tiempo de propagación el cuál podemos encontrar en el respectivo datasheet, y que corresponde al 66% de la velocidad de la luz.

Midiendo t_d en el osciloscopio se obtiene:

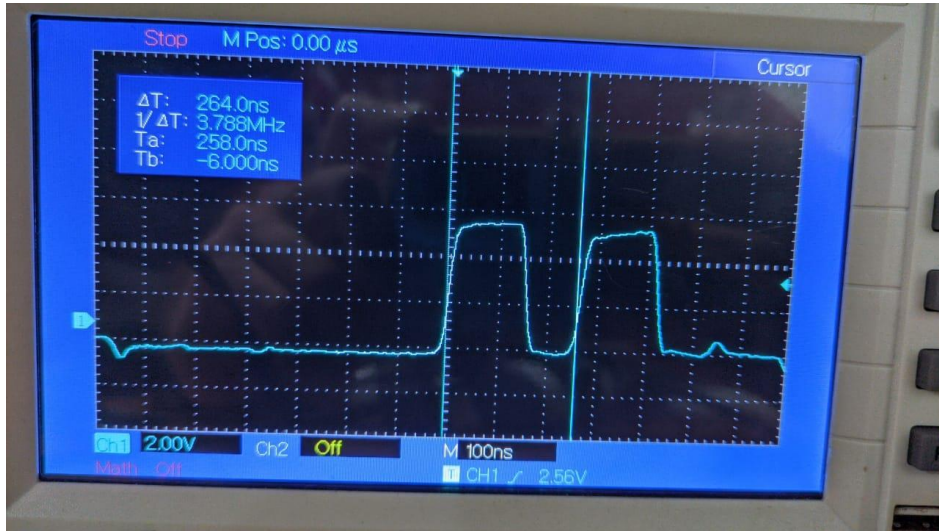


Figura 1. Onda incidente y reflejada

Reemplazamos v_p y t_d en la ecuación (1):

$$d = \frac{198 * 10^6 * 264 * 10^{-9}}{2}$$

$$d = 26.136 \text{ m}$$

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 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	316 mV
0.5	161,37 mV

0.25	81,5 mV
0.125	41,58 mV
0.0625	22,57 mV
FC = 75 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	621,7 mV
0.5	273,2 mV
0.25	136,6 mV
0.125	67,3 mV
0.0625	36 mV
FC = 100 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	427,6 mV
0.5	213,8 mV
0.25	83,95 mV
0.125	43,5 mV
0.0625	22,18 mV
FC = 130 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	102 mV
0.5	50 mV
0.25	3,2 mV
0.125	1,8 mV
0.0625	1,03 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 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 (fc) como se relaciona en la siguiente tabla.

Frecuencia de operación (fc) MHz	Ganancia del transmisor (GTx=0) dBm	Ganancia del transmisor (GTx=10) dBm	Ganancia del transmisor (GTx=20) dBm	Ganancia del transmisor (GTx=30) dBm
50	-66,5	-57,02	-47,18	37,55
60	-63,97	-54,24	-44,51	-34,69
70	-62,62	-53,17	-43,35	-33,7
80	-62,07	-52,26	-42,43	-32,71
90	-61,18	-51,29	-41,53	-31,85
100	-60,57	-50,99	-41,09	-31,32
200	-58,65	-49,07	-39,29	-29,61
300	-58,84	-49,47	-39,8	-30,2
400	-60,02	-50,72	-41,1	-31,46
500	-61,53	-52,24	-42,58	-33,02
600	-63,48	-54,07	-44,48	-34,92
700	-65,57	-56,19	-46,48	-37
800	-66,84	-57,49	-47,99	-38,3
900	-69,27	-59,73	-50,11	-40,4
1000	-70,76	-61,02	-51,49	-41,91
2000	-88,01	-79,85	-70,76	61,13

3 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.

$$R1=200 \, \Omega$$

$$R2=20 \, \Omega$$

Dada la información obtenida por el datasheet del cable coaxial, tomamos la impedancia característica del cable $Z_0 = 50 \, \Omega$ y calculamos el coeficiente de reflexión para cada carga, teniendo en cuenta que este representa la amplitud incidente sobre la amplitud reflejada.

$$\Gamma_1 = \frac{200 - 50}{200 + 50} = 0.6$$

$$\Gamma_2 = \frac{20 - 50}{20 + 50} = -0.428$$

Porcentualmente, para la señal reflejada tenemos:

$$\Gamma_1 = 0.6 * 100 = 60\%$$

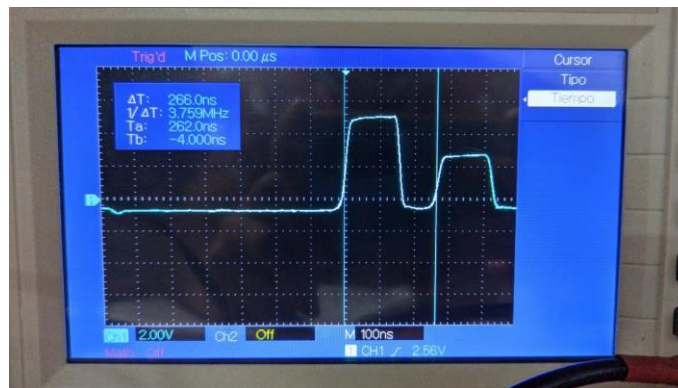


Figura 2. Reflectometría TDR de carga R1

$$\Gamma_1 = -0.428 * 100 = -42.8\%$$



Figura 3. Reflectometría TDR de carga R2

Este análisis se realizó para verificar la reflexión que se da usando dos diferentes cargas, y así observar mejor la dinámica que hay entre la impedancia característica y la impedancia de la carga, siendo que entre mas cercana sea la impedancia de la carga a la característica, el acople tendrá mayor efectividad y el voltaje reflejado será menor.

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

Inicialmente, para calcular la atenuación del voltaje en el cable coaxial, debemos obtener los valores del voltaje incidente, debido al generador V_{in} y el voltaje reflejado por la carga V_{rf} . Estos valores se obtuvieron en el laboratorio.

Seguidamente, para calcular la atenuación en la línea de transmisión basta con restar la tensión reflejada con la tensión incida, de lo cual se obtuvo lo siguiente:

$Z_L \Omega$	V_{in}	V_{rf}	Atenuación
200	5.08V	2.76V	-2.32
20	5.96V	-3.32	-9.28

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.

Con un terminal en circuito abierto se tiene:

$$Z_L = \infty$$

$$\Gamma = 1 \angle 0^\circ$$

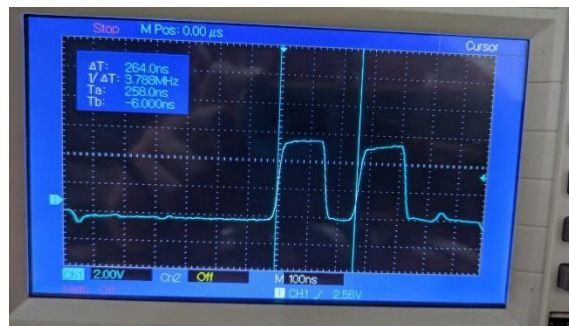


Figura 4. Onda reflejada con circuito abierto

Con un terminal en circuito abierto, la impedancia de línea cuenta con una carga infinita, por lo tanto, tiende a reflejarse toda la carga.

Para un terminal en corto circuito o circuito cerrado se tiene:



Figura 6. Onda reflejada con circuito cerrado.

$$Z_L = 0$$

$$\Gamma = 1 \angle 180^\circ$$

Cuando se tiene el terminal en corto circuito, la reflexión de la carga es total, como se muestra en la figura 6. En esta configuración, la corriente que se genera no cambia de fase, por el contrario, el voltaje si se invierte en 180° .

Para un terminal con una carga $Z_L = Z_0$ se tiene $\Gamma = 0$, es decir, no hay onda reflejada. Esto es debido a que $Z_L = Z_0$, y esto provoca que el coeficiente de reflexión sea igual a cero.

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.

