



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS 

DISEÑO DE UNA CÁMARA ANECOICA PARA EL LABORATORIO DE
ANTENAS Y PROPAGACIÓN DE LA UDLA

AUTORES:

Jesley Isamar Buitrón Buendía

Stephania Alexandra Pérez Cabrera

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO DE UNA CÁMARA ANECOICA PARA EL LABORATORIO DE
ANTENAS Y PROPAGACIÓN DE LA UDLA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Ingenieras en Electrónica y Redes de la
Información

Profesor Guía:

MSc. Jorge Wilson Granda Cantuña

Autores:

Jesley Isamar Buitrón Buendía

Stephania Alexandra Pérez Cabrera

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido el trabajo, diseño de una cámara anecoica para el laboratorio de antenas y propagación de la UDLA, a través de reuniones periódicas con las estudiantes Jesley Isamar Buitrón Buendía y Stephania Alexandra Pérez Cabrera, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

Jorge Wilson Granda Cantuña

Máster of Science Electrical Engineering

C.I.: 170859418-7

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado el trabajo, diseño de una cámara anecoica para el laboratorio de antenas y propagación de la UDLA, a través de reuniones periódicas con las estudiantes Jesley Isamar Buitrón Buendía y Stephania Alexandra Pérez Cabrera, en el semestre 2018-1, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

Iván Patricio Ortiz Garcés

Magister en Redes de Comunicación

C.I.: 060235677-6

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Jesley Isamar Buitrón Buendía

C.I.: 171483874-3

Stephania Alexandra Pérez Cabrera

C.I.: 171836432-4

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de seguir de pie en cada etapa de mi vida. Agradezco a cada uno de los profesores por brindarme los conocimientos necesarios a lo largo de la carrera, especialmente al Ing. Jorge Granda por su apoyo en este trabajo de Titulación. También agradezco a mis padres por apoyarme y darme la oportunidad de estudiar en la carrera que a mí me gusta. Agradezco a todos mis compañeros por ayudarme en materias que no entendía.

Jesley Buitrón

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres por ser el apoyo fundamental de mi vida, estar presentes en todo momento y sobre todo cuidarme desde que era pequeña y darme los valores necesarios para ser una gran persona, a mi hermanito por ser la alegría de mi vida, por apoyarme y aguantarme en estos últimos meses y demostrarme todo el amor que me puede dar. También dedico a mi abuelita materna por ser como una segunda madre para mí, cuidarme y enseñarme el valor del amor, a mi abuelita Rosita por darme amor, agradezco a mis primos y tíos por hacerme reír por acompañarme toda la vida y finalmente a mis dos angelitos; a mis abuelitos que desde el cielo me cuidan y siempre estuvieron conmigo desde pequeña.

Jesley Buitrón

AGRADECIMIENTOS

Estoy muy agradecida a todos esos profesores que me guiaron, enseñaron y formaron para ser la profesional que soy ahora, teniendo paciencia y dedicación; Brindando todos sus conocimientos para que aprovechemos de aquello en nuestra vida profesional. Además, a nuestro guía Jorge Granda por demostrar que es un gran profesional con una excelente preparación, para tutelar todos los pasos para la realizar este trabajo de titulación.

Stephania Pérez

DEDICATORIA

Esta tesis, dedico con cariño a mi familia, amigos y a todas esas personas que estuvieron en todas las etapas académicas de mi vida. El apoyo incondicional día tras día, para no rendirme nunca y motivarme para ser una gran profesional en el presente y en un futuro.

Especialmente a mi abuelito por ser mi inspiración desde muy pequeña, a luchar por mis sueños, con esfuerzo y dedicación todo se puede lograr. También, si existen épocas malas siempre hay que mostrar la cara buena al asunto y valorar todo lo que se tenga. Además, ser noble y justo en cualquier circunstancia de la vida y espero, que siempre esté orgulloso de mi en donde se encuentre.

Stephania Pérez

RESUMEN

En el presente trabajo de titulación tiene como finalidad el diseño de una cámara anecoica para el laboratorio de propagación y antenas satelitales de la Universidad de las Américas en un software determinado.

En el Capítulo 1, se detalla los trabajos afines de cámaras anecoicas que existen alrededor del mundo, y se explica de forma general las características, clasificación y los parámetros de una cámara anecoica; así como la explicación de cada software que es para la simulación de dicha cámara.

En el Capítulo 2, habla sobre el diseño de la cámara anecoica, las frecuencias según el material absorbente, tipos de antenas, las especificaciones que se debe tener para instalar el software de gestión, la creación y el funcionamiento de una cámara anecoica en un software. Para que así, se detalle los casos analizados y sus respectivos resultados y los tipos de analizadores de espectros.

En el Capítulo 3, habla sobre las pruebas de validación de software en donde se define los resultados obtenidos en cada uno de los casos analizados explicados en el Capítulo 2.

En el Capítulo 4, se presentan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron después de terminar el proyecto.

Finalmente, como anexo se va a realizar una simulación con y sin el material anecoico, así como explicar los resultados obtenidos en distintas distancias entre antenas.

ABSTRACT

In the present work of qualifications it takes the design of a chamber as a purpose anecoica for the laboratory of spread and antennas satelitales of the Universidad de las Américas in a certain software.

In Chapter 1, the related works of anechoic chambers that exist around the world are detailed, and the characteristics, classification and parameters of an anechoic chamber are explained in a general way; as well as the explanation of each software that is for the simulation of said camera.

In Chapter 2, it talks about the disign of the anechoic chamber, the frequencies according to the absorbent material, types of antennas, the specifications that must be had to install the management software, the creation and operation of an anechoic chamber in a software. So that, the analyzed cases and their respective results and the types of spectrum analyzers are detailed.

In Chapter 3, he talks about software validation tests where the results obtained in each of the analyzed cases explained in Chapter 2 are defined.

In Chapter 4, the conclusions and recommendations that were obtained after completing the project are presented.

Finally, as an annex, a simulation with and without the anechoic material will be carried out, as well as explain the results obtained in different distances between antennas.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Alcance | 2 |
| 1.3. Justificación..... | 2 |
| 1.4. Objetivo General | 2 |
| 1.5. Objetivos Específicos..... | 2 |
| 2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 3 |
| 2.1. Características de una cámara anecoica | 3 |
| 2.1.1. Definición de una cámara anecoica..... | 3 |
| 2.1.1.1. Clasificación de las cámaras anecoicas | 3 |
| 2.1.1.2. Aplicación en proyectos..... | 3 |
| 2.2. Parámetros de diseño..... | 4 |
| 2.2.1. Dimensionamiento..... | 4 |
| 2.2.2. Aislamiento..... | 7 |
| 2.2.2.1. Piso y Paredes | 7 |
| 2.2.2.2. Iluminación y Ventilación..... | 8 |
| 2.2.2.3. Puertas | 8 |
| 2.2.2.4. Absorción..... | 10 |
| 2.2.2.5. Homogenización | 13 |
| 2.2.2.6. Homologación | 13 |
| 2.2.2.7. Localización | 14 |
| 2.3. Definición de Software | 14 |
| 2.3.1. Tipos de Software | 14 |
| 2.4. Aplicaciones anteriores en software..... | 15 |
| 3. CAPÍTULO III: DISEÑO | 18 |
| 3.1 Especificaciones del Hardware | 18 |

| | |
|--|----|
| 3.1.1 Software de simulación | 18 |
| 3.2. Analizadores de espectros..... | 19 |
| 3.3. Atenuación de RF | 21 |
| 3.3.1 Antenas | 21 |
| 3.3.2. Frecuencias según el material anecoico..... | 21 |
| 3.4. Software de gestión..... | 30 |
| 4. CAPÍTULO IV: PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE..... | 50 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 61 |
| 5.1. Conclusiones | 61 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 62 |
| REFERENCIAS | 64 |
| ANEXOS..... | 66 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Esquema de dimensiones útiles y mínimas de la cámara | 7 |
| Figura 2: Paredes Internas y Externas de la cámara..... | 8 |
| Figura 3: La geometría general del rango interior..... | 9 |
| Figura 4: Rango interior mostrando un de los reflejos de las antenas | 10 |
| Figura 5: Cámara en capas | 11 |
| Figura 6: Material anecoico Cremer | 12 |
| Figura 7: Material en forma de cuñas | 13 |
| Figura 8: Antena Bicuadro en CST Studio..... | 16 |
| Figura 9: Perdidas por retorno. | 16 |
| Figura 10: ROE a través de un barrido de frecuencias..... | 17 |
| Figura 11: Patrón de radiación | 17 |
| Figura 12: Modelo de la antena Bicuadro..... | 18 |
| Figura 13: Analizador de espectros analógico..... | 20 |
| Figura 14: Analizador de espectros digital..... | 20 |
| Figura 15: Antena Dipolo | 21 |
| Figura 16: Material absorbente categoría EHP de tipo piramidal..... | 22 |
| Figura 17: Material EHP línea continua..... | 23 |
| Figura 18: Material Absorbente de tipo HP..... | 25 |
| Figura 19: Material Curvilíneo | 26 |
| Figura 20: Material de tipo lámina. | 27 |
| Figura 21: Material EHP walkaway..... | 29 |
| Figura 22: Creación de proyecto elección de antenas..... | 32 |
| Figura 23: Creación de proyecto para ondas eléctricas..... | 32 |
| Figura 24: Creación de proyecto en el dominio del tiempo | 33 |
| Figura 25: Elección de unidades para el proyecto..... | 33 |
| Figura 26: Resumen final del proyecto | 34 |
| Figura 27: Pestaña Home | 34 |
| Figura 28: Desglose de Macros | 35 |
| Figura 29: Antena en el plano de simulación..... | 35 |
| Figura 30: Pestaña Modeling | 36 |
| Figura 31: Propiedades de las coordenadas | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 33: Creación de una nueva antena dipolo | 38 |
| Figura 34: Creación de puerto para primera antena | 38 |
| Figura 35: Puerto discreto número uno (primera antena). | 39 |
| Figura 36: Puerto discreto número dos (segunda antena)..... | 39 |
| Figura 37: Pestaña para crear el cubo | 40 |
| Figura 38: Parámetros para la creación del cubo | 40 |
| Figura 39: Parámetros definidos para la creación del cubo. | 41 |
| Figura 40: Cubo Exterior creado con el material PEC. | 41 |
| Figura 41: Colocar parámetros del cubo interior..... | 42 |
| Figura 42: Parámetros de creación del cubo interior | 42 |
| Figura 43: Intersección de formas para el cubo interior | 43 |
| Figura 44: Creación de la antena interior del cubo | 44 |
| Figura 45: Vista de la antena dentro del cubo | 44 |
| Figura 46: Nuevas coordenadas | 45 |
| Figura 47: Creación del nuevo puerto en la antena..... | 45 |
| Figura 48: Nuevo puerto de la antena en el interior del cubo | 46 |
| Figura 49: Antena Exterior de la cámara anecoica | 46 |
| Figura 50: Coordenadas de la cámara anecoica..... | 47 |
| Figura 51: Dimensiones de cada pirámide | 47 |
| Figura 52: Pared 1 con material anecoico. | 48 |
| Figura 54: Exterior de la cámara anecoica con su puerta..... | 49 |
| Figura 55: Cámara anecoica con la antena interior. | 49 |
| Figura 56: Antenas con material anecoico en la mitad | 50 |
| Figura 57: Simulación de dos antenas dipolo | 50 |
| Figura 58: Frecuencia sola de la antena número uno | 51 |
| Figura 59: Frecuencia sola de la antena número dos..... | 51 |
| Figura 61: Frecuencia de la antena segunda hacia la primera | 52 |
| Figura 62: Simulación de una antena dipolo | 53 |
| Figura 63: Frecuencia de las antenas | 53 |
| Figura 64: Frecuencia de la primera antena hacia el punto de prueba. | 54 |
| Figura 65: Frecuencia de la punta de prueba hacia la primera..... | 54 |
| Figura 66: Frecuencia del punto de prueba fuera de la cámara anecoica | 55 |

| | |
|--|----|
| Figura 67: Demostración que la antena se encuentra en el interior..... | 55 |
| Figura 68: Frecuencia de la antena interna | 56 |
| Figura 69: Frecuencia de la antena 2 a la antena 1. | 56 |
| Figura 70: Frecuencia de la antena 1 a la antena 2 | 57 |
| Figura 71: Frecuencia de la antena externa | 57 |
| Figura 72: Antenas con material anecoico en la mitad | 58 |
| Figura 73: Frecuencia de la antena 1..... | 58 |
| Figura 75: Frecuencia de la antena 1 hacia antena 2..... | 59 |
| Figura 76: Frecuencia de la antena 2..... | 60 |
| Figura 77: Pantalla Principal del RadPat. | 2 |
| Figura 78: Prueba con dos antenas a una distancia de 0.5 metros. | 3 |
| Figura 79: Prueba con dos antenas a una distancia de 1.70 metros | 4 |
| Figura 80: Prueba con dos antenas a una distancia de 2.20 metros | 4 |
| Figura 81: Primera simulación totalmente armada. | 6 |
| Figura 82: Configuración “LAN” del analizador N9912A. | 7 |
| Figura 83: Configuración “Press” del analizador N9912A..... | 8 |
| Figura 84: Configuración IP del computador | 9 |
| Figura 85: Configuración del puerto | 10 |
| Figura 86: Configuración del nuevo instrumento | 10 |
| Figura 87: Detalles del instrumento añadido | 11 |
| Figura 88: Comprobación del puerto | 12 |
| Figura 89: Instrumento habilitado..... | 12 |
| Figura 90: Pestaña de medición..... | 13 |
| Figura 91: Conectividad | 13 |
| Figura 92: Patrón de radiación distancia 0,7m | 14 |
| Figura 93: Señal de la antena receptora en formato “Log Mag” | 16 |
| Figura 94: Señal de la antena emisora en formato “Log Mag” | 16 |
| Figura 95: Señal de la antena receptora en formato “Phase” | 17 |
| Figura 96: Señal de la antena receptora en formato “Smith” | 18 |
| Figura 97: Señal de la antena emisora en formato “Smith”..... | 18 |
| Figura 98: Patrón de radiación 1,7m | 19 |
| Figura 99: Señal de la antena receptora en formato “Log Mag” | 21 |

| | |
|--|----|
| Figura 100: Señal de la antena emisora en formato “Log Mag” | 22 |
| Figura 101: Señal de la antena receptora en formato “VSWR” | 22 |
| Figura 102: Señal de la antena receptora en formato “Smith” | 23 |
| Figura 103: Señal de la antena emisora en formato “Smith” | 23 |
| Figura 104: Señal de la antena receptora en formato “Phase” | 24 |
| Figura 105: Patrón de radiación distancia 2,2 | 25 |
| Figura 106: Señal de la antena receptora en formato “Log Mag” | 27 |
| Figura 107: Señal de la antena receptora en formato “VSWR” | 28 |
| Figura 108: Señal de la antena receptora en formato “Smith” | 28 |
| Figura 109: Señal de la antena emisora en formato “Smith” | 29 |
| Figura 110: Señal de la antena receptora en formato “Phase” | 30 |
| Figura 111: Segunda simulación totalmente armada | 32 |
| Figura 112: Teclado numérico del generador de señal N9310A RF | 33 |
| Figura 113: Frecuencia en “Gigahercio” del generador de señal N9310A RF. | 33 |
| Figura 114: Amplitud en “dBm” del generador de señal N9310A RF | 34 |
| Figura 115: Parámetros con el patrón de radiación de -10dBm..... | 34 |
| Figura 116: Amplitud de -10dBm a una frecuencia 2400Mhz | 35 |
| Figura 117: Patrón de radiación -10 dBm y 1 metro. | 36 |
| Figura 118: Patrón de radiación -10 dBm y 2 metros. | 38 |
| Figura 119: Patrón de radiación -10 dBm y 3 metros | 41 |
| Figura 120: Parámetros con el patrón de radiación de -20dBm..... | 43 |
| Figura 121: Amplitud de -20dBm a una frecuencia 2400Mhz | 44 |
| Figura 122: Patrón de radiación -20 dBm y 1 metro | 45 |
| Figura 123: Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros | 47 |
| Figura 124: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros. | 50 |
| Figura 125: Parámetros con el patrón de radiación de -30dBm..... | 52 |
| Figura 126: Amplitud de -30dBm a una frecuencia 2400Mhz | 53 |
| Figura 127: Patrón de radiación -30 dBm y 1 metro | 54 |
| Figura 128: Patrón de radiación -30 dBm y 2 metros. | 56 |
| Figura 129: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros. | 58 |
| Figura 130: Parámetros con el patrón de radiación de -40dBm..... | 60 |

| | |
|--|-----|
| Figura 131: Amplitud de -40dBm a una frecuencia 2400Mhz | 61 |
| Figura 132: Patrón de radiación -40 dBm y 1 metro. | 62 |
| Figura 133: Patrón de radiación -40 dBm y 2 metros. | 64 |
| Figura 134: Patrón de radiación -40 dBm y 3 metros | 67 |
| Figura 135: Parámetros con el patrón de radiación de -50dBm..... | 69 |
| Figura 136: Amplitud de -50dBm a una frecuencia 2400Mhz | 70 |
| Figura 137: Patrón de radiación -50 dBm y 1 metro. | 71 |
| Figura 138: Patrón de radiación -50 dBm y 2 metros | 73 |
| Figura 139: Patrón de radiación -50 dBm y 3 metros | 75 |
| Figura 146: Configuración IP del computador | 84 |
| Figura 147: Configuración del puerto | 85 |
| Figura 148: Configuración del nuevo instrumento | 85 |
| Figura 149: Detalles del instrumento añadido | 86 |
| Figura 150: Comprobación del puerto | 86 |
| Figura 151: Instrumento habilitado | 87 |
| Figura 152: Pestaña de medición..... | 87 |
| Figura 153: Conectividad | 88 |
| Figura 154: Patrón de radiación distancia 0,7m | 89 |
| Figura 160: Patrón de radiación 1,7m | 95 |
| Figura 167: Patrón de radiación distancia 2,2 | 102 |
| Figura 178: Parámetros con el patrón de radiación de -10dBm..... | 113 |
| Figura 180: Patrón de radiación -10 dBm y 1 metro. | 115 |
| Figura 181: Patrón de radiación -10 dBm y 2 metros. | 117 |
| Figura 182: Patrón de radiación -10 dBm y 3 metros | 120 |
| Figura 183: Parámetros con el patrón de radiación de -20dBm..... | 122 |
| Figura 185: Patrón de radiación -20 dBm y 1 metro | 124 |
| Figura 186: Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros | 126 |
| Figura 187: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros. | 129 |
| Figura 188: Parámetros con el patrón de radiación de -30dBm..... | 131 |
| Figura 190: Patrón de radiación -30 dBm y 1 metro | 133 |
| Figura 191: Patrón de radiación -30 dBm y 2 metros. | 135 |
| Figura 192: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros. | 138 |

| | |
|--|-----|
| Figura 193: Parámetros con el patrón de radiación de -40dBm..... | 140 |
| Figura 195: Patrón de radiación -40 dBm y 1 metro. | 142 |
| Figura 197: Patrón de radiación -40 dBm y 3 metros | 147 |
| Figura 198: Parámetros con el patrón de radiación de -50dBm..... | 149 |
| Figura 200: Patrón de radiación -50 dBm y 1 metro. | 151 |
| Figura 201: Patrón de radiación -50 dBm y 2 metros | 153 |
| Figura 202: Patrón de radiación -50 dBm y 3 metros | 156 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Zonas donde están ubicadas las antenas | 4 |
| Tabla 2. Rango de frecuencias y tamaño de antenas..... | 5 |
| Tabla 3. Especificaciones de la PC Lenovo Yoga a utilizar | 18 |
| Tabla 4. Especificaciones de la PC Lenovo ideapad a utilizar | 19 |
| Tabla 5. Rango de frecuencias según el material EPH piramidal (Microonda) | 22 |
| Tabla 6. Dimensiones del material según el modelo (Microonda)..... | 23 |
| Tabla 7. Rango de frecuencias del material EHP lineal según el modelo | 24 |
| Tabla 8. Especificaciones físicas del material | 24 |
| Tabla 9. Rango de frecuencias del material HP según el modelo | 25 |
| Tabla 10. Dimensiones del material HP según el modelo. | 25 |
| Tabla 11. Rango de frecuencias del material curvilíneo según el modelo. | 26 |
| Tabla 12. Dimensiones del material curvilíneo según el modelo | 27 |
| Tabla 13. Rango de frecuencias del material de tipo lámina según el modelo | 28 |
| Tabla 14. Dimensiones del material de tipo lámina según el modelo | