

INFORME DE LABORATORIO

RADIO DEFINIDA POR SOFTWARE

LABORATORIO N° 7

Estudiantes: Carrión Andrés, Guzmán Mishel, Nupan Germán

Docente: Msc. Edgar Maya

Docente de Laboratorio: Msc. Alejandra Pinto Erazo

3 de junio de 2024

1. TÍTULO

Ganancias y Atenuación con el equipo FieldFox (CAT)

2. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados de las mediciones de los parámetros S11, referentes a la pérdida de retorno en equipos de RF. Para llevar a cabo estas mediciones, se utilizaron antenas, atenuadores y cables a distintas frecuencias, específicamente 413 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz, empleando un analizador vectorial de redes (VNA) del modelo N9913A de Keysight Technologies. Además, se detallan los procedimientos y configuraciones específicos utilizados durante las pruebas, así como un análisis comparativo de los datos obtenidos para cada frecuencia, con el fin de evaluar el rendimiento y la eficiencia de los componentes de RF en distintos escenarios operativos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

- Examinar cada una de las antenas utilizando el analizador N9913A, identificando los parámetros y las ondas generadas; asimismo, revisar los cables y atenuadores de la misma manera.

3.2. Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento del dispositivo N9913A para llevar a cabo las mediciones correspondientes de diversos componentes como antenas, cables y atenuadores.
- Elaborar una tabla comparativa de las antenas, detallando sus diferentes frecuencias de disipación y reconociendo las ondas generadas, las cuales estarán graficadas en el dispositivo.
- Entender el funcionamiento de los atenuadores en relación con las mediciones realizadas en este estudio, específicamente en los cables, y comparar las diferencias entre el uso de un atenuador y no usarlo.

4. Marco Teórico

4.1. N9913A Keysight Technologies

El N9913A, fabricado por Keysight Technologies, es un analizador de RF portátil perteneciente a la línea FieldFox. Este dispositivo se destaca por su diseño ligero y resistente, diseñado específicamente para enfrentar entornos de trabajo desafiantes, incluyendo labores de mantenimiento rutinario y resolución de problemas detallados. Ofrece una amplia cobertura de frecuencia, con un rango que va desde 5 kHz hasta 4 GHz, y cuenta con un ancho de banda de resolución de 5 MHz, lo que lo hace adecuado para una variedad de aplicaciones en el campo de las comunicaciones inalámbricas y la tecnología de radiofrecuencia.(KEYSIGHT, 2024)

4.1.1. Características Principales

- **Ancho de Banda N9913A:** 30 KHz a 4 GHz
- **Fuente independiente, voltímetro vectorial (VVM), sensor de potencia y medidas integradas**
- **Fuente de RF:** CW, CW acoplado y seguimiento
- **VVM:** compara la fase y la longitud eléctrica
- **Mediciones de potencia con sensor USB:** (dependiente del sensor)
- **Medidor de Potencia Integrado**
- **Analizador de cables y antenas (CAT),** analizador de redes vectoriales (VNA, opcional)
- **Rango dinámico:** 100 dB
- **CAT:** Distancia a la falla, pérdida de retorno, pérdida de cable
- **VNA (opcional):** S11, S21, S22, S12, magnitud y fase
- **Analizador de espectro**
- **Precisión de amplitud:** ± 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 105 dB
- **Generador de Rastreo de Banda-Completa**



Figura 1: Implementación completa.

4.2. Tipos de antenas

4.2.1. Antena Monopolo

La antena monopolo es un tipo común de antena utilizada en sistemas de comunicación inalámbrica. Consiste en un único elemento radiante que se extiende verticalmente desde una superficie conductora, como el suelo o un plano de tierra artificial. Este tipo de antena es ampliamente utilizado en aplicaciones de radio y televisión, así como en dispositivos de comunicación móvil, como teléfonos celulares y dispositivos Wi-Fi.

4.2.2. Antena Dipolo

El dipolo es otro tipo fundamental de antena, que consiste en dos elementos conductores, generalmente alambres o barras metálicas, colocados en paralelo y separados por una pequeña distancia. Cada elemento del dipolo es una mitad de la antena, y juntos forman un sistema radiante que emite y recibe ondas electromagnéticas. Los dipolos son ampliamente utilizados en aplicaciones de radio y televisión, así como en sistemas de comunicación de corta y media distancia. Su diseño simple y su eficiencia los hacen populares en una variedad de aplicaciones de RF.

4.3. Atenuadores

Los atenuadores son dispositivos pasivos esenciales en los sistemas de antenas, diseñados para reducir la potencia de una señal sin distorsionarla significativamente. Su uso es crítico para proteger equipos receptores de niveles de señal excesivos, calibrar y probar sistemas, controlar la ganancia y adaptar la impedancia en líneas de transmisión.

Funcionan introduciendo una resistencia controlada en el camino de la señal, lo que reduce la potencia sin alterar sus características. Existen varios tipos de atenuadores: fijos, que ofrecen una atenuación constante; variables, que permiten ajustar el nivel de atenuación; y programables, que se controlan electrónicamente para variaciones precisas y repetibles.

Los atenuadores se aplican en múltiples entornos, como telecomunicaciones, broadcasting, mediciones y pruebas de RF y microondas, sistemas satelitales, y radar y navegación. Su capacidad para gestionar niveles de señal y proteger equipos sensibles los convierte en componentes fundamentales para el rendimiento óptimo de los sistemas de comunicación. (Romero Pradilla y Jaimes Vergel, 2021)



Figura 2: Ejemplo de atenuadores utilizados en cables coaxiales.

4.4. Conectores SMA

Los conectores SubMiniature version A (SMA) son conectores coaxiales de alta precisión y pequeño tamaño, diseñados para manejar frecuencias de hasta 18 GHz, con algunos modelos que alcanzan hasta 26.5 GHz. Son fundamentales en aplicaciones de radiofrecuencia (RF) por su capacidad de proporcionar conexiones seguras y de baja reflexión, lo que es crucial para mantener la integridad de la señal.

Estos conectores se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo equipos de comunicación, instrumentación, antenas, y sistemas de radar y satélite. En telecomunicaciones, los conectores SMA aseguran conexiones fiables y de alta calidad entre componentes de RF, mientras que en equipos de medición y prueba de RF y microondas, son esenciales para obtener resultados precisos y fiables.

El funcionamiento de los conectores SMA se basa en su diseño con una rosca exterior que garantiza una conexión firme y precisa, minimizando la pérdida de señal y la reflexión. Con una impedancia característica de 50 ohmios, son ideales para aplicaciones de RF. Su tamaño compacto permite su uso en espacios reducidos, y su variedad de configuraciones ofrece flexibilidad en el diseño de sistemas. (Smith, 2024)

5. Desarrollo

A continuación, se presenta cada uno de los equipos que se utilizaron para la práctica correspondiente.

5.1. Antena Telescópica

Tipo de antena que se extiende y retrae, similar a un telescopio. Está compuesta por secciones tubulares que se deslizan unas dentro de otras, permitiendo ajustar la longitud según las necesidades particulares de frecuencia y aplicación.

5.1.1. Antena Telescópica - Atenuador 10 dB

Se utiliza una antena de longitud ajustable con un atenuador de 10 dB para medir la pérdida de retorno en frecuencias que van desde 400 MHz hasta 4000 MHz.



Figura 3: Antena Telescópica con atenuador 10 dB

5.1.2. Antena Telescópica - sin atenuador

Se utiliza una antena de longitud ajustable pero sin ningún atenuador.



Figura 4: Antena Telescópica sin atenuador

5.2. Dipolo 2.4 GHz

Se usa una antena dipolo para medir la frecuencia de 2.4 GHz sin emplear un atenuador.

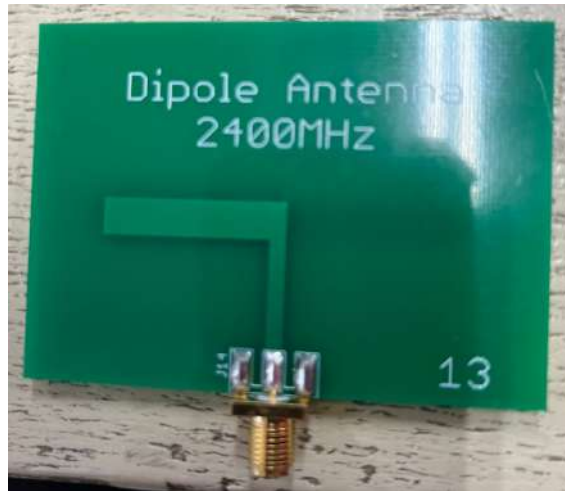


Figura 5: Antena Dipolo de 2.4 GHz, utilizada en la práctica de laboratorio.

5.3. Dipolo 433 MHz

Una antena dipolo ajustada para la frecuencia de 433 MHz se usa sin un atenuador.



Figura 6: Antena Dipolo de 433 GHz, utilizada en la práctica de laboratorio.

5.4. OMNI Antena AdalmplutoSDR - sin atenuador

Una antena omnidireccional se usa con el sistema ADALM-PLUTOSDR sin atenuador.



Figura 7: OMNI Antena AdalmplutoSDR, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador.

5.5. YAGI 2.4 GHz - sin atenuador

Se utiliza una antena direccional Yagi para la frecuencia de 2.4 GHz sin necesidad de un atenuador.



Figura 8: Antena YAGI de 2.4 GHz, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador.

5.6. Parche Dual 915 y 2400 MHz - sin atenuador

Se utiliza una antena parche dual que opera en frecuencias de 915 MHz y 2400 MHz sin utilizar un atenuador.

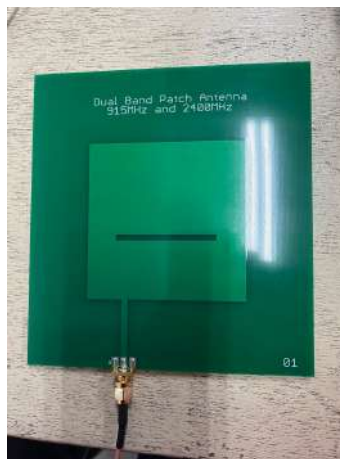


Figura 9: Parche Dual de 915 y 2400 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador

5.7. Monopolo 433 MHz - Sin atenuador

Se utiliza un monopolo ajustado para operar a 433 MHz sin la presencia de un atenuador.



Figura 10: Antena Monopolo de 433 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador.

5.8. Dipolo 915 MHz

Se utiliza un dipolo ajustado para operar a 915 MHz.



Figura 11: Antena Dipolo 915 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio.

5.9. Monopolo 915 MHz - sin atenuador

Se utiliza un monopolo diseñado para la frecuencia de 915 MHz sin necesidad de un atenuador.



Figura 12: Antena Dipolo de 915 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador.

5.10. Monopolo 2400 MHz - sin atenuador

Se utiliza un monopolo diseñado para la frecuencia de 2400 MHz sin necesidad de un atenuador.



Figura 13: Antena monopolo de 2400 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador.

5.11. Spiral 915 MHz

Se emplea una antena en espiral diseñada para operar a 915 MHz sin utilizar un atenuador.



Figura 14: Antena Spiral de 915 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio.

5.12. Microstrip 2400 MHz - sin atenuador

Se utiliza una antena microstrip diseñada para operar a 2400 MHz sin la presencia de un atenuador.



Figura 15: Antena Microstrip de 2400 MHz, utilizada en la práctica de laboratorio sin atenuador.

5.13. CABLES

5.13.1. Cable 1 - Atenuador 10 dB (50 cm).

Se utiliza un cable de 50 cm de longitud con un atenuador de 10 dB para medir la pérdida de retorno.

5.13.2. Cable 2 - atenuador 10 dB (18 cm).

Se utiliza un cable de 18 cm con un atenuador de 10 dB para realizar ajustes en las mediciones de señal.



Figura 16: Utilización de las herramientas de laboratorio para medir el cable de 18 cm con atenuador de 10 db.

5.13.3. Cable 2 - 20 atenuador (18 cm).

Se utiliza un cable de 18 cm con un atenuador de 20 dB para realizar ajustes en las mediciones de señal.



Figura 17: Utilización de las herramientas de laboratorio para medir el cable de 18 cm con atenuador de 20 db.

5.13.4. Cable 2 - sin atenuador (18 cm)

Se utiliza un cable de 18 cm sin atenuador.



Figura 18: Utilización de las herramientas de laboratorio para medir el cable de 18 cm sin atenuador.

5.13.5. Cable 3 ADALM-PlutoSDR Atenuador 20 dB (15 cm).

Se utiliza un cable de 15 cm de longitud con el sistema ADALM-PlutoSDR, el cual incluye un atenuador de 20 dB.



Figura 19: Utilización de las herramientas de laboratorio para medir el cable del ADALM-PlutoSDR de 15 cm con atenuador de 20 db.

5.13.6. Cable 3 ADALM-PlutoSDR Atenuador 10 dB (15 cm).

Se utiliza un cable de 15 cm de longitud con el sistema ADALM-PlutoSDR, el cual incluye un atenuador de 10 dB.



Figura 20: Utilización de las herramientas de laboratorio para medir el cable del ADALM-PlutoSDR de 15 cm con atenuador de 10 db.

5.13.7. Cable 3 ADALM-PlutoSDR Sin Atenuador (15 cm).

Cable de 15 cm de longitud utilizado con el sistema ADALM-PlutoSD sin atenuador.



Figura 21: Utilización de las herramientas de laboratorio para medir el cable del ADALM-PlutoSDR de 15 cm sin atenuador.

5.14. ATENUADORES

5.14.1. Atenuador 20 dB

Dispositivo con un valor de atenuación fijo de 20 dB.



Figura 22: Indica un atenuador 20 dB

5.14.2. Atenuador 60 dB

Dispositivo con un valor de atenuación fijo de 60 dB.



Figura 23: Indica un atenuador 60 dB

5.14.3. Atenuador 10 dB

Dispositivo con una atenuación establecida de 10 dB.



Figura 24: Indica un atenuador 10 dB

6. Resultados

Gráficas resultantes en el analizador de RF portátil para cada una de las antenas, claves y atenuadores correspondientes.

6.1. Antena Telescópica

Ideal para su implementación en radios portátiles y receptores de televisión, donde se requiere ajustar la longitud según diferentes rangos de frecuencia.

6.1.1. Antena Telescópica - atenuador 10 dB

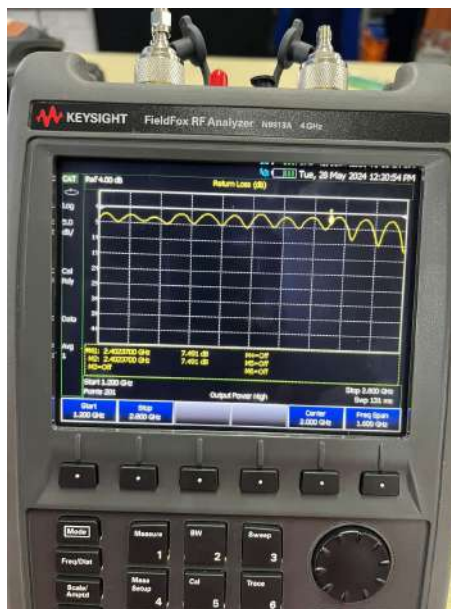


Figura 25: Gráfica obtenida al medir la antena telescópica con atenuador 10 dB.

6.1.2. Antena Telescópica - sin atenuador.

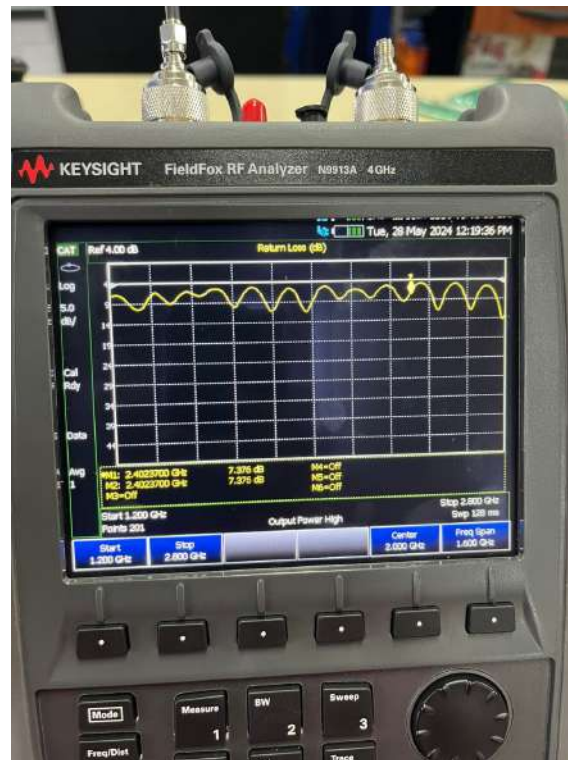


Figura 26: Gráfica obtenida al medir la antena telescópica sin atenuador.

6.2. Dipolo 433 MHz

Usada en aplicaciones de control remoto y en sistemas de seguridad inalámbricos.



Figura 27: Gráfica obtenida al medir la dipolo de 433 MHz.

6.3. OMNI Antena AdalmplutoSDR - sin atenuador

La OMNI Antena ADALM-PLUTO SDR es perfecta para la experimentación en radios definidas por software, permitiendo recibir y transmitir señales en todas direcciones sin ajustes. Capta señales de estaciones base y transmisores móviles, y se utiliza en pruebas y mediciones de RF en contextos educativos y de laboratorio.

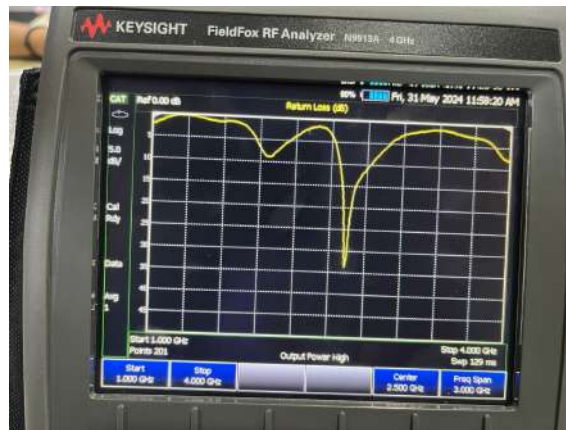


Figura 28: Gráfica obtenida al medir la OMNI Antena AdalmlplutoSDR sin atenuador.

6.4. YAGI 2.4 GHz - sin atenuador

Se usa generalmente en radiocomunicaciones y aplicaciones de televisión por aire.

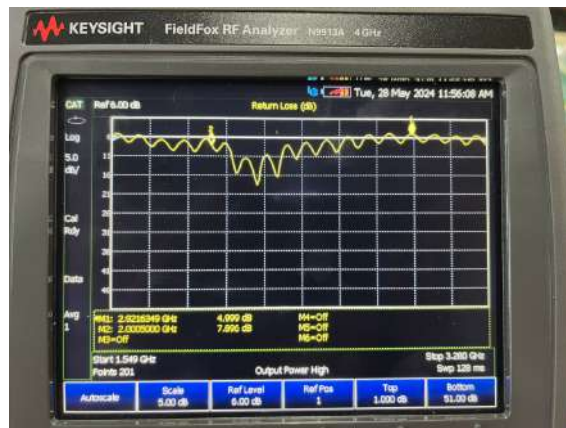


Figura 29: Gráfica obtenida al medir la YAGI 2.4 GHz sin atenuador.

6.5. Parche Dual 915 y 2400 MHz - sin atenuador

Se usa en aplicaciones que requieren operación en dos frecuencias distintas.

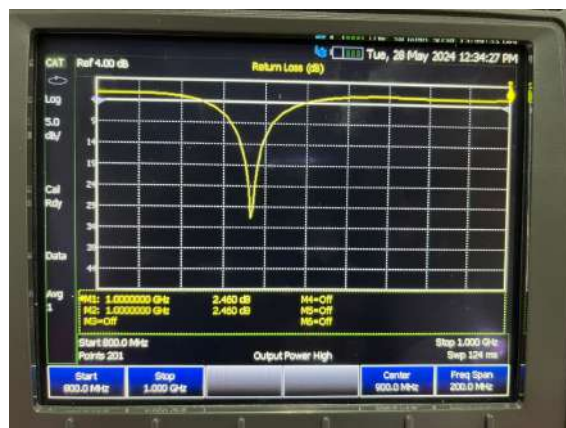


Figura 30: Gráfica obtenida al medir el Parche Dual 915 y 2400 MHz sin atenuador.

6.6. Monopolo 433 MHz - Sin atenuador

Se aplica en sistemas de radiocomunicación y aplicaciones de radiocontrol.



Figura 31: Gráfica obtenida al medir una antena monopolo de 433 MHz sin atenuador.

6.7. Monopolo 915 MHz - sin atenuador

Suele ser utilizado en aplicaciones de RFID y sistemas de comunicación de corto alcance.

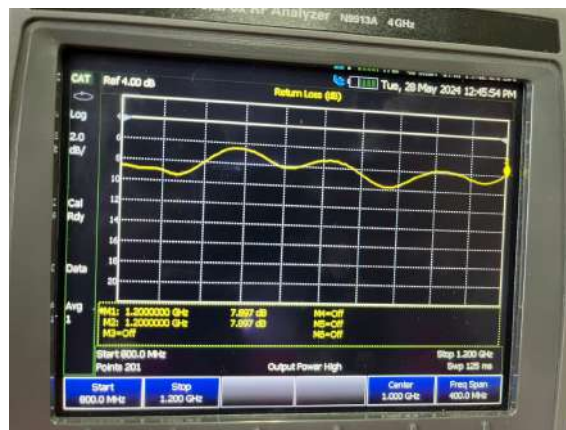


Figura 32: Gráfica obtenida al medir una antena monopolo de 915 MHz sin atenuador.

6.8. Monopolo 2400 MHz - sin atenuador



Figura 33: Gráfica obtenida al medir una antena monopolo 2400 MHz sin atenuador.

6.9. Spiral 915 MHz

Se usa en aplicaciones de comunicación que requieren un diseño compacto y eficiente.



Figura 34: Gráfica obtenida al medir una antena espiral de 915 MHz sin atenuador.

6.10. Microstrip 2400 MHz - sin atenuador

Se utiliza en dispositivos portátiles y aplicaciones de comunicación de corto alcance.



Figura 35: Gráfica obtenida al medir una antena microstrip de 2400 MHz sin atenuador

6.11. CABLES

6.11.1. Cable 1 - Atenuador 10 dB (50 cm).

Se usa en conexiones de antenas y otros componentes al analizador N9913A.

6.11.2. Cable 2 - atenuador 10 dB



Figura 36: Gráfica obtenida al medir un cable de 50 cm con atenuador de 10 dB.

6.11.3. Cable 2 - 20 atenuador

Se utiliza en mediciones precisas en sistemas de RF y conexiones cortas.

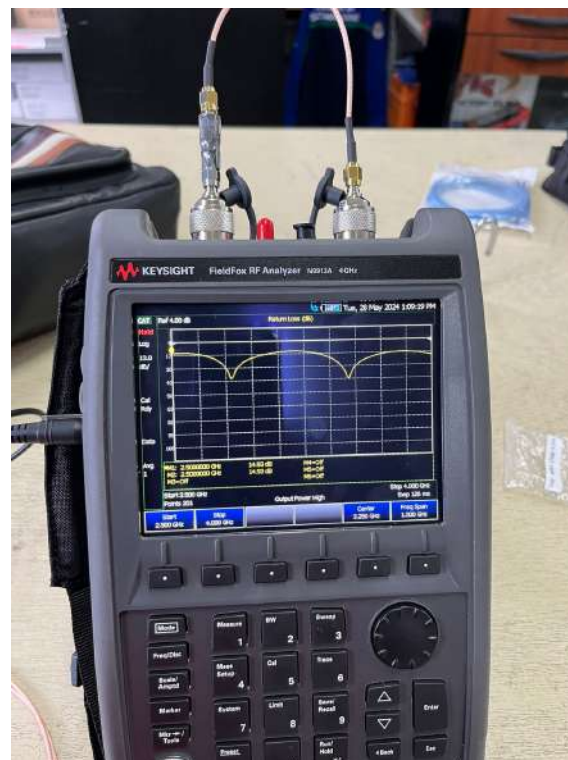


Figura 37: Gráfica obtenida al medir un cable de 50 cm con atenuador de 20 dB.

6.11.4. Cable 2 - sin atenuador

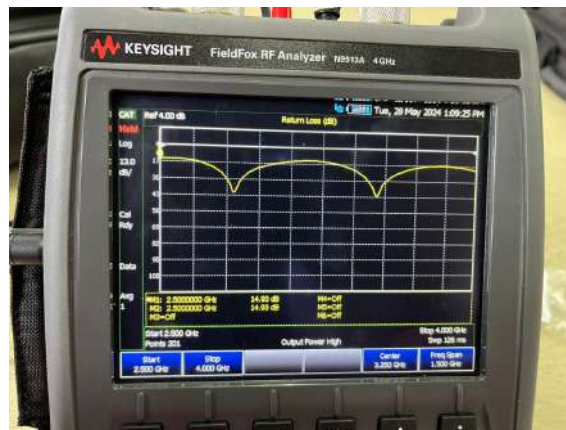


Figura 38: Gráfica obtenida al medir un cable de 50 cm sin atenuador.

6.12. ADALM-PlutoSDR.

Se aplica en conexiones específicas para sistemas SDR.

6.12.1. Cable 3 ADALM-PlutoSDR Atenuador 20 dB



Figura 39: Gráfica obtenida al medir un cable de 15 cm con atenuador de 20 dB.

6.12.2. Cable 3 ADALM-PlutoSDR Atenuador 10 dB

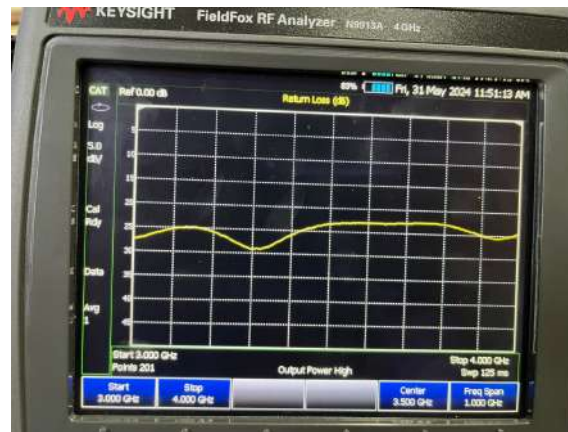


Figura 40: Gráfica obtenida al medir un cable de 15 cm con atenuador de 10 dB.

6.12.3. Cable 3 ADALM-PlutoSDR Sin Atenuador (15 cm).

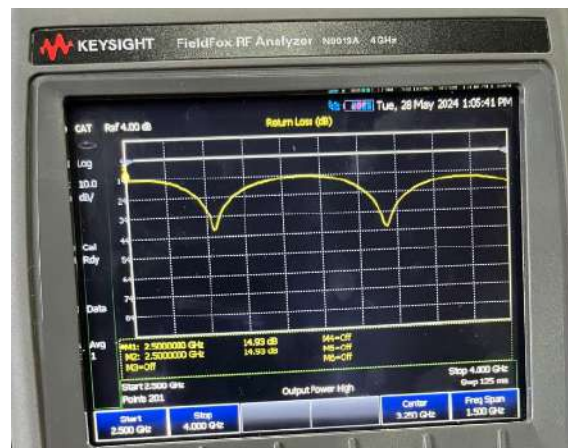


Figura 41: Gráfica obtenida al medir un cable de 15 cm sin atenuador.

6.13. ATENUADORES

6.13.1. Atenuador 20 dB



Figura 42: Gráfica obtenida al medir un atenuador de 20 dB.

6.13.2. Atenuador 60 dB

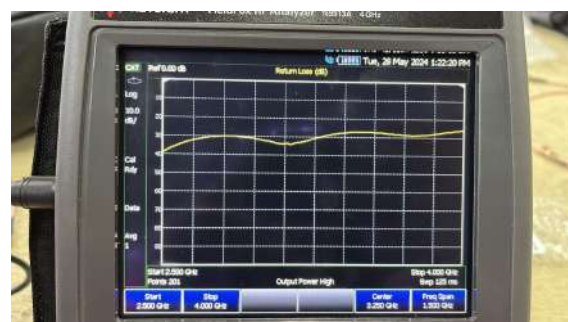


Figura 43: Gráfica obtenida al medir un atenuador de 60 dB.

6.13.3. Atenuador 10 dB



Figura 44: Gráfica obtenida al medir un atenuador de 10 dB.

7. PREGUNTAS

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

En la medición de antenas de RF, se utilizan atenuadores fijos, continuamente variables, de paso y programables. Los atenuadores fijos proporcionan una atenuación constante, mientras que los continuamente variables permiten ajustar manualmente el nivel de atenuación. Los atenuadores de paso ofrecen niveles de atenuación seleccionables, y los programables se controlan electrónicamente para ajustar la atenuación según las necesidades específicas.

