



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CARRERA

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**ANÁLISIS Y MEDICIÓN VECTORIAL DE ENLACES AUXILIARES PARA
RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN Y BANDAS SONORAS EN FRECUENCIAS
CENTRALES**

MODALIDAD

**PROPUESTA TECNOLÓGICA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

AUTOR

LENNY GUANOLUISA BARRE

TUTOR

ING. LUIS MIGUEL AMAYA FARIÑO

LA LIBERTAD – ECUADOR

Marzo – 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES
PROYECTO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CARRERA

ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

ANÁLISIS Y MEDICIÓN VECTORIAL DE ENLACES AUXILIARES PARA
RADIODIFUSIÓN DE TELEVISIÓN Y BANDAS SONORAS EN FRECUENCIAS
CENTRALES

MODALIDAD

PROPUESTA TECNOLÓGICA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE
INGENIERA EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

AUTOR

LENNY GUANOLUISA BARRE

TUTOR

ING. LUIS MIGUEL AMAYA FARIÑO


LA LIBERTAD – ECUADOR

Marzo – 2023

DECLARACIÓN DE DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente tutor, del trabajo de titulación , “**Análisis y Medición Vectorial de enlaces auxiliares para radiodifusión de televisión y bandas sonoras en frecuencias centrales**”, elaborado por el Señor: Lenny Guanoluisa Barre, estudiante de la Carrera Electrónica y Telecomunicaciones, Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final de trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Ing. Luis Miguel Amaya, Mgt.

DOCENTE TUTOR

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Washington Torres Guin, Mgt.
DECANO DE FACULTAD



Ing. José Sánchez Aquino, Mgt.
DIRECTOR DE CARRERA



Ing. Luis Amaya Fariño, Mgt.
PROFESOR TUTOR



Ing. Vladimir García Santos, Mgt.
TUTOR DE ÁREA



Ab. Luis Castro Martínez, Mgt.
SECRETARIO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

El presente trabajo titulación, “Análisis y Medición Vectorial de enlaces auxiliares para radiodifusión de televisión y bandas sonoras en frecuencias centrales”, declaro que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad educativa en el área de Sistema y Telecomunicaciones.



Atentamente,

Sr. Lenny Guanoluisa Barre

C.I 2450043456

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios por la vida, y por todos los momentos bonitos que pase durante toda mi etapa de estudiante universitario y poder culminar con éxito, de manera especial a mi mamá Luciola Barre Zambrano y Jonathan Guanoluisa Barre (+), ambos pilares fundamentales a lo largo de mi formación profesional, dándome como ejemplo la perseverancia, gratitud, constancia, mis amigos que me brindaron su apoyo incondicional en mi camino como estudiante.

Roger, Jean Piere, Víctor, Katy, Valeria, mis compañeros de curso dándonos el apoyo necesario para culminar esta etapa estudiantil, a los ingenieros Luis Miguel Amaya, Daniel Flores, Mónica, Montenegro y a cada uno de los docentes que nos impartieron sus conocimientos mientras duro nuestra formación como profesionales.

A mis amigas Genesis Villacis y Genesis Guamán por darnos el empujón y apoyo necesario para completar el ultimo requerimiento de titulación.

Dedicatoria

A Dios, por ser la luz de mi vida en momentos difíciles, por darme la fortaleza necesaria para seguir en momentos de debilidad, por mantenerme en el camino correcto durante toda mi etapa universitaria, permitiéndome alcanzar un logro importante en vida personal y profesional.

Mis padres Luciola Barre Zambrano y Leónidas Guanoluisa por ser pilares fundamentales en mi vida, por la paciencia y amor que me brindaron a lo largo de mi formación universitaria, por su tiempo, consejos, valores, por todo el apoyo que me brindaron de manera incondicional en los momentos más difíciles de mi vida, que supieron darme el valor para seguir luchando por mis metas,

Jonathan Guanoluisa (+), la persona que desde un principio de mi carrera profesional supo apoyarme de una manera incondicional, brindándome todo el cariño, ánimos necesarios, aconsejándome que siempre luche por mis sueño y metas.

Mis hermanas Geanina y Gabriela, mi hermano Sergio por el apoyo, la paciencia y por no abandonarme en los momentos más difíciles que necesite de ellos.

Todos mis familiares y amigos por su preocupación, por estar pendiente de mi bienestar y por cada una de la ayuda que me supieron brindar en cada momento que necesite.

Resumen

El actual trabajo de titulación plantea un laboratorio de análisis de parámetros de dispersión en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, con el objetivo del desarrollo de prácticas en temas relacionado de propagación y antenas para los estudiantes que cursa la carrera de Telecomunicaciones.

La implementación del laboratorio cuenta con materiales, equipos analizadores de redes y herramientas necesarias para realizar las prácticas reales, para poder entender un ambiente real de lo que se aprende dentro de las aulas de clases con equipos necesarios acorde al ámbito laboral.

El objetivo de la presente propuesta es examinar los parámetros de dispersión de las antenas de radiodifusión y tv en las frecuencias de 183MHz, 197MHz y 458MHz, mediante un analizador de redes vectoriales LibreVNA de 100Khz a 6Ghz, de esta forma, se contará con un laboratorio de radio difusión y TV que cumpla con la normativa universal (IBOC) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en la facultad, utilizando principalmente un analizador de redes vectorial o VNA.

Los métodos de investigación utilizados corresponden a los siguientes tipos: experimental, aplicada, cualitativo, cuantitativo y descriptiva, de esta manera, se busca optimizar las redes planteadas. El diseño fue creado por medio de la plataforma Sketchup en donde se pudo ubicar los equipos de pruebas según lo implementado en el laboratorio, cuenta con 3 tipos de antenas en las que se pudo realizar pruebas y entender el funcionamiento de dichos dispositivos.

Palabras claves: Medición vectorial, radiodifusión, bandas sonoras, frecuencias, IBOC In band On channel (Canal dentro de banda).

Abstract

The current degree project proposes a dispersion parameter analysis laboratory in the telecommunications laboratory of the Peninsula Santa Elena State University, with the aim of developing practical work on subjects related to propagation and antennas for students studying Telecommunications.

The implementation of the laboratory has materials, network analyser equipment and tools necessary to carry out the real practices, to be able to understand a real environment of what is learned in the classroom with the necessary equipment according to the work environment.

The objective of this proposal is to examine the dispersion parameters of broadcasting and TV antennas at the frequencies of 183MHz, 197MHz y 458MHz, through a LibreVNA vector network analyzer from 100Khz to 6Ghz, in this way, there will be a laboratory of radio broadcasting and TV that complies with the universal standard (IBOC) of the International Telecommunication Union (ITU) in the faculty using mainly a vector network analyzer or VNA.

The research methods used correspond to the following types: experimental, applied, qualitative, quantitative and descriptive, in this way, it seeks to optimize the designed networks.

The design was created using the Sketchup platform where the test equipment could be located as implemented in the laboratory, it has 3 types of antennas in which it was possible to test and understand the operation of these devices.

Keywords: Vector measurement, radio broadcasting, soundtracks, frequencies.

Índice General

DECLARACIÓN DE DOCENTE TUTOR.....	3
TRIBUNAL DE GRADO.....	4
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.....	5
Agradecimiento.....	6
Dedicatoria.....	7
Resumen.....	8
Abstract.....	9
Índice General.....	10
Índice de figuras.....	14
Índice de tablas.....	17
Introducción.....	1
Capítulo I.....	2
Generalidades de la Propuesta.....	2
1. <i>Antecedentes</i>	2
2. Descripción del proyecto.....	3
3. Objetivos del proyecto.....	4
3.1 <i>Objetivo General:</i>	4
3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4
4. Justificación.....	5
5. Alcance del proyecto.....	6
6. Metodología.....	7
a) Resultados esperados.....	9
Capítulo II.....	10
Fundamentos teóricos de la propuesta.....	10
2. <i>Marco contextual</i>	10
2.1 Marco teórico.....	11
2.1.1 Radiaciones electromagnéticas.....	12
2.1.1.3 Radiofrecuencia.....	12

2.1.1.4 Microondas.	14
2.1.1.5 Redes inalámbricas	14
2.1.1.5.7 Normativa universal (IBOC).....	18
2.1.1.5.9 Impedancia.	20
2.1.1.6.0 Parámetros S.	20
2.1.1.6.1 Carta de Smith.....	20
2.1.1.6.2 <i>Materiales a utilizar</i>	21
2.1.1.7 Libre VNA 100KHZ A 6GHZ.....	23
2.1.2 Pérdida por retorno	27
2.1.3 Coeficiente de reflexión.....	28
2.1.4 Impedancia.....	29
2.1.4.1 Características de Impedancia.....	30
2.1.4.2 Acoplamientos de Impedancia.....	31
2.1.4.3 Tipos de acopladores.....	31
2.1.4.4 Fundamentos de radio frecuencia	33
2.1.4.4.1 Elementos y características de radio frecuencia	34
2.1.5 Tipos de cables coaxiales.....	36
2.1.6 Parámetros de antena (ganancia)	37
2.1.6.3 Radio analógica y digital	39
Capítulo III.....	42
Desarrollo de la propuesta	42
3. <i>Componentes de la propuesta</i>	42
3.1 Componentes a utilizar.	42
3.1.1 Libre VNA- GUI.....	42
3.1.2 Sketchup.....	42
3.1.3 Componentes físicos	43
3.1.3.1 Antena Yagui	43
3.1.3.2 Antena conejo	45
3.1.3.3 Antena TDT YB8-002	46
3.1.3.4 Splitter coaxial de dos vías	47
3.1.3.5 Cable coaxial RG-6.....	48

3.1.3.6 Conectores coaxiales.....	49
3.1.3.7 Mecánicas	49
3.1.3.8 Eléctricas.....	50
3.1.10 Libre VNA	52
3.1.11Fuente de alimentación externa	53
3.1.11.1 Conexiones RF.....	53
3.1.12 LED.....	53
3.1.13 Salida de referencia.....	54
3.1.14 Entrada de referencia	54
3.1.14.1 Primeros pasos	54
3.1.1.5 Tipos de elementos GUI	55
3.1.1.6 Barra de herramientas de referencia	55
3.1.1.7 Base de registro de dispositivos.....	56
3.1.8. Analizador vectorial de redes.....	56
3.1.8.1Barra de herramientas de exploración.....	56
3.1.8.2 Barra de herramientas de adquisición de datos.....	57
3.1.8.2 Introducción	58
3.1.8.3 Mediciones.....	58
3.1.8.4 Activar la calibración.....	59
3.1.9 Calibración.....	61
3.1.10 Frecuencias de trabajo.....	68
3.1.11 Implementación del laboratorio	68
3.1.11.1 Antena Yagi con frecuencia central: 197.000 MHZ.....	69
3.1.11.2 Antena TDT con frecuencia central: 220 MHz.....	70
3.1.12 Antenas de pruebas y analizador de redes vectorial.	72
3.1.13 Medición vectorial	72
3.1.14 Frecuencias auxiliares	74
3.1.15 Enlaces auxiliares.....	75
3.1.16 Bandas de frecuencias.....	75
3.1.17 Bandas sonoras.....	77
3.1.18 Radiodifusión.....	77

Capítulo IV	79
4. Pruebas, análisis y resultados de la propuesta	79
4.1 <i>Análisis de gráficas logarítmicas</i>	79
4.1.2 <i>Frecuencia central 183,000 MHz</i>	82
4.1.3 <i>Frecuencia central 458,000 MHz antena TDT</i>	85
4.1.4 <i>Frecuencia central 225,000 MHz antena conejo</i>	87
4.1.5 <i>Frecuencia sonora central 1800,000 KHz</i>	88
Conclusiones	100
Bibliografía	103
Anexos 1.	109

Índice de figuras

Figura 1. RadioFrecuencia	13
Figura 2. Rango de frecuencia de VHF	13
Figura 3. Enlaces Punto a Punto	15
Figura 4. Tipos de línea base	16
Figura 5. Antenas Omnidireccionales.....	17
Figura 6. Antenas Bidireccionales	17
Figura 7. Tipos de antenas	18
Figura 8. Pérdida de retorno o VSWR	28
Figura 9. Plano complejo de impedancia.....	30
Figura 10. Acoplador genérico de impedancias.....	31
Figura 11. Acoplador L.....	32
Figura 12. Acoplador L.....	32
Figura 13. Acoplador π	33
Figura 14. Wavelength (360°)	34
Figura 15. Frequency	35
Figura 16. Amplitude	35
Figura 17 Phase.....	36
Figura 18. Intensa radiación.....	38
Figura 19. Libre VNA-GUI	42
Figura 20. Software sketchup para diseño de laboratorio.....	43
Figura 21. Antena Yagui y sus elementos	44
Figura 22. Antena conejo.....	45
Figura 23. Antena TDT YB8-00.....	46
Figura 24. Splitter coaxial de dos vías	48
Figura 25. Cable coaxial RG-6	49
Figura 26. Conector coaxial BNC.....	50
Figura 27. Conector coaxial SMA	51
Figura 28. Conector coaxial F.....	52
Figura 29. LibreVNA.....	52

Figura 30. Inicio de programa.....	54
Figura 31. Barra de herramientas.....	55
Figura 32. Base de registro	56
Figura 33. Barra de herramientas de barrido	56
Figura 34. Barra de herramientas de adquisición de datos	57
Figura 35. Cuadro de calibraciones de los puertos.	58
Figura 36. Calibración no deseada del VNA.	59
Figura 37. Cuadro de calibraciones	60
Figura 38. Activación de calibración SOLT.....	60
Figura 39. Menú SOLT.....	60
Figura 40. Estado de calibración en condiciones exactas.	61
Figura 41. Interfaz del LIBREVNA.....	61
Figura 42. Ventana de calibración VNA.....	62
Figura 43. Cuadro de calibraciones VNA.....	62
Figura 44. Calibración de puerto 1 SHORT.	63
Figura 45. Calibración en “Short” puerto 1.	63
Figura 46. Ejecución “Measure” puerto 1.	64
Figura 47. Calibración de puerto 1 “OPEN”.	64
Figura 48. Ejecución OPEN Measure en el puerto 1.....	65
Figura 49. Calibración en “LOAD” puerto 1 del VNA.	65
Figura 50. Calibración en la frecuencia propuesta.....	66
Figura 51. Cuadro de calibración en puerto 1 y 2.....	66
Figura 52. calibración en “Through standard”.....	67
Figura 53. ventana de medidas de calibración.....	67
Figura 54. Análisis de los equipos	68
Figura 55. Entorno de laboratorio de radio y tv normativa IBOC	69
Figura 56. Entorno de laboratorio antena receptora banda VHF.....	70
Figura 57. Entorno de laboratorio antena receptora banda VHF con VNA para análisis. 70	
Figura 58. Entorno de laboratorio de antena TDT receptora en banda.....	71
Figura 59. Entorno de antenas de pruebas y VNA.....	72

Figura 60. Entorno de antenas de pruebas y VNA.....	73
Figura 61. Frecuencias auxiliares	74
Figura 62. Frecuencias auxiliares	75
Figura 63. Frecuencias auxiliares	76
Figura 64 Parámetros S en la F 197.000Mhz.....	79
Figura 65. Valores esperados del parámetro S F1	80
Figura 66. Resultado del parámetro s11.....	80
Figura 67. Impedancia de la antena en la frecuencia 197.00 MHz.....	82
Figura 68. Parámetros S en frecuencia 183.00 MHz	82
Figura 69. Valores esperados s11 de la frecuencia 183.000 MHz.....	83
Figura 70. Resultado de parámetro s11 en F2.....	84
Figura 71. Impedancia de la antena en la F2	84
Figura 72. Frecuencia central de trabajo antena TDT.....	85
Figura 73. Valores esperados del parámetro s11, en la F3.....	85
Figura 74 Resultado de parámetro s11 en F3.....	86
Figura 75. impedancia de la antena en la F3.....	86
Figura 76. Frecuencia auxiliar de trabajo antena conejo	87
Figura 77. Resultado de parámetro s11 en F 225 MHz.....	87
Figura 78. Resultado de parámetro s11 en F 225 MHz.....	88
Figura 79. parámetros de banda sonora 1800Khz.....	88
Figura 80. valores de s11 en la frecuencia 1800Khz.....	89

Índice de tablas

Tabla 1.	13
Tabla 2.	19
Tabla 3.	21
Tabla 4.	24
Tabla 5.	26
Tabla 6.	28
Tabla 7.	39
Tabla 8.	44
Tabla 9.	46
Tabla 10.	47
Tabla 11.	48
Tabla 12.	50
Tabla 13.	51
Tabla 14.	51
Tabla 15.	68
Tabla 16.	83
Tabla 17.	89

Introducción

El sector de las telecomunicaciones ha dado un gran avance y ha ocupado mayor parte del espectro electromagnético, por ello, la Universidad Estatal Península de Santa Elena a través de la facultad de sistemas y telecomunicaciones, aunque tiene nueve laboratorios técnicos que ayuda a una educación adecuada a los estudiantes distribuidos en cada especialización, es necesario realizar una actualización.

En el Capítulo I, se propone un análisis de Generalidades de la propuesta detallando los aspectos relacionados con los antecedentes, descripción, objetivos y resultados esperados.

En el Capítulo II, se muestran todos los conceptos relacionados para mostrar un marco teórico que sea de beneficio para todos los involucrados.

En el Capítulo III, se presentan todo el diseño, los equipos y la implementación de la propuesta de acuerdo con la normativa universal (IBOC) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

En el Capítulo IV, se ejecutan las pruebas relacionadas con los resultados de la propuesta para verificar la caracterización en frecuencias de 183MHz, 197MHz y 458MHz. Finalmente, se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

Capítulo I

Generalidades de la Propuesta

1. Antecedentes

Las comunicaciones en la actualidad es la base primordial para el desarrollo social y económico en todo el mundo. La importancia de tener una comunicación indudable es la garantía de tener una buena transmisión y recepción de información. Es por esta razón que la televisión y la radiodifusión son los medios de comunicación más importantes en el ámbito de las telecomunicaciones debido a que constituyen los principales medios de acceso a la información a nivel mundial.

Con el desarrollo de la tecnología, el sector de las telecomunicaciones ha dado un gran avance y ha ocupado mayor parte del espectro electromagnético, distribuyendo las energías de radiaciones electromagnéticas, expresado comúnmente en términos de longitud de onda y frecuencias de radiación. Las frecuencias asignadas para los servicios de televisión y radiodifusión se agrupan en bandas licenciadas de muy alta frecuencias VHF de transmisión y recepción de señales, en efecto son utilizadas para poder ofrecer varios servicios de comunicaciones inalámbricas, tales como: la comunicación celular, comunicaciones de aviación, radar, rfid, servicios fijo y móvil etc. Estas bandas de frecuencia se otorgan con diferentes fines como la educación, seguridad nacional, aplicaciones científicas, médicas o industriales.

Todo este conjunto de frecuencias perteneciente al espectro electromagnético comprende desde las frecuencias más bajas que van desde los 10 a 100 Hz, en este rango comprende el trabajo de los campos por acciones de generación y transmisión de la electricidad, hasta las frecuencias tremendamente altas de 10 Tera Hz que pertenece a los rayos X en aplicaciones médicas. De la misma manera, el Espectro electromagnético en donde la Unión Internacional de

Telecomunicaciones (UIT) determina que las frecuencias del espectro sean usadas para brindar servicios de radioastronomía, servicios móviles, policía, meteorología y servicios fijos.

Con la evolución de las comunicaciones inalámbricas se han desarrollado un sin número de aplicaciones, donde el software y hardware son los mejores aliados para desplegar este tipo de comunicaciones en el sitio donde requiera la operadora o empresa y así poder brindar servicios tales como telefonía fija y móvil, que son de mayor importancia para la operación de estaciones y sistemas de televisión y radiodifusión, en estas operan las frecuencias auxiliares para realizar el envío y recepción de información. Por tal motivo, brindan los servicios descritos en las empresas y estas buscan realizar un óptimo desempeño en la transmisión de datos, es por eso, que se opta por realizar un análisis de redes vectoriales mediante equipos técnicos como el VNA y poder realizar un excelente diseño y optimización de servicios.

Es necesario recalcar que el análisis vectorial que se hacen en las diferentes frecuencias de estudios, son de mucha importancia para los ingenieros en telecomunicaciones. Con los datos que se obtenga del análisis del dispositivo se podrá diseñar, desplegar y mantener un buen servicio de radiocomunicaciones. Los estudios con equipos reales son de gran importancia en instituciones de niveles superiores que tienen carreras técnicas como Electrónica y Telecomunicaciones, donde es fundamental el aprendizaje de las asignaturas como comunicaciones inalámbricas, antenas, propagación de señales, ondas microondas, etc. Por lo tanto, con la práctica y usos de equipos reales se puede mejorar las enseñanzas a futuros ingenieros y así dar solución a los problemas que se presenten en el ámbito profesional.

2. Descripción del proyecto

El enfoque del proyecto se basa en el establecimiento de un laboratorio de radio difusión y TV que cumpla con la normativa universal (IBOC) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), como instrumento principal se utilizará un analizador de redes

vectorial o VNA siendo instrumento que permite analizar las propiedades de las redes, especialmente los parámetros de dispersión o parámetros S, en altas y bajas frecuencias, que dan información acerca de la reflexión y la transmisión de las señales en RF y microondas. Ofrece una medida de la magnitud y fase de los parámetros de dispersión haciendo un barrido en frecuencia que no son posibles con otros equipos de medición de señales RF.

Por consiguiente, se pondrá en práctica esta red con los equipos necesarios de forma que se puedan analizar las diferentes frecuencias para establecer los parámetros de dispersión, dentro de estas prácticas los estudiantes serán capaces de administrar y gestionar los diferentes puntos de la red.

3. Objetivos del proyecto

3.1 Objetivo General:

Examinar los parámetros de dispersión de las antenas de radiodifusión y TV en las frecuencias de 183MHz, 197MHz y 458MHz, mediante un analizador de redes vectoriales Libre VNA de 100Khz a 6Ghz.

3.2 Objetivos Específicos

- Implementar un módulo didáctico de radio difusión y TV que cumpla con la normativa universal (IBOC) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) en frecuencias de 183MHz, 197MHz y 458MHz.
- Analizar logarítmicamente los parámetros de dispersión en los rangos de frecuencia de 183MHz, 197MHz y 458MHz para las antenas de radiodifusión y TV, según la normativa universal (IBOC).
- Realizar la caracterización matemática mediante los parámetros de dispersión obtenidos en el analizador vectorial de redes VNA de las frecuencias centrales asignadas.

- Crear una guía práctica basada en el análisis y caracterización de los parámetros de dispersión, usando el VNA en las frecuencias centrales asignadas.

4. Justificación

La presente investigación tiene como finalidad la aplicación de los conceptos teóricos y prácticos sobre el uso de herramientas y equipos tecnológicos de la actual generación, siendo muy importante para fortalecer el conocimiento científico de los estudiantes como futuros profesionales, por esta razón, la propuesta que se presenta se justifica en virtud a lo que se necesita en la exigencias académica para una buena formación, permitiendo al estudiante contar con una guía técnica de prácticas según las aplicaciones en las radiocomunicaciones.

Es por este motivo, que el presente trabajo será de ayuda para la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ya que la introducción de un analizador vectorial de redes al laboratorio de Telecomunicaciones generará un beneficio a los estudiantes y al mismo tiempo a los docentes que imparten cátedra de comunicaciones inalámbricas, redes de telecomunicaciones, antenas etc., y así poder fortalecer los conocimientos adquiridos y tener experiencias en el manejo de instrumentos de medición vectorial.

Cabe resaltar que a medida que avanza la tecnología el término VNA se hace muy importante para el ámbito de las telecomunicaciones ya que este dispositivo nos permite realizar varias mediciones y componentes de diferentes frecuencias que utilizan las antenas en campo. El VNA es uno de los instrumentos modernos para medición de dispositivos y componentes en alta frecuencia; es capaz de medir módulo y fase de componentes, retardo de grupo e impedancia de puertos graficado en diagrama de Smith; utilizando, además, métodos de calibración complejos para disminuir errores, de esta manera se tendrá la capacidad de manejar el dominio temporal [TDR]; permitiendo así detectar desfases remotas o fallas a distancia.

Es por tal motivo, que es de suma importancia realizar mediciones vectoriales a las distintas señales de transmisión y recepción, ya que con el análisis de estas se podrá comprobar y asegurarse que todos los componentes estén funcionando correctamente y así no tener ningún tipo de problema en el envío de información, debido que el equipo cuenta con una alta capacidad de calibración para el uso correcto.

Con lo expuesto anteriormente, otro aspecto importante que se brindará en este trabajo de investigación de práctica experimental, es comprobar con el VNA los procedimientos de muestreo de señales de frecuencias altas y bajas según las condiciones de trabajo a las que se exponen dentro del espectro electromagnético, en un ambiente más real acorde en el ámbito profesional, específicamente poder comprender el trabajo de las antenas al momento de la transmisión y recepción de señales.

5. Alcance del proyecto

El alcance de este trabajo tiene como finalidad el análisis vectorial de señales en el rango de las altas frecuencias (VHF) en los equipos de recepción de señales (antenas) mediante un Analizador Vectorial de Redes VNA, dicho dispositivo permitirá visualizar los cambios de potencia al momento que se transmita una señal de radio y televisión en las frecuencias centrales asignadas y sea receptada por los equipos o antenas de pruebas como TDT, Yagi y Conejo etc.

Para el análisis de las señales de muy alta frecuencia se procederán a realizar una caracterización matemática mediante los parámetros de dispersión, para la comprobación tanto en el rango del espectro electromagnético mediante el VNA de las señales a receptor mediante los equipos de pruebas, con el fin de demostrar los valores vectoriales que se presenten en los resultados teóricos y obtener parámetros importantes que se presentan al transmitir y recibir las señales que se propagan en el espectro, dando como resultado la obtención de parámetros de dispersión.

Por tal motivo, los resultados obtenidos en el presente trabajo están encaminados a generar información para los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones, permitiéndoles desarrollar criterios para dar diversas soluciones en el diseño y despliegue de sistemas de radiocomunicaciones.

6. Metodología

El desarrollo del proyecto cuenta con el desarrollo de los diferentes métodos de investigación expuestos a continuación:

Investigación experimental.- En este método los tratamientos de las variables han sido manipulados por el investigador, por lo que se tiene el control y evidencias de causa-efecto (1), es lo que se va a llevar a cabo mediante el transcurso de la investigación con el VNA ya que se obtendrá diferentes parámetros de las señales de recepción con diferentes equipos de prueba que se tendrá.

Investigación aplicada. - Busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto (2). Esto ayudará a obtener el conocimiento de la manera técnica de cómo se utilizará el VNA para poder reforzar los conocimientos teóricos con la práctica experimental y obtener los resultados propuestos.

Investigación descriptiva.- Es un tipo de investigación que se encarga de describir la población, situación o fenómeno alrededor del cual se centra su estudio (3). Con este tipo de investigación se relaciona con la variable o en este caso el VNA que formará parte de este proceso para realizar las mediciones vectoriales en las frecuencias asignadas al trabajo.

Investigación cuantitativa. - Es aquella que emplea magnitudes numéricas para expresar su trabajo, mediante técnicas experimentales o estadísticas, cuyos resultados son representados

luego matemáticamente. Con esta investigación se podrá conocer los resultados de la caracterización matemática teórica que se hace con el estudio de las frecuencias asignadas en el VNA.

Investigación cualitativa. - Es aquella que recoge discursos existentes en torno al tema y realiza luego una interpretación rigurosa. Con esta investigación se podrá conocer más acerca del equipo VNA revisando revistas científicas de trabajos realizados anteriormente.

A continuación, se detalla las fases de desarrollo relacionadas con la implementación del proyecto:

- Primero, se desarrolla una investigación aplicada donde se realizará una implementación de un laboratorio técnico de radiodifusión y televisión en la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones de Universidad Estatal Península de Santa Elena, para el estudio de los datos que se obtengan del dispositivo de análisis en las frecuencias requeridas o en las que se utilicen en el espectro electromagnético por los equipos de prueba de recepción de señales que sean necesarios como las antenas tipo TDT, Yagi y Conejo etc.
- Se realizó el análisis vectorial de la señal de recepción mediante el analizador de redes vectoriales o conocido como VNA, realizando una interpretación logarítmica de los datos que se obtenga de las pruebas a realizarse con el instrumento y los equipos de prueba, para este caso, se consideró ejemplos de las medidas que puede otorgar en analizador, entre ellas: medidas de reflexión (pérdida de retorno, relación onda estacionaria), medidas de transmisión (ganancia, coeficiente de transmisión), parámetros S (parámetros de dispersión) S11, S12, S21, S22. Ciertos parámetros expuestos se podrá hacer una caracterización matemática y realizar una comparación con respecto al VNA y reconocer las diferencias y similitudes que se pueden dar en estos procesos.

- Por medio del analizador vectorial de redes se buscó optimizar las redes inalámbricas diseñadas, esto se puede lograr desarrollando diferentes escenarios en entornos reales y así modificar parámetros de los enlaces como frecuencia, distancias entre equipos de envío y recepción de señal, ancho de canal, línea de vista entre otros, y a su vez analizar el muestreo de cada señal de radiofrecuencia de los ejemplos de equipos de pruebas que se tendrán.

a) Resultados esperados

El proyecto planteado tiene como objetivo realizar un análisis y medición vectorial de las señales de recepción en las bandas de frecuencia centrales asignadas para la radiodifusión y televisión mediante el VNA por lo que se espera los resultados:

- Implementar un módulo didáctico de prácticas de radio y televisión y análisis de parámetros S para futuras practicas estudiantiles o investigaciones por parte de los docentes.
- Analizar logarítmicamente el parámetro de dispersión S_{11} según la frecuencia central propuesta para el análisis cumpliendo con la normativa recomendada, para interpretar el análisis de los valores que nos da el VNA.
- Resaltar los resultados que se tenga entre la caracterización matemática que se obtenga con el VNA y los equipos de pruebas y frecuencias propuestas para determinar si la línea de transmisión esta acoplada a la antena y poder interpretar si se transmite la potencia incidente a la antena.
- Realizar guías de prácticas mediante la implementación del módulo didáctico para el análisis del parámetro de dispersión S_{11} con sus respectivos cálculos

matemáticos estos son coeficiente de reflexión, pérdidas de retorno, porcentaje de potencia reflejada etc.

Capítulo II

Fundamentos teóricos de la propuesta

2. Marco contextual

En la actualidad la Universidad Estatal Península de Santa Elena cuenta con la Facultad de Sistemas y Telecomunicaciones, la misma que está compuesta por tres carreras técnicas, Electrónica y Automatización, Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, esta institución posee nueve laboratorios técnicos que ayudan a ejecutar una educación adecuada a los estudiantes distribuidos en cada especialización.

La carrera de telecomunicaciones en su malla curricular brinda asignaturas como: fundamentos de comunicación, propagación de señales, antenas, circuitos, redes y comunicaciones inalámbricas, etc. La ingeniería en Telecomunicaciones es una rama que se encarga de conocimientos como diseñar, gestionar y administrar todos los sistemas tecnológicos de información y telecomunicaciones.

Estos conocimientos son propios de la rama de ingeniería por lo que es importante cuando se ejecutan proyectos técnicos, realizar análisis y resolver problemas de transmisión y recepción de señales analógicas o digitales de radiofrecuencias, microondas y la conexión de redes inalámbricas como WLAN y WAN, mediante equipos o herramientas técnicas que se utilizan como antenas, switch, repetidor, puntos de acceso, routers, etc.

2.1 Marco teórico

De acuerdo al análisis ejecutado en repositorios digitales se comprueba diversos estudios ejecutados en torno al tema abordado en la investigación, para ello se consideró el estudio de (Ocaña Arcos, 2005) donde expone textualmente lo siguiente:

En el Ecuador, la radio sigue siendo un medio de interés, tanto, que el espectro de frecuencias se encuentra saturado en las provincias más importantes del Ecuador como son Pichincha, Guayas y Azuay, tanto para la banda de AM y FM, dando a conocer la gran necesidad de renovar el sistema y crear nuevos servicios basándose en este medio tan útil para la comunidad. (p.3)

Desde este contexto se ha insertado en la actualidad nuevos sistemas de radiodifusión, siendo una de las mayores ventajas para crear servicios que servirá para entregar a la sociedad nueva señal digital, como espectros adicionales que garanticen el buen funcionamiento de estas frecuencias.

De la misma forma se consideró el estudio de (Villavicencio Sarango, 2014) donde manifiesta “Ecuador durante los últimos años ha tenido cambios regulatorios en torno al proceso de telecomunicaciones, cambios que han surgido en torno a dependencia, organización, atribuciones de organismos como MINTEL (Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información), CONARTEL (Consejo Nacional de Radio y televisión), CONATEL (Consejo Nacional de Telecomunicaciones), organismos presentes en la época radial donde sus funciones y bases legales lograron operar con un excelente servicio de radiodifusión en Ecuador. (p.28)

Lo expuesto por el autor determina que a lo largo de la historia el proceso de radiodifusión y televisión han dado un giro trascendental y queda marcado los organismos iniciales que formaron

parte de la telecomunicación con bases legales en el Ecuador, y que hoy en día dejan un legado importante, con el objetivo de crecer dentro de la brecha digital.

2.1.1 Radiaciones electromagnéticas

2.1.1.1 Definición.

La radiación electromagnética se define a la relación con “campos eléctricos y magnéticos que se propagan en el espacio a la velocidad de la luz, transportando energía de un lugar a otro mediante ondas electromagnéticas, éstas se caracterizan por su longitud y frecuencia” (5).

2.1.1.2 Radiación no ionizante.

Las radiaciones se clasifican de esta manera debido a que se caracterizan al portar ondas que no son capaces de dañar tejidos en el cuerpo humano y corresponden a radiofrecuencia, rayos infrarrojos, etc. (5). Es decir, que se clasifican de acuerdo con su longitud de onda (6).

2.1.1.3 Radiofrecuencia.

La radiofrecuencia (RF) corresponde a un tipo de radiación que se utiliza en diferentes aplicaciones de la industria o investigación. Se encuentra una gama variada de frecuencia que va desde 3 a 3 x 10⁸ kHz, por lo que, se encuentra en emisiones de radio, emisiones de televisión, telefonía a larga distancia, radiocomunicación, telefonía móvil, radares, calentadores, fuentes de alimentación conmutadas y monitores (7).

BANDAS	PRINCIPALES SERVICIOS
UHF	FLUJO TERRESTRE
	MÓVIL TERRESTRE
	ESPECTRO
VHF	FLUJO TERRESTRE
	MÓVIL TERRESTRE
	ESPECTRO
HF	FLUJO TERRESTRE
	MÓVIL TERRESTRE
	ESPECTRO

Figura 1. RadioFrecuencia

Fuente: (5)

Las frecuencias asignadas como Very High Frequency (VHF) de transmisión y recepción de señales, tiene una banda que “abarca el rango de frecuencias desde 30 a 300 MHz. Sus longitudes de onda varían desde 10 m en la parte baja hasta 1 m en la parte alta. Esto produce que el tamaño de las antenas sea menor”(8).

Para la propagación de este tipo de ondas se utilizan diferentes dispositivos y deben colocarse en una línea de vista despejada. Los principales usos de este tipo de frecuencia se indican como “la televisión VHF, la radio FM, la radio AM de los aviones y la ayuda de navegación de los aviones”(9).

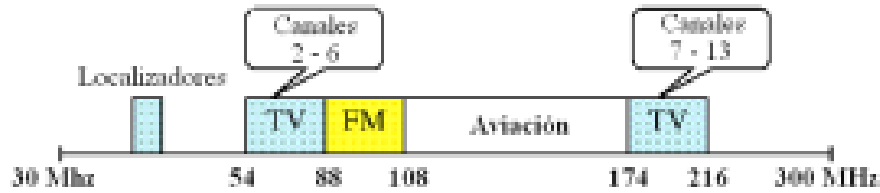


Figura 2. Rango de frecuencia de VHF

Fuente: (9)

Los niveles de frecuencias en el país se encuentran definidos de acuerdo con la Comisión Internacional sobre Protección frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP), para lo cual, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 1.

Niveles de referencias en el país

Tipo de exposición	Rango	Intensidad de campo eléctrico E(Vm ⁻²)	Intensidad de campo magnético H (Am ⁻¹)	Densidad de potencia S (Wm ⁻²)
Ocupacional	3-65kHz	610	24,4	-

	0,065 – 1 MHz	610	1,6/f	-
	1 – 10 MHz	610/f	1,6/f	-
	10 – 400 MHz	61	0,16	10
	400- 2000MHz	$3 f^{0,5}$	$0,008 f^{0,5}$	f/40
	2- 300 GHz	137	0,36	50

Fuente: (10)

2.1.1.4 Microondas.

Las microondas corresponden a la transmisión o propagación que se realiza en una sola dirección. De esta manera, se indica que hace falta dos frecuencias para que se genere una comunicación en dos sentidos. Para cada transmisión se reserva una frecuencia por dirección y así se necesita de un receptor; aunque en la actualidad existe un solo dispositivo encargado que es el transceptor, así se puede utilizar una única antena para dar servicios sin importar las frecuencias o las funciones (9).

2.1.1.5 Redes inalámbricas

2.1.1.5.1 Definición.

Las redes inalámbricas se definen como “redes que utilizan ondas de radio para conectar los dispositivos, sin la necesidad de utilizar cables de ningún tipo” (11). Para el acceso se puede utilizar ubicaciones remotas y se construye con la utilización de diferentes dispositivos que soportan dispositivos portátiles o la transmisión de las señales de información mediante el medio de aire debido a que no utiliza las mismas estructuras para las redes cableadas tradicionales presentan bajo costes.

También pueden indicarse como la disposición de elementos que pueden conectarse y comunicarse entre si, sin la necesidad de utilizar cables, por ello, son muy conocidos debido a que confieren una sensación de libertad o como una solución debido a que en algunas zonas no se puede utilizar cableado. Además, en la actualidad la mayoría de los dispositivos en el mercado presentan estas facilidades (12).

2.1.1.5.2 Enlaces inalámbricos.

Los enlaces inalámbricos son contemplados desde 2 radios bases con una línea de vista y dependiendo del acceso y la infraestructura establecida para la instalación de los equipos:

- a. Enlace de radio (Punto- punto): Este tipo de enlace permite un alcance de 4.9 a 5.925GHz

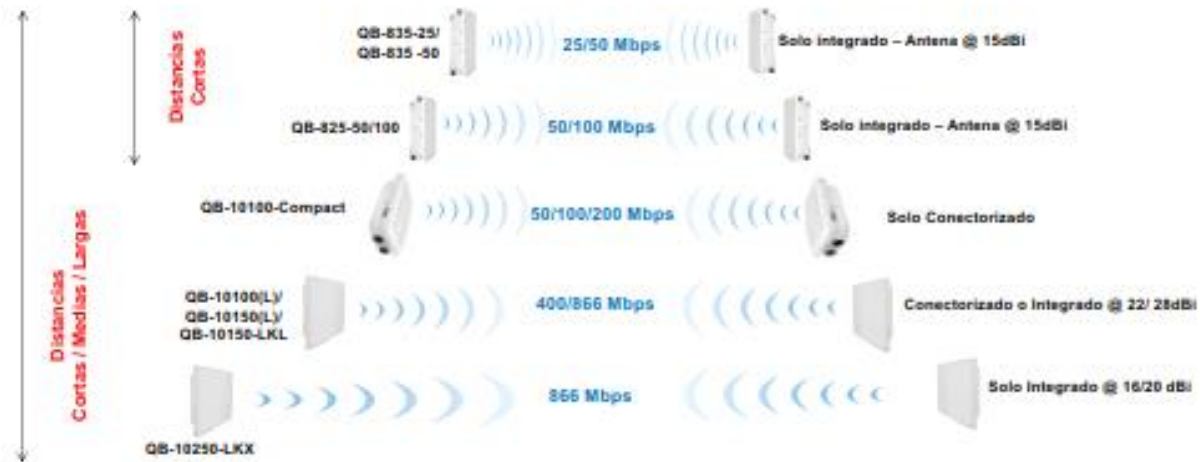


Figura 3. Enlaces Punto a Punto

Fuente: (13)

- b. Radio enlace punto a multipunto: Es un modelo que permite compartir conexiones desde un punto o acceso central hacia diferentes nodos (14).

- c. Radio enlace multipunto a multipunto: es el tercer modelo encargado de transportar desde cada nodo la cantidad necesaria hacia otros; es decir, todos se comunican entre sí (14).

2.1.1.5.3 Ancho de canal.

Dentro de las redes inalámbricas es importante configurar el ancho de canal y para escogerlo, se debe tomar en cuenta que cuanto más ancho sea este, más datos se pueden transportar por el flujo, es así como es potencialmente más rápida aunque es probable que esté alrededor de objetos sólidos. Por ello, es mejor disminuir un poco el ancho de canal para tener una mayor resistencia a las interferencias (15).

2.1.1.5.4 Línea de vista.

La línea de vista o de base tiene como establecimiento el colocar los equipos utilizados de forma que tengan buenos ángulos de orientación y permitan la triangulación de los objetivos. Para ello, se tiene dos tipos de configuraciones que pueden ser convexas o cóncavas dependiendo de los ángulos o de las áreas establecidas.

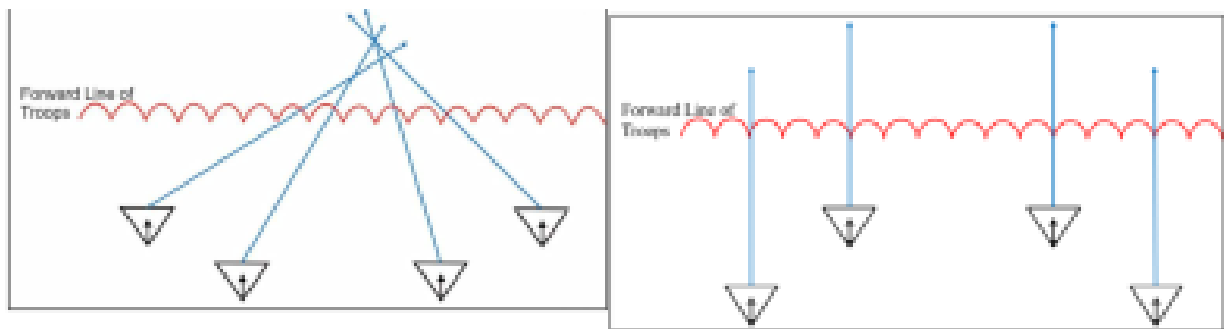


Figura 4. Tipos de línea base
Fuente: (8)

2.1.1.5.5. Antenas

Las antenas forman parte fundamental de las redes inalámbricas y se encargan de la recepción o transmisión de los datos, para ello, se clasifican en:

Antena Omnidireccional: Este tipo de antenas radian las señales en todas las direcciones, como ventaja presentan la posibilidad de lograr conexiones a grandes distancias sobre todo si se concentra en el eje horizontal (12).

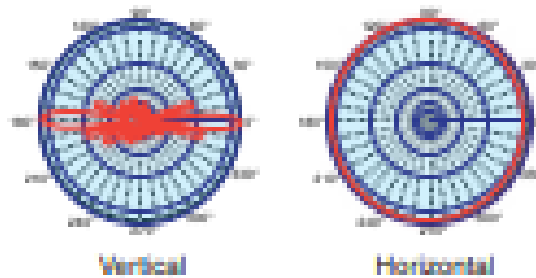


Figura 5. Antenas Omnidireccionales

Fuente: (12)

Las antenas de tipo bidireccionales o direccionales.- se encargan de concentrar las señales en una o dos direcciones. En este caso, la señal tiene mayor ganancia, pero a medida que disminuye su ángulo de radiación (12).

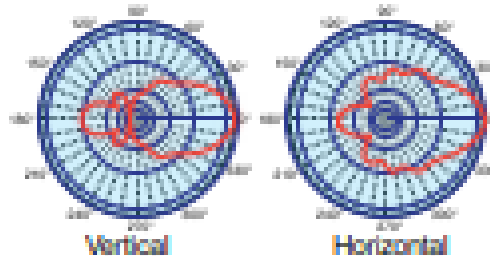


Figura 6. Antenas Bidireccionales

Fuente: (12)

2.1.1.5.6 Antenas en microondas.

Las antenas utilizadas para las microondas suelen ser de tipo parabólicas o de cornete. La primera se basa en la geometría de cada línea paralela a la línea de simetría refleja la curva de los ángulos. Funciona como un embudo, que capta todas las ondas y las dirige hacia un punto en común. Mientras que la antena de cornete es más parecida a una cuchara gigante y permite que las transmisiones de salida sean radiadas hacia arriba (9).

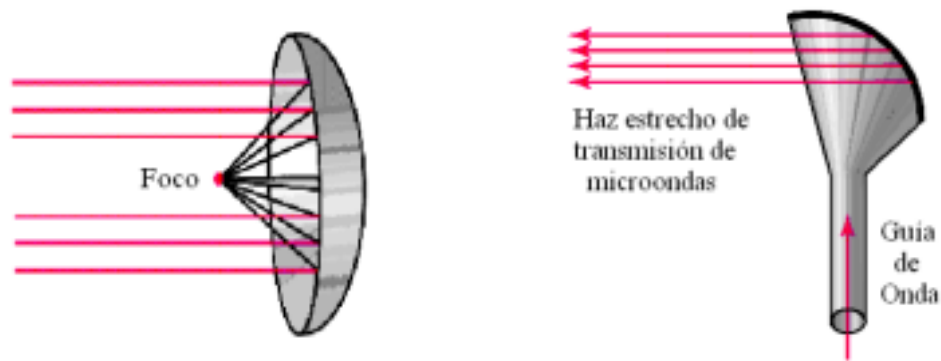


Figura 7. Tipos de antenas

Fuente:(9)

2.1.1.5.7 Normativa universal (IBOC).

IBOC se plantea como “Es también conocida como la tecnología HD, esta fue aprobada en octubre del 2002 por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) como sistema digital de los Estados Unidos” (16). Es un sistema que tiene permisividad de envío híbrido, es decir, que permite, la transición entre la señal analógica y la digital dependiendo de donde se aplique y para ello, se incorporan portadoras digitales en cualquiera de los dos lados.

La union internacional de telecomunicaciones (UIT), en su recomendación UIT-R BS 774 , indica los requisitos que deberian sastifacer aspectos tecnicos en los sistemas de radiodifusion sonora digital en las bandas metricas y decimetricas estas son:

- Calidad de la señal de audio transmitida, comparable a los medios de grabación digital de consumo de alta calidad, para receptores a bordo de vehículos, portátiles, fijos etc.
- Mayor eficiencia en lo que respecta a la utilización del espectro radioeléctrico y la potencia transmitidas, comparado con los sistemas actuales de frecuencia modulada.
- Mejora en calidad de funcionamiento frente a condiciones de propagación multitrayecto.
- Compromiso entre robustez de señal recibida y calidad del audio.
- Posibilidad de ofrecer servicios de valor agregado.
- Posibilidad de fabricación a gran escala de receptores y antenas.

Predicción de Cobertura

- Servicios punto a zona.
- Frecuencias de 30 a 3000 MHz.
- Enlaces radioeléctricos troposféricos sobre trayectos terrestres de 1 a 1000 km.
- Altura de antena de transmisión menor a 1000m

2.1.1.5.8 Análisis de radiofrecuencia y microondas

2.1.1.5.8.1 Medidas de reflexión.

Las medidas de reflexión permiten evaluar el rendimiento de las antenas instaladas debido a que se refleja un cierto nivel de señal transmitida. A continuación se presentan las principales mediciones:

Tabla 2.

Medidas de reflexión

Medición	Fórmula
Coeficiente de reflexión	$r = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}}$
Pérdida de retorno	$RL(dB) = 10 \log r$

Fuente:(17)

2.1.1.5.9 Impedancia.

La impedancia de acoplamiento es considerada como “la resistencia que hay al acoplamiento energético de RF y la antena (El emisor se denomina resistencia de radiación)” (18). Esta impedancia aparece en los terminales de las antenas tomando en cuenta la tensión y la corriente de entrada. Se representa mediante un número complejo donde la resistencia es la parte real y la reactancia es la parte imaginaria.

2.1.1.6.0 Parámetros S.

Dentro del comportamiento de una red es importante realizar la caracterización. Los parámetros S son considerados como los relacionados con las ondas de tensión en los diferentes puertos de la red (19).

- S_{11} Conocido como el coeficiente de reflexión en el puerto de entrada.
- S_{12} Conocido como coeficiente de transmisión inversa.
- S_{21} Conocido como coeficiente de transmisión directa.
- S_{22} Conocido como coeficiente de reflexión en el puerto de salida.

2.1.1.6.1 Carta de Smith.

La carta de Smith es utilizada para el análisis de diferentes circuitos, por lo que, se considera: una herramienta para el análisis de las líneas de transmisión en cualquier circuito de microondas. La carta es una representación, en el plano del coeficiente de reflexión, de la resistencia y reactancia normalizadas que permite obtener diversos parámetros que caracterizan las




líneas de transmisión, así como resolver problemas de adaptación de impedancias de forma gráfica, sin necesidad de recurrir al cálculo complejo (20).

2.1.1.6.2 Materiales a utilizar.

Dada que la principal tarea es implementar un laboratorio de radio difusión y TV; para ello, se requieren los siguientes dispositivos:

Tabla 3.

Materiales a utilizar

Cant	Descripción	
1	Libre VNA 100KHZ A 6GHZ	
1	Sma-Uhf Rf Conectores Coaxiales	
1	Rf Coaxial Cablem Fpv #20	

1 DHT Conector



Aursinc Filter Attenuator



2 Conector N Macho Para
Ponchar En Rg8 Lmr400



2m Cable Coaxial LMR400



1 Ponchadora Profesional De
Cable Coaxial



1 Caja Para Dispositivos
Electrónicos



4 Antenas Para Pruebas



2.1.1.7 Libre VNA 100KHZ A 6GHZ

Un analizador de redes vectoriales (VNA) tiene como función la medición de “forma nativa los parámetros S complejos de un dispositivo bajo prueba (DUT) en el modo de dominio de frecuencia cuando barre varios puntos de frecuencia” (21). Además, con el método de corrección de error vectorial permite localizar con precisión los desajustes que se pueden generar. A continuación, se presentan las características más importantes:

- Impedancia: 50Ω
- Rango de frecuencia: 100kHz a 6GHz

- Número de puertos: 2
- Interface: USB tipo C

Tabla 4.

Comparación entre VNA

Libre VNA 100KHZ A 6GHZ	Seesii - Kit analizador de red vectorial NanoVNA-H4, 10KHz-1.5GHz
Basado en USB de código abierto con 2 puertos	Con pantalla táctil LCD y puerto USB
Por encima de 3 GHz, el rendimiento disminuye al aumentar la frecuencia	Rendimiento mejorado en todos los aspectos.
Se potencia mediante el uso de calibradores de mayor precisión	Permite exportar archivos Touchstone (snp) para varios diseños de radio y software de simulación a través del software de computado

2.1.1.8 Sma-Uhf Rf Conectores Coaxiales

Los conectores coaxiales permiten la conexión dependiendo de las aplicaciones por lo que, existe una gran variedad de modelos y tamaños (22). Para lo cual, presentan las siguientes características:

- Tipo de conector: SMA, UHF, Coaxial
- Número de puertos: 4
- Género del conector: UHf macho/hembra

2.1.1.8.1 Rf Coaxial Cable

Los cables coaxiales corresponden a “cable de cobre o aluminio que usan las empresas de televisión por cable (CATV) entre su antena comunitaria y las casas de los usuarios” (23). Debido a su composición se pueden utilizar en diferentes aplicaciones donde se tienen que transmitir señales eléctricas a muy altas velocidades y además no se requiere de interferencias.

2.1.1.8.2 Aursinc Filter Attenuator

Tiene las siguientes especificaciones:

- Pantalla LCD de 2,8 pulgadas, portátil
- Alimentación con batería o por USB
- Rango de frecuencia de 50 KHz-300 MH
- Firmware y repositorio de hardware en github.com/ttrftech/NanoVNA.
- Cable de datos USB tipo C

2.1.1.8.3 Conector N Macho Para Ponchar En Rg8 Lmr400

Este tipo de conector es compatible con diferentes cables, tiene un cuerpo de latón niquelado y es un conector crimpado de primera calidad. Presenta las siguientes especificaciones:

- Construcción: Conector 400 N
- Impedancia: 50 Ohms
- Voltaje nominal: 1500 V
- Rango de Frecuencia: DC ~ 11 GHz
- Tipo de cable: Coaxial

2.1.1.8.4 Ponchadora Profesional de cable coaxial

Es un tipo de pinza que permite crimpear a diferentes cables, ideales para instalaciones de Internet, TV por cable o módems. La ponchadora presenta las siguientes especificaciones:

- Zócalos: 5
- A prueba de agua
- Extensiones FTA es compatible con todo tipo de conector
- Peso: 0,27 Kg
- Dimensiones: 138x22x56 mm

2.1.1.8.5 Antenas Para Pruebas

Las antenas que se suelen utilizar son dipolo simple y dipolo plegado, aunque generan inconvenientes a nivel de las ganancias, y de la captación de frecuencias indeseadas. Por lo que, para evitar este tipo de problemas se utiliza una antena más compleja como es la antena Yagui. Esta puede ser configurada de la siguiente manera:

- Detrás del dipolo principal se coloca un reflector para hacer de pantalla de acuerdo con las señales que se reciben
- Delante del dipolo principal se colocan ciertos elementos directores o deflectores con el fin de disminuir el ángulo de recepción de la antena y de esta manera, se tiene una mejor ganancia (24).

Tabla 5.

Comparación entre las antenas

TDT	Yagi	Conejo
-----	------	--------

Canal de retorno limitado	Utilizada ampliamente por los radioaficionados (frecuencias de onda corta, VHF/UHF, radio frecuencia), microondas	Optimiza VHF/UHF/FM	recepción
Necesita de un decodificador	Formada por un elemento alimentado, directores y reflectores.	Tiene una entrada para cable coaxial	
Tiene un ancho de banda limitado	Requiere ajuste en la distancia entre los elementos.	Extensión de .90m de cable coaxial.	

2.1.2 Pérdida por retorno

Para calcular el VSWR o denominada también pérdida de retorno es aquella relación de la señal de entrada y la señal reflejada en un componente. La pérdida de retorno (RL) es explicado también como la diferencia que hay entre la potencia de una señal transmitida y la potencia en reflexiones de señal que muchas veces son causadas por variaciones de enlace y de impedancia del canal. De acuerdo a lo expuesto por (Fmuser, 2016) expone que:

“Una parcela que tiene pérdida de retorno y la impedancia nominal del rango de frecuencias, tienen a contar con valores de pérdida de retorno alta que significan una adaptación estrecha de impedancia, resultado con diferenciación entre potencias de señales reflejadas y transmitidas.” (p.3)

Lo antes señalado manifiesta la necesidad de contar con un VSWR, que en cierta medida sea eficiente y transmita energía de radiofrecuencia mediante una fuente de energía y esta a su vez sea

una línea de transmisión a una carga, es decir, posee un amplificador de poder para que sea transmitido a una antena.

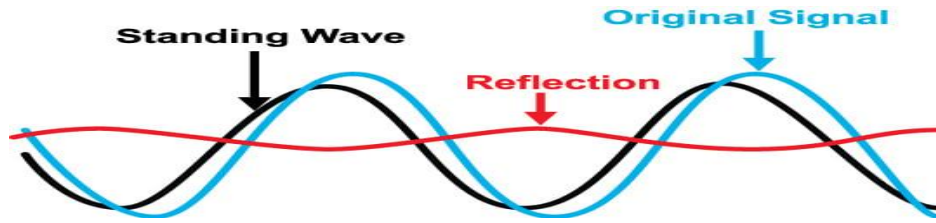


Figura 8. Pérdida de retorno o VSWR

Tabla 6.

Conversión entre energía VSWR y pérdida de retorno reflejada

RETURN LOSS (DB)	VSWR	VOLTAGE REFLECTION COEFFICIENT
1	17.391	0.891
2	8.724	0.794
3	5.848	0.708
4	4.419	0.631
5	3.570	0.562
6	3.010	0.501
7	2.615	0.447
8	2.323	0.398
9	2.100	0.355
10	1.925	0.316
11	1.785	0.282
12	1.671	0.251
13	1.577	0.224
14	1.499	0.200
15	1.433	0.178
16	1.377	0.158
17	1.329	0.141
18	1.288	0.126
19	1.253	0.112
20	1.222	0.100
21	1.196	0.089
22	1.173	0.079
23	1.152	0.071
24	1.135	0.063
25	1.119	0.056
26	1.105	0.050
27	1.094	0.045
28	1.083	0.040
29	1.074	0.035
30	1.065	0.032

2.1.3 Coeficiente de reflexión

Se denomina aquel que describe toda la amplitud de una onda que es reflejada en una onda incidente y el coeficiente es la que describe una onda transmitida a la onda incidente. Para este

proceso es necesario considerar La fase inicial dentro del ciclo que es cuando una fracción de este proceso transcurre en un periodo de referencia, es decir, el valor idóneo es la diferencia que existe entre una fase o desfase de dos sitios, con dos ondas y dos instantes, tal y como expresa en dos casos el autor (López Aguilar, 2017):

La diferencia en fase entre dos formas de onda es a lo que se le llama el desplazamiento de fase. Un desplazamiento de fase de 360 grados es un retraso de un ciclo o de un período de la onda, lo que realmente no es ningún desplazamiento. Un desplazamiento de 90 grados es un desplazamiento de 1/4 del periodo de la onda etc. El desplazamiento de fase puede ser considerado positivo o negativo; eso quiere decir que una forma de onda puede ser retrasada relativa a otra o una forma de onda puede ser avanzada relativa a otra. (43).

Lo antes expuesto determina que el coeficiente de reflexión siempre será el intervalo que se tenga de las frecuencias que una antena da origen a un funcionamiento de acuerdo a diversas series con características preestablecidas.

2.1.4 Impedancia

Es aquel circuito donde un componente representa toda la cantidad de ohm donde permite la circulación de la corriente, a esto se le agrega el vectorial de la resistencia agregada a la reactancia. Suele ser un número sumamente complejo, puesto que la parte real de la resistencia de este circuito será la parte imaginaria de esta reactancia. De acuerdo a la guía de estudio en electrónica (Electrónica, s.f.) determina la siguiente fórmula para poner en práctica la impedancia:

$$Z= R+j X$$

Para este caso en vez de la i que es la parte imaginaria se emplea la letra j, para no ser confundida con el símbolo denominado corriente, es necesario recordar que la guía de capacitancia e inductancia de las reactancias inductiva y capacitiva es denominada:

$$X_C = -j \frac{1}{\omega C} \quad \text{y} \quad X_L = j \omega L$$

En el caso de que un circuito tenga reactividades y resistencias, la Ley de Ohm generaliza la impedancia, obteniendo:

$$v = i \cdot Z$$

Para constancia de que exista la continuidad de la corriente y tensión será la expresión como V e I mayúsculas, alternando las minúsculas v e i , quedando con la representación gráfica de la siguiente forma:

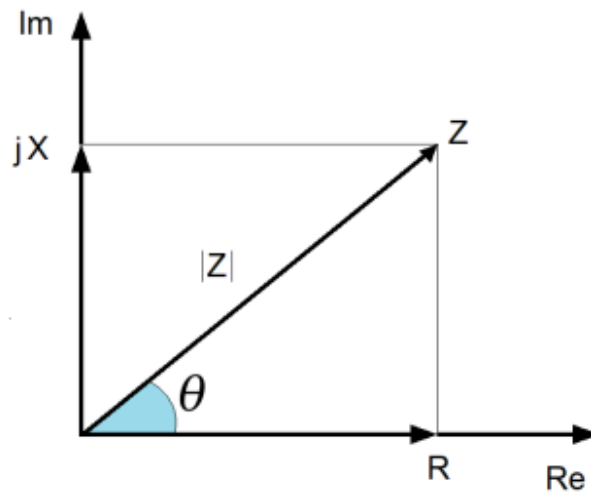


Figura 9. Plano complejo de impedancia

2.1.4.1 Características de Impedancia

- Utilizada para la aplicación de circuitos con corriente continua, utilizada para establecer una impedancia fase.
- Se asocia a la impedancia a la Ley de Kichoff, excepto corriente de tipo compleja u tensiones.

- Es el valor cociente de la corriente y fasores de voltaje
- Es aquella que representa la suma de una parte imaginaria y real, es decir, se transforma en binómica.
- Definida como Admitancia (A), es proporcional inversa de la impedancia
- Se representa en un plano complejo, conocido como diagrama de Fresnel

2.1.4.2 Acoplamiento de Impedancia

Los acoplamiento de impedancia se caracterizan por ser elementos que consiguen la mayor transferencia de potencia entre sus circuitos, siendo osciladores, mezcladores y amplificadores. La función de estos acopladores es generar un “vea”, terminales que resultan ser complejas y conjugadas a una impedancia interna determinada $= Z_C^* = R_G - jX_G$, mientras que la impedancia de salida será el acoplador complejo conjugado a la carga Z_L .

En torno al artículo científico del autor (Pérez Vega, 2009) menciona que: “Las impedancias acopladas o adaptadas serán un generador de carga “v2n”, cuyas terminales las imágenes (conjugadas) pueden llevar a la realización de un circuito por reactancia puras y de un caso simple ser un transformador.

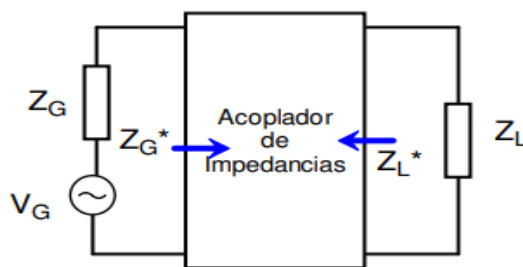


Figura 10. Acoplador genérico de impedancias

2.1.4.3 Tipos de acopladores

Acoplador L: Es simple y configura dos tipos de reactancia una paralela y una serie. Este tipo de acoplador no puede ser utilizado para ajustar fases independientes de la resistencia.

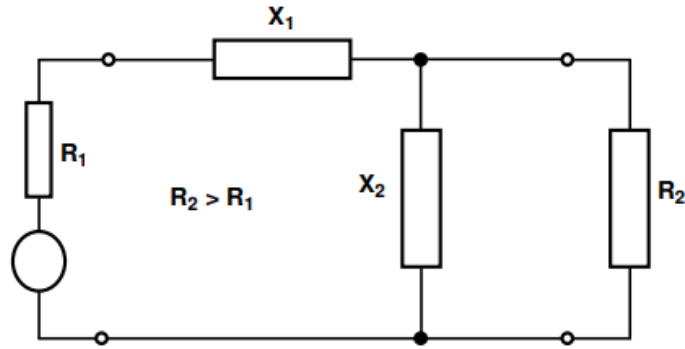


Figura 11. Acoplador L

Acoplador T: Se utiliza impedancia de carga o generador resistivas, circuito que cuenta con dos Q s de carga y un Q de entrada y salida, Es decir, se calcula el ancho de banda acoplador T_a , y debe ser ignorado la Q menor, siendo la Q un circuito con aumento desfaseamiento.

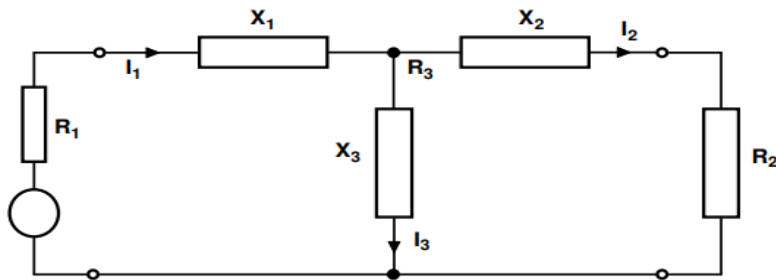


Figura 12. Acoplador L

Acoplador π : Se considera a la conformación de dos acopladores L, y validadas sobre la Q con carga al acoplador T. La resistencia que se da en el punto medio de la red π . Será menor al R_1 o R_2 ; considerada además como red de fase reactivo o retardo cuando este Y_3 sea positiva o viceversa.

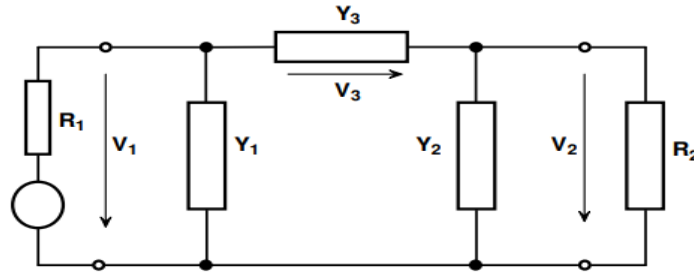


Figura 13. Acoplador π

2.1.4.4 Fundamentos de radio frecuencia

Las señales de radio frecuencia son aquellas que determina la mejor aplicación. Si se habla de frecuencias bajas son aquellas que se encuentran en tierra y pasan a través de una serie de obstáculos, en la actualidad la señal estándar trabaja a 20 KhZ. En frecuencia AM, la radio de baja frecuencia es aquella que será trabajada en túnel, y la señal FM, de alta frecuencia muchas veces puede desaparecer. Muchos desconocen los términos de Radio frecuencia (RF); en divisiones como EHF, SHF, UHF, MF, VLF; significados que tienen a: “Ultra, mucho, super, bajo, medio, alto, extremadamente”, términos que permiten identificar las bandas de radio frecuencia en el espectro electromagnético.

Lo sustentado por (Meneses, 2020) determina que la (RF):

Son señales capaces de transmitir a lo largo de un conducto de cobre, irradiando en el aire a través de antenas. La misma que transforma una señal sea este inalámbrica, mientras la señal sea alta irradia aire y forma ondas de radio, de manera que se propaga como una línea recta y que va en direcciones distintas a la vez. (p.7)

Para comprender este comportamiento basta con la propagación de ondas en radiofrecuencia, que este a su vez se transforma en “espejo y humos”, actuando como inconsistente y errática, situación que lleva a que un conector no sea lo suficiente o ligero para efectivizar resultados de radiofrecuencia.

2.1.4.4.1 Elementos y características de radio frecuencia

- Los elementos a indicar son aquellos que estarán presentes en la ley física de la señal de radiofrecuencia teniendo a: Wavelength. Frequency. Amplitude. Phase.
 - Wavelength.- Es aquella que cuenta don dos crestas (picos) sucesivos o canales (valles) del patrón de una onda, Entre mayor sea la señal, menor serpa la distancia del Wavelength; la gran cantidad de energía debe ser capturada por la apertura de la antena y este genere alta frecuencia.

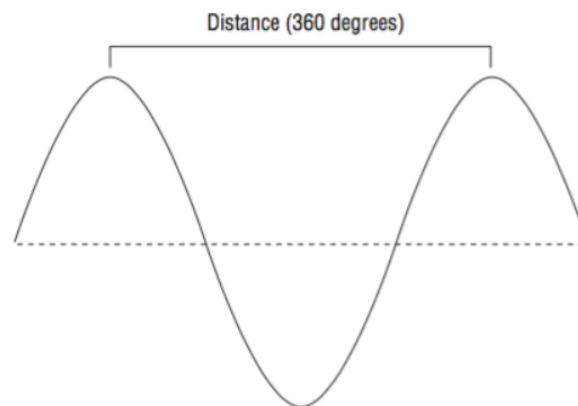


Figura 14. Wavelength (360°)

- Frequency.- Es aquel nnumero de veces cuando ocurre un evento y un intervalo en tiempos determinados, la frecuencia suele ser en hertz (Hz) nombrado por Heinrich Rudolf Hertz, frecuencia de sñal inalámbrica que repite y mide los Hertz, considerando los siguientes:
 - 1 hertz (Hz) = 1 cycle per second.
 - 1 kilohertz (KHz) = 1,000 cycles per second.
 - 1 megahertz (MHz) = 1,000,000 (million) cycles per second.
 - 1 gigahertz (GHz) = 1,000,000,000 (billion) cycles per second

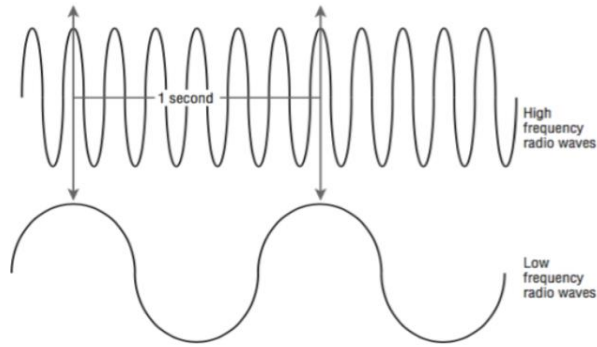


Figura 15. Frequency

- o Amplitude.- Es aquella fuerza, señal o poder. Es decir, son transmisiones inalámbricas que se refiere a una fuerte o alta señal. La amplitud corresponde al campo eléctrico de onda y la RF es utilizado por un osciloscopio, cuya amplitud será representada con canales negativos, crestas positivas y onda sinusoidal.

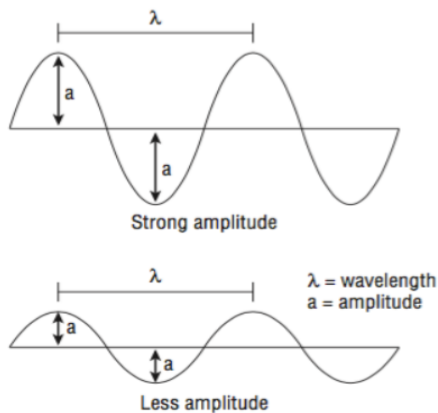


Figura 16. Amplitude

- o Phase.- No es la referencia de solo una señal de radiofrecuencia, sino aquella cuya relación brinda dos o mas señales con la misma frecuencia, esta puede ser capaz de medir grados, tiempo y distancia, so los picos de las dos señales esta e la misma frecuencia estos no están alineados al mismo tiempo.

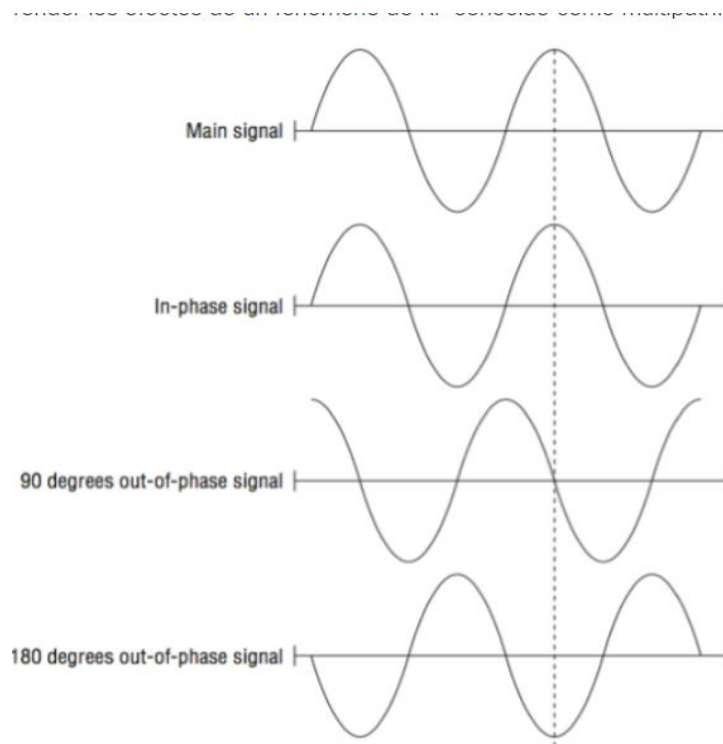


Figura 17 Phase

2.1.5 Tipos de cables coaxiales

Los cables coaxiales en la actualidad siguen siendo utilizados por las industrias de dispositivos electrónicos, de forma más activa en televisión, su desarrollo se dio en la década de 1930 con el objetivo de transportar señales de tipo eléctrico y con alta frecuencia. Diseñada por tener dos conductores de forma concéntrica, además de contra con un núcleo central de cobre, la misma que se encarga de transportar diversas informaciones, hilo de cobre que son los más comunes si son trenzados.

Acorde al artículo analizado de (Alonso, 2022) donde manifiesta el uso del cable coaxial determina que: “Gran parte de su fortaleza de este tipo de cable se lo ha diseñado exclusivamente para evitar ruidos eléctrico o para que existan interferencias de señal” (p.5) situación que llevó al mundo del internet a utilizarlo en sus ordenadores, ya que en la actualidad son utilizados los

conectores RJ-45, cuya capacidad hoy en día tiene de transmitir señales de audio y video, pero sobre todo de señales de TV. Entre estos tipos de cables se tiene:

- **RG6.-** Aquel que es más utilizado y conocido por su tipo de alta definición, soportando hasta 600 metros sin tener pérdida de señal.
- **RG59.-** Cable delgado y maleable, ideal para circuitos cerrados en TV (CCTV), el ancho de banda no permite que se transmita un video de alta definición, ya que solo soporta decenas de metros por lo que la señal comienza a degradarse.
- **RG11.-** Es el mejor cable coaxial y de mayor costo, soporta longitudes de más de 1.100 metros.

2.1.6 Parámetros de antena (ganancia)

2.1.6.1 Densidad de radiación e intensidad de radiación

Las antenas no cuentan con irradiación en cada dirección ya que concentra su energía en una dirección llamada (Lóbulo mayor o principal) de la antena, en este efecto se lo denomina directividad, ya que es una potencia cuya dirección es particular y se la caracteriza por la densidad de radiación y las métricas de radiación e intensidad, De acuerdo a lo manifestado por (Steer, 2022) expone:

La densidad de radiación S_r , es la potencia por unidad de área con las unidades SI de W/m^2 , y será máxima en el lóbulo principal. Haciendo referencia a la Figura 4.4.1 con una antena ubicada en el centro de la esfera de radio r e irradiando una potencia total P_r , S_r es la potencia radiada incremental dP_r que pasa a través de la región sombreada incremental del área, Da

La antena de onda viajera tiene como similar función a todas las antenas menos a la de longitud larga, siendo esta de ahusamiento gradual.

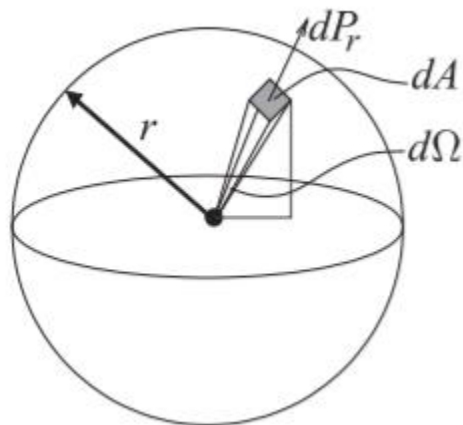


Figura 18. Intensa radiación

Nota: pérdida por dispersión del espacio libre. El poder incremental, dP_r , interceptado por la región sombreada del área incremental dA es proporcional a $1/r^2$. El ángulo sólido subtendido por el área sombreada es el ángulo sólido incremental $d\Omega$. La integral de dA sobre la superficie de la esfera, es decir, el área de la esfera es $4\pi r^2$. El ángulo sólido total subtendido por la esfera es la integral de $d\Omega$ sobre la esfera y es 4π esteradianos (4π sr).

2.1.6.2 Directividad y ganancia de antena

La directividad de la antena D , es aquella relación que se tiene con la densidad de la potencia radiada y de la antena isotrópica que es la misma potencia radiada. P_r .

$$D = \frac{S_r}{S_r|_{\text{Isotropic}}} = \frac{U}{U|_{\text{Isotropic}}}$$

La ganancia de directividad, será el valor máximo de D y esta tendrá una dirección con el lóbulo principal de la antena, es decir, donde S_r y U se referirán a la antena real, la intensidad y la densidad serán medidas en distintas antenas. La propiedad de este enfoque será caracterizada por la densidad de la potencia radiada en la antena de tipo isotrópica que es con la misma potencia de

entrada, mientras que la ganancia será la antena GA, que es el valor D máximo cuando la entrada será de $P_{IN} = P_r/NA$, a la antena isotrópica, teniendo como resultado la siguiente tabla:

La ganancia de antenas serán las medidas que efectividad que concentra la energía solo en una dirección; de esta forma el espacio libre tendrá la dispersión de energía, potencia máxima y energía, determinadas en la siguiente fórmula (SI de W/m²) a distancia r es:

$$P_D = \frac{G_A P_{IN}}{4\pi r^2}$$

Donde $4\pi r^2$ será el área de la esfera radio R y P_{IN} es la potencia de entrada

Tabla 7.

Sistema de antenas

Antena	Tipo	Figura	Ganancia (dBi)	Notas
Antena isotrópica sin pérdidas			\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">0	
$\lambda/2$ dipolo	Resonante	4.3.4 a	\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">2	$R_{in} = 73 \Omega$
3λ plato parabólico de diámetro	Viajar	—	\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">38	$R_{in} = match$
Parche	Resonante	4.1.2 b	\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">9	$R_{in} = match$
Vivaldi	Viajar	4.1.2 c	\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">10	$R_{in} = match$
$\lambda/4$ monopolo en el suelo	Resonante	4.3.2 a	\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">2	$R_{in} = 36 \Omega$
$5/8\lambda$ monopolo en el suelo	Resonante	4.3.2 a	\ (\ \text {dBi}\ \ \) ">3	Coincidencia requerida

Nota: Sistema de antena $R_{in} = match$, antenas resonantes diseñadas para impedancia de entrada con cables de alimentación-

2.1.6.3 Radio analógica y digital

2.1.6.3.1 Radio analógicos. - Son aquellos que brindan a sus usuarios un método fácil y de experiencia simple, las mismas que cuentan con interferencias y la conversación se hace menos inteligible. Incluso la voz se suele volver inconclusa y los mensajes muchas veces se repiten, los

radios analógicos permiten que la conversación tenga dos vías por canal y la capacidad de colaborar y mantener conversaciones privadas.

2.1.6.3.2 Radio digitales. - El uso de esta radio no solo logra eficiencia y rendimiento en su telecomunicación, sino que ayuda a proporcionar una entrada a diversas aplicaciones y soluciones para ser integradas a la comunicación externa de manera que transforme este sistema en mayor capacidad, calidad y potencia.

En esta sección, se procede a mostrar una pequeña descripción de algunas investigaciones que se tomaron en cuenta al momento de recolectar información para la propuesta tecnológica.

En el año 2016, se realizó una investigación titulada: **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA ANTENA MICROSTRIP YAGI A 5.8 GHZ.** (GARDÓN & LLUGSI, 2016), en donde se realizó el diseño de una antena Yagui, en el cual se analizaron técnicas conocidas como ecuaciones matemáticas, utilizando un material para la antena, el trabajo ejecutado fue de una manera ideal en la frecuencia de 5.8GHz, luego se ejecutaron prácticas para determinar parámetros de la antena como VSWR, pérdidas por retorno, impedancia etc.

En el trabajo de titulación: **SIMETRÍA EN CALIBRACIONES DE ANALIZADORES VECTORIALES DE REDES.** (ACOSTA DOMEN & ACOSTA DOMINGUEZ, 2018) Expone los resultados de los dispositivos electrónicos que trabajan en altas frecuencias, utilizado en comunicaciones diarias RF.

En altas frecuencias los efectos parásitos son causados por conexiones, desacoplamiento y otros factores que se presentan en las líneas de transmisión donde son una fuente de ruido en circuitos electrónicos, por lo que, se toman en cuenta al momento de procesar las señales, donde existen métodos para eliminar estos efectos parásitos no deseados y eliminar las mediciones; como son las calibraciones mediante simulaciones con equipos de prueba. Una calibración es un método

establecido mediante el cual se calculan errores provocados por la base de pruebas y errores internos del VNA.

En el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE TELEVISIÓN DIGITAL** (BRASALES, 2014) aborda un análisis de factibilidad para la implementación de un laboratorio de televisión digital en la Facultad de Educación Técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Se debe manifestar que la Universidad a través del adelanto tecnológico de la televisión analógica a la innovación digital, se asegurará una mejor información, intercomunicación, cohesión y participación social a la teleaudiencia de todos los sectores, así como la generalización del servicio de televisión.

En el trabajo de titulación: **DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LAS MATERIAS DE ANTENAS Y SISTEMAS DE RF** (ARTEAGA, 2016) En la actualidad es de gran importancia tener un conocimiento tanto teórico como práctico de las diferentes asignaturas que son impartidas, por tal motivo, se realiza en la universidad todas las gestiones para adquirir nuevos equipos y de este modo los estudiantes tengan acceso a tecnología de punta, sin embargo, muchas veces no son bien aprovechados y muchas de las materias que deberían tener un aprendizaje práctico no se lo hace así. Por este motivo, se ve la necesidad de crear diferentes prácticas tanto para las materias de Antenas como para Sistemas de R.F. y se aprovechen los nuevos instrumentos y los alumnos tengan una educación lo más fructífera posible.

Capítulo III

Desarrollo de la propuesta

3. Componentes de la propuesta

3.1 Componentes a utilizar.

A continuación, se muestra el software utilizado para el desarrollo del proyecto.

3.1.1 Libre VNA- GUI.

Libre VNA-GUI es el software con el que permite trabajar el VNA, ver las características de los parámetros S, S11, S21, S12 y S22, es compatible con sistemas operativos, Windows, Linux, MacOS.

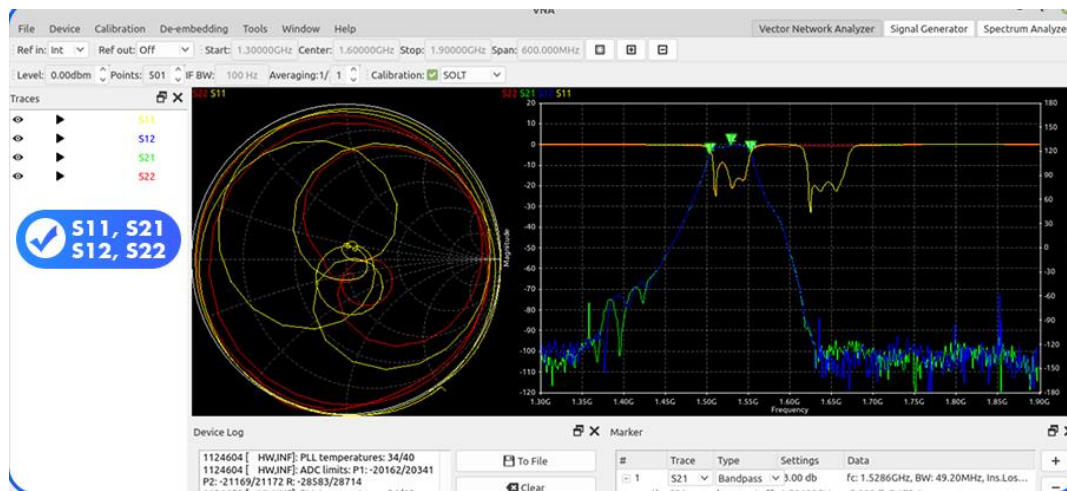


Figura 19. Libre VNA-GUI

3.1.2 Sketchup

Es un programa de modelado en 3D, software que se utiliza para el desarrollo y creación de diseños y modelos en 3D, para diferentes tipos de proyectos en diferentes ramas de la ingeniería como civil, industrial y entornos arquitectónicos. La principal característica es realizar diseños en 3D de manera práctica y sencilla como edificios, personas, coche y todo objeto que se imagine el diseñador.

En este proyecto el programa nos servirá para poder realizar las simulaciones del entorno donde se va a colocar los equipos que se necesitan para las practicas correspondiente en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena donde se podrá visualizar dichos componentes en tercera dimensión 3D.



Figura 20. Software sketchup para diseño de laboratorio

3.1.3 Componentes físicos

A continuación, se puntualiza los equipos físicos que se utilizan en este desarrollo de la propuesta tecnológica, con sus características y usos.

3.1.3.1 Antena Yagui

Las antenas Yagui están compuestas por un arreglo de elementos que son independientes de la antena, donde un elemento emite ondas de radio, el número de elementos directores, mismo que determina la directividad y ganancia de la antena. La antena Yagui está formado por un elemento alimentado que se conectado al emisor o receptor. Consistente en un dipolo simple o un dipolo curvo, también llamado "radiador". Además de este aparato, la antena tiene uno o diversos elementos aislados denominados elementos parásitos. Pueden estar situados delante del elemento de alimentación, amplifican el campo frontal y se denominan directores. Los elementos situados detrás se denominan reflectores.

Las antenas Yagi tienen dos tipos de elementos:

- Elementos de excitación (dipolos) pueden ser activos o excitados, están acoplados directamente a la línea de transmisión y reciben corriente de la fuente.
- Elementos parásitos. Estos no están conectados a la línea de transmisión y reciben corriente por inducción mutua. Estos elementos se dividen en reflectores y directores.
- Reflector: Elemento parásito más largo que el elemento excitador. Reduce la intensidad de la señal en su dirección y la aumenta en la dirección del dipolo.
- Directores: Elementos parásitos más cortos que el elemento importante. Aumenta la intensidad de campo en su dirección y la disminuye en la dirección del reflector.

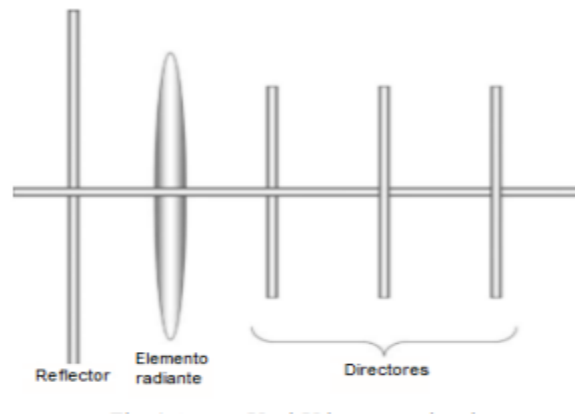


Figura 21. Antena Yagui y sus elementos

Fuente: (LADINO, 2017)

Tabla 8.

Características	
Rango de frecuencia	160Mhz-250MHz
Impedancia	75 Ω
V.S.W.R	≤ 2

3.1.3.2 Antena conejo

Las antenas de conejo son básicamente dipolos de media onda que tienen ángulos y longitudes que se pueden modificar, permitiendo al usuario poder tener la opción de ajustar sus direcciones para tener una mejor recepción de señales, esto también dependerá de las condiciones atmosféricas, fuerza de la señal que se transmite y su ubicación, en ciertas ocasiones este tipo de antenas incluye un bucle en su base para poder recibir señales de UHF.

En consecuencia, las antenas oreja de conejo durante muchos años fue la antena que mejoró la recepción de señales de TV las que tenían diferentes formas para perfeccionar su funcionamiento. Este tipo de antena está diseñada para la recepción de televisión y radiodifusión, para recibir señales de televisión y radiodifusión transmitida por aire desde una estación de televisión, se transmite en frecuencias aproximadamente 47 a 250 MHz en la banda muy alta frecuencia VHF.

Por lo general, la ganancia medida de estas antenas son bajas, están por los 2 dBi o 4dB con respecto a un dipolo de media onda, que a su vez significa que no es tan sensible y direccional a las estaciones distantes como son las antenas de techo, pero el patrón de recepción de mayor angular les permite recibir varias estaciones que se encuentren situadas en otras direcciones sin tener la necesidad que se le haga un reajuste cuando se cambia el canal.

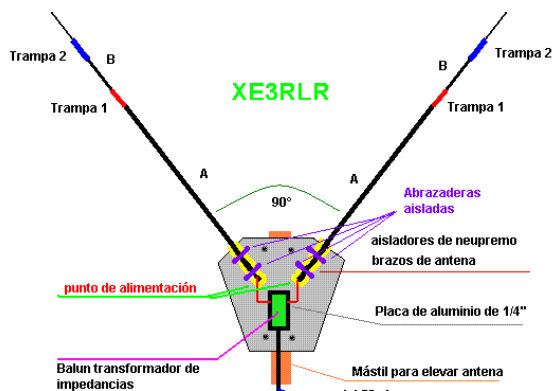


Figura 22. Antena conejo

Fuente: (DIAGRAMAS DE ANTENAS, 2015)

Tabla 9.

Características antena conejo

Características	
Rango de frecuencia	41 Mhz-250MHz
Impedancia	75 Ω
V.S.W.R	≤ 2

3.1.3.3 Antena TDT YB8-002

La antena TDT es un dispositivo digital que está diseñado para poder atraer la señal de sonidos e imágenes mediante un transmisor terrestre, que posee una tecnología actual que ofrece una excelente recepción de señales. La señal digital tiene varias ventajas, una de ellas es comprimir la señal, se efectúa el uso eficiente del espectro radioeléctrico.

Cabe mencionar que la señal digital no es más robusta que la señal analógica, es decir, no es que resista más a posibles interferencias, tanto la señal analógica como la digital son señales electromagnéticas de la misma naturaleza y que pueden ser susceptibles a ser distorsionadas por campos magnéticos o eléctricos.



Figura 23. Antena TDT YB8-00

Fuente: (ADKAR, 2016)

Tabla 10.

Características Antena TDT YB8-002

Características	
Rango de frecuencia	VHF 170 Mhz-230MHz / UHF 470MHz-860MHz
Impedancia	75 Ω
V.S.W.R	≤ 1.8
Ganancia dBi	3.5

3.1.3.4 Splitter coaxial de dos vías

Los divisores de señales como son los splitters se usan en sistemas de transmisión de video, toman solo una fuente de video y la dividen a varios puntos de conexión, suelen tener configuraciones de 2, 3, 4 y 6 salidas. Un splitter de cable coaxial tiene un entorno de la impedancia adecuada en sus puertos de entrada y salidas, dicha impedancia es normalmente de 75 Ω . El splitter de cable coaxial toma la alimentación que entra a su puerto y la divide su potencia por igual para el número de salidas que tiene el equipo.

En ciertas ocasiones los splitter de coaxiales son creados equitativamente, ya que tener splitter de baja calidad tiene efectos negativos en la señal de videos, causa enorme atenuación de la señal y reflexiones múltiples causando imágenes fantasmas.

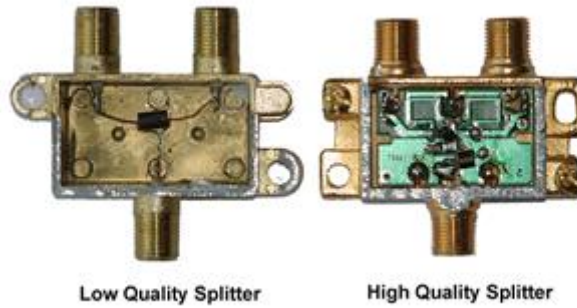


Figura 24. Splitter coaxial de dos vías

Fuente: (R, 2015)

Tabla 11.

Características de Splitter coaxial de dos vías

Características	
Rango de frecuencia	VHF 5MHz-2400MHz
Impedancia	75 Ω
Salida de coaxial	2

3.1.3.5 Cable coaxial RG-6

El cable coaxial con mensajero es un medio de transmisión guiado, que nos sirve para el envío de información y propagar la señal en altos rangos de frecuencia gracias a la estructura que posee, es un tipo de cable que tiene un mejor blindaje de cobre puro que ayuda a tener mayor protección contra pérdidas de señal, gracias a sus diferentes características puede abarcar rangos mayores de distancias, las impedancias características nominales para este tipo de cable es de 50 Ω y 75 Ω para transmisiones digitales y analógicas.



Figura 25. Cable coaxial RG-6

Fuente: (*electronica, 2015*)

Los cables coaxiales utilizados para radiocomunicaciones también se denominan cables coaxiales RF (radiofrecuencia). Estos cables coaxiales se utilizan para transmitir señales de alta frecuencia de un punto a otro. Los conectores se utilizan para conectar los cables a los dispositivos y para apantallar el cable.

3.1.3.6 Conectores coaxiales

Un conector es un dispositivo eléctrico o electrónico pasivo diseñado para funcionar a frecuencias en la gama de los Mega-Giga Hercios. Estos conectores se utilizan principalmente para conectar un cable a otro o a un componente de RF. Hay conectores de distintos géneros, polaridades, tipos y tamaños, lo que puede resultar confuso si no se sabe cómo funcionan. Para que dos conectores funcionen y transmitan las señales correctas, deben encajar correctamente.

Hay dos características especiales que se toman en cuenta para la elección del conector:

3.1.3.7 Mecánicas

- Rigidez
- Tamaño
- Condiciones ambientales
- Material y acabado del conector

3.1.3.8 Eléctricas

- Impedancia
- Perdidas de inserción
- Potencia requerida
- Frecuencia de trabajo

Los conectores coaxiales se clasifican en diferentes tipos, esto depende de la aplicación que se le vaya a dar, estos tipos de conectores se clasifican según el tamaño, el material y el conector que vayan a utilizar. Se describirán algunos tipos de conectores coaxiales más frecuentes.

- Coaxial BNC son los más utilizados en las industrias de las telecomunicaciones, se caracterizan por la gran capacidad para transmitir señales audio y señales de video.

Tabla 12.

Características Coaxial BNC

CARACTERISTICAS	BNC
Tipo de conector	Coaxial
Potencia máxima	1W
Impedancia	50-75 Ω
Frecuencia de operación	Hasta 4 GHz



Figura 26. Conector coaxial BNC

Fuente: Imagen tomada de la página web DISTRONICA

- Coaxial SMA de características similares a los de BNC, con la diferencia que se utilizan para conectar dispositivos de RF, se encuentran en equipos de telecomunicaciones como equipos de señalización, antenas de radio etc.

Tabla 13.

