

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

INFORME DE LABORATORIO - SDR

LABORATORIO N° 7

Estudiantes:

Montezuma Diego¹
Narváez Israel²
Panama Anthony³

Docente: Msc. Edgar Maya.

Técnico de laboratorio: Msc. Alejandra Pinto Erazo

3 de junio de 2024

1. Titulo de la práctica

Ganancias y Atenuación con N9913A

2. Introducción

Dentro de la práctica se detallan los resultados obtenidos de las mediciones de los parámetros S11 por pérdida de retorno para equipos de RF. Para estas mediciones, se utilizaron antenas, atenuadores y cables a diferentes frecuencias, tales como 413 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz, empleando un analizador vectorial de redes (VNA) del dispositivo N9913A de Keysight Technologies.

Las mediciones de parámetros S11 son fundamentales en la evaluación del desempeño de componentes de RF, ya que indican cuánta energía de la señal transmitida es reflejada de vuelta al sistema debido a desadaptaciones en la impedancia de los dispositivos conectados. Un buen ajuste de impedancia es crucial para minimizar estas reflexiones y asegurar una transmisión eficiente de la señal. Para obtener mediciones precisas, se han utilizado diferentes tipos de antenas, como monopolos y dipolos, así como varios atenuadores y cables con conectores SMA.

El dispositivo N9913A es un analizador de RF portátil de FieldFox producido por Keysight Technologies. Este dispositivo es ligero y duradero, diseñado para manejar los entornos de trabajo más difíciles durante el mantenimiento de rutina, la solución de problemas en profundidad y otras aplicaciones. Posee una frecuencia máxima de 4 GHz y permite realizar una amplia variedad de mediciones, incluyendo la pérdida de retorno, distancia a la falla y análisis de redes vectoriales, entre otras.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

Analizar el desempeño de diversas antenas, cables y atenuadores utilizando el analizador vectorial de redes N9913A de Keysight, identificando y analizando los parámetros críticos de retorno y onda generada en diferentes frecuencias para optimizar la configuración y rendimiento de sistemas de radiofrecuencia.

3.2. Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento y capacidades del dispositivo N9913A de Keysight.
- Realizar mediciones precisas de los parámetros S11 para diferentes tipos de antenas.
- Elaborar una tabla comparativa de las antenas y sus frecuencias de operación.

4. Fundamentación teórica

4.1. N9913A Keysight Technologies

El analizador de redes de alto rendimiento FieldFox de Keysight proporciona la precisión de un analizador de microondas y RF de sobremesa en la unidad portátil más integrada del mercado. Este dispositivo puede medir hasta 50 GHz y está disponible con un analizador de espectro opcional. Con dimensiones compactas de 11.5" de altura, 7.4" de anchura y 2.8" de profundidad, esta unidad liviana pesa aproximadamente 7 libras y ofrece una duración de batería de hasta 3 horas y media, lo que facilita su transporte y posicionamiento cerca del objeto a medir, permitiendo una caracterización más eficiente. Aunque diseñado para su uso en exteriores, su alto rendimiento lo hace igualmente adecuado para aplicaciones de I+D en laboratorios. La función principal del analizador RF combinado FieldFox es la de un analizador de cables y antenas, que puede configurarse para incluir capacidades adicionales como un analizador de espectro y red. Las opciones adicionales incluyen un medidor de potencia, generador de señal independiente, voltímetro vectorial, analizador de interferencias, fuente de DC variable y receptor GPS. ([Newark, s.f](#))



Figura 1: N9913A Keysight Technologies

- Características
 - *Ancho de Banda N9913A: 30KHz 4GHz
 - * Fuente independiente, voltímetro vectorial (VVM), sensor de potencia y medidas integradas
 - *Fuente de RF: CW, CW acoplado y seguimiento.
 - *VVM: compare la fase y la longitud eléctrica.
 - *Analizador de cables y antenas (CAT), analizador de redes vectoriales.
 - *Rango dinámico: 100dB
 - *CAT: Distancia a la falla, pérdida de retorno, pérdida de cable.
 - *VNA (opcional): S11, S21, S22, S12, magnitud y fase.
 - *Precisión de amplitud de ± 0.5 dB, banda completa, en todo el rango de temperatura de -10 a +55°C (14 a 131°F).
 - *Rango dinámico libre de estímulos: mejor que 105dB
 - *Generador de Rastreo de Banda-Completa

4.2. Parámetros S

Los parámetros S son una herramienta crucial para calcular los coeficientes de reflexión y las ganancias de transmisión en las entradas y salidas de una red de dos puertos. Este concepto fundamental es esencial para determinar los parámetros S en redes multipuerto, permitiendo calcular métricas como la pérdida de retorno, el VSWR y la pérdida de inserción. En este contexto, los parámetros S, o parámetros de "dispersión," describen cómo se ven afectadas las corrientes o voltajes cuando encuentran una discontinuidad en una línea de transmisión. A continuación, profundizaremos en los parámetros S y su relación con el coeficiente de reflexión. ([Solutions, 2023](#))

Coeficiente de reflexión (S11)

Los parámetros S11 son esenciales para caracterizar el comportamiento de reflexión de una red, definidos como el coeficiente de reflexión observado desde el extremo de la fuente hacia el extremo de la carga, considerando tanto la impedancia del puerto como la impedancia de entrada de la red. Esta definición destaca la importancia de comprender la propagación de las ondas en el puerto de entrada de una línea de transmisión. En esencia, S11 es proporcional al coeficiente de reflexión que describe el comportamiento de las ondas que se propagan en la entrada de la línea de transmisión. ([Solutions, 2023](#))

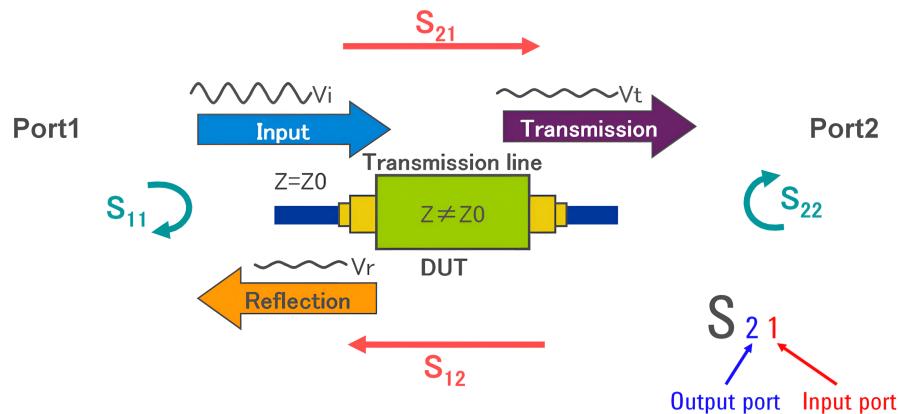


Figura 2: Parámetros S

4.3. Conectores SMA

Los conectores SMA son conectores coaxiales de RF considerados de semiprecisión, comúnmente empleados en sistemas de microondas, antenas de teléfonos móviles, radios portátiles, sistemas de antenas WiFi y aplicaciones de radioastronomía a frecuencias más altas. Estos conectores de semiprecisión y subminiatura ofrecen resultados fiables en sistemas de banda ancha, con impedancia constante y bajo coeficiente de reflexión. Se utilizan frecuentemente en aplicaciones militares y aeroespaciales, y su rango de temperatura operativa, con material aislante de PTFE (teflón), oscila entre -65 grados y 165 grados.([Jt1electronica, 2022](#))

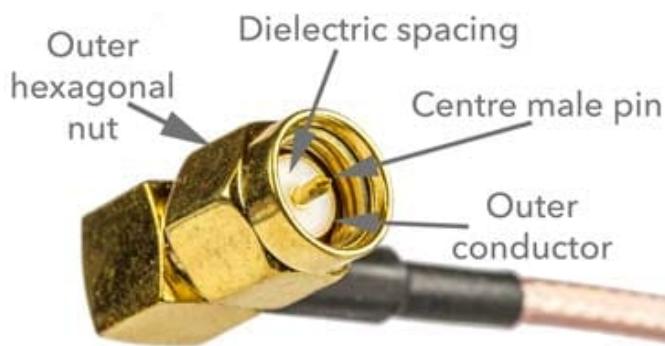


Figura 3: Conector SMA

Las especificaciones de manejo de potencia para los conectores SMA varían significativamente entre fabricantes. Sin embargo, algunos datos sugieren que ciertos conectores pueden soportar hasta 500 vatios a 1 GHz, disminuyendo a poco menos de 200 vatios a 10 GHz. Estas capacidades de manejo de potencia son considerablemente más altas de lo que muchos usuarios considerarían seguro transmitir a través de estos conectores.([Ruben, 2022](#))

4.4. Antenas

Las antenas son dispositivos fundamentales en los sistemas de comunicación, utilizados para transmitir o recibir ondas electromagnéticas, facilitando la transferencia de señales entre dispositivos inalámbricos. Estos dispositivos, generalmente formados por elementos conductores, son vitales para aplicaciones como la radiodifusión, las comunicaciones móviles y las redes inalámbricas, ya que son esenciales para la transmisión eficiente de datos.

4.4.1. Antenas Monopolio

Una antena monopolio es un tipo de antena de radio que consiste en un conductor recto en forma de varilla, usualmente montado perpendicularmente sobre una superficie conductora denominada plano de tierra. La señal del transmisor se aplica, o en el caso de antenas receptoras, se extrae la señal de salida hacia el receptor, entre el extremo inferior del monopolio y el plano de tierra. Un lado de la línea de alimentación de la antena se conecta al extremo inferior del monopolio, mientras que el otro lado se conecta al plano de tierra, que a menudo es la Tierra misma. Esto contrasta con una antena dipolo, que se compone de dos barras conductoras idénticas, donde la señal del transmisor se aplica entre las dos mitades de la antena. ([Academia-lab, 2023](#))

4.4.2. Antenas Dipolo

Una antena dipolo es un tipo de antena eléctrica con dos polos, típicamente dispuestos en orientaciones vertical y horizontal, utilizada para transmitir y recibir ondas de radio. Consiste en dos elementos conductores idénticos, como alambres o varillas de metal, que usualmente están orientados de forma perpendicular entre sí. Este tipo de antena, también conocida como antena de media onda, irradia la mayor parte de su potencia en una sola dirección en forma de onda de radio. El término 'dipolo' se deriva de sus dos polos. Las antenas dipolo son frecuentemente utilizadas en dispositivos de comunicación inalámbrica debido a su facilidad de fabricación y bajo costo. Uno de sus principales usos es en teléfonos celulares, ya que pueden enviar y recibir señales desde múltiples direcciones simultáneamente, facilitando la captación de señales mientras se desplazan. Existen diversos tipos de antenas, como las antenas cuadradas, que consisten en dos superficies conductoras dispuestas en lados perpendiculares. ([Sendpyme, 2023](#))

5. Materiales y Equipos

- N9913A Keysight
- Antenas monopolio y dipolo
- Conectores SMA
- Atenuadores Valor: 10, 20, 60 dB

6. Desarrollo

6.0.1. Antena Dipolo 2.4 GHz sin atenuador.

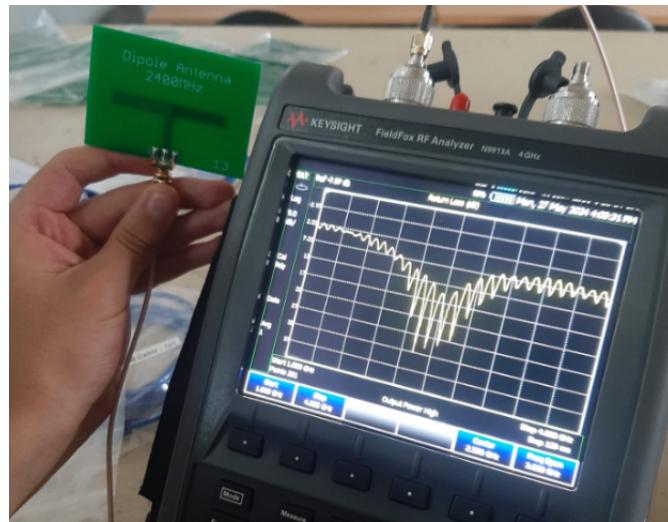


Figura 4: Captura de atenuación con antena dipolo 2.4 GHz sin atenuador.

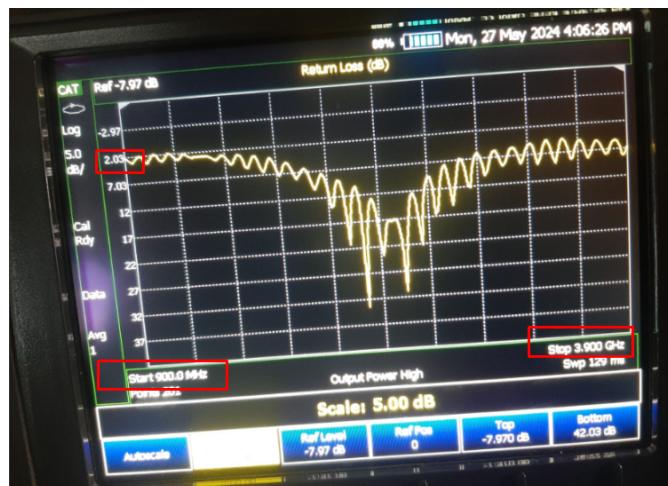


Figura 5: Captura de atenuación con antena dipolo 2.4 GHz sin atenuador.

6.0.2. Antena Dipolo 433 MHz sin atenuador.

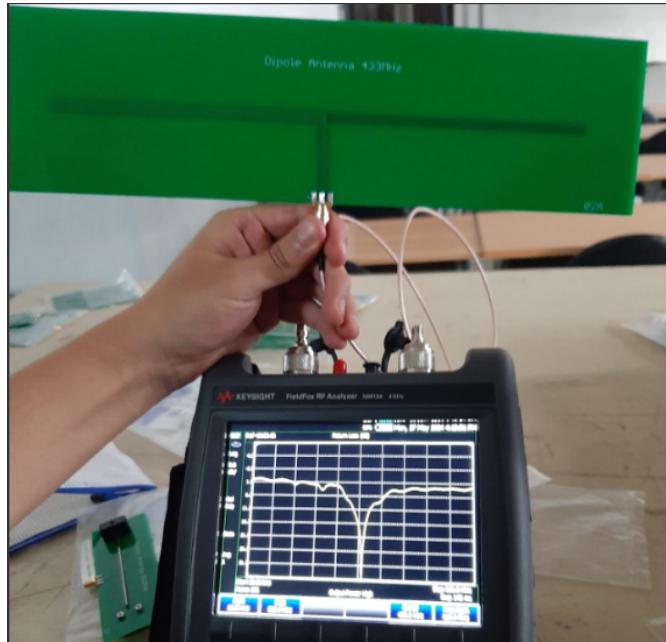


Figura 6: Captura de atenuación con antena dipolo 433 MHz sin atenuador.



Figura 7: Captura de atenuación con antena dipolo 433 MHz sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.3. Antena Yagi 2.4 GHz sin atenuador.

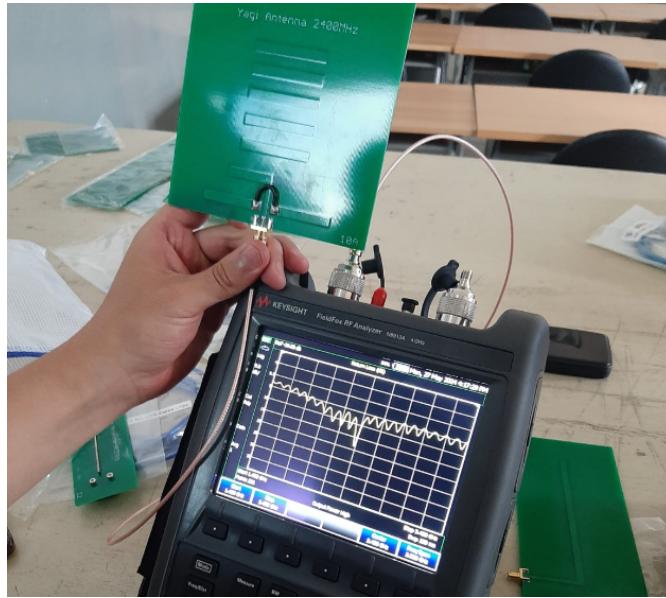


Figura 8: Captura de atenuación con antena Yagi 2.4 GHz sin atenuador.



Figura 9: Captura de atenuación con antena Yagi 2.4 GHz sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.4. Antena Parche Dual 915 MHz y 2.4 GHz sin atenuador.

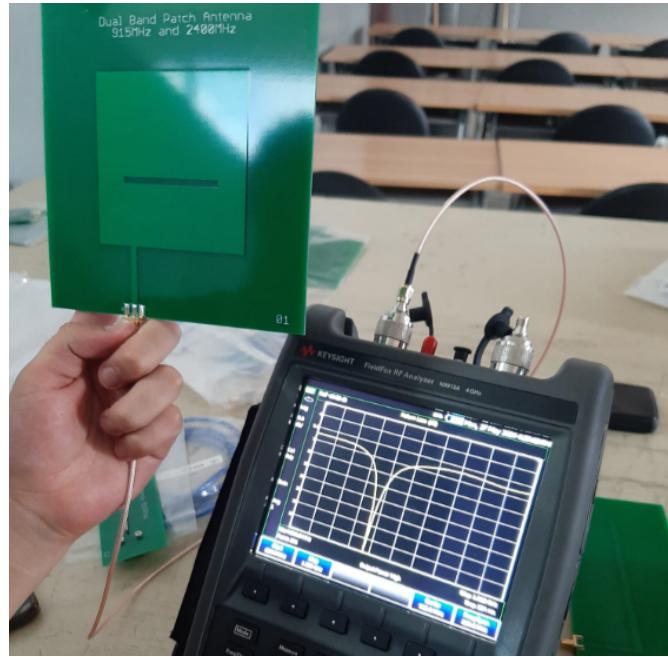


Figura 10: Captura de atenuación con antena antena Parche Dual 915 MHz y 2.4 GHz sin atenuador.



Figura 11: Captura de atenuación con antena antena Parche Dual 915 MHz y 2.4 GHz sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.5. Antena Monopolio 433 MHz sin atenuador.

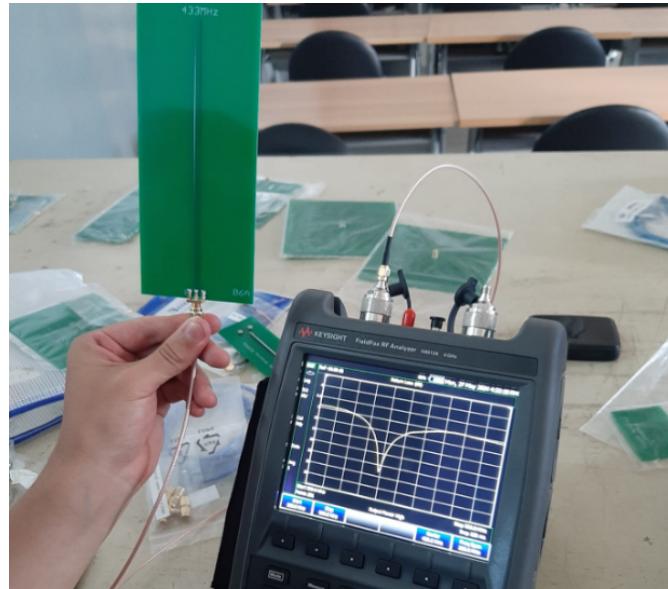


Figura 12: Captura de atenuación con antena Monopolio 433 MHz sin atenuador.



Figura 13: Captura de atenuación con antena Monopolio 433 MHz sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.6. Antena Monopolio 2.4 GHz sin atenuador.

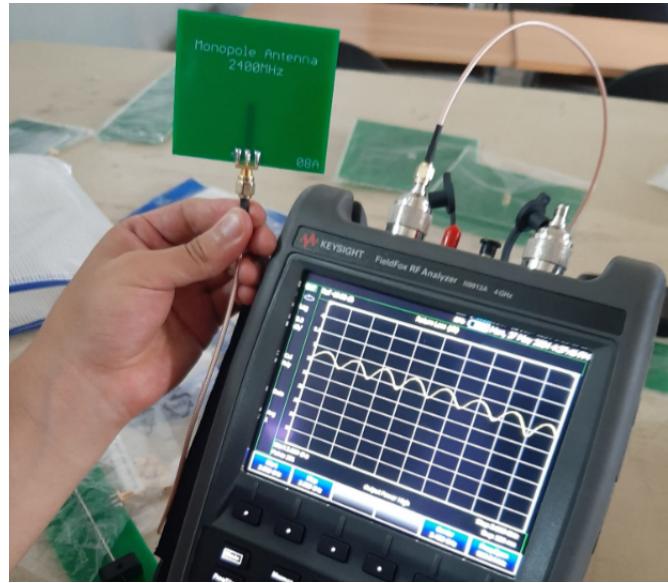


Figura 14: Captura de atenuación con antena Monopolio 2.4 GHz sin atenuador.



Figura 15: Captura de atenuación con antena Monopolio 2.4 GHz sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.7. Antena Spiral 915 MHz sin atenuador.

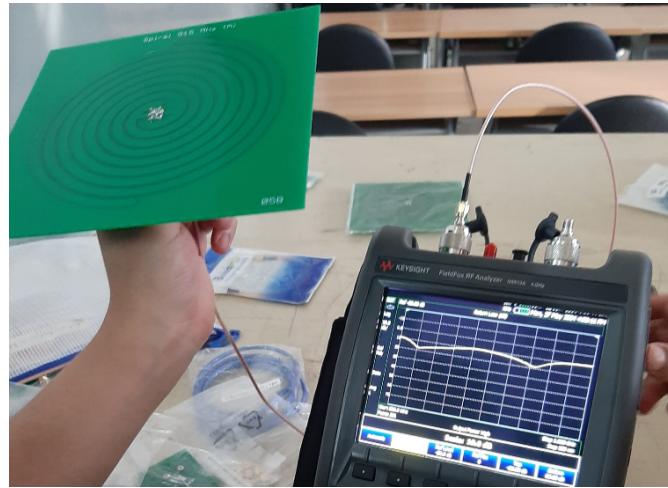


Figura 16: Captura de atenuación con antena Spiral 915 MHz sin atenuador.

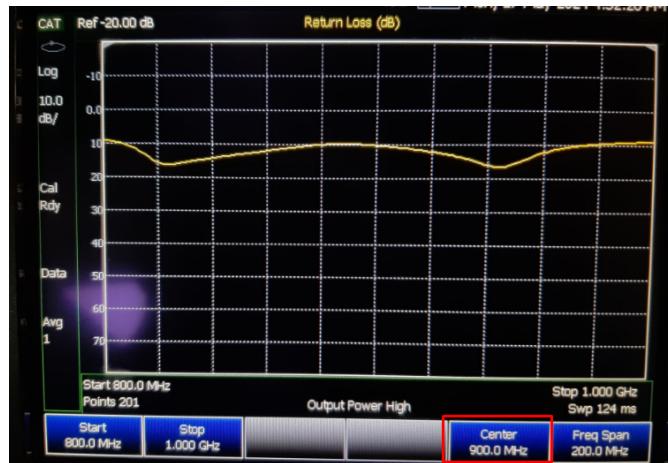


Figura 17: Captura de atenuación con antena Spiral 915 MHz sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.8. Antena Microstrip 2.4 GHz sin atenuador.

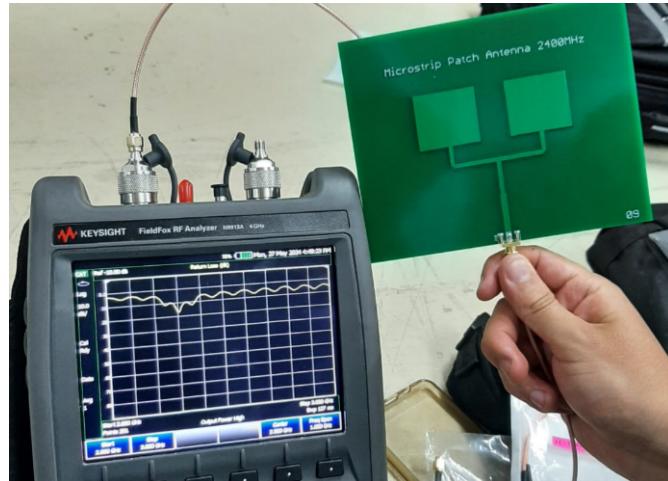


Figura 18: Captura de atenuación con antena Microstrip 2.4 GHz sin atenuador.



Figura 19: Captura de atenuación con antena Microstrip 2.4 GHz sin atenuador.

6.0.9. Cable directo de 18 cm sin atenuador.

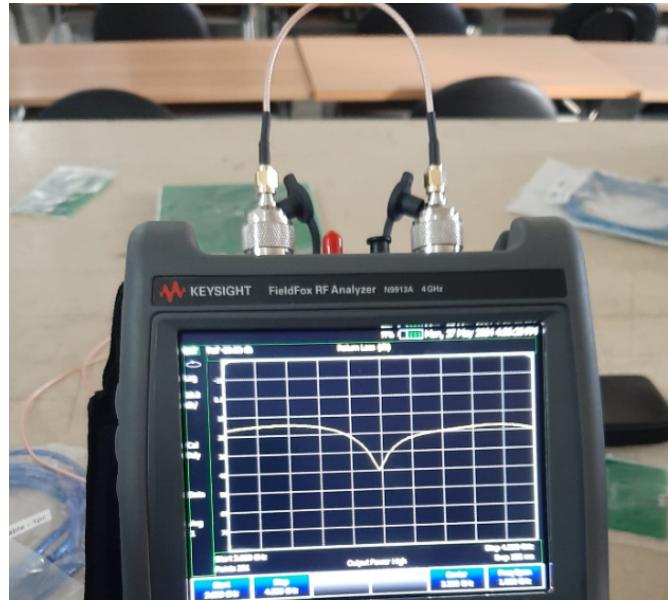


Figura 20: Captura de atenuación con cable de 18cm sin atenuador.