Amplitud: 1V

Frecuencia [MHz]	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
50	316
75	621,7
100	427,6
130	102

Amplitud: 0.5V

Frecuencia [MHz]	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
50	161,37
75	273,2
100	213,8
130	50

Amplitud: 0.25V

Frecuencia [MHz]	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
50	81,5
75	136,6
100	83,95
130	3,2

Amplitud: 0.125V

Frecuencia [MHz]	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
50	41,58
75	67,3
100	43,5
130	1,8

Amplitud: 0.0625V

Frecuencia [MHz]	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
50	22,57
75	36
100	22,18
130	1,03

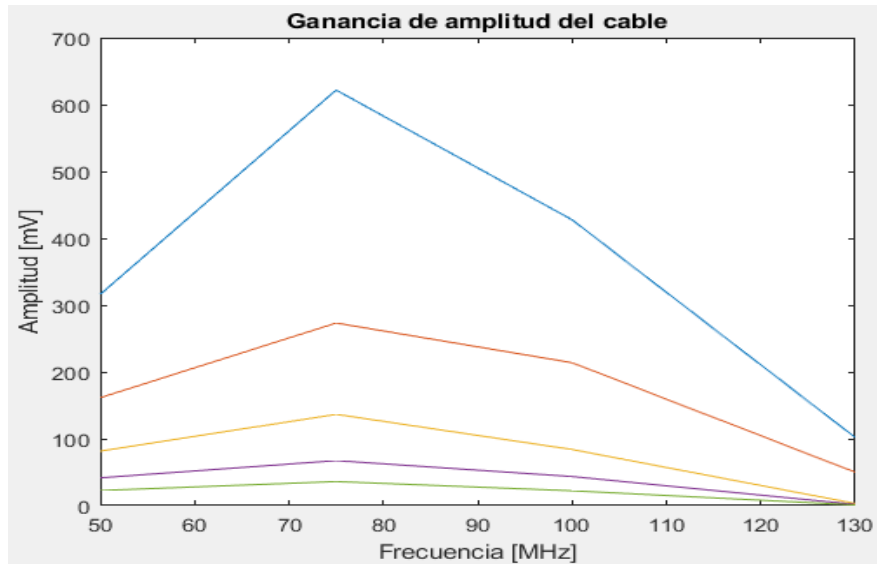


Figura 6: Ganancia de amplitud del cable.

¿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.

No es posible, operar dicha señal, debido a que el osciloscopio del laboratorio trabaja en el orden máximo de 5MHz.

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

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.

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

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

Donde:

P_{TX} es la potencia del trasmisor

P_{RX} es la potencia del receptor

G_{TX} es la ganancia

A_T es la atenuación del atenuador

A_{TC} es la atenuación del cable RG58 A/U

Para una frecuencia de 200 MHz y una ganancia $G_{TX}=0$, el cable coaxial tiene la siguiente atenuación

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

$$A_{TC} = 6.53 - 0 + 30 - 48.5 = -11.351 \text{ dB}$$

Haciendo la relación de dB/100m se obtiene la siguiente expresión:

$$A_{TC} = \frac{11.351 \text{ dB}}{42.672 \text{ m}} = \frac{26 \text{ dB}}{100 \text{ m}}$$

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

Figura 8: Atenuación dada por el fabricante

$$e = \frac{26.6 - 26}{26} * 100\% = 2.3\%$$

Este error puede ser causado por la precisión en los elementos de medición, tanto por las no idealidades de los instrumentos como también la inexactitud al tomar los datos del osciloscopio.

- ¿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 el caso del analizador de espectro con el que trabajamos en el laboratorio el rango máximo de frecuencia de operación en el que trabajaba era de 2000 MHz, por lo tanto, no era posible generar una señal que operara en una frecuencia central de 2200MHz.

Conclusiones

- Se realizaron varias practicas con distintas cargas para analizar el comportamiento de el voltaje incidente y reflejado en el cable coaxial, lo cual permite concluir que el coeficiente

de reflexión indica el porcentaje de tensión que se refleja en la línea de transmisión, además, se logró observar que el voltaje reflejado se comporta como una onda atenuada que puede ser representada en una escala de decibelios, y que la magnitud y fase de la atenuación depende de la diferencia entre la impedancia de carga y la impedancia característica del cable.

- Al conectar cargas mayores a la impedancia característica, el porcentaje de onda que se refleja no invierte su fase. Con respecto a cargas menores, se evidencio una reflexión en contra fase.
- Al variar los valores de la ganancia, se evidencio una relación directamente proporcional con la amplitud del espectro resultante, con sus respectivos valores de frecuencias.