Características Coaxial SM

CARACTERISTICAS	TIPO SMA
Tipo de conector	Coaxial
Potencia máxima	100 W
Impedancia	50 Ω
Frecuencia de operación	Hasta 18 GHz



Figura 27. Conector coaxial SMA

Fuente: Imagen tomada de la página web DISTRONICA

3.1.9 XCoaxial F-Type conectores coaxiales pequeños, su uso se da para conectar dispositivos de televisión.

Tabla 14.

Características Coaxial F-Type

CARACTERISTICAS	TIPO F
Tipo de conector	Coaxial
Potencia máxima	100W
Impedancia	75 Ω
Frecuencia de operación	Hasta 1 GHz



Figura 28. Conector coaxial F

Fuente: Imagen tomada de la página web DISTRONICA

3.1.10 Libre VNA

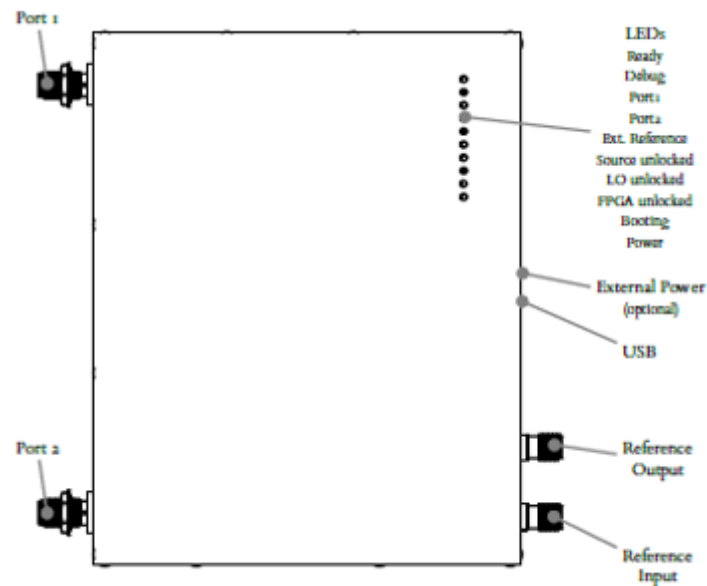


Figura 29. LibreVNA

El LibreVNA utiliza un conector USB-C para su alimentación y así transferir datos. El hardware es compatible con el estándar de alimentación USB1, necesita 5V para su alimentación y consume hasta 1,2 A. El dispositivo USB implementado se limita a USB 2.0, y la transferencia de datos funciona con cualquier puerto USB 2.0. Sin embargo, el consumo de energía excede las características de los puertos USB 2.0 y 3.0, por lo que LibreVNA puede no arrancar completamente sin una fuente de alimentación externa. El host USB limitará la potencia.

3.1.11 Fuente de alimentación externa

Conector de entrada para conectar una fuente de alimentación DC externa (5V, 1,5A, pin positivo). Cuando la fuente de alimentación está conectada, ya no se suministra alimentación a través del puerto USB.

3.1.11.1 Conexiones RF

Conector RF para conectar el dispositivo bajo prueba. Ambos puertos son idénticos y la arquitectura del dispositivo admite la medición de todos los parámetros S (S11, S21, S12 y S22). La conexión RF no tiene protección de entrada, por lo que no aplica una señal de más de +10 dBm.

3.1.12 LED

Leds indican el estado: Listo (verde). Indica que LibreVNA está totalmente iniciado y listo para realizar mediciones.

- Puerto 1 (verde). La señal de salida del puerto 1 está activa.
- Puerto 2 (verde). La señal de salida se activa en el puerto 2.
- Enlace externo (verde). El enlace externo está en uso.
- La fuente está desbloqueada (rojo). La fuente PLL no está bloqueada (puede encenderse brevemente durante la exploración, pero esto no es un problema).
- La LO está desbloqueada (rojo). 1. El PLL LO no está bloqueado (puede encenderse brevemente durante la exploración, pero no es un problema).
- PLL desbloqueado (rojo) El reloj PLL no se puede bloquear.
- Puesta en marcha (rojo). Indica el proceso de arranque y también se utiliza para los códigos de error.
- Alimentación (verde). Se ha conectado una fuente de alimentación USB válida.

3.1.13 Salida de referencia

El puerto de salida de referencia opcional (seleccionable por el usuario: 10 MHz o 100 MHz). La potencia de salida es de alrededor de +3 dBm.

3.1.14 Entrada de referencia

El puerto de ingreso de referencia de gran impedancia. Puede utilizarse para sustituir al TCXO interno si se dispone de una señal de entrada de 10 MHz. Las entradas de alta impedancia pueden hacer que la entrada externa detecte una señal válida al recibir radiación externa. Si se produce este problema, apague el puerto de entrada de referencia o desactive la conmutación automática de referencia.

3.1.14.1 Primeros pasos

- Conecte LibreVNA a su ordenador a través del puerto USB. Transcurridos unos segundos, sólo deben estar encendidas las luces de "Encendido" y "Preparado". Si el piloto "Preparado" está apagado o el piloto "Cargando" muestra un código de error, hay un problema y el aparato no funciona correctamente.
- Inicie el software en su PC para conectarse a LibreVNA. La ventana debería parecerse a la que se muestra a continuación:
- Inicie la aplicación para PC y conéctese a LibreVNA.

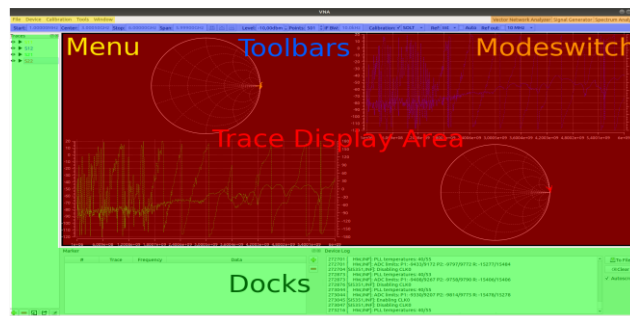


Figura 30. Inicio de programa

3.1.1.5 Tipos de elementos GUI

LibreVNA consta de seis áreas que contienen diferentes tipos de controles:

- La zona de visualización de trazas presenta los datos medidos en forma de diversos gráficos.
- Las barras de herramientas permiten acceder a los parámetros más utilizados del aparato.
- El menú de la esquina superior izquierda contiene ajustes menos habituales o acciones más complejas (a menudo con ventanas emergentes adicionales).
- Los muelles se utilizan sobre todo para acceder a los ajustes relacionados con la visualización, como las líneas y los marcadores.
- La barra de estado situada en la parte inferior de la pantalla muestra información básica sobre el dispositivo conectado. Si hay condiciones de error (por ejemplo, sobrecarga del ADC), se muestran en la esquina inferior derecha.
- El conmutador de modo de la esquina superior derecha se utiliza para cambiar el modo de funcionamiento de LibreVNA. Aunque la arquitectura de hardware está diseñada principalmente como analizador vectorial de redes, permite otros modos de funcionamiento con ciertas limitaciones.

3.1.1.6 Barra de herramientas de referencia

La barra de herramientas de referencia interviene tanto la salida de la referencia externa como la entrada.



Figura 31. Barra de herramientas

La referencia puede ajustarse a "Int" (TCXO interno), "Ext" (señal externa de 10 MHz) o en modo automático. En modo automático, la referencia cambia a la entrada externa cuando se

detecta una señal; en caso contrario, utiliza el TCXO interno. La salida de referencia externa puede desconectarse o ajustarse a 10 MHz o 100 MHz

3.1.1.7 Base de registro de dispositivos

Esta base muestra la salida de refinación de LibreVNA, logra ayudar a encontrar problemas, de lo contrario no es obligatorio para su funcionamiento.

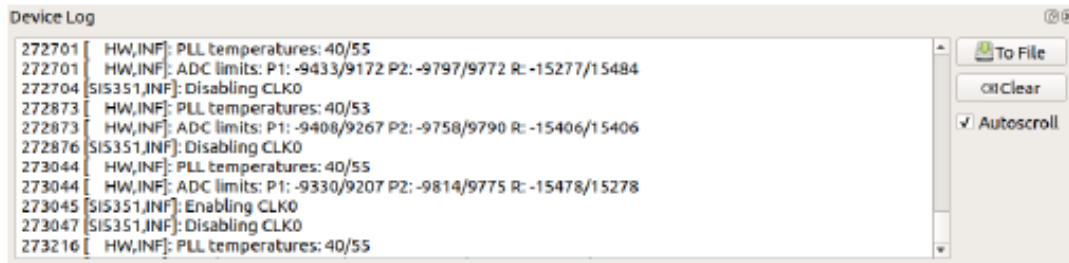


Figura 32. Base de registro

3.1.8. Analizador vectorial de redes

En este modo, LibreVNA realiza medidas de parámetros S generando alternativamente una señal de salida y alimentándola a los puertos RF. La señal de entrada se mide en ambos puertos RF, lo que da como resultado los cuatro parámetros S11 y S21 (cuando la señal de salida se dirige al puerto 1) y S12 y S22 (cuando se dirige al puerto 2).

3.1.8.1 Barra de herramientas de exploración

Esta barra de herramientas se utiliza para establecer el rango de frecuencias de la exploración.



Figura 33. Barra de herramientas de barrido

La frecuencia central, la frecuencia de inicio / parada y el alcance pueden ajustarse directamente. Además, la barra de herramientas de exploración contiene botones para aumentar/disminuir la frecuencia central y un preajuste para explorar toda la gama de frecuencias.

3.1.8.2 Barra de herramientas de adquisición de datos



Figura 34. Barra de herramientas de adquisición de datos

- Nivel: La cantidad de energía utilizada para crear el estímulo. El rango dinámico disminuye con valores más bajos. Cuando se miden redes pasivas, se recomienda utilizar el valor más alto disponible. Cuando se miden dispositivos activos (por ejemplo, amplificadores), la potencia del estímulo debe reducirse de modo que la potencia de entrada no supere los 10 dBm en ningún puerto para mantenerse dentro del rango lineal del LibreVNA.

- Puntos: Número de puntos de medición en una exploración. Un mayor número de puntos proporciona una mejor resolución de frecuencia, pero también aumenta el tiempo de exploración.

- Ancho de banda de FI: El ancho de banda de la medición final de FI. Un ancho de banda menor aumenta el tiempo de barrido, pero también el nivel de ruido. A frecuencias más altas (por ejemplo, por encima de 3 GHz), el rango dinámico está limitado por el aislamiento entre enlaces, y la reducción del ancho de banda de FI ya no mejora el ruido de fondo.

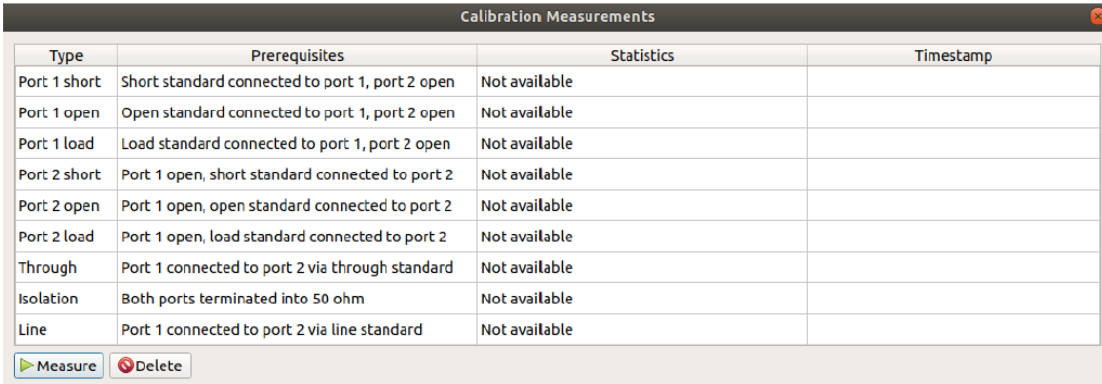
- La calibración del VNA, que elimina la influencia de conectores y cables (incluidas las imperfecciones del propio LibreVNA). Se calibra los dos puertos en cortocircuito, circuito abierto y circuito con carga.

3.1.8.2 Introducción

- Hay tres elementos necesarios para utilizar la calibración, se describen a continuación:
- Kit de calibración: contiene las definiciones de los patrones de calibración. Estas definiciones se tienen en cuenta al calcular los errores de calibración.
- Valor medido: el valor medido bruto (no ajustado) del patrón de calibración. En función del tipo de calibrado deseado, se requieren diferentes mediciones.
- Tipo de calibración: el tipo de calibración determina qué errores se corrigen con la calibración y cómo se deriva el término de error de los valores medidos.

3.1.8.3 Mediciones

Las mediciones de calibración se pueden localizar en Calibración, mediciones de calibración. Tiene todas las mediciones posibles, independientemente de la calibración activa en ese momento:



Type	Prerequisites	Statistics	Timestamp
Port 1 short	Short standard connected to port 1, port 2 open	Not available	
Port 1 open	Open standard connected to port 1, port 2 open	Not available	
Port 1 load	Load standard connected to port 1, port 2 open	Not available	
Port 2 short	Port 1 open, short standard connected to port 2	Not available	
Port 2 open	Port 1 open, open standard connected to port 2	Not available	
Port 2 load	Port 1 open, load standard connected to port 2	Not available	
Through	Port 1 connected to port 2 via through standard	Not available	
Isolation	Both ports terminated into 50 ohm	Not available	
Line	Port 1 connected to port 2 via line standard	Not available	

▶ Measure ⓧ Delete

Figura 35. Cuadro de calibraciones de los puertos.

Para realizar una medición, seleccione la fila correspondiente y pulse Medir.

3.1.8.4 Activar la calibración

Seleccione el tipo de calibración deseado en el menú de calibración o seleccionar en la barra de herramientas de calibración y marque la casilla de verificación. Si ya se han realizado todas las mediciones necesarias, la calibración se activa inmediatamente. Si faltan algunas mediciones o se han realizado con diferentes ajustes de intervalo, no se podrá aplicar la calibración.

Ejemplo: Después de iniciar el software de calibración SOLT, haga lo siguiente

1. Cambie el conjunto de calibración para ajustar los estándares utilizados en las mediciones o abra un archivo de conjunto de calibración guardado.

2. Cambie los ajustes de intervalo y recogida de datos a la medición deseada. La calibración no está activa en esta fase, los datos de medición (aquí con ambos puertos conectados directamente) son inexactos:

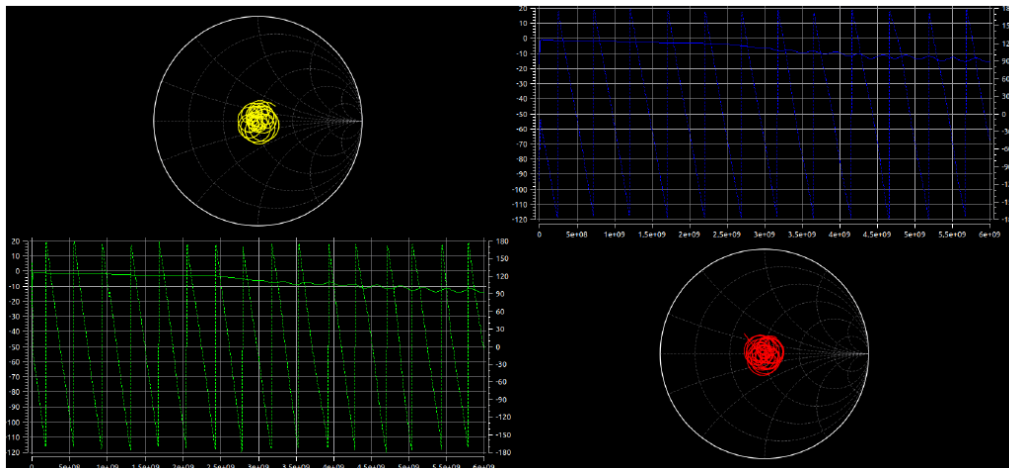


Figura 36. Calibración no deseada del VNA.

3. Seleccione Medición de calibración y realice las mediciones deseadas. En este caso no se ha realizado la "medición del aislamiento" (opcional para SOLT) ni la "medición de la línea" (opcional para SOLT).

Type	Prerequisites	Statistics	Timestamp
Port 1 short	Short standard connected to port 1, port 2 open	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:33:13
Port 1 open	Open standard connected to port 1, port 2 open	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:32:41
Port 1 load	Load standard connected to port 1, port 2 open	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:33:52
Port 2 short	Port 1 open, short standard connected to port 2	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:33:28
Port 2 open	Port 1 open, open standard connected to port 2	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:32:55
Port 2 load	Port 1 open, load standard connected to port 2	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:34:09
Through	Port 1 connected to port 2 via through standard	501 points from 10.0000MHz to 6.00000GHz	19.11.2020 19:34:32
Isolation	Both ports terminated into 50 ohm	Not available	
Line	Port 1 connected to port 2 via line standard	Not available	

Figura 37. Cuadro de calibraciones

4. Cierre la ventana de medidas de calibración y active la calibración SOLT.

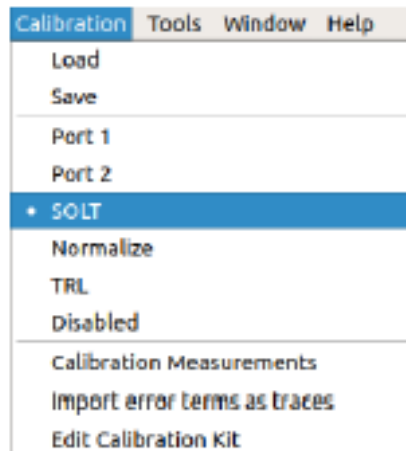


Figura 38. Activación de calibración SOLT

Alternativamente, la calibración puede activarse seleccionando la opción de menú "SOLT" de la barra de herramientas y marcando la casilla "Calibración".



Figura 39. Menú SOLT

5. La calibración está activada y la conexión directa de los dos puertos produce una medición correcta:

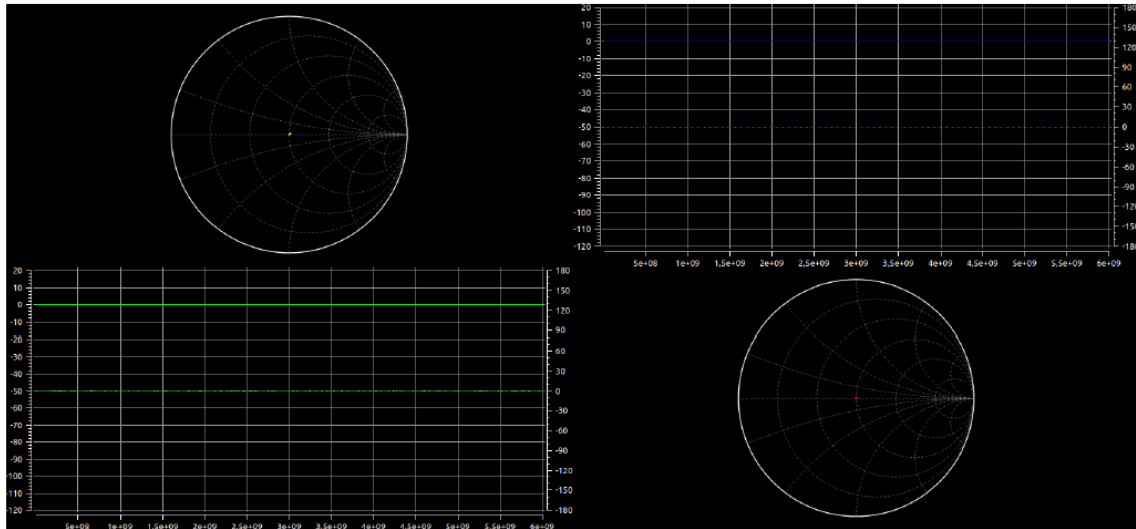


Figura 40. Estado de calibración en condiciones exactas.

3.1.9 Calibración

Pasos para la calibración del VNA de acuerdo al equipo de prueba y su frecuencia de trabajo.

- 1.- Se abre el programa de LIBREVNA, y se coloca la frecuencia de trabajo para su equipo de prueba.

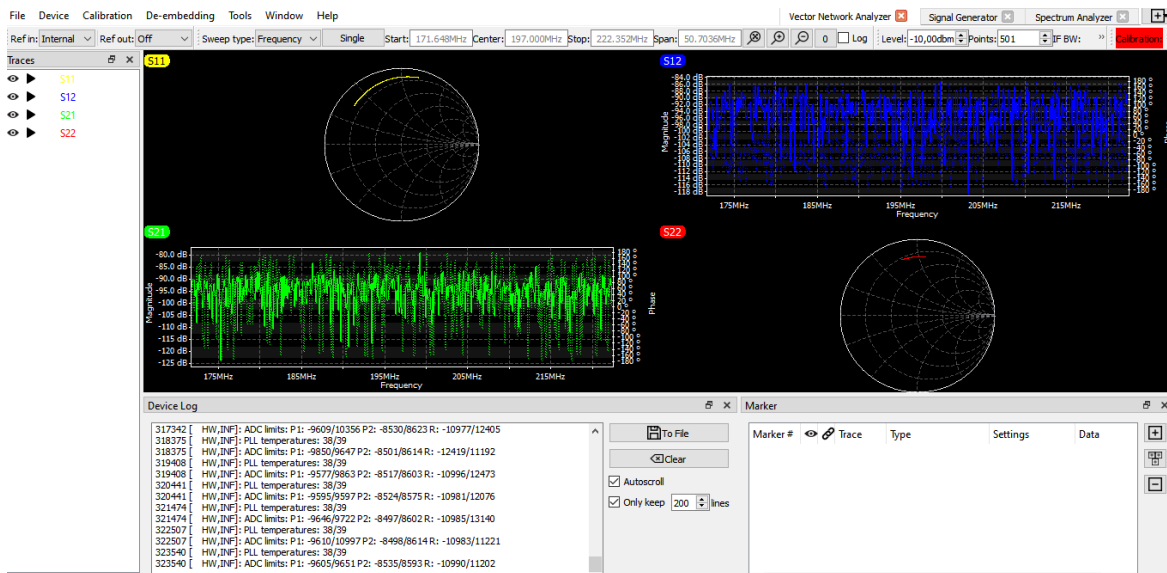


Figura 41. Interfaz del LIBREVNA.

2.- Se abre la ventana de calibración

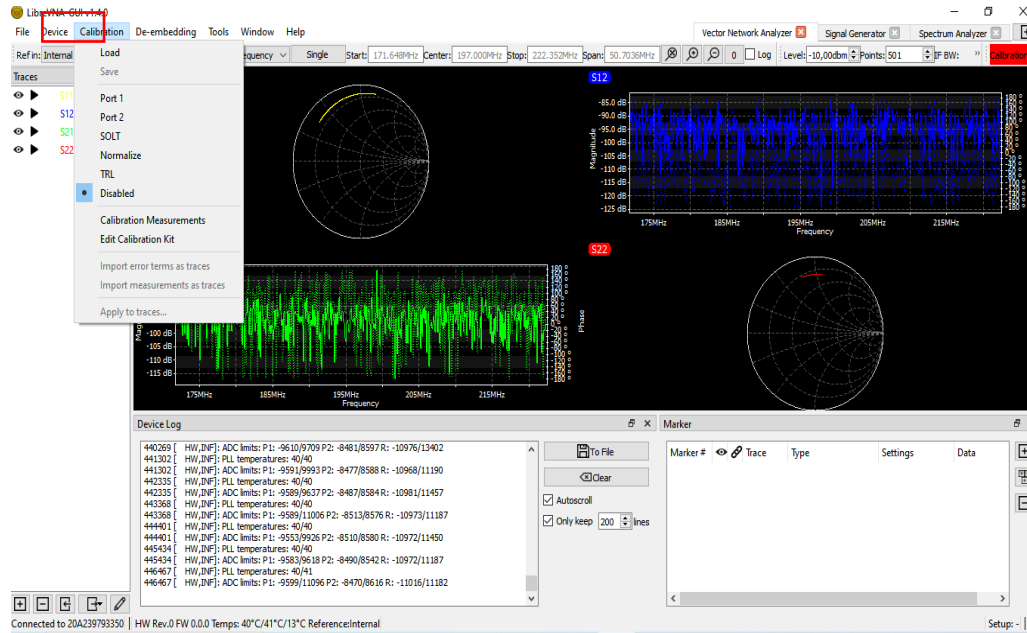


Figura 42. Ventana de calibración VNA.

3.- Se abre el cuadro de calibraciones, “CALIBRATION MEASUREMENTS”

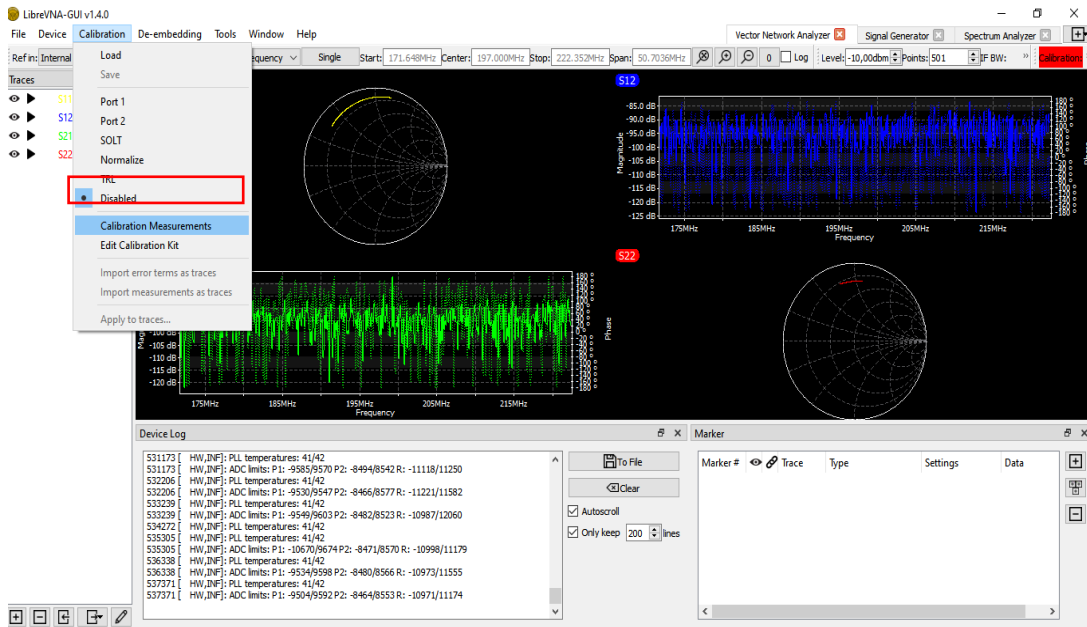


Figura 43. Cuadro de calibraciones VNA.

4.- Se calibra los puertos 1 y 2 en short, open y load para todas las frecuencias de trabajo que se requieran.

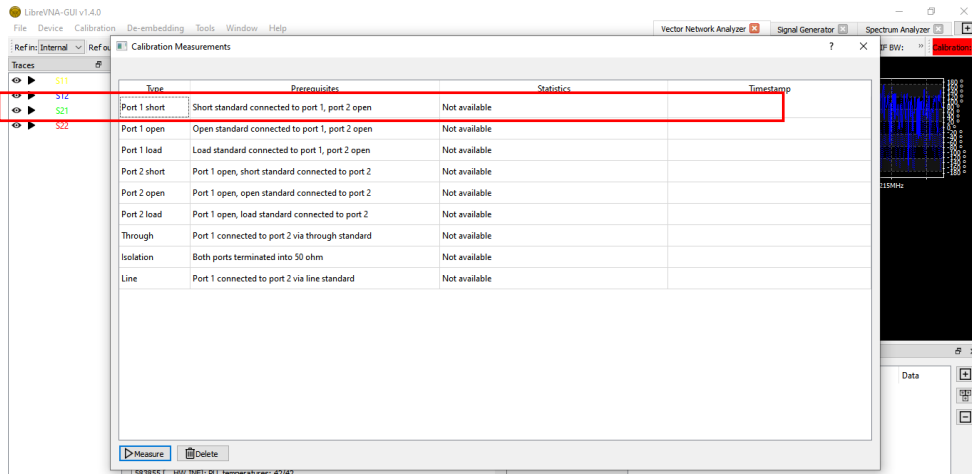


Figura 44. Calibración de puerto 1 SHORT.

5.- Se selecciona el puerto 1 para la calibración en “Short”, luego de eso se da clic en “Measure”.

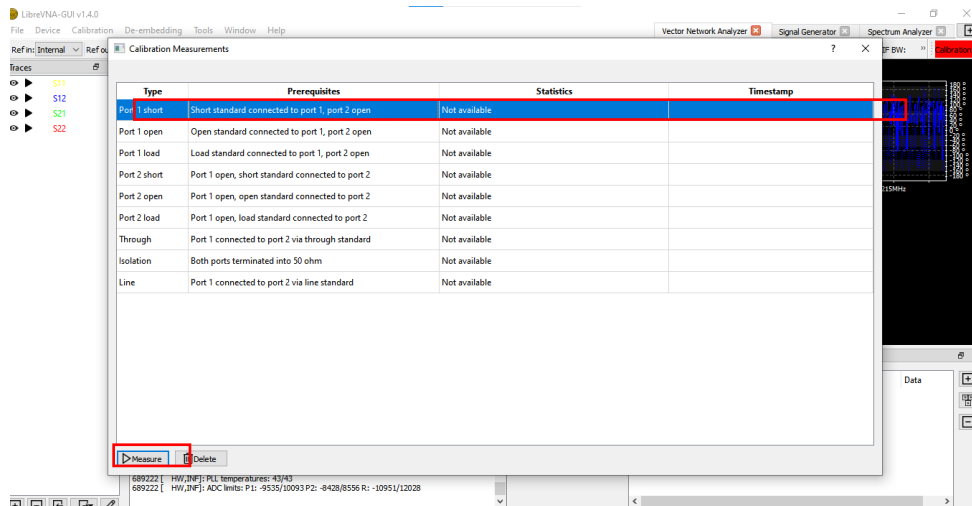


Figura 45. Calibración en “Short” puerto 1.

6.- Dado el clic en “Measure”, se calibra el puerto 1 en “Short” en la frecuencia de trabajo propuesta.

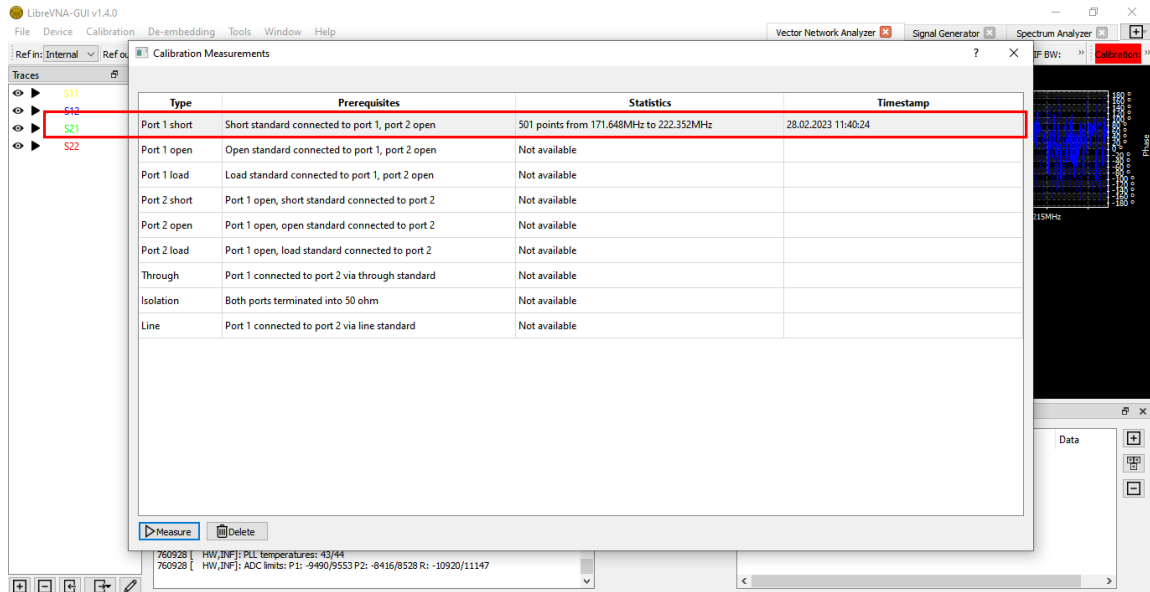


Figura 46. Ejecución “Measure” puerto 1.

7.- Se selecciona el puerto 1 para la calibración en “Open”, luego de eso se da clic en “Measure”.

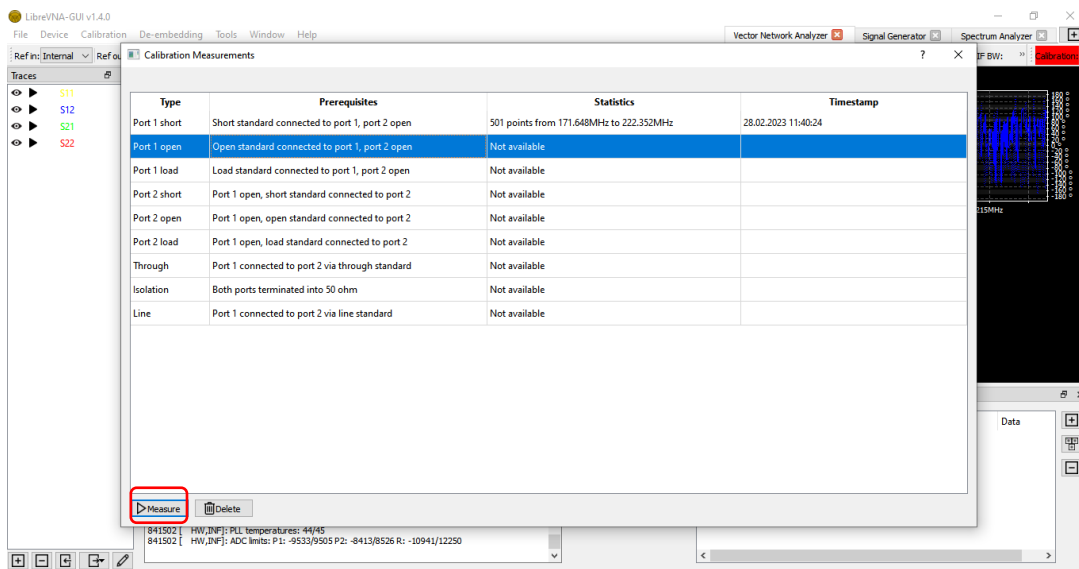


Figura 47. Calibración de puerto 1 “OPEN”.

8.- Dado el clic en “Measure”, se calibra el puerto 1 en “Open” en la frecuencia de trabajo propuesta.

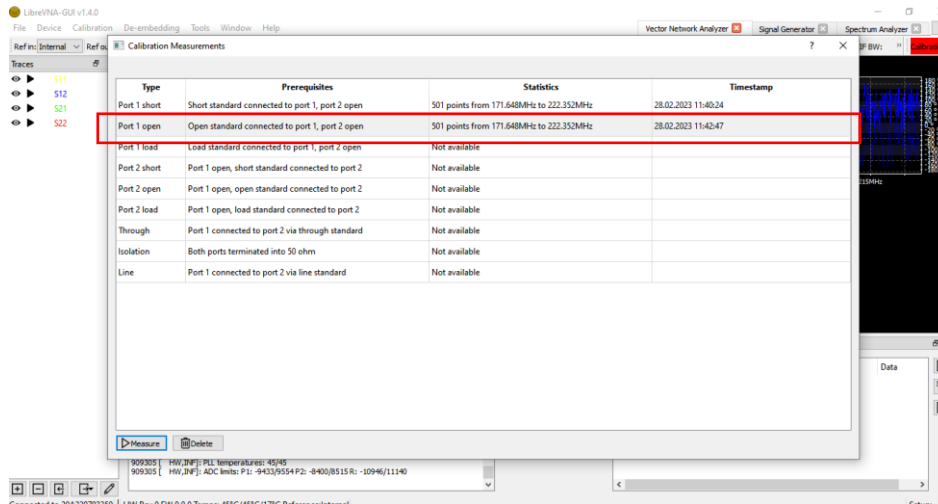


Figura 48. Ejecución OPEN Measure en el puerto 1.

9.- Se selecciona el puerto 1 para la calibración en “LOAD”, luego de eso se da clic en “Measure”.

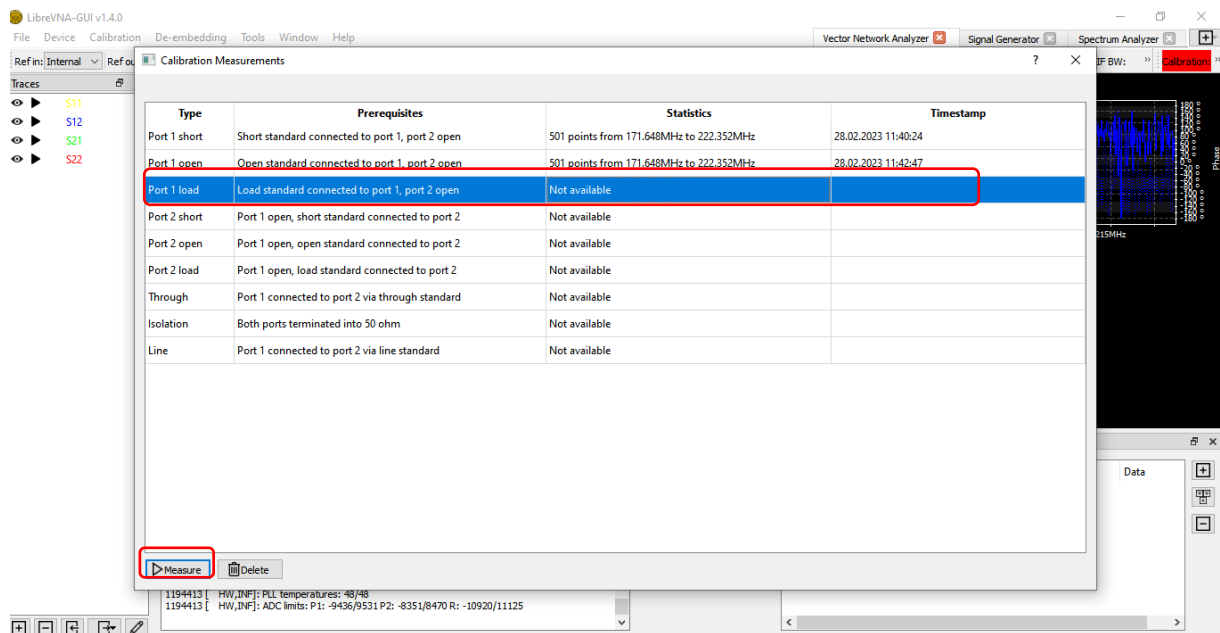


Figura 49. Calibración en “LOAD” puerto 1 del VNA.

10.- Dado el clic en “Measure”, se calibra el puerto 1 en “Load” en la frecuencia de trabajo propuesta.

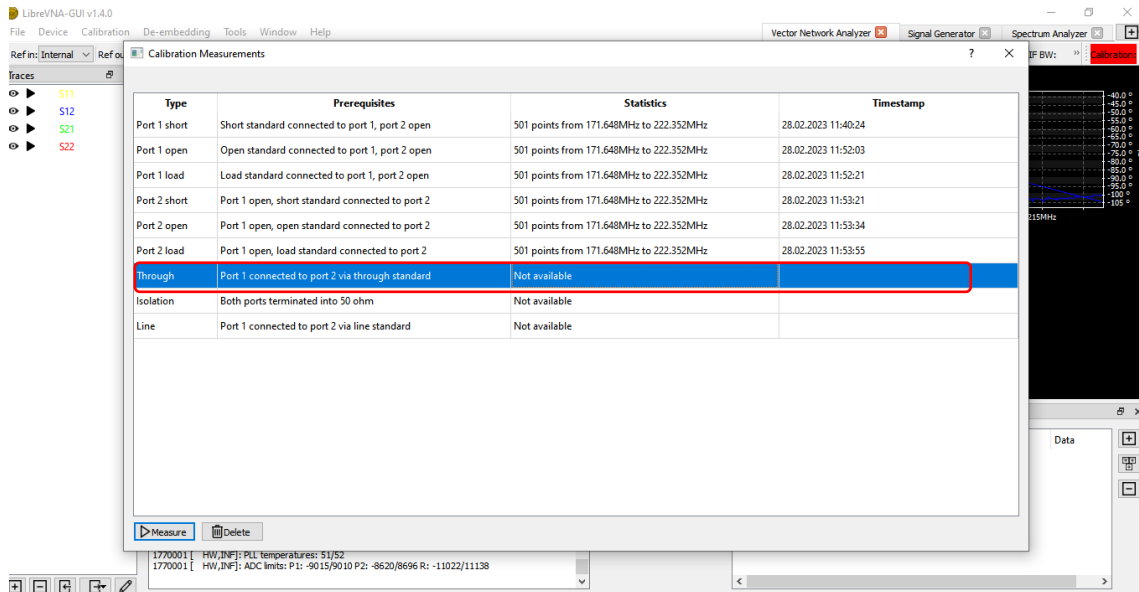


Figura 50. Calibración en la frecuencia propuesta

Nota: El mismo procedimiento que se hizo para calibrar el puerto 1 en, cortocircuito, circuito abierto y con carga, se hacen el puerto 2.

11.- en la figura 40 se puede observar el cuadro de calibración realizado en los dos puertos en cortocircuito, circuito abierto y con carga.

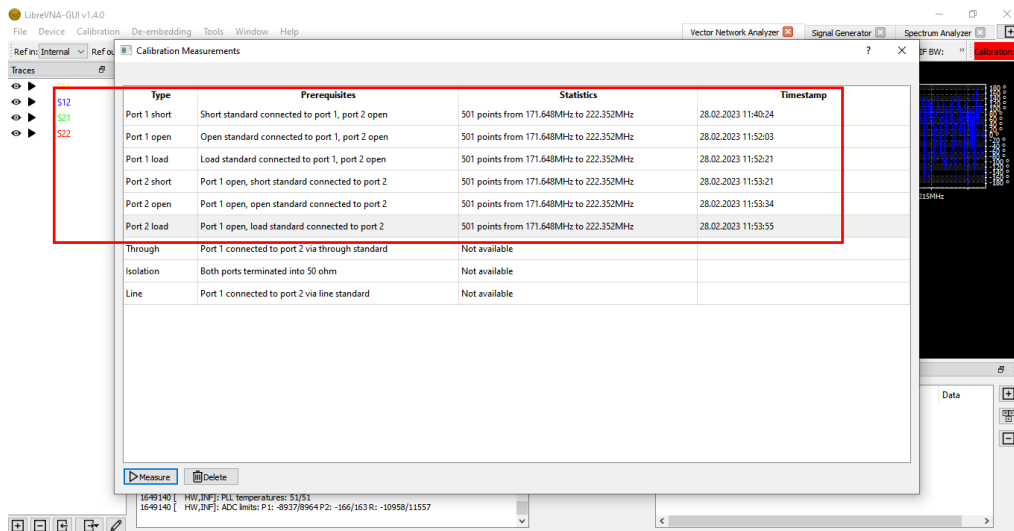


Figura 51. Cuadro de calibración en puerto 1 y 2.

12.- Se selecciona el puerto 1 para la calibración en “Through standard”, luego de eso se da clic en “Measure”.

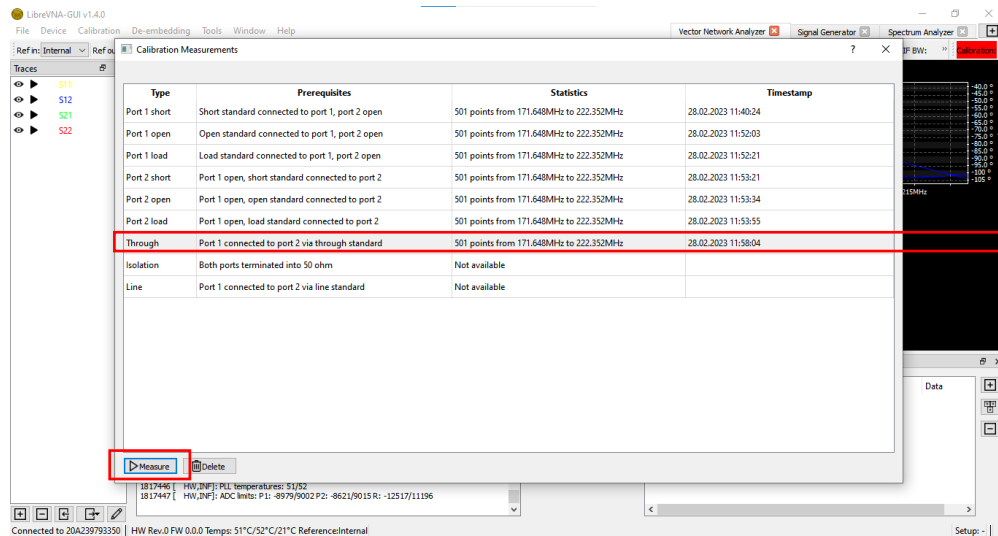


Figura 52. calibración en “Through standard”

13.- Dado el clic en “Measure”, se calibra el puerto 1 en “Through standard” en la frecuencia de trabajo propuesta.

14.- Se cierre la ventana de medidas de calibración y active la calibración SOLT

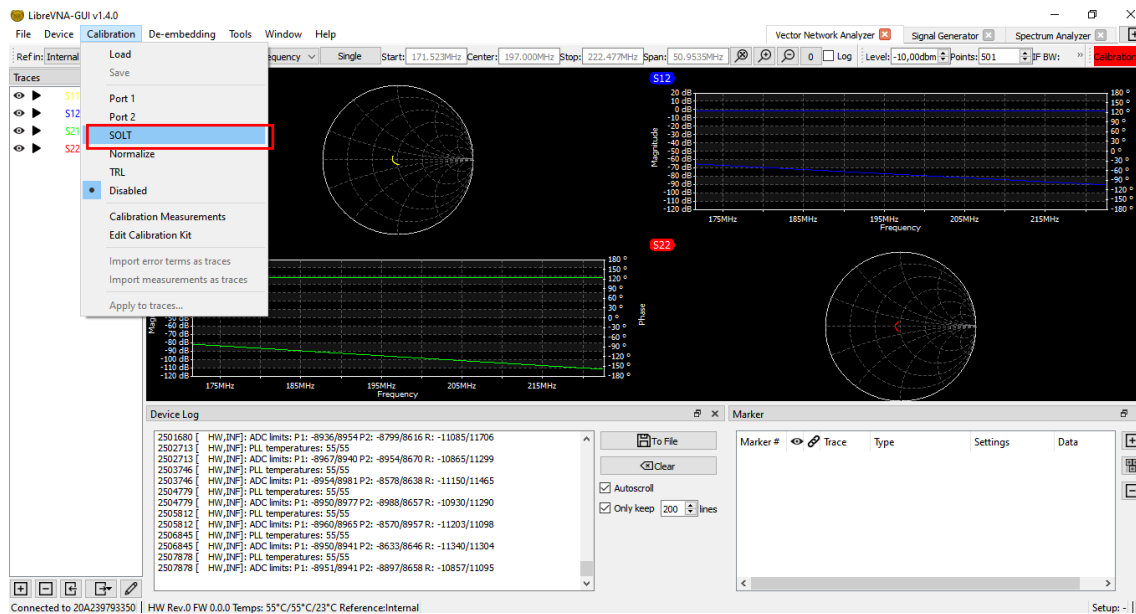


Figura 53. ventana de medidas de calibración.

15.- Se cierre la ventana de medidas de calibración y active la calibración SOLT y esta lista las calibraciones de los dos puertos listo para analizar los equipos de pruebas con mediciones correctas.

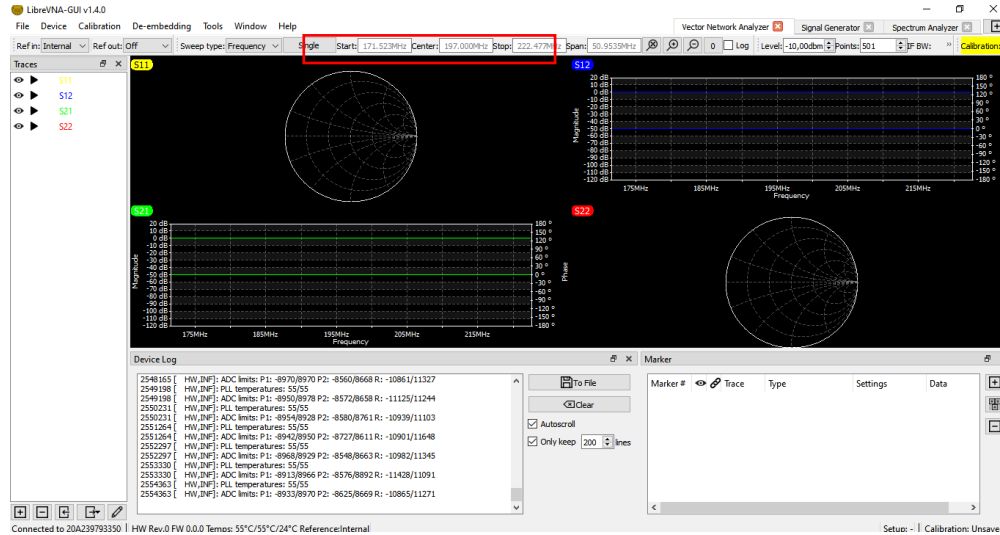


Figura 54. Análisis de los equipos

3.1.10 Frecuencias de trabajo

En la siguiente tabla se mostrarán los nombres de antenas y frecuencia de trabajo de los equipos de pruebas que se utilizó para las prácticas.

Tabla 15.

Antenas

ANTENA	FRECUENCIA CENTRAL
YAGI	F1=197.000 MHz
CONEJO	F2=183.000 MHz
TDT	F3=458.000 MHz

3.1.11 Implementación del laboratorio

La implementación del laboratorio de radio y televisión con las antenas requeridas para la recepción de señales en la banda de frecuencia descrita debe ir acorde a la normativa que se ha

mencionado en el actual documento: como es la normativa IBOC que nos permite difundir las señales de radio de una manera digital y analógica al mismo tiempo, esto conocido como una transmisión de señal híbrida.

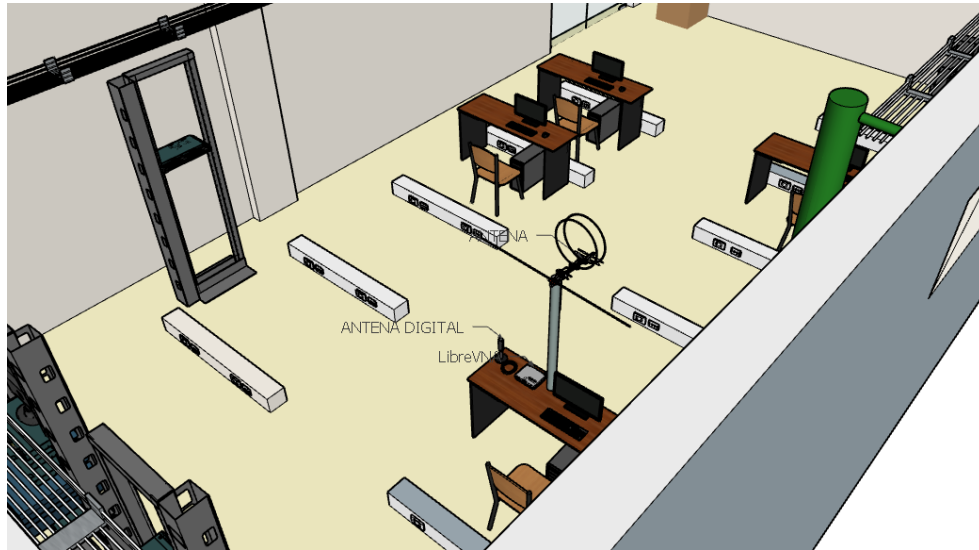


Figura 55. Entorno de laboratorio de radio y tv normativa IBOC

En el laboratorio quedará instalada las antenas de recepción de señales, las que trabajan en diferentes frecuencias para las prácticas respectivas que se realizarán con el equipo analizador de redes VNA, las cuales ayudarán a comprobar en que frecuencia trabaja mejor las antenas de prueba.

3.1.11.1 Antena Yagi con frecuencia central: 197.000 MHZ

Esta antena se utiliza como receptora de señal en la banda de frecuencia VHF, está conectada con un cable coaxial de 10m e impedancia de 75Ω , la conexión parte de la antena al VNA para su respectivo análisis.

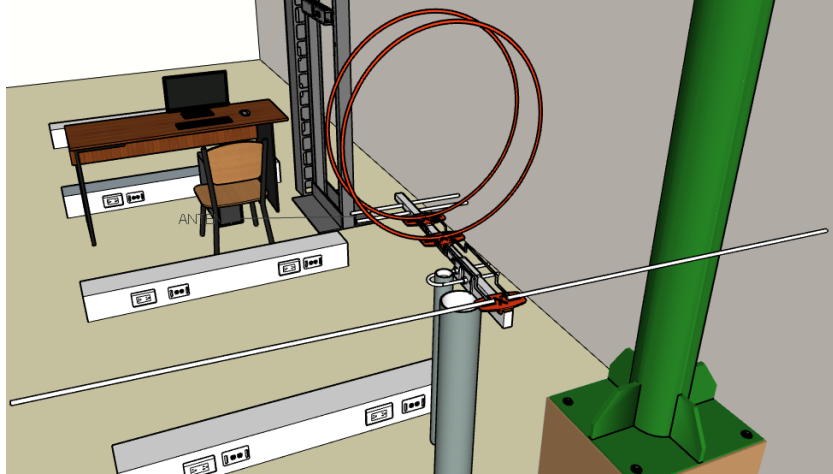


Figura 56. Entorno de laboratorio antena receptora banda VHF.

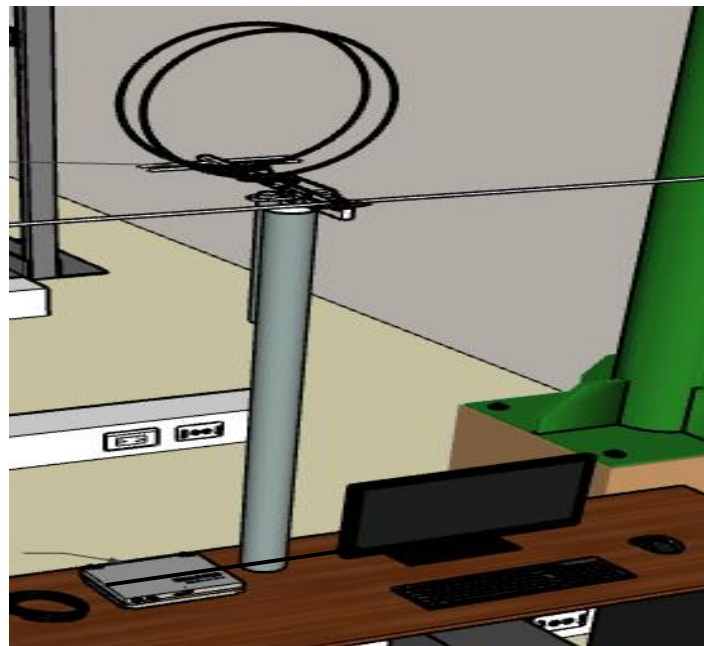


Figura 57. Entorno de laboratorio antena receptora banda VHF con VNA para análisis de parámetros S

3.1.11.2 Antena TDT con frecuencia central: 220 MHz

Con esta antena se realizarán las pruebas con la frecuencia central asignada, se realizará dichas pruebas con una antena de televisión terrestre, antena que está diseñada para captar señales de sonidos e imágenes por medio de una red terrestre.

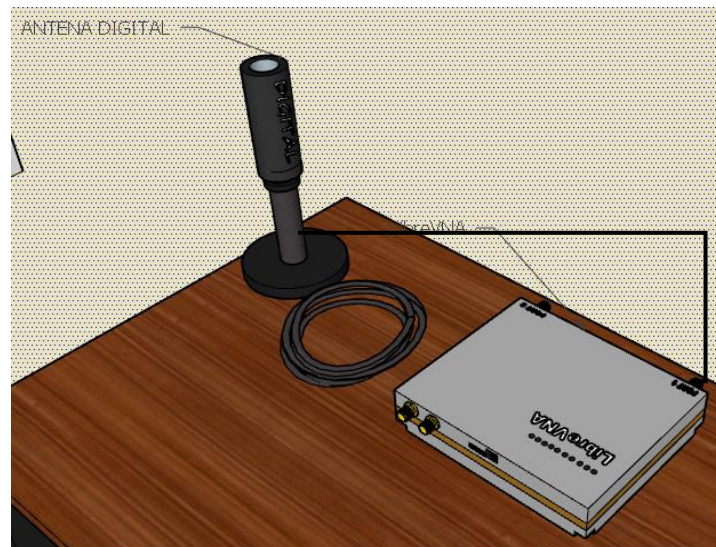
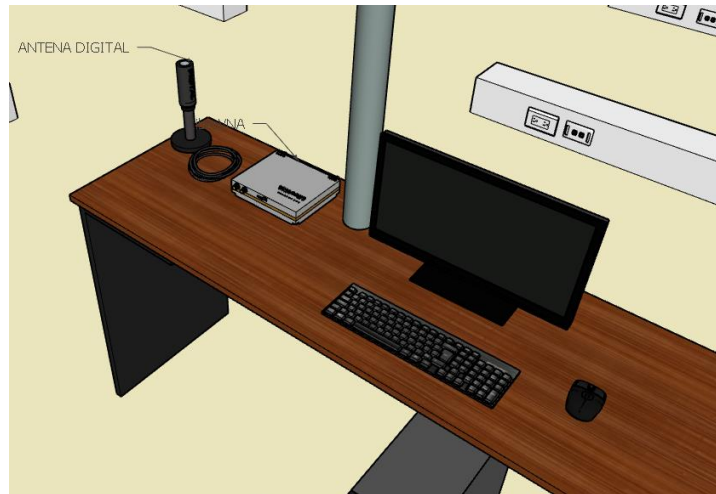


Figura 58. Entorno de laboratorio de antena TDT receptora en banda

Entorno de laboratorio antena TDT receptora banda VHF y VNA para el análisis de parámetros S

Con este laboratorio se podrá analizar el comportamiento de la antena al momento de recibir las señales en la frecuencia que se le asigno y verificar si los valores que nos arroja el análisis es el correcto.

3.1.12 Antenas de pruebas y analizador de redes vectorial.

Entorno de antenas de pruebas con equipo VNA en el laboratorio de telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena para el respectivo análisis de parámetros de dispersión o parámetros S.

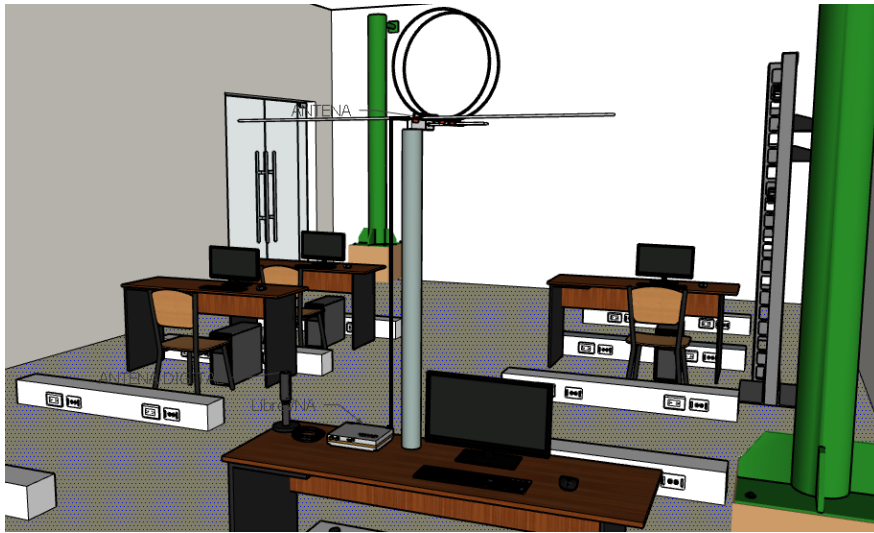


Figura 59. Entorno de antenas de pruebas y VNA

Mediante el laboratorio de radiodifusión y TV que se implementará, permitirá verificar los parámetros S de las antenas de pruebas mediante el analizador de redes vectorial VNA en el cual se podrá comparar el parámetro s_{11} más importante que indicará los valores aceptables de impedancia de carga, coeficiente de reflexión, VSWR, pérdida de retorno de carga, y la atenuación de desajuste de la carga de una antena etc.

3.1.13 Medición vectorial

Se cataloga aquellas redes utilizadas para probar componente y lograr verificar simulaciones de este diseño, para obtener asegurado los sistemas y componentes de acuerdo a lo sustentado por (Contreras, 2021) expone:

Un ejemplo práctico es el uso del teléfono celular o móvil que funciona en una red 3G o 4G, el uso de “redes” Wifi o LAN inalámbricas, así como las computadoras y servidores que están configurados en “redes” que están vinculadas entre sí a la nube. Para cada una de estas “redes”, existe una determinada herramienta de análisis de red (Vector Network Analyzer) que se utiliza para verificar el rendimiento, trazar un mapa de las zonas de cobertura e identificar las áreas problemáticas. (p.3)

Durante el desarrollo de este proceso muchos de los ingenieros emplean un VNA en toda etapa del desarrollo del producto con el objetivo de corroborar el rendimiento que se obtenga en estos componentes y si cumplen con cada uno de los requerimientos y especificaciones.

La función de un VNA, genera estímulos conocidos y receptores utilizados para determinar cambios, los mismos que provocan DUT o baja prueba. Por lo tanto, esta señal es capaz de reflejar desde la entrada de la señal y la salida de este dispositivo con baja prueba. El receptor Vector Network Analyzer mide señales que comparan estímulos que sean conocidos, para luego los medidos sean procesados por un PC interno o otro para luego ser enviados a una pantalla.

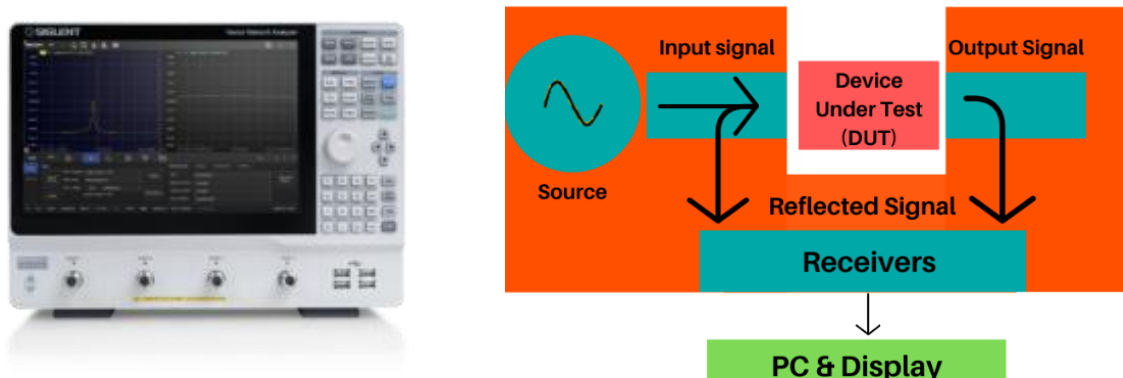


Figura 60. Entorno de antenas de pruebas y VNA

3.1.14 Frecuencias auxiliares

De acuerdo al Reglamento a la Ley de Difusión y televisión vigente de la República del Ecuador, establece en el Capítulo II: Definiciones, Art. 4, numeral 8)

Frecuencias auxiliares del servicio de radiodifusión y televisión: son las frecuencias atribuidas a los servicios fijo y móvil y que son necesarias para la operación y funcionamiento de las estaciones y sistemas de radiodifusión y televisión; estas frecuencias corresponden a los enlaces radioeléctricos entre estudio - transmisor, enlaces de conexión ascendente y descendente satelitales y entre estaciones repetidoras, así como las frecuencias para operación remota. (p.2)

Lo sustentado por la Ley en mención, establece que las difusiones a desarrollarse en el ámbito nacional deberán contar con frecuencias auxiliares que permita la operación y buen funcionamiento de las estaciones para transmitir información idónea, y cuyas, operaciones sea repartidas y transitadas con frecuencias remotas.

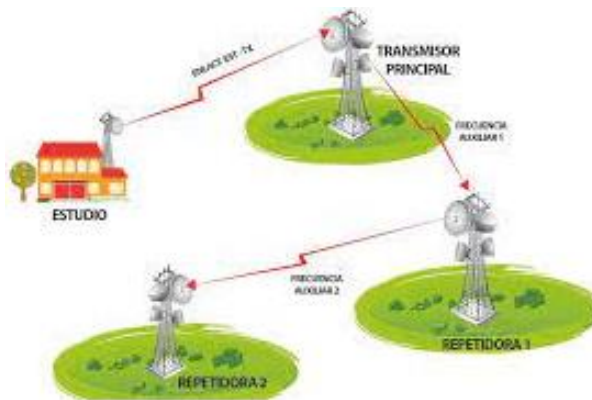


Figura 61. Frecuencias auxiliares

3.1.15 Enlaces auxiliares

Acorde a la Ley de Difusión y televisión vigente de la República del Ecuador, establece en el Capítulo I: Aspectos generales tipifica el concepto de enlaces, sustentado:

Son los enlaces físicos o radioeléctricos necesarios para la operación y funcionamiento de las estaciones y sistemas de radiodifusión de televisión digital terrestre; estos enlaces sirven para la conectividad entre el estudio principal (control máster) y transmisor, con las estaciones repetidoras y entre los estudios secundarios (estudios de producción) y estudio principal (control máster) de una misma estación, para la conformación de redes eventuales y permanentes, así como para los sistemas de operación remota y para conexión ascendente y descendente satelital. (p.4)

Estos enlaces son prestados a la infraestructura sin contar con prestaciones de servicios a terceros u operadores de servicios que brinda teleeducaciones, que estén legalmente autorizados.



Figura 62. Enlaces auxiliares

3.1.16 Bandas de frecuencias

De acuerdo al Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) de acuerdo a sus atribuciones aprueba en la Resolución No. TEL-391-15- CONATEL-2012 de 4 de julio de 2012,

establecen el uso de bandas de frecuencias, las mismas que son destinadas al servicio de televisión, considerando las siguientes:

VHF

- Banda I de 54 A 72 Mhz y de 76 A 88 Mhz
- Banda III de 174 A 216 Mhz
- UHF
- Banda IV de 470 A 482 Mhz, 512 A 608 Mhz y de 614 A 644 Mhz
- Banda V de 644 A 698 Mhz

Para la Normativa técnica de canalización de bandas de frecuencias auxiliares para el servicio de radiodifusión sonora y TV en banda de 10150 a 10660 MHz, y en la banda de frecuencias de 222 a 243 MHz utilizada para el servicio fijo para la operación de enlaces radioeléctricos auxiliares para el servicio de Radiodifusión con emisiones sonoras, la siguiente canalización.

Banda (MHz)	Número de Canal	Frecuencias (MHz)	Ancho de Banda (KHz)
222-243 MHz	1	222,16	220
222-243 MHz	2	222,38	220
222-243 MHz	3	222,6	220
222-243 MHz	4	222,82	220
222-243 MHz	5	223,04	220
222-243 MHz	6	223,26	220
222-243 MHz	7	223,48	220
222-243 MHz	8	223,7	220
222-243 MHz	9	223,92	220
222-243 MHz	10	224,14	220
222-243 MHz	11	224,36	220
222-243 MHz	12	224,58	220
222-243 MHz	13	224,8	220
222-243 MHz	14	225,02	220
222-243 MHz	15	225,24	220
222-243 MHz	16	225,46	220
222-243 MHz	17	225,68	220
222-243 MHz	18	225,9	220

Figura 63. Frecuencias auxiliares

Para los enlaces auxiliares para estaciones de radiodifusión sonará AM se utilizará las mismas portadoras de las canalizaciones antes descritas con la diferencia que el ancho de banda es de 65KHz por canal.

3.1.17 Bandas sonoras

De acuerdo a la historia, muchos de las personas a nivel mundial determinan a las bandas sonoras como sonido o música; no obstante, esta acción es muchas veces acompañada en función a una pantalla. Con el pasar de las décadas la población comienza a tener un concepto de la música dentro de películas

3.1.18 Radiodifusión

Ecuador se ha caracterizado por ser un país de cultura radiofónica, significa para la población el manejo de una radio comunitaria, puesto que pone en manifiesto una discusión del medio; para los años sesenta la radio comienza a ser parte de un negocio, puesto que: es “establecida como el pulmón de la radioemisoras y agendas de publicidad donde se colocan auspicios en una frecuencia FM”. (Grivalja & Yaguana, 2019, pág. 22). El marco regulatorio que hoy en día vive la comunicación ecuatoriana hay marcado por largos años el aporte para la comunidad y la radio. Mediante la aprobación de varias leyes siendo la (ARCOTEL) Agencia de Regulación y Control de Telecomunicaciones que en el 2016 plantea que más de 300 frecuencias de televisión y radio a nivel nacional tengan una reversión, logrando la discrepancia de propietarios y sectores interesados, llegando a la conclusión de anular este concurso renovando las frecuencias a sus antiguos propietarios.

De acuerdo a lo emitido por (Chang Yáñez, Vizuite Negrete, Vergara Torres, & Barreth González, 2023): “La radiodifusión es un componente donde la televisión y radio se transforma desde una perspectiva analógica hasta sumarse a las TIC’S como un mundo digital. Sin embargo, el ciber radio, on line y streaming han sido significativas por estar inmersas en el internet, y que habitualmente se enfocan a grupos específicos, que siente la necesidad de conectarse a determinadas horas para gozar del mundo digital que oferta hoy en día Ecuador.

El uso efectivo de la era digital ha traído consigo el país con la radiofusasoras, porque concibe el hecho de hacer nuevas prácticas en el mundo digital, erradicando progresivamente el analfabetismo, siendo este medio el uso efectivo para influir de manera directa en los radiodifusores, captando la atención y haciendo más práctico el uso de plataformas digitales, con viabilidad y alcance a las personas.

La meta que se consigue con la inmersión de este proceso es que en pleno siglo XXI, se atesore estos escenarios que llevan a tener amplios contenidos, pero sobre todos emerger a la sociedad a considerar los ámbitos digitales, segregando la radio fusión tradicional o lineal.

Capítulo IV

4. Pruebas, análisis y resultados de la propuesta

4.1 Análisis de gráficas logarítmicas

4.1.1 Frecuencia central 197,000 MHz antena Yagi.

En este apartado se expondrá sobre las gráficas que muestra los resultados de simulación de los parámetros de dispersión o parámetros S realizados en el VNA, siendo el parámetro s_{11} el más importante al momento de transmitir y recibir señales de RF, según la antena de prueba que se utilizó y la frecuencia de trabajo del mismo equipo de prueba.

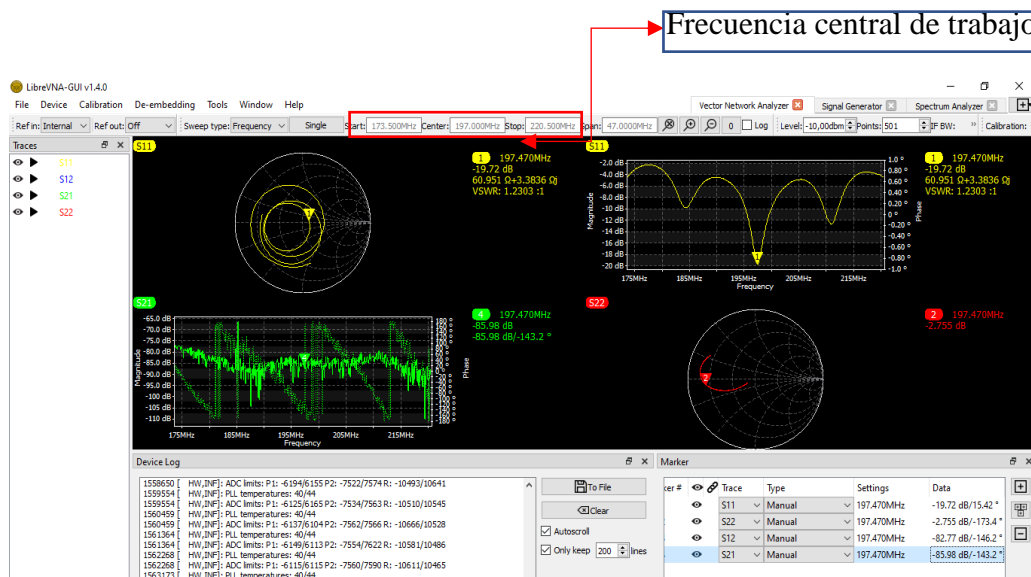


Figura 64 Parámetros S en la F 197.000Mhz

En la figura 64 se visualizan los resultados gráficos de los parámetros S que entrega el VNA de la antena Yagi con una frecuencia de trabajo de 197.000 MHz, así mismo se resaltan los resultados prácticos de cada uno de ellos, siendo el s_{11} el más importante donde se prevalece los valores de SVWR, dichos valores son importantes al momento de transmitir y recibir señales de RF, teniendo en cuenta que los parámetros S son en función de la frecuencia, es decir varían con respecto a la frecuencia de trabajo o resonancia de antena.

Tr #	Trace	Type	Settings	Data
1	S11	Manual	197.470MHz	-19.72 dB/15.42 °
2	S22	Manual	197.470MHz	-2.755 dB/-173.4 °
3	S12	Manual	197.470MHz	-82.77 dB/-146.2 °
4	S21	Manual	197.470MHz	-85.98 dB/-143.2 °

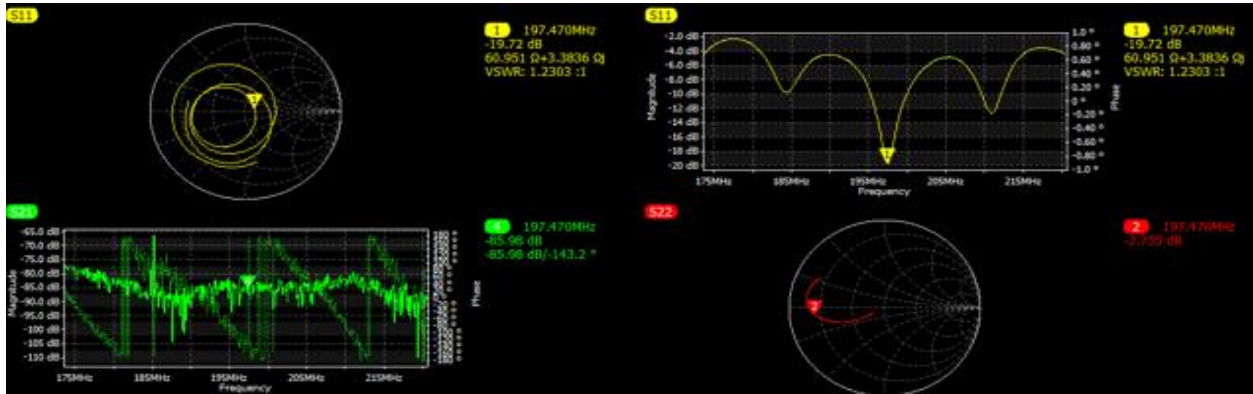


Figura 65. Valores esperados del parámetro S F1

Para el estudio respectivo de los resultados, se tomó en cuenta el parámetro s_{11} , dado que es el parámetro más citado a menudo con respecto a las antenas.

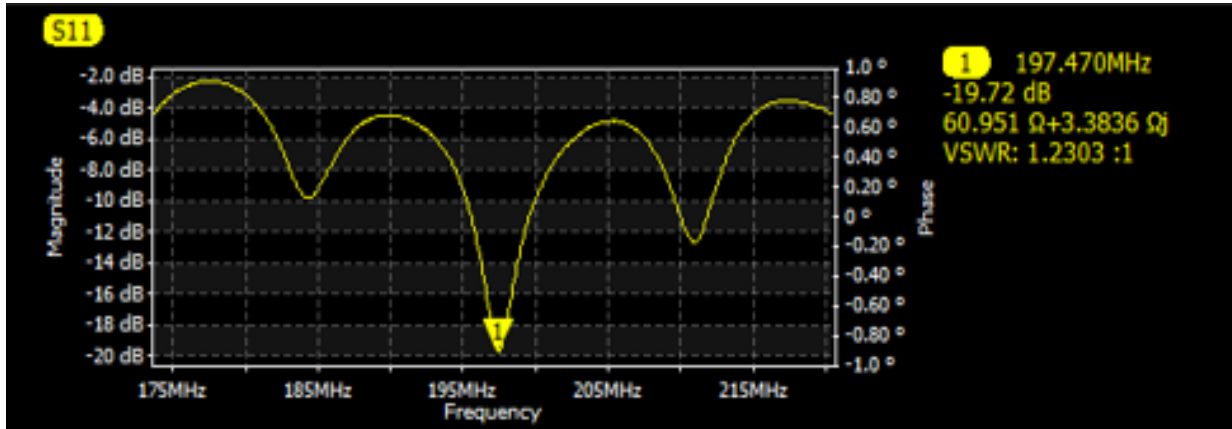


Figura 66. Resultado del parámetro s_{11}

En la práctica, el parámetro S más importante con respecto a las antenas es el s_{11} este representa cuanta potencia es reflejada en la antena, por ese motivo, se tiene el nombre de coeficiente de reflexión, a veces también llamado gamma τ o pérdida de retorno. si $s_{11} = 0$ dB quiere decir que, toda la potencia se refleja a la antena y no irradia nada, en cambio si $s_{11} = -10$

dB, implica que, si se entrega potencia a la antena, pero también se refleja un porcentaje de la potencia.

En la imagen 66 se mide el parámetro s_{11} con un VNA, se puede apreciar que la antena radia mejor en la frecuencia de 197,00 MHz donde el parámetro $s_{11} = -19.72\text{dB}$, además que en la frecuencia 175,00 MHz no irradia casi nada ya que el s_{11} está en -2dB por lo que se refleja mucha potencia.

Por esta razón para que un radio transmisor o receptor ceda potencia a una antena, las impedancias tanto del radio transmisor o receptor y la línea de transmisión deben tener los valores coincidiendo con la impedancia de la antena al radio o línea de transmisión.

En antenas el VSWR es la relación de onda de voltaje o también se la conoce como la relación de onda estacionaria, el VSWR es una función del coeficiente de reflexión, la cual describe la potencia que se refleja desde la antena.

Se debe tener en cuenta que un VSWR es una medida de la potencia suministrada a la antena. Esto no significa que la antena irradie toda la potencia recibida. Así, el valor del mismo mide el potencial de radiación. Una VSWR baja significa que la antena está bien adaptada, pero no significa necesariamente que la potencia transmitida sea radiada.

Carta de Smith basada en el parámetro s_{11} , el cual nos indica que el valor de impedancia medida es de $60.951\Omega + 3.3836\Omega j$, en el cual se puede evidenciar una parte reactiva pequeña, representando en la carta de Smith.

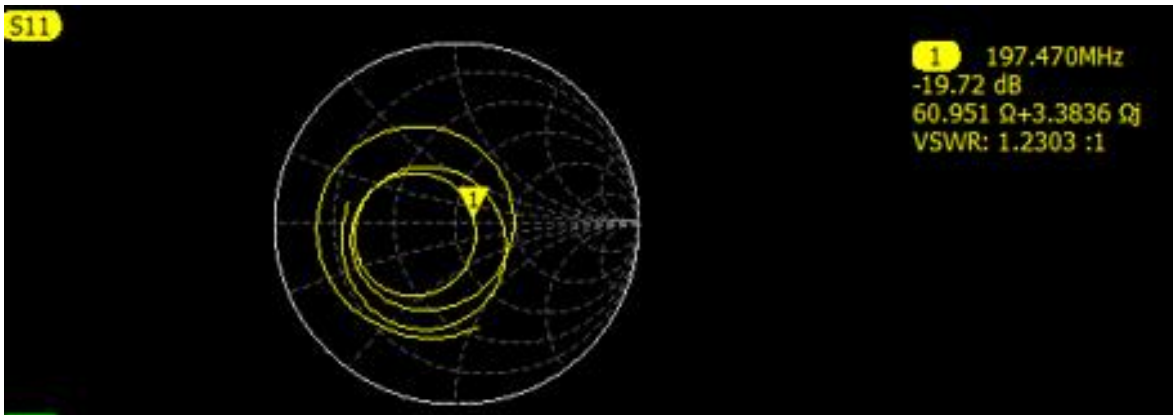


Figura 67. Impedancia de la antena en la frecuencia 197.00 MHz

4.1.2 Frecuencia central 183,000 MHz

En esta imagen se analiza la frecuencia de 183.00 MHz siendo el parámetro s_{11} el mas importante en el análisis de antenas.

Frecuencia central de trabajo

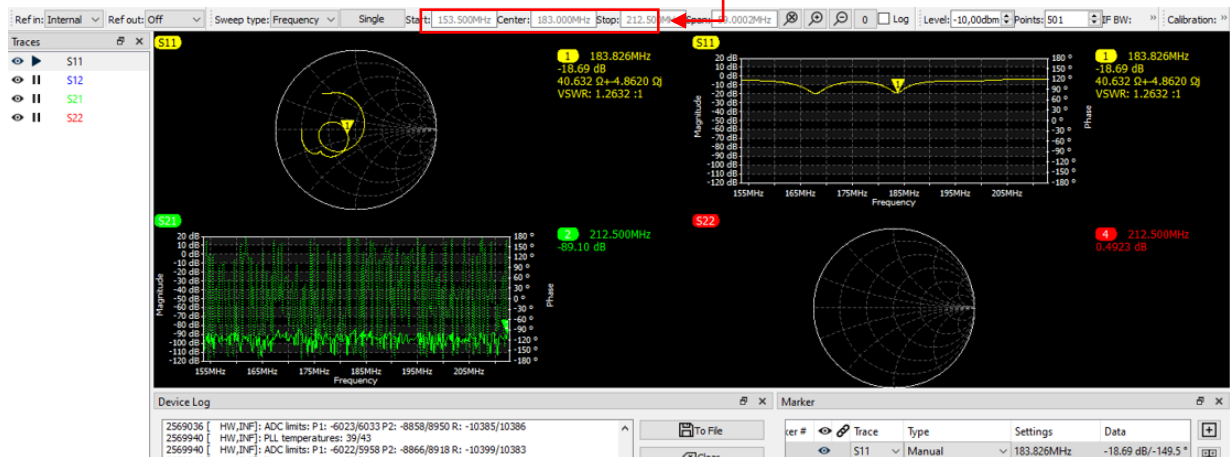


Figura 68. Parámetros S en frecuencia 183.00 MHz

En la imagen 68 se observa los valores gráficos logarítmicos de los parámetros S que nos entrega el VNA del equipo de prueba de la antena conejo con una frecuencia de trabajo de 183 MHz, siendo el parámetro s_{11} el mas importante en la transmisión y recepción de señales de RF.

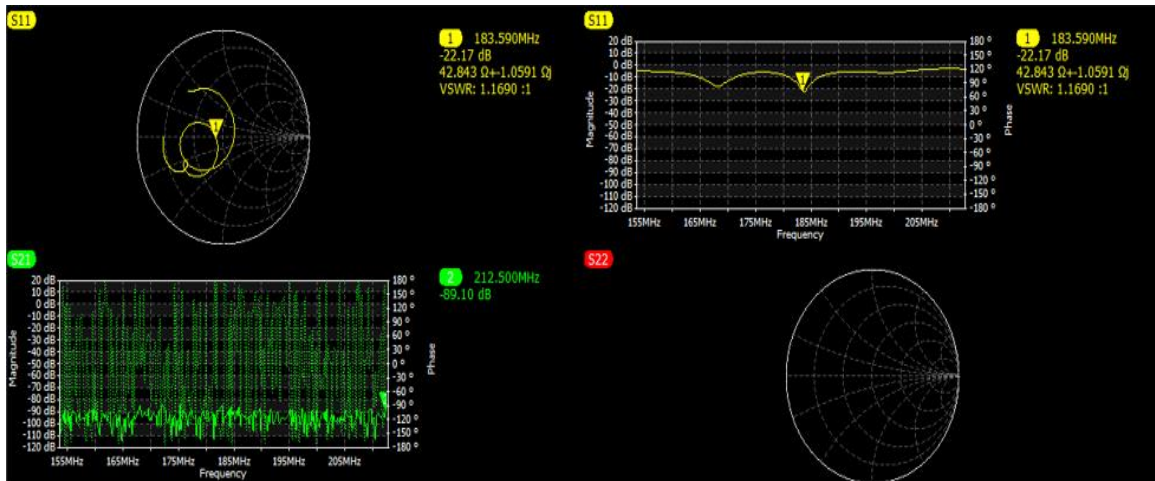


Figura 69. Valores esperados s11 de la frecuencia 183.000 MHz

Valores esperados en la medición de los parámetros S mediante el VNA en la frecuencia de estudio con el equipo de prueba, en este caso es una antena conejo con su frecuencia de trabajo en 183.000 MHz.

Tabla 16.

Valores de parámetros

TRACE	TYPE	SETTINGS	DATA
S11	MANUAL	183.000MHz	-22.17 dB
S21	MANUAL	183.000MHz	-97.44 dB/-155.8°
S12	MANUAL	183.000MHz	-81.26 dB/-171.2°

En la siguiente imagen se analiza la gráfica de los resultados esperados del parámetro S_{11} ya que es el más importante en el análisis de antenas de transmisión y recepción de señales RF.

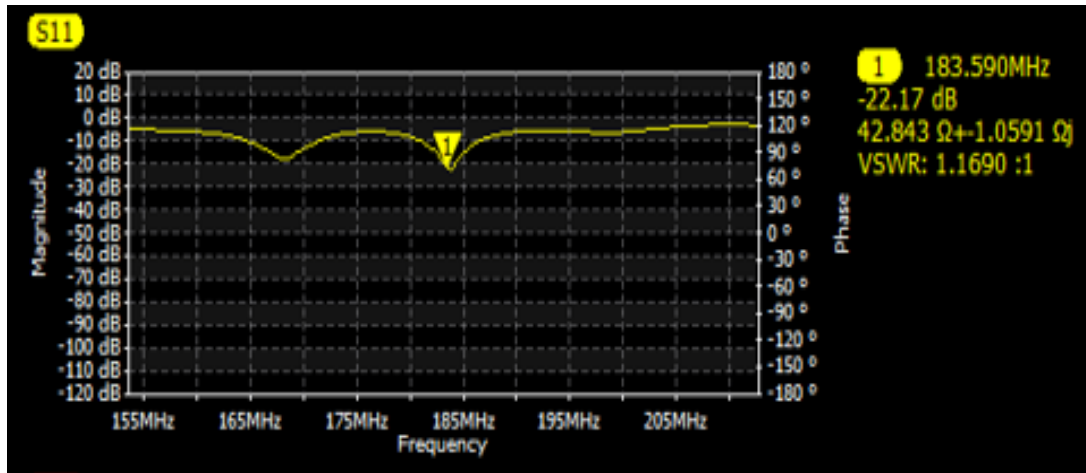


Figura 70. Resultado de parámetro s_{11} en F2

En la imagen 70 se mide el parámetro s_{11} con un VNA, se puede estimar que la antena radia mejor en la frecuencia de 183,590 MHz donde el parámetro nos da un valor de $s_{11} = -22.17$, además que en la frecuencia 155,00 MHz no irradia nada ya que el s_{11} está cerca de los 0 dB por lo que se refleja toda potencia.

Carta de Smith establecida en el parámetro s_{11} , esto nos indica que el valor de impedancia medida es de $42.843\Omega + 1.059\Omega j$, en el cual se puede evidenciar una parte reactiva pequeña, representando en la carta de Smith de la figura 67.

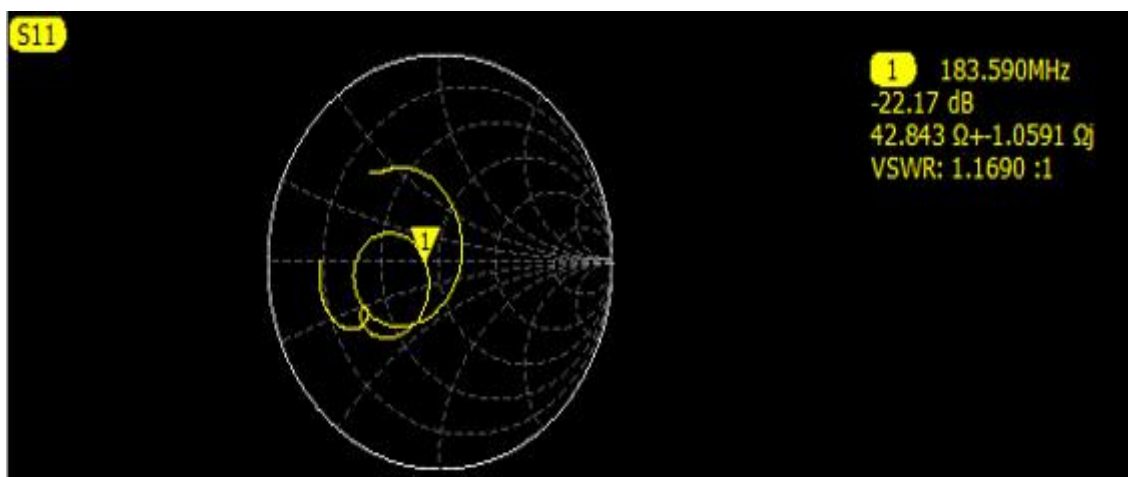


Figura 71. Impedancia de la antena en la F2

4.1.3 Frecuencia central 458,000 MHz antenna TDT

En la siguiente imagen se visualizará y analizará la frecuencia de 458.000 MHz siendo el parámetro S_{11} el más importante en el análisis de antenas para tener un buen acoplamiento entre la línea de transmisión y la antenna.

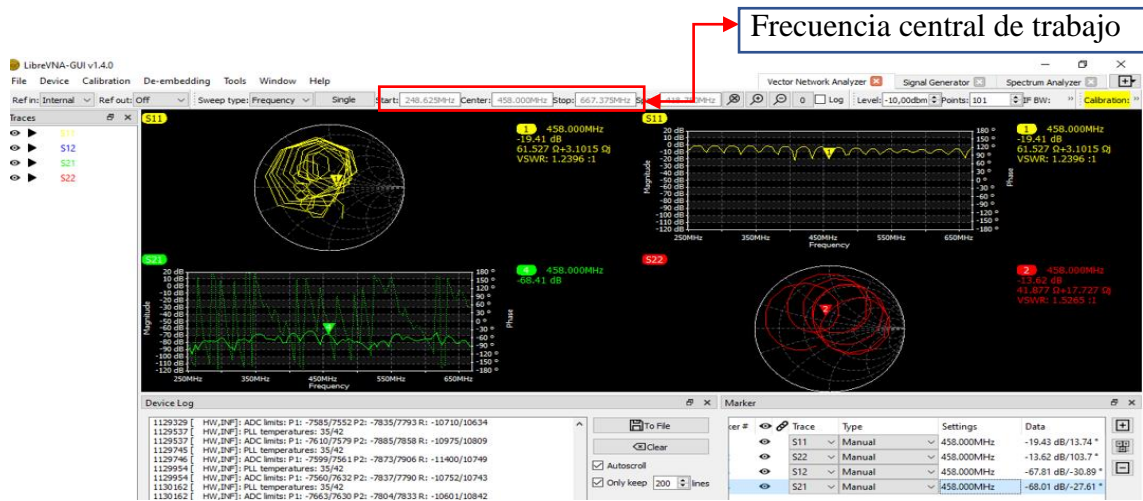


Figura 72. Frecuencia central de trabajo antenna TDT

En la imagen 73 se visualiza los valores de los parámetros S que nos da el VNA en la frecuencia central o de trabajo de 458.000 MHz de la antenna TDT, siendo el parámetro S_{11} , el más importante de análisis.

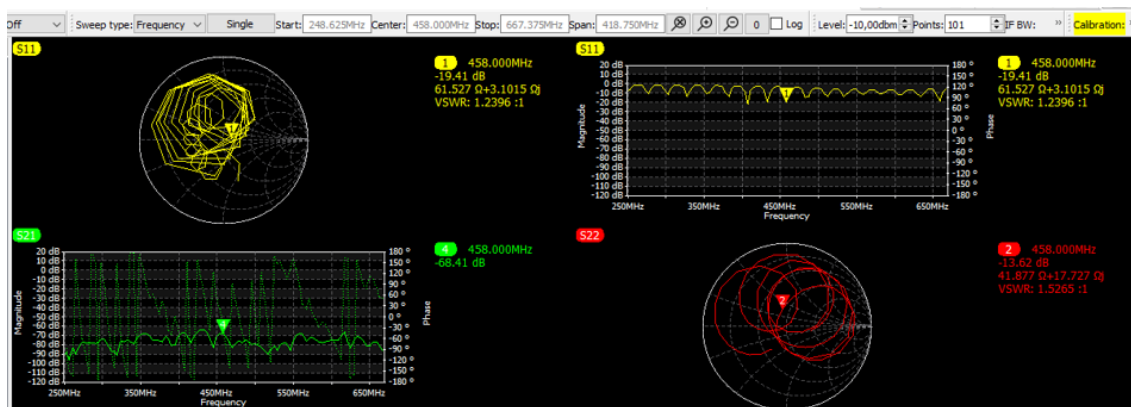


Figura 73. Valores esperados del parámetro S_{11} , en la F3

En la siguiente imagen 74 se visualiza los valores precisos para tener un acoplamiento idóneo entre la línea de transmisión y la antena, ya que tenemos un VSWR de 1.2396 el que nos indica que la antena radial de una mejor manera en la frecuencia de 458.000 MHz donde el $s_{11} = -19.41 \text{ dB}$ y que el $s_{11} = 0 \text{ dB}$ en la frecuencia de 250 MHz donde no irradia nada de potencia.

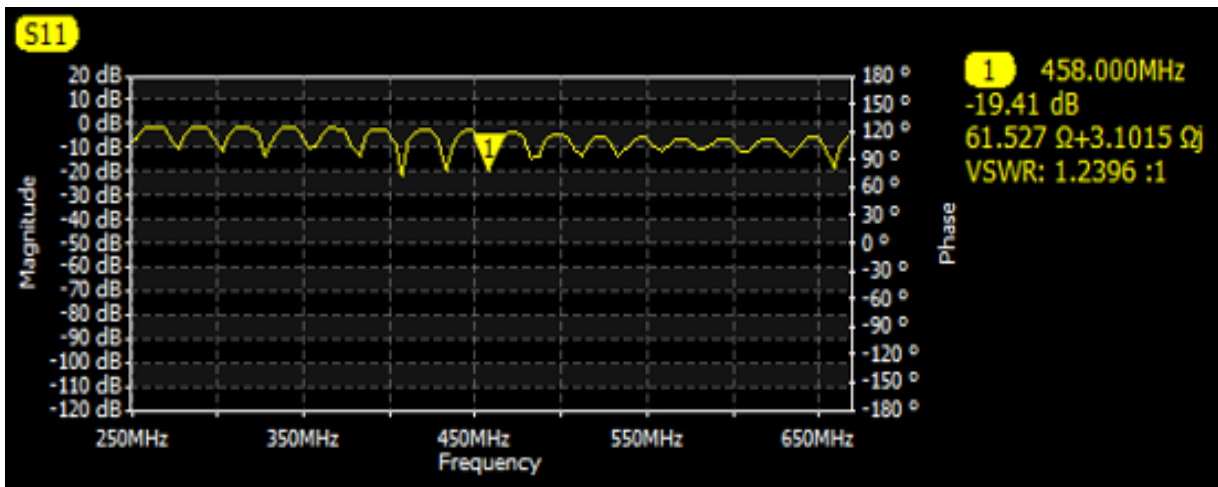


Figura 74 Resultado de parámetro s_{11} en F3

Carta de Smith basada en el parámetro s_{11} , el cual nos indica el valor de la impedancia medida del sistema es de $61.52 \Omega + 3.101 \Omega j$, donde se puede evidenciar una parte reactiva pequeña en la frecuencia de trabajo.

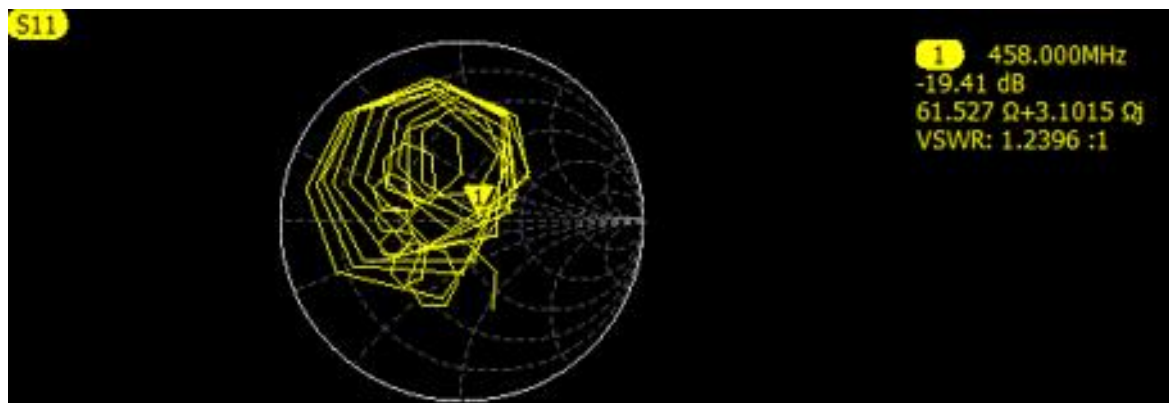


Figura 75. impedancia de la antena en la F3

4.1.4 Frecuencia central 225,000 MHz antena conejo.

En la siguiente imagen 76 se visualizará y analizará la frecuencia auxiliar de 225.000 MHz siendo el parámetro s_{11} el más importante en el análisis de antenas para tener un buen acoplamiento entre la línea de transmisión y la antenna.

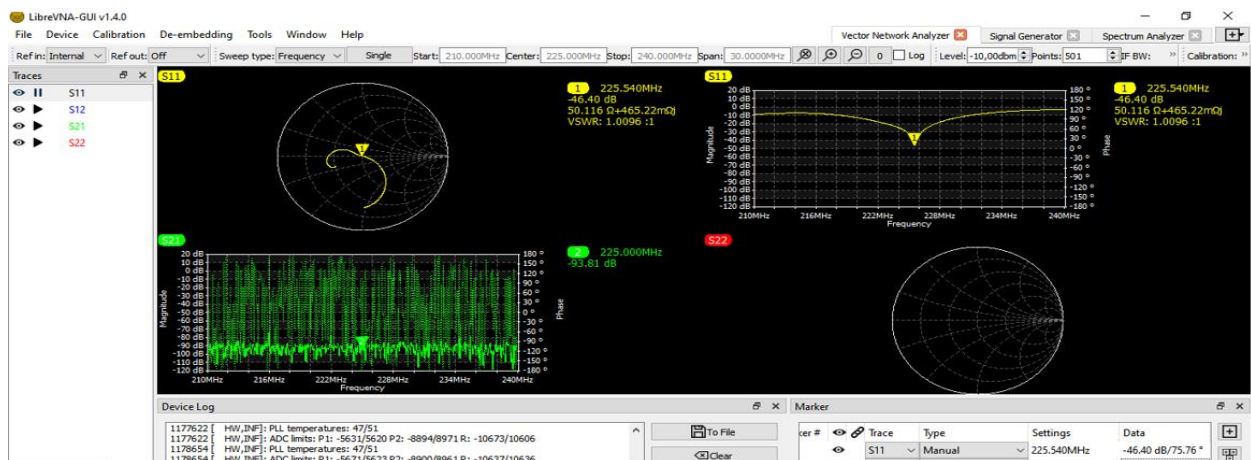


Figura 76. Frecuencia auxiliar de trabajo antena conejo

En la siguiente imagen 77 se visualiza los valores precisos para tener un acoplamiento idóneo entre la línea de transmisión y la antenna, ya que tenemos un VSWR de 1.009 el que nos indica que la antena irradia de una mejor manera en la frecuencia de 225.000 MHz donde el $s_{11} = -46.40 \text{ dB}$ y que el $s_{11} = 0 \text{ dB}$ en la frecuencia de 240 MHz donde no irradia nada de potencia.

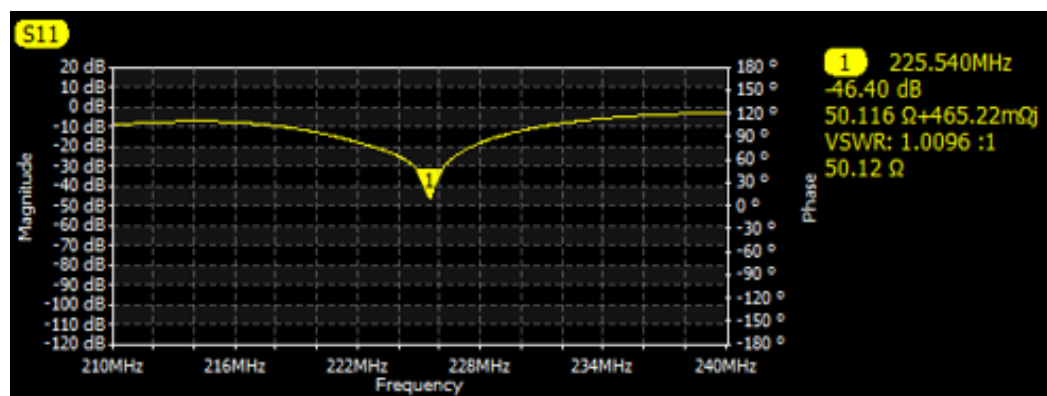


Figura 77. Resultado de parámetro s_{11} en F 225 MHz.

Carta de Smith basada en el parámetro s_{11} , el cual nos indica el valor de la impedancia medida del sistema es de $50.116 \Omega + 465.22m\Omega j$, donde se puede evidenciar una parte reactiva pequeña en la frecuencia de trabajo.

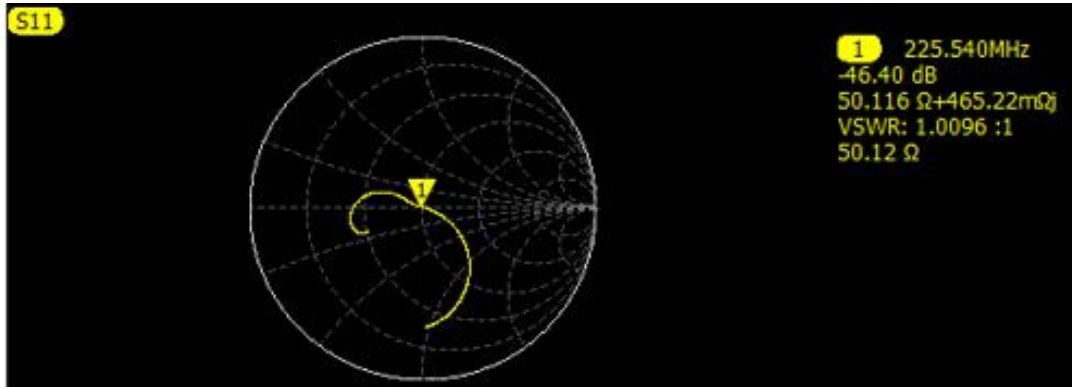


Figura 78. Resultado de parámetro s_{11} en F 225 MHz.

4.1.5 Frecuencia sonora central 1800,000 KHz.

En la imagen 79 se visualizará y analizará la frecuencia auxiliar de 1800Khz de banda sonoras siendo el parámetro s_{11} el más importante en el análisis de antenas para tener un buen acoplamiento entre la línea de transmisión y la antena, donde se observa que tenemos un VSWR alto con un valor de 4, siendo este un valor no ideal al momento de acoplar la línea de transmisión con la antena, donde se tendría una potencia reflejada muy alta.

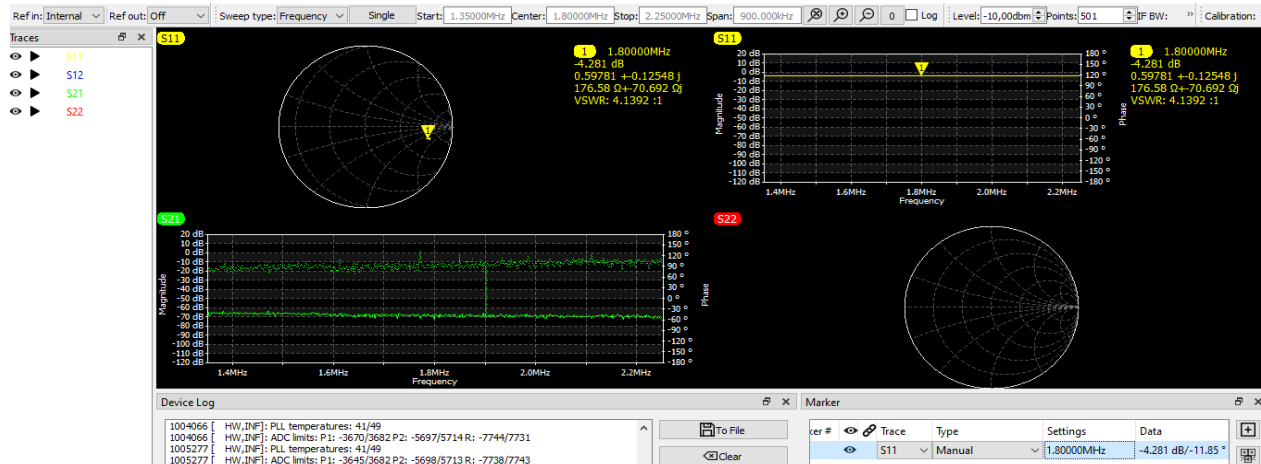


Figura 79. parámetros de banda sonora 1800Khz.

En la siguiente imagen 80 se visualiza los valores no idóneos para tener un acoplamiento entre la línea de transmisión y la antena, ya que tenemos un VSWR de 4.13 que nos indica que la antena no irradia de una mejor manera en la frecuencia de 1800Khz donde el $s_{11} = -4.201 \text{ dB}$.

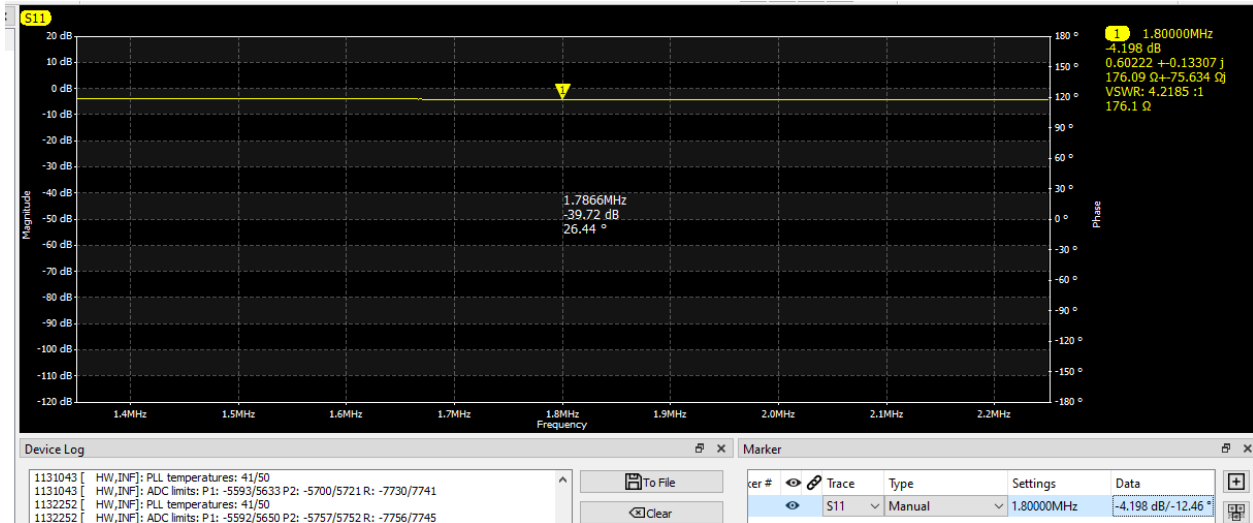


Figura 80. valores de s_{11} en la frecuencia 1800Khz.

Frecuencias de trabajo en la que se aplicara la caracterización.

Tabla 17.

Frecuencia de trabajo

ANTENA	FRECUENCIA CENTRAL
YAGI	F1=197.000 MHz
CONEJO	F2=183.000 MHz
TDT	F3=458.000 MHz

F1= 197.000MHz

Se calcula el valor de la impedancia de la carga absoluta con los datos que da la impedancia compleja ($R + j$) dando como resultado el VNA del dispositivo de prueba, donde se tomó los valores de la parte real y parte imaginaria.

R= esta parte corresponde a la impedancia real.

J= esta parte corresponde a la impedancia imaginaria.

Impedancia RL= $\sqrt{R^2 + J^2}$

$$Z_{RL} = \sqrt{60.951^2 + 3.38^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{3726.44}$$

$$Z_{RL} = 61,04\Omega$$

El valor del coeficiente de reflexión (Γ) de la carga, se puede calcular tomando los valores de la impedancia compleja de la carga y también de la impedancia característica de la misma fuente.

Donde $Z_0 = 50\Omega$ es la impedancia de la fuente.

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(60.951 - 50)^2 + 3.38^2}}{\sqrt{(60.951 + 50)^2 + 3.38^2}}$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{132.64 + 9.62}}{\sqrt{12438.21 + 9.62}}$$

$$\Gamma = 0.103$$

Se calcula el VSWR a partir del coeficiente de reflexión:

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.103}{1 - 0.103}$$

$$VSWR = 1.23$$

El coeficiente de reflexión también podemos calcular a partir del valor de VSWR. Donde VSWR= 1.23.

$$(\Gamma) = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$(\Gamma) = \frac{1.23 - 1}{1.23 + 1}$$

$$(\Gamma) = 0.103$$

Se calcula pérdida por retorno a partir del coeficiente de reflexión para la frecuencia 197 MHz de trabajo y dispositivo de prueba que se usó.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.103$$

$$RL = 19.72 \text{ dB}$$

Para calcular la pérdida por desajuste se toma el valor del coeficiente de reflexión, el cual indica el desajuste de impedancias y la cantidad de energía pérdida por no coincidir las impedancias.

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - 0.103^2)$$

$$\text{loss mismatch} = -0.047 \text{ dB}$$

Por último, se verá reflejado en porcentaje cuanto es la potencia que se refleja según los datos adquiridos por el equipo de prueba y en la frecuencia de trabajo del mismo.

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (\Gamma)$$

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.103)$$

$$P_{REFL(\%)} = 1.1$$

F2=183.000 MHz

Se procede a calcular el valor de la impedancia de la carga absoluta con los datos que proporciona el VNA, se elige el valor de la impedancia compleja ($R + j$) dando como resultado el analizador de redes del dispositivo de prueba, se tomó los valores de la parte real e imaginaria.

R= esta parte corresponde a la impedancia real.

J= esta parte corresponde a la impedancia imaginaria.

$$\text{Impedancia RL} = \sqrt{R^2 + J^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{42.843^2 + 1.0591^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{1836.6443}$$

$$Z_{RL} = 42.86\Omega$$

El valor del coeficiente de reflexión (Γ) de carga, se puede deducir tomando los valores de la impedancia característica de la misma fuente y la impedancia compleja de la carga Donde $Z_0 = 50\Omega$ es la impedancia de la fuente.

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(42.843 - 50)^2 + 1.0591^2}}{\sqrt{(42.843 + 50)^2 + 1.0591^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{51.22 + 1.1217}}{\sqrt{8619.8226 + 1.1217}}$$

$$(\Gamma) = 0.0779$$

Se calcula el VSWR a partir el valor del coeficiente de reflexión ya expuesto anteriormente:

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.08}{1 - 0.08}$$

$$VSWR = 1.169$$

El coeficiente de reflexión también podemos calcular a partir del valor de VSWR. Donde VSWR= 1.169.

$$(\Gamma) = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$(\Gamma) = \frac{1.169 - 1}{1.169 + 1}$$

$$(\Gamma) = 0.0779$$

Se procede a calcular perdida por retorno a partir del valor del coeficiente de reflexión para la frecuencia de trabajo 183 MHz en la antena de prueba que se utilizó.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.0779$$

$$RL = 22.17 \text{ dB}$$

Se toma el valor del coeficiente de reflexión para calcular la perdida por desajuste, el cual nos indica la cantidad de energía perdida por el desacople de impedancias.

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - 0.0779^2)$$

$$\text{loss mismatch} = 0.026 \text{ dB}$$

Por último, veremos en porcentaje cuanto es la potencia que se refleja según los datos adquiridos por el equipo de prueba y en la frecuencia de trabajo del mismo.

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times \Gamma^2$$

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.0779)^2$$

$$P_{REFL(\%)} = 0.606$$

F3=458.000 MHz

Se calcula el valor de la impedancia de la carga absoluta con los datos que nos facilita el VNA, optamos el valor de la impedancia compleja ($R + j$).

R= esta parte corresponde a la impedancia real.

J= esta parte corresponde a la impedancia imaginaria.

$$\text{Impedancia RL} = \sqrt{R^2 + J^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{61.527^2 + 3.101^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{3795.1879}$$

$$Z_{RL} = 61.61\Omega$$

El valor del coeficiente de reflexión (Γ) de carga, se puede tener el cálculo a través de los valores de la impedancia característica de la fuente y la impedancia compleja de la carga Donde $Z_0 = 50\Omega$ es la impedancia de la fuente.

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(61.527 - 50)^2 + 3.101^2}}{\sqrt{(61.527 + 50)^2 + 3.101^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{132.871 + 9.616}}{\sqrt{12438.271 + 9.616}}$$

$$(\Gamma) = 0.107$$

Se toma el valor del coeficiente de reflexión para obtener el valor de VSWR.

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.107}{1 - 0.107}$$

$$VSWR = 1.2396$$

El coeficiente de reflexión también podemos calcular a partir del valor de VSWR. Donde $VSWR = 1.2396$.

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$\Gamma = \frac{1.2396 - 1}{1.2396 + 1}$$

$$\Gamma = 0.107$$

Se procede a calcular pérdida por retorno a partir del valor del coeficiente de reflexión para la frecuencia de trabajo 183 MHz en la antena de prueba que se utilizó.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.107$$

$$RL = 19.41 \text{ dB}$$

Se toma el valor del coeficiente de reflexión para calcular la pérdida por desajuste, el cual nos indica la cantidad de energía pérdida por el desacople de impedancias.

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - 0.107^2)$$

$$\text{loss mismatch} = -0.05 \text{ dB}$$

Por último, se reflejará en porcentaje cuanto es la potencia que se refleja según los datos adquiridos por el equipo de prueba y en la frecuencia de trabajo del mismo.

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times \Gamma^2$$

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.107^2)$$

$$P_{REFL(\%)} = 1.1$$

F4=225.000 MHz

Se calcula el valor de la impedancia de la carga absoluta con los datos que nos facilita el VNA, optamos el valor de la impedancia compleja ($R + j$).

R= esta parte corresponde a la impedancia real.

J= esta parte corresponde a la impedancia imaginaria.

$$\text{Impedancia RL} = \sqrt{R^2 + J^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{50.11\Omega^2 + 465.22m\Omega j^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{2511.228}$$

$$Z_{RL} = 50.11\Omega$$

El valor del coeficiente de reflexión (Γ) de carga, se puede tener el cálculo a través de los valores de la impedancia característica de la fuente y la impedancia compleja de la carga Donde $Z_0 = 50\Omega$ es la impedancia de la fuente.

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(50.11 - 50)^2 + 0.475^2}}{\sqrt{(50.11 + 50)^2 + 0.475^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{0.0121 + 0.2256}}{\sqrt{10022.0121 + 0.2256}}$$

$$(\Gamma) = \mathbf{0.0048}$$

Se toma el valor del coeficiente de reflexión para obtener el valor de VSWR.

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.0049}{1 - 0.0049}$$

$$VSWR = \mathbf{1.009}$$

El coeficiente de reflexión también podemos calcular a partir del valor de VSWR. Donde

$$VSWR = 1.009$$

$$(\Gamma) = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$(\Gamma) = \frac{1.009 - 1}{1.009 + 1}$$

$$(\Gamma) = \mathbf{0.0048}$$

Se procede a calcular pérdida por retorno a partir del valor del coeficiente de reflexión para la frecuencia de trabajo 225 MHz en la antena de prueba que se utilizó.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.0048$$

$$RL = 46.38dB$$

Se toma el valor del coeficiente de reflexión para calcular la pérdida por desajuste, el cual nos indica la cantidad de energía pérdida por el desacople de impedancias.

$$loss \text{ mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

$$loss \text{ mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - 0.0048^2)$$

$$loss \text{ mismatch} = 0.001 \text{ dB}$$

Por último, se reflejará en porcentaje cuanto es la potencia que se refleja según los datos adquiridos por el equipo de prueba y en la frecuencia de trabajo del mismo.

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times \Gamma^2$$

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.0048^2)$$

$$P_{REFL(\%)} = 0.002$$

Conclusiones

- En este proyecto se logró implementación del módulo didáctico de radio y televisión con el analizador de redes vectoriales mediante el programa Sketchup cumpliendo con la normativa propuesta de la (UIT), para el análisis de los parámetros de dispersión con los equipos de pruebas y frecuencias centrales que se utilizó, con la finalidad de aportar o reforzar conocimientos de las materias de propagación y antenas para futuros estudiantes de la carrera de telecomunicaciones.
- Se llega a la conclusión que el análisis de los valores de las gráficas logarítmicas realizadas mediante el equipo de prueba y el VNA es importante para poder determinar si tenemos un parámetro S_{11} , con valores de VSWR, coeficiente de reflexión acorde a los rangos permitidos, y comprender si el equipo de prueba transmite o recepta las señales de radiofrecuencias de una manera eficiente en las frecuencias de trabajo descritas para obtener un buen acoplamiento entre la impedancia de la antena y la línea de transmisión.
- Mediante la caracterización matemática que se realizó en base al parámetro S_{11} a los dispositivos de prueba, que son las antenas Yagi, tdt y conejo, se llegó a la conclusión que la antena conejo tiene una mejor transmisión y recepción de señales de radiodifusión de televisión abierta en frecuencias de VHF con un valor de VSWR de 1,16 en la frecuencia central de 183.59 MHz, siendo estos valores óptimos para la recepción de señales de radiofrecuencia, a su vez con estos valores nos indica un buen acoplamiento entre las impedancias del sistema radiante, asegurando que la antena irradie o reciba las

señales de manera eficiente, mejorando el rendimiento y minimizando las pérdidas del sistema de comunicación.

- Se realizó el desarrollo de la guía técnica para las prácticas de laboratorio de telecomunicaciones de los diferentes equipos de pruebas y sus frecuencias de trabajo con el analizador de red VNA, para el uso de los estudiantes de la carrera de telecomunicaciones, con el fin de desarrollar sus conocimientos teóricos y prácticos con el analizador de redes vectoriales y verificando los valores de VSWR, coeficiente de reflexión, pérdidas por retorno, etc.

Recomendaciones

- Se recomienda tener los equipos de prueba en un lugar seguro y estable para un mejor funcionamiento de trabajo, al momento de enviar y recibir señales de radio frecuencia.
- Al momento del análisis se debe tener muy claro los conceptos de del parámetro de dispersión S_{11} , para poder entender el funcionamiento de la antena de prueba y las líneas de transmisión, de modo que las personas involucradas puedan dar una rápida solución al momento de diseñar y crear una antena para un correcto funcionamiento.
- Se recomienda el buen uso de las guías técnicas para cada una de las prácticas de laboratorio de telecomunicaciones, con la finalidad de que los estudiantes entiendan cada uno de los valores que nos da el parámetro S_{11} , y poder entender el de una manera más fácil el software y hardware.

Bibliografía

1. Tam J, Vera G. MÉTODOS Y ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. 2010; Available from: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_modela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf
2. Lozada J. Investigación Aplicada. CienciAmérica Rev Divulg científica la Univ Tecnológica Indoamérica,. 2014;3(1):47–50.
3. Mejía T. Investigación descriptiva: características, técnicas, ejemplos. 2018; Available from: <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>
4. Hernández R, Fernández C, Baptista P. Metodología de la investigación [Internet]. Mc Graw Hill; 2017 [cited 2022 May 19]. Available from: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
5. ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS SYVVDT. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE TELEFONÍA MÓVIL . 2021 [cited 2022 Dec 2]; Available from: <https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2021/07/Cartilla-Radiacion-Electromagnetica-de-Telefonia-Movil.pdf>
6. UV. Radiaciones. 2020; Available from: https://www.uv.es/DSSQA/documentacion/castellano/PDF/14_RADIACIONES.pdf
7. Knave B. Radiaciones no ionizantes. 2015 [cited 2022 Dec 2]; Available from: <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Capítulo+49.+Radiaciones+no+ionizantes>
8. Gutiérrez Bohórquez K. Desarrollo de un sistema de inteligencia de señales que integre monitorización del espectro radioeléctrico y la obtención del ángulo de arribo de señales de interés para la banda V/UHF. 2021; Available from: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25712/1/T-ESPE-044719.pdf>

9. Villafaña D. FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES. 2015; Available from: [https://www.itmerida.mx/panel/posgrado/archivos/mi/Fundamentos de Telecomunicaciones Unidad 1 \(1\).pdf](https://www.itmerida.mx/panel/posgrado/archivos/mi/Fundamentos%20de%20Telecomunicaciones%20Unidad%201%20(1).pdf)
10. Infante P, Castillo L, Gilart F. Niveles de radiación electromagnética no ionizante en la ciudad de Riobamba. Rev Perspect [Internet]. 2021;3(1). Available from: http://perspectivas.esPOCH.edu.ec:8081/index.php/RCP_ESPOCH/article/view/87/96
11. Salazar J. Redes Inalámbricas. UPC [Internet]. 2015; Available from: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf
12. BCV. Despliegue de redes inalámbricas. 2015; Available from: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/844818386X.pdf>
13. PROXIM. Componentes y Accesorios del Sistema de Radio Enlaces PtP & PtMP. 2017; Available from: <http://www.proxim.com/downloads/webinar-recordings/Webinar-ProximWireless-Componentes-y-Accesorios-del-Sistema-de-Radio-Enlaces-PtP-PtMP.pdf>
14. Ortiz J, Gutiérrez C. Diseño de un prototipo de radioenlace para brindar conectividad de internet en la vereda Manuel sur del municipio de Ricaurte Cundinamarca. 2020; Available from: https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/12409/1/T.IS_GutierrezCristian-OrtizJose_2021.pdf
15. Intel. Guía para configurar canales Wi-Fi y anchos de canal para... [Internet]. 2020 [cited 2022 Dec 2]. Available from: <https://www.intel.la/content/www/xl/es/support/articles/000058989/wireless/intel-killer-wi-fi-products.html>
16. Calderón M, Vásquez L. RECOMENDACIÓN DE UNA NORMA PARA EL ESTÁNDAR DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL EN EL ECUADOR. 2017; Available from: <https://dSPACE.espol.edu.ec/retrieve/102070/D-106272.pdf>

17. Rohde-schwarz. Acelerando las mediciones de reflexión en los sistemas de antenas. 2017; Available from: https://cdn.rohde-schwarz.com/lat/campaigns_37/documents/hf_doc/Acelerando_las_mediciones_de_reflexion_en_los_sistemas_de_antenas.pdf
18. Salgado R. Caracterización de una antena Yagi-UDA en la banda UHF. 2012; Available from: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/11533/31.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
19. Sánchez A. Análisis de circuitos de microondas. 2010; Available from: https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/69445/5/Circuitos_de_microondas_Módulo_2_Análisis_de_circuitos_de_microondas.pdf
20. Muller AA, Sanabria E, Moldoveanu A, Asevei V. Generalización de la Carta de Smith. 2015 [cited 2023 Feb 27]; Available from: [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105652/Sanabria - Generalización de la Carta de Smith.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/105652/Sanabria_-_Generalización_de_la_Carta_de_Smith.pdf?sequence=1)
21. Copper Mountain Technologies. ANALISIS DEL DOMINIO DEL TIEMPO CON ANALIZADORES. 2020; Available from: <https://coppermountaintech.com/wp-content/uploads/2020/05/Time-Domain-Analysis-SP.pdf>
22. INTI. Conectores Coaxiales para RF y Microondas. 2017; Available from: <https://dominion.com.mx/fichas/conector-din-skinner-2.pdf>
23. RNDS. Cables coaxiales. 2015; Available from: http://www.rnds.com.ar/articulos/038/rnds_116w.pdf
24. BCV. Antena. 2015; Available from: <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448146727.pdf>

Referencias

- A.H Systems, i. (febrero de 2022). *A.H Systems, inc.* Obtenido de A.H Systems, inc:
<https://www.ahsystems.com/articles/VSWR-explained.php>
- ACOSTA DOMEN, & ACOSTA DOMINGUEZ, A. (2018). Simetría en calibraciones de Analizadores Vectoriales de Redes. *Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.*
- ADKAR. (2016). *ADKAR.* Obtenido de https://www.adkar.cl/MLC-631654951-antenas-tv-antenas-hd-cable-coaxial-antena-hdtv-interior-_JM
- Alonso, D. (23 de 12 de 2022). *Los cables coaxiales cada vez se usan menos, pero ¿se siguen usando?* Obtenido de Hzone: <https://hardzone.es/reportajes/que-es/cables-coaxiales/>
- ARTEAGA, R. (2016). Desarrollo de Prácticas de Laboratorio para las. *REPOSITORIO ESPE.*
- BRASALES, G. (2014). ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN. GUAYAQUIL.
- Chang Yáñez, B., Vizuite Negrete, W., Vergara Torres, C., & Barreth González, A. (2023). La industria de la radiodifusión digital y su gran desafío para el siglo XXI. *MULTIVERSO JOURNAL*, 19.
- Contreras, B. (06 de 08 de 2021). *Analizador de redes vectoriales.* Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-un-vna/>
<https://www.logicbus.com.mx/blog/que-es-un-vna/>
- DIAGRAMAS DE ANTENAS.* (2015). Obtenido de <https://br.pinterest.com/pin/215680269644379458/>

- Electrónica. (s.f.). *Guía de estudio 6: Impedancia*. Obtenido de http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2020/07/ELECTRONICA_Gu--a06-Impedancia.pdf
- electronica, L. (2015). *La electronica*. Obtenido de La electronica: <https://laelectronica.com.gt/pela-cable-na-para-rg59-rg6-rg7-y-rg11-cat5>
- Fmuser. (26 de 02 de 2016). *¿Cuál es VSWR y pérdida de retorno?* Obtenido de <https://es.fmuser.net/content/?1867.html>
- GARDÓN, A., & LLUGSI, R. (2016). Diseño e Implementación de una Antena Microstrip Yagi a 5.8 GHz. *UTE*.
- Grivalja, A., & Yaguana, H. (2019). *La brújula sonora. la radiodifusión ecuatoriana en el siglo XXI*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- HUIDOBRO, J. M. (2013). *ANTENAS DE TELECOMUNICACIONES*. COLOMBIA: CEDRO.
- LADINO, E. (2017). DISEÑO DE ANTENA YAGI.
- López Aguilar, E. (2017). *Coeficiente de reflexión*.
- Meneses, D. J. (2020). Fundamentos de la radio frecuencia. *SCRIBD*, 31.
- Ocaña Arcos, E. (2005). *Estudio de Factibilidad para la implementación del servicio de radiodifusión digital IBOC en el Ecuador*. Quito.
- Pérez Vega, C. (2009). Acopladores de Impedancia. 6.
- R, A. (2015). *CAPA9*. Obtenido de <https://www.capa9.net/temas/combinador-switch-coaxial-tv-hd.1122679/>

Steer, M. (30 de octubre de 2022). *Parámetros de antena*. Obtenido de [https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Dise%C3%B1o_de_microondas_y_RF_I_-_Sistemas_de_radio_\(Steer\)/04%3A_Antenas_y_el_enlace_RF/4.05%3A_Par%C3%A1metros_de_la_antena](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Dise%C3%B1o_de_microondas_y_RF_I_-_Sistemas_de_radio_(Steer)/04%3A_Antenas_y_el_enlace_RF/4.05%3A_Par%C3%A1metros_de_la_antena)

Telecomunicaciones, N. (19 de mayo de 2022). *Naumaster telecomunicaciones* . Obtenido de <https://noumaster.com/antena-yagi-lo-necesitas-saber/>

Villavicencio Sarango, N. D. (2014). *Diseño del sistema de radiodifusión sonora digital bajo el estándar radio digital mundial (DRM) para la radio universitario 98.5 FM*. Loja.

Anexos 1.

Fórmulas para la caracterización de los valores para el coeficiente s_{11} .

<i>NOMBRES</i>		<i>FORMULAS</i>
IMPEDANCIA DE CARGA ABSOLUTA		$\sqrt{R^2 + J^2}$
COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (Γ)		$\frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$
VSWR		$\frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$
COEFICIENTE DE REFLEXIÓN (Γ)		$\frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$
PERDIDA DE RETORNO		$20 \text{ Log } \Gamma$
PERDIDA POR DESAJUSTES		$10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$

Anexo 2. Prácticas

CARRERA	CICLO	CODIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electronica y Telecomunicaciones	2023-1	EL075	

PRACTICAS	Antenas y Propagacion	DURACION
NOMBRE DE LA PRACTICA	Caracterizacion del parametro S_{11} , en frecuencia de 197MHz.	2H
NOMBRE:		

PRACTICA 1

1	OBJETIVOS
	<ul style="list-style-type: none"> Establecer la calibración de uno o dos puertos del VNA para realizar las pruebas en la frecuencia de trabajo de la antena propuesta. Analizar las gráficas logarítmicas de los valores del parámetro s_{11} que nos proporciona el VNA en la frecuencia central de 197MHz Realizar la caracterización de los parámetros VSWR, PERDIDAS POR RETORNO, COEFICIENTE DE REFLEXION, etc.
2	FUNDAMENTO TEORICO

Analizador vectorial de redes

La función del VNA nos permite analizar los parámetros S en fase y magnitud. Se muestran en forma logarítmica, polar, lineal y carta de Smith. También muestra la relación de onda estacionaria, la fase y el diagrama de Smith. También muestra la relación de onda estacionaria, la fase, el diagrama de Smith, el formato polar, la impedancia, real e imaginaria, y los valores de impedancia e imaginaria y los valores de impedancia y de impedancia Z. Un analizador vectorial de redes (VNA) es un instrumento de medida que caracteriza dispositivos pasivos como, atenuadores, filtros y cables para dispositivos activos como amplificadores.

El VNA posee algunas características principales:

- ✓ Rango de frecuencia de 100KHz a 6GHz
- ✓ Análisis de parámetro S
- ✓ Fuente de alimentación de DC 5v, 1,5A alimentado por USB
- ✓ Interfaz USB tipo-C
- ✓ Trabaja a un rango de temperatura de 10°C a 50°C.



Modelo equipo VNA

FUENTE: Fuente especificada no válida.

Acoplamiento de impedancias

El objetivo del acoplamiento de impedancias de las líneas de transmisión es conseguir una impedancia constante en todo el enlace o el sistema. Cuando las impedancias del transmisor, el receptor y la línea de transmisión están acopladas, ocurren varios sucesos significativos, como se describe a continuación. Los casos que se presentan a continuación deben tenerse en cuenta al estudiar la importancia que se da en un acoplamiento de impedancias de líneas de transmisión.

- Las impedancias del cable, el receptor y el transmisor son similares. Esto se puede considerar una condición de acoplamiento exacto. En este caso, no hay reflexión en el cable, ni a la entrada ni a la salida del cable y se transmite la máxima potencia al receptor. La tensión de la señal sólo se ve reducida por la dispersión DC, la absorción y las pérdidas, y el efecto membrana.
- El transmisor y el receptor están conectados, pero la línea está desacoplada. En este caso, en cuanto la señal entra en la línea de transmisión, se produce cierta reflexión. En conclusión, si la línea y el transmisor no están conectados o acoplados, parte de la señal transmitida se refleja en el transmisor. Esto provoca que parte de la potencia se transmita a la línea de transmisión. Además, se producirá una reflexión en el extremo receptor y la señal volverá al transmisor.

Impedancias complejas

Se las conoce como impedancias complejas, a las impedancias que pertenece a la fuente y a la carga, es decir:

$$Z = R + Xj$$

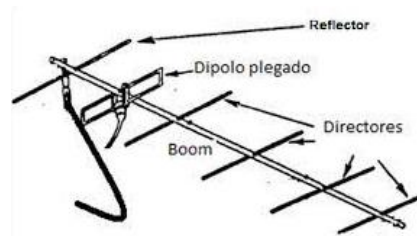
Donde R es la parte real o también resistencia, y X es la parte compleja o conocida como reactancia.

Antena

Una antena es un dispositivo que transmite y/o recibe ondas electromagnéticas hacia y desde el espacio libre. Una antena emisora convierte la corriente eléctrica en ondas electromagnéticas, mientras que una antena receptora realiza la función inversa. Una antena transmisora convierte las corrientes eléctricas en ondas electromagnéticas, mientras que una antena receptora realiza la función contraria. En el caso de que las antenas están conectadas por guías de ondas, esta función de conversión se realiza en el propio transmisor o receptor. La función de conversión se realiza en el propio emisor o receptor. Se utilizan en radio, televisión, teléfonos móviles routers inalámbricos, mandos a distancia (HUIDOBRO, 2013)

Antena Yagi

La antena Yagi, es una antena direccional con dos o más elementos de antena sintonizados o resonantes en paralelo que operan como dipolos de 1/2 onda. La antena consta básicamente de tres elementos: un reflector. Un elemento de control y elementos direccionales, donde sólo el elemento de control está conectado al transmisor/receptor a través de una línea de transmisión u otro elemento. En general, los elementos restantes constan de un reflector y un conjunto de directores que el elemento más largo, están construida generalmente para trabajar en rangos de frecuencia en VHF y UHF, dichas antenas están diseñadas para valores de ganancia que superan los 10Db. (Telecomunicaciones, 2022)



Modelo de antena Yagi

Fuente: (HUIDOBRO, 2013)

Parámetros S

Los parámetros S son utilizados para referir cómo se distribuye la potencia en una red eléctrica. Los parámetros S se utilizan para describir la relación entre diferentes conexiones o puestos, donde es esencialmente importante que la red se describa en términos de amplitud y fase, en lugar de en términos de frecuencias, tensiones y corrientes. Los parámetros S se utilizan para representar una red compleja como una sencilla caja negra y mostrar de forma natural lo que le ocurre a la señal en esa red.

Coefficiente de reflexión

El coeficiente de reflexión es la relación entre la potencia de la señal directa reflejada por el conector y la potencia total de la señal menos la potencia perdida por radiación. En relación con la impedancia característica y la impedancia de carga, el coeficiente de reflexión se define matemáticamente mediante la ecuación:

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

VSWR

El SVWR, también conocida como relación de onda estacionaria (SVWR), es la relación entre la tensión de onda estacionaria máxima y mínima generada en el puerto de la antena. Para una transmisión y recepción óptimas señales de RF, una antena ideal tiene una SVWR de 1:1. Cualquier imperfección en el diseño de la antena o en el puerto de alimentación de la antena que provoque un desajuste de impedancias provoca una degradación de la SVWR en la que parte de la energía de RF se refleja de nuevo en el puerto de la antena y en los puertos de transmisión/recepción (A.H Systems, 2022)

3	PROCEDIMIENTO	
3.1 EQUIPO		
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO	
<ul style="list-style-type: none">✓ Antena yagi✓ Analizador vectorial de redes (VNA)✓ Computadora✓ Cable coaxial✓ Kit conectores VHF	<ul style="list-style-type: none">✓ Cuaderno✓ Esferos✓ Calculadora✓ Práctica digital	
3.2 DESARROLLO DE LA PRÁCTICA		

Pasos para configurar el VNA.

- Paso 1: preparamos los cables SMA macho con el kit de calibración, abierto, cortocircuito y con carga.
- Paso 2: Encendemos el VNA conectando al puerto USB de la computadora.
- Paso 3: Se procede a configurar la frecuencia central de trabajo en el VNA, en la barra herramientas.
- Paso 4: Se conecta el cable SMA con el conector de calibración (abierto, cortocircuito, carga y sold), se calibra en ambos puertos con el mismo kit de calibración.
- Paso 5: por último, se elige y analiza el parámetro (S_{11}) con la antena de prueba, donde se procede a escoger VSWR, IMPEDANCIA COMPLEJA, COEFICIENTE DE REFLEXION, PERDIDAS POR RETORNO etc.

Para determinar los valores descritos anteriormente tenemos las siguientes formulas:

Pasos para la practica

- **Impedancia de la carga absoluta**

$$ZL = \sqrt{R^2 + J^2}$$

- **Coefficiente de reflexión**

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

- **VSWR**

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

- **Coefficiente de reflexión a partir del VSWR**

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

- **Perdida de retorno**

$$RL = 20 \text{ Log } \Gamma$$

- **Perdidas por desajustes**

$$loss\ mismatch = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

- **Potencia reflejada**

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (\Gamma)$$

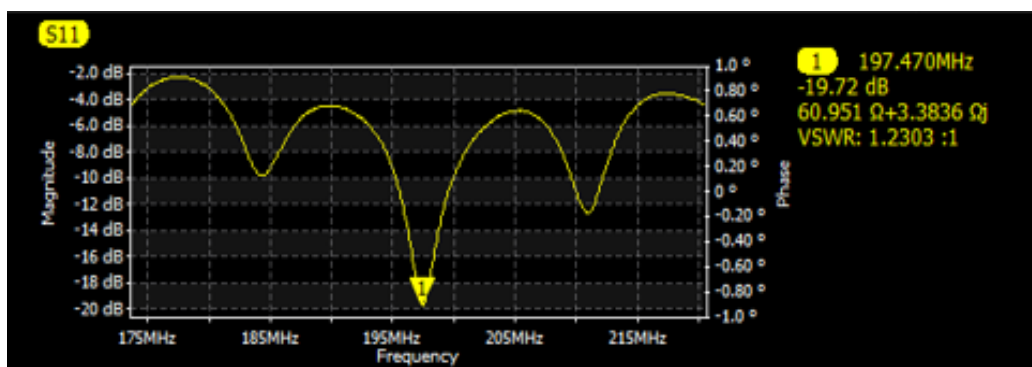
Pasos para la practica

1.- Una vez calibrado los puertos del VNA con el respectivo kit de calibración y la frecuencia de trabajo en la antena de prueba, se procede a analizar el parámetro (S_{11}) específicamente en la frecuencia central de 197MHz.



1 Equipo de prueba

2.- En la figura 2, se presenta el análisis del parámetro S_{11} de la antena de prueba, donde se aprecia que la mejor irradiación de la antena se da en la frecuencia de 197 MHz donde nos da un parámetro $s_{11} = -19.72\text{dB}$, también se aprecia que en la frecuencia de 175 MHz no irradia casi nada de potencia ya que el s_{11} esta por -2dB reflejando mucha potencia.



2 Grafica de análisis logarítmica

3.- cálculos para la caracterización del parámetro s_{11}

Aplicaremos la fórmula para obtener la impedancia absoluta de carga, para eso tomamos los valores de la impedancia compleja de carga y obtenemos el cálculo de esta.

$$1.-Z_c = 60.951\Omega + 3.3836\Omega$$

$$\mathbf{R}=60.951\Omega$$

$$\mathbf{J}=3.3836\Omega$$

$$\mathbf{ZL}=\sqrt{\mathbf{R}^2 + \mathbf{J}^2}$$

$$\mathbf{Z}_{RL} = \sqrt{60.951^2 + 3.38^2}$$

$$\mathbf{Z}_{RL} = \sqrt{3726.44}$$

$$\mathbf{Z}_{RL} = \mathbf{61,04}\Omega$$

Este es el valor absoluto de la impedancia de carga.

2.- se procede a obtener el coeficiente de reflexión (Γ) en la frecuencia de estudio, para eso debemos tener la impedancia característica de la fuente en este caso es $\mathbf{Z}_0 = 50\Omega$ y los valores de la impedancia compleja que nos da el análisis de la antena con el VNA.

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{(60.951 - 50)^2 + 3.38^2}}{\sqrt{(60.951 + 50)^2 + 3.38^2}}$$

$$(\Gamma) = \frac{\sqrt{132.64 + 9.62}}{\sqrt{12438.21 + 9.62}}$$

$$(\Gamma) = 0.103$$

Este es el valor del coeficiente de reflexión del análisis de la antena Yagi con una frecuencia de trabajo de 197MHz, que está dentro de los valores permitidos para obtener una buena recepción de señal.

3. ahora procedemos al calcular el valor de SVWR, el que nos indicara que tan acoplada está la antena con la línea de transmisión, para calcular este parámetro partimos del valor del coeficiente de reflexión.

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.103}{1 - 0.103}$$

$$VSWR = 1.20$$

El SVWR nos da un valor optimo que está dentro del rango para transmitir y recibir señales RF, y no tener muchas perdidas por desajustes y tener un buen acople de antena y línea de transmisión.

El coeficiente de reflexión también podemos sacar a partir del valor de SVWR que en este caso es 1.23.

$$(\Gamma) = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$(\Gamma) = \frac{1.23 - 1}{1.23 + 1}$$

$$(\Gamma) = 0.103$$

5.- ahora calcularemos las perdidas por retorno, que son las reflexiones causadas por le desajustes de la impedancia a lo largo de la línea de transmisión.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.103$$

$$RL = 19.72 \text{ dB}$$

La cantidad de energía perdida que se tiene debido a la señal que se refleja es de 19.72 dB

6.- se calcula la perdida por desajustes, que nos indica la cantidad de energía que se pierde por no coincidir las impedancias, para obtener este valor hacemos uso del coeficiente de reflexión.

$$\mathbf{loss\ mismatch = 10\ Log(1 - \Gamma^2)}$$

$$\mathbf{loss\ mismatch = 10\ Log(1 - 0.103^2)}$$

$$\mathbf{loss\ mismatch = -0.047\ dB}$$

7.- ahora obtendremos el porcentaje de la potencia que se refleja en el sistema.

$$\mathbf{P_{REFL(\%)} = 100 \times (\Gamma)}$$

$$\mathbf{P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.103)}$$

$$\mathbf{P_{REFL(\%)} = 1.1}$$

PRÁCTICA 2

1

OBJETIVOS

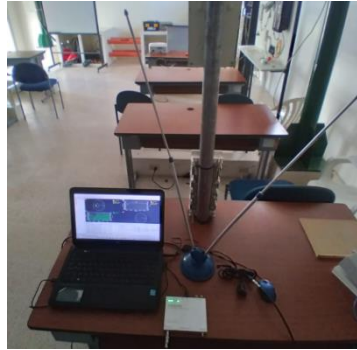
- Explicar la calibración de los puertos del VNA según la frecuencia de y la antena de trabajo.
- Resumir la gráfica logarítmica del parámetro S11 que nos proporciona el VNA en la frecuencia de 183 MHz.
- Mostrar los cálculos de los valores de COEFICIENTE DE REFLEXION, VSWR, PERDIDAS POR RETORNO etc.

PRACTICA 2

2	FUNDAMENTO TEORICO	
<p>Antena</p> <p>Las antenas son equipos importantes de las técnicas de telecomunicaciones particularmente están diseñadas para emitir o recibir ondas electromagnéticas. Igualmente pueden definirse como equipos que adaptan ondas direccionales que se transmiten a través de guías o conductores, a ondas que se propagan en el espacio libre. Los sistemas de comunicación utilizan antenas para establecer conexiones punto a punto. Conexiones punto a punto, transmisión de señales de televisión o radio, transmisión o recepción de señales en dispositivos portátiles. Fuente especificada no válida.</p> <p>Antena conejo</p> <p>La primera antena dipolo fue desarrollada en 1886 por Heinrich Hertz, uno de los pioneros del electromagnetismo. Las "antenas conejo" surgieron después de la llegada de la televisión para amplificar la señal y mejorar la recepción. Una antena de conejo es esencialmente una antena bipolar con longitud y ángulo graduable, lo que permite al beneficiario ajustar la antena para obtener la mejor recepción posible. Esto depende de las condiciones atmosféricas, la ubicación y la intensidad de la señal que se transmite. Algunas antenas " conejo" tienen un pequeño bucle en la base para mejorar la recepción en UHF, mientras que otras tienen mandos que permiten ajustar la antena con precisión Fuente especificada no válida.</p>		
3	PROCEDIMIENTO	
3.1 EQUIPO		
EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Computadora ✓ Analizador vectorial de red VNA ✓ Antena conejo ✓ Conectores coaxial tipo F 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuaderno ✓ Guia practica ✓ Calculadora ✓ Esferos 	
3.2 DESARROLLO DE LA PRACTICA		

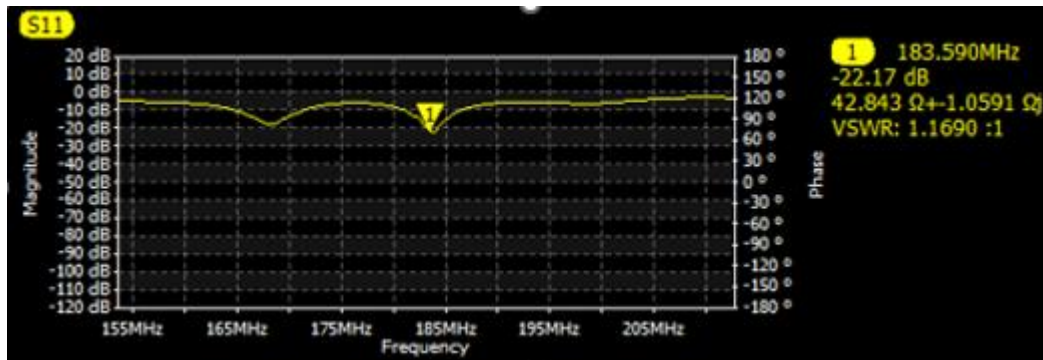
Pasos para la practica

1.- Ya hecha la calibración de los puertos del VNA con la frecuencia de trabajo en 183 MHz, se procede a analizar el parámetro S_{11} .



3 Equipo de prueba

2.- En la figura 4, se presenta el resultado del análisis del parámetro S_{11} en la frecuencia de 183MHz donde mejor irradia la antena, obteniendo el parámetro $s_{11} = -22.17$ y un VSWR de 1.16 que indica valores óptimos para el acoplamiento de la línea de transmisión y la antena, por ende, no se tiene mucha potencia refleja.



4 Análisis de resultado logarítmico F2

3.- Cálculos para el parámetro s_{11} .

Se aplica la fórmula para obtener la impedancia absoluta de la carga, se toma la impedancia compleja de la carga:

R= Parte real de la impedancia compleja de carga.

J= Parte imaginaria de la impedancia compleja.

$$Z_{RL} = \sqrt{R^2 + J^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{42.843^2 + 1.0591^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{1836.6443}$$

$$Z_{RL} = 42.86\Omega$$

Este es el valor absoluto de la impedancia de carga.

2.- se obtiene el coeficiente de reflexión (Γ) de la frecuencia de trabajo de la antena conejo, con la impedancia característica de la fuente en este caso es de $Z_0 = 50\Omega$ y valores de la impedancia compleja.

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(42.843 - 50)^2 + 1.0591^2}}{\sqrt{(42.843 + 50)^2 + 1.0591^2}}$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{51.22 + 1.1217}}{\sqrt{8619.8226 + 1.1217}}$$

$$\Gamma = 0.0779$$

El valor del coeficiente de reflexión es 0.0779 para la antena conejo, con la frecuencia de 183 MHz.

3.-se procede a calcular el valor de VSWR, que nos indica el acoplamiento de la línea de transmisión con la antena, el valor del coeficiente de reflexión nos ayudara a obtener dicho parámetro.

Tenemos un VSWR óptimo para un buen acoplamiento de la línea de transmisión y antena.

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.0779}{1 - 0.0779}$$

$$\mathbf{VSWR = 1.169}$$

4.- el coeficiente de reflexión se lo puede obtener a partir del VSWR, siendo el valor de 1.169.

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$\Gamma = \frac{1.169 - 1}{1.169 + 1}$$

$$\Gamma = \mathbf{0.0779}$$

5.- se calcula las pérdidas por retorno, que son causadas por un desajuste de impedancias en la línea de transmisión.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.0779$$

$$RL = \mathbf{22.17 \text{ dB}}$$

6.- las pérdidas por desajustes, nos da a conocer la energía que se pierde por no coincidir las impedancias, se utiliza el coeficiente de reflexión para obtener el valor.

$$loss \text{ mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

$$loss \text{ mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - 0.0779^2)$$

$$loss \text{ mismatch} = \mathbf{0.026 \text{ dB}}$$

7.- por último, tenemos el porcentaje de la potencia que se refleja en el sistema.

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times \Gamma^2$$

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.0779)^2$$

$$P_{REFL(\%)} = \mathbf{0.606}$$

VSWR, POTENCIA REFLEJADA y S_{11}

VSWR	$\Gamma(S_{11})$	POTENCIA	
		REFLEJADA (%)	REFLEJADA dB
1.0	0.000	0.00	-INFINIDAD
1.5	0.200	4.0	-14.0
2.0	0.333	11.1	-9.55
2.5	0.429	18.4	-7.36
3.0	0.500	25.0	-6.00
3.5	0.556	30.9	-5.10
4.0	0.600	36.0	-4.44
5.0	0.667	44.0	-3.52
6.0	0.714	51.0	-2.92
7.0	0.750	56.3	-2.50
8.0	0.778	60.5	-2.18
9.0	0.800	64.0	-1.94
10.0	0.818	66,9	-1.74

En la tabla se puede apreciar los valores óptimos de potencia reflejada, hay que tener en cuenta que una potencia que se refleja de $0dB$ nos da a entender que se refleja toda la potencia a un 100%, en cambio con un -10db nos da a conocer que se refleja un 10% de potencia. Por lo tanto, si tenemos un VSWR por debajo de los 2, nos quiere decir que la antena se adapta muy bien con las impedancias, es importante tener los valores de VSWR por debajo de 2 para que no se refleje mucha potencia y pueda transmitir señales sin ningún problema.

CARRERA	CICLO	CODIGO	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electronica y Telecomunicaciones	2023-1	EL075	

PRACTICAS		DURACION
NOMBRE DE LA PRACTICA	Caracterizacion del parametro S_{11} en la frecuencia de 458MHz.	2H
NOMBRE:		

PRÁCTICA 3

1 OBJETIVOS

- Explicar la calibración de los puertos del VNA según los equipos de trabajo.
- Mostrar los cálculos matemáticos de VSWR, PERDIDA POR RETORNO, COEFICIENTE DE REFLEXION etc.

2 FUNDAMENTO TEORICO

3 PROCEDIMIENTO

3.1 EQUIPO

EQUIPO NECESARIO	MATERIAL DE APOYO
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analizador vectorial de red VNA ✓ Computadora ✓ Antena TDT 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Cuaderno ✓ guia practica ✓ calculadora ✓ esferos

3.2 DESARROLLO DE LA PRACTICA

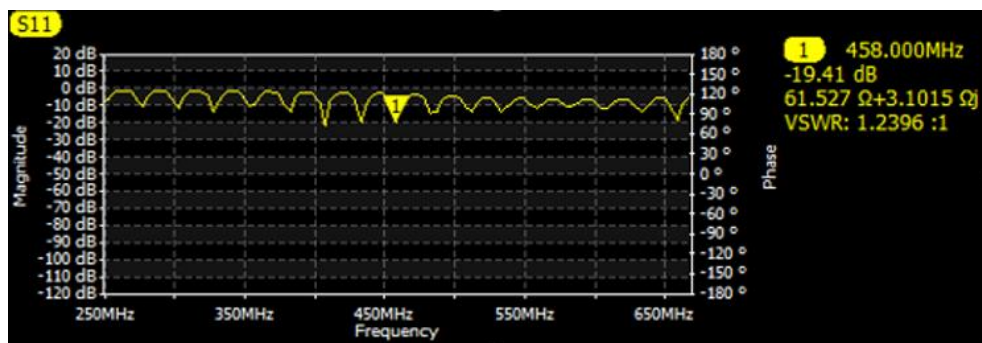
Pasos para la practica

1.- realizada la calibración de los puertos de conexión del VNA con la frecuencia de trabajo en 458MHz, se analiza el parámetro S_{11} .



5 Equipo de prueba

2.- En la imagen 2 se visualiza el valor del análisis logarítmico del parámetro $s_{11} = -19.41 \text{ dB}$ en la frecuencia de 458MHz, con este valor se puede tener un acoplamiento muy bueno entre la línea de transmisión y la antena con un VSWR de 1.2396 a su vez nos indica que la antena radia de una mejor manera en la frecuencia especificada.



6 Análisis logarítmico del parámetro S11 en la F3

3.- cálculos de parámetro s_{11}

Se toma la impedancia compleja de la carga, para obtener la impedancia absoluta de la misma.

R = Parte real de la impedancia compleja de la carga.

J= Parte imaginaria de la impedancia de carga.

$$Z_{RL} = \sqrt{R^2 + J^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{61.527^2 + 3.101^2}$$

$$Z_{RL} = \sqrt{3795.1879}$$

$$Z_{RL} = 61.61\Omega$$

Tenemos el valor absoluto de la impedancia de carga.

2.- Obtenemos el coeficiente de reflexión (Γ) de la frecuencia de trabajo de la frecuencia de trabajo de la antena TDT, utilizando la impedancia característica de la fuente $Z_0 = 50\Omega$ y valores de la impedancia compleja.

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(R - Z_0)^2 + J^2}}{\sqrt{(R + Z_0)^2 + J^2}}$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{(61.527 - 50)^2 + 3.101^2}}{\sqrt{(61.527 + 50)^2 + 3.101^2}}$$

$$\Gamma = \frac{\sqrt{132.871 + 9.616}}{\sqrt{12438.271 + 9.616}}$$

$$\Gamma = 0.107$$

El valor del coeficiente de reflexión para la antena TDT en la frecuencia de 458 MHz es de 0.107.

3.- Se calcula el SVWR a partir del coeficiente de reflexión, que nos indica el acoplamiento de la antena con la línea de transmisión.

$$VSWR = \frac{1 + \Gamma}{1 - \Gamma}$$

$$VSWR = \frac{1 + 0.107}{1 - 0.107}$$

$$VSWR = 1.2396$$

4.- Obtenemos el coeficiente de reflexión a partir del VSWR con un valor de 1.169.

$$\Gamma = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1}$$

$$\Gamma = \frac{1.2396 - 1}{1.2396 + 1}$$

$$\Gamma = 0.107$$

5.- Obtenemos las pérdidas por retorno, causada por un desajuste de impedancias en la línea de transmisión.

$$RL = -20 \text{ Log } \Gamma$$

$$RL = -20 \text{ Log } 0.107$$

$$RL = 19.41dB$$

6.- Se toma el valor del coeficiente de reflexión para calcular la pérdida por desajuste, el cual nos indica la cantidad de energía perdida por el desacople de impedancias.

$$loss\ mismatch = 10 \text{ Log}(1 - \Gamma^2)$$

$$\text{loss mismatch} = 10 \text{ Log}(1 - 0.107^2)$$

$$\text{loss mismatch} = 0.05 \text{ dB}$$

7.- Por último, veremos en porcentaje cuanto es la potencia que se refleja según los datos adquiridos por el equipo de prueba y en la frecuencia de trabajo del mismo.

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times \Gamma^2$$

$$P_{REFL(\%)} = 100 \times (0.107^2)$$

$$P_{REFL(\%)} = 1.1$$

4	Conclusiones y Bibliografía
4.1 Conclusiones	
4.2 Bibliografía	

Anexos

Pruebas de los equipos con el analizador de redes vectoriales.