Figura 21: Captura de atenuación con cable de 18cm sin atenuador.

Radio definida por software

6.0.10. Cable directo de 18 cm con atenuador de 10 dBm.

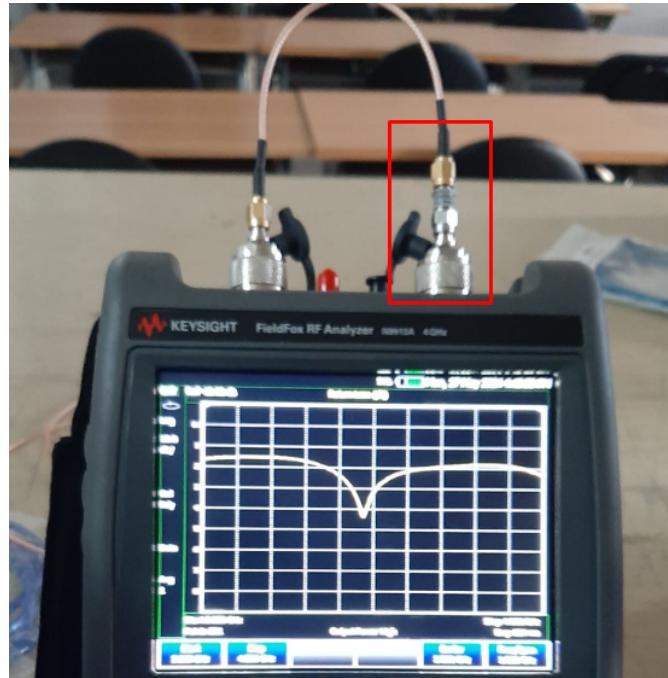


Figura 22: Captura de atenuación con cable de 18cm con atenuador de 10 dBm.

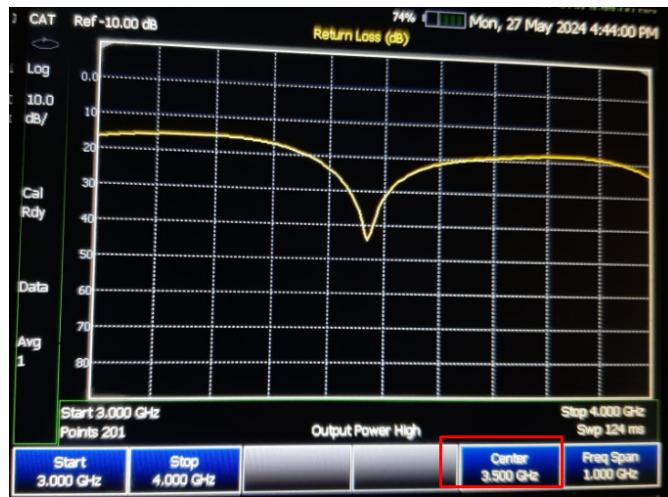


Figura 23: Captura de atenuación con cable de 18cm con atenuador de 10 dBm.

6.0.11. Cable directo de 18 cm con atenuador de 20 dBm.

- Atenuadores directos

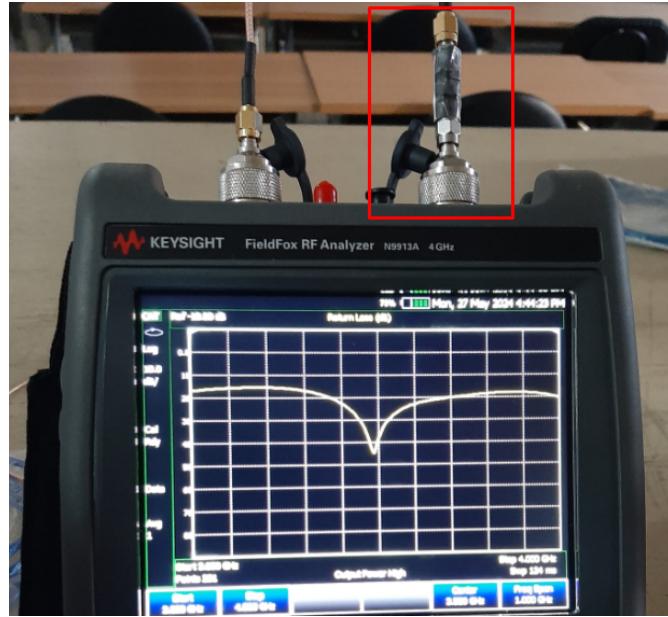


Figura 24: Captura de atenuación con cable de 18cm con atenuador de 20 dBm.

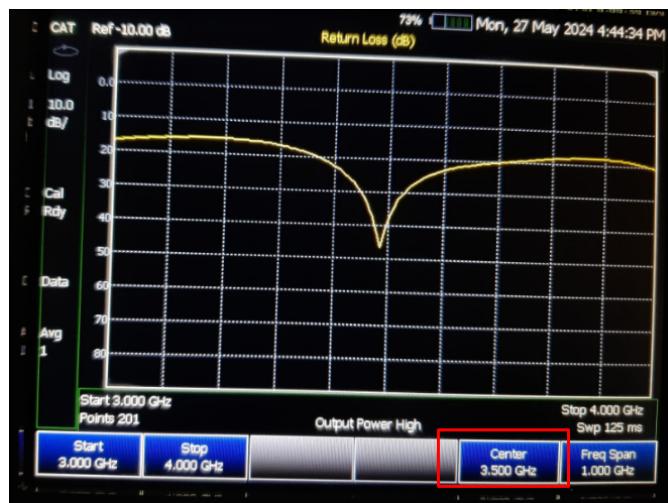


Figura 25: Captura de atenuación con cable de 18cm con atenuador de 20 dBm.

7. Interpretación de Resultados / Discusión

PREGUNTAS

- ¿Qué tipo de atenuadores se utiliza en la medición de antenas de RF para atenuar señales?

Atenuadores Fijos: Estos atenuadores proporcionan una cantidad fija de atenuación. Son simples, confiables y se utilizan cuando se necesita una reducción constante de la señal. Están disponibles en diversas cantidades de atenuación, como 3 dB, 6 dB, 10 dB, etc.

Atenuadores Variables: Permiten ajustar la cantidad de atenuación manualmente. Son útiles cuando es necesario ajustar los niveles de señal de forma precisa durante las pruebas y mediciones. Se pueden ajustar en pasos pequeños para lograr el nivel de atenuación deseado.

Atenuadores Conmutables: Estos atenuadores pueden cambiar entre varios valores de atenuación predeterminados mediante interruptores. Son útiles cuando se necesitan múltiples niveles de atenuación en diferentes etapas de una medición.

Atenuadores Programables: Son controlados electrónicamente y pueden ajustarse a diferentes niveles de atenuación mediante software o control remoto. Son ideales para aplicaciones automatizadas y donde se requiere un cambio frecuente y rápido de los niveles de atenuación.

Atenuadores de Pasada Ancha: Estos están diseñados para funcionar en un amplio rango de frecuencias. Son esenciales para mediciones de antenas que operan en diversas bandas de frecuencia, ya que mantienen una atenuación consistente en todo el rango.

Atenuadores de Alta Potencia:

Están diseñados para manejar niveles altos de potencia de RF sin sufrir daños. Son necesarios cuando se trabaja con transmisores de alta potencia o señales fuertes.

- Explique con sus palabras lo que es el analizador de cables y antenas (CAT) y analizador.

Un analizador de cables y antenas (CAT)

es un dispositivo utilizado para evaluar el rendimiento de cables de RF y antenas. Mide parámetros como la impedancia, la relación de onda estacionaria de voltaje (ROE), la pérdida por inserción y la pérdida de retorno. Estas mediciones ayudan a asegurar que los componentes del sistema de transmisión funcionen correctamente y minimicen la pérdida de señal.

Analizador de Espectro

Radio definida por software

Un analizador de espectro es un dispositivo que mide y muestra la amplitud de las señales de RF en función de la frecuencia. Se utiliza para identificar frecuencias, medir la potencia de las señales, analizar interferencias y evaluar la ocupación del espectro de RF. Este instrumento es crucial para gestionar y asegurar la calidad de las señales de transmisión y recepción.

- ¿En los resultados obtenidos que diferencias observa al usar antenas monopolo y dipolo que trabajan en la misma frecuencia de operación?

Patrón de Radiación:

Monopolo: Omnidireccional en el plano horizontal.

Dipolo: Bidireccional en el plano horizontal, con forma de "8".

Ganancia:

Monopolo: Alrededor de 2.15 dBi.

Dipolo: Similar o ligeramente mayor que el monopolo, típicamente 2.15 dBi en el espacio libre.

Impedancia:

Monopolo: Aproximadamente 36 ohmios.

Dipolo: Aproximadamente 73 ohmios.

Requisitos de Instalación:

Monopolo: Necesita un plano de tierra adecuado.

Dipolo: No necesita plano de tierra, pero la altura de instalación afecta su rendimiento.

Polarización:

Monopolo: Vertical.

Dipolo: Lineal, puede ser horizontal o vertical según la instalación.

Aplicaciones Comunes:

Monopolio: Usado en aplicaciones móviles y portátiles.

Dipolo: Usado en comunicaciones de base e instalaciones fijas.

- ¿Que observa al usar antenas que trabajan en diferentes frecuencias como la del RTL,PLUTO o antenas que trabajan en dos frecuencias de operación, la gráfica resultante indica esas dos frecuencias en la misma gráfica o hay que configurar esos parámetros?

Antenas de Frecuencia Única (RTL y PLUTO)

Antena RTL: Usada comúnmente para la recepción en bandas específicas como VHF y UHF. La gráfica resultante mostrará el rendimiento de la antena en estas bandas de frecuencia.

Antena PLUTO: Usada para un rango más amplio de frecuencias (por ejemplo, de 325 MHz a 3.8 GHz). La gráfica resultante mostrará el rendimiento en este amplio rango.

Antenas de Doble Frecuencia

Antenas que operan en dos frecuencias (por ejemplo, 2.4 GHz y 5 GHz): Están diseñadas para funcionar en dos bandas de frecuencia distintas. La gráfica resultante generalmente mostrará dos picos o regiones distintas que corresponden a las dos frecuencias de operación.

Gráficas Resultantes

Gráfica de Impedancia: Mostrará cómo cambia la impedancia en función de la frecuencia. Para una antena de doble frecuencia, verás dos regiones donde la impedancia es adecuada (cercana a 50 ohmios) para cada una de las frecuencias de operación.

Gráfica de ROE

(Relación de Onda Estacionaria de Voltaje): Indicará la eficiencia de la antena en las diferentes frecuencias. En una antena de doble frecuencia, verás dos mínimos en la gráfica, uno para cada frecuencia de operación.

Configuración de Parámetros

Para ver las frecuencias en la misma gráfica, se puede configurar el rango de frecuencias en el analizador para que cubra ambas bandas.

Por ejemplo, si una antena opera a 2.4 GHz y 5 GHz, se puede configurar el analizador para que muestre de 2 GHz a 6 GHz.

Si las frecuencias están muy separadas y no se pueden mostrar en una sola gráfica con buena resolución, puede ser necesario realizar mediciones separadas y luego combinarlas.

Interpretación de Resultados

En las gráficas de respuesta en frecuencia, se pueden identificar claramente las bandas de operación por los picos en ganancia, los mínimos en ROE y los puntos donde la impedancia es adecuada.

La configuración adecuada del analizador de espectro o del analizador de cables y antenas permitirá visualizar y comparar el rendimiento en todas las frecuencias de interés en una sola gráfica o en gráficas separadas según sea necesario.

8. Conclusiones y Recomendaciones

8.1. Conclusiones

- El analizador N9913A ha demostrado ser una herramienta altamente precisa y confiable para medir los parámetros S11. Su capacidad para operar a frecuencias de hasta 50 GHz lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones dentro del laboratorio.
- Las antenas utilizadas dentro de la práctica han mostrado comportamientos consistentes con sus especificaciones teóricas. Las mediciones a frecuencias de 413 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz han permitido identificar la pérdida de retorno y la eficiencia de las antenas, proporcionando datos cruciales para su optimización en caso de ser utilizado en campo real.
- Las antenas monopolo y dipolo, aunque operen en la misma frecuencia, presentan diferencias significativas en sus patrones de radiación, ganancia y requisitos de instalación. Estas diferencias son cruciales al seleccionar la antena adecuada para una aplicación específica, ya que influirán en la eficiencia y la cobertura de la señal.
- Las antenas que operan en múltiples frecuencias (como aquellas que funcionan a 2.4 GHz y 5 GHz) muestran picos distintos en las gráficas de análisis, correspondientes a cada banda de operación. Es esencial configurar correctamente los parámetros de los analizadores de espectro o de cables y antenas para visualizar y comparar estas frecuencias en una sola gráfica o en gráficas separadas según sea necesario.

8.2. Recomendaciones

- Familiarizarse de mejor manera para proceder a realizar diferentes pruebas con el analizador N9913A y analizar diferentes resultados con varios elementos utilizados dentro de la práctica.

- Las antenas deben ser elegidas en función de su frecuencia de operación y eficiencia, mientras que los atenuadores y cables deben ser seleccionados para minimizar las pérdidas y reflejos en las líneas de transmisión.
- Al elegir entre una antena monopolo y una dipolo, considera el patrón de radiación requerido para tu aplicación. Para aplicaciones móviles y portátiles donde se necesita una cobertura omnidireccional, una antena monopolo es ideal. Para aplicaciones fijas o de base, donde se puede aprovechar un patrón de radiación bidireccional, una antena dipolo puede ser más adecuada.
- Para analizar correctamente antenas que operan en múltiples frecuencias, asegúrate de configurar el rango de frecuencias del analizador de espectro o del analizador de cables y antenas para cubrir todas las bandas de operación relevantes. Esto permitirá obtener una visualización clara y precisa del rendimiento de la antena en todas las frecuencias de interés, facilitando la identificación de posibles problemas y la optimización de la configuración de la antena.

9. Referencias bibliográficas

Referencias

- Academia-lab. (2023). Antena monopolo. <https://academia-lab.com/enciclopedia/antena-monopolo/>.
- Jt1electronica. (2022). ¿qué son los conectores sma y qué usos tienen? <https://jt1electronica.com/blog/que-son-los-conectores-sma-y-que-usos-tienen/>.
- Newark. (s.f.). Keysight technologies n9913a. <https://www.newark.com/es/keysight-technologies/n9913a/microwave-combination-analyzer/dp/07W8140>.
- Ruben, S. (2022). Conector sma rf. <https://riojanosporlaradio.com/conector-sma-rf/>.
- Sendpyme. (2023). Mejora tu señal con antenas dipolo: Descubre cómo funcionan y sus usos. <https://www.sendpyme.com/antenas-dipolo/>.
- Solutions, C. P. (2023). S-parameters and the reflection coefficient. <https://resourcespcb.cadence.com/blog/2023-s-parameters-and-the-reflection-coefficient>.