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

Un analizador de cables y antenas (CAT) mide características como la pérdida de retorno, la distancia a la falla y la pérdida de cable, ayudando a identificar fallos en cables y antenas. Un analizador de redes vectoriales (VNA), opcional en algunos CAT, mide parámetros de dispersión como S11 y S21, proporcionando datos sobre magnitud y fase de las señales, esencial para caracterizar dispositivos de RF.

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

Las antenas monopolo tienen un patrón de radiación omnidireccional y requieren un plano de tierra, mientras que las dipolo tienen un patrón bidireccional y no necesitan un plano de tierra. Estas diferencias afectan la ganancia y la eficiencia, con las dipolo generalmente ofreciendo un rendimiento más estable y eficiente en ciertas aplicaciones.

7.4. ¿Qué 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?

Las antenas que operan en diferentes frecuencias muestran picos en la gráfica correspondientes a cada frecuencia de operación. Si el analizador está configurado correctamente para abarcar el rango completo de frecuencias, todos los picos aparecerán en la misma gráfica. Es esencial configurar adecuadamente el analizador para que todas las frecuencias de interés se representen correctamente.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

- El analizador N9913A de Keysight Technologies es altamente adaptable, permitiendo realizar mediciones precisas de RF en un rango de frecuencias de 5 kHz a 4 GHz, ideal para condiciones de trabajo exigentes y diversas actividades de mantenimiento y diagnóstico.
- Las antenas telescópicas, debido a su capacidad de ajuste en longitud, son eficaces para operar en diferentes rangos de frecuencia, optimizando su rendimiento para mejorar la precisión de las mediciones de RF.
- Las antenas dipolo y monopolo son fundamentales para muchas aplicaciones de comunicación, mostrando un buen rendimiento en frecuencias específicas como 2.4 GHz y 433 MHz, ofreciendo una cobertura adecuada para sistemas inalámbricos.
- Los atenuadores fijos de 10 dB, 20 dB y 60 dB son esenciales para controlar la potencia de las señales durante las mediciones, evitando la saturación de los equipos y garantizando lecturas precisas, proporcionando flexibilidad en las pruebas de RF.
- Los conectores SMA son cruciales para integrar componentes de RF de manera eficiente y segura, permitiendo conexiones fáciles y reconfiguraciones rápidas durante las pruebas y mediciones.
- La antena OMNI ADALM-PLUTO SDR facilita pruebas en un amplio rango de frecuencias sin necesidad de ajustar su orientación, lo cual es esencial para aplicaciones que requieren cobertura en todas direcciones.

8.2. Recomendaciones

- Configura correctamente el analizador N9913A de acuerdo con las frecuencias específicas y realiza mantenimientos periódicos para garantizar mediciones precisas y fiables en diversos entornos

- Usa antenas telescópicas ajustables para diferentes frecuencias y calibra su longitud antes de cada medición para optimizar el rendimiento y la precisión.
- Realiza pruebas comparativas entre antenas dipolo y monopolo para determinar cuál ofrece mejor rendimiento en distintos entornos, ajustando configuraciones según los resultados.
- Elige atenuadores apropiados según la potencia de las señales para evitar saturar el equipo y asegurar la precisión de los datos obtenidos.
- Realiza mantenimiento y revisiones periódicas de los conectores SMA para prevenir pérdidas de señal y garantizar conexiones seguras y eficientes.
- Ajusta la antena OMNI ADALM-PLUTO SDR para cubrir el rango de frecuencias deseado sin necesidad de reorientación y realiza calibraciones para asegurar una cobertura uniforme y precisa.

Referencias

- KEYSIGHT. (2024). *N9913a fieldfox handheld rf analyzer, 4 ghz / keysight*. Descargado de <https://www.keysight.com/zz/en/product/N9913A/fieldfox-a-handheld-microwave-analyzer-4-ghz.html>
- Romero Pradilla, L., y Jaimes Vergel, G. (2021). Implementación de un escenario de pruebas pon ftth para el laboratorio de telecomunicaciones de las unidades tecnológicas de santander.
- Smith, J. (2024). Conectores sma: Definición, uso, funcionamiento y aplicaciones. *Journal of RF Technology*, 12(4), 233-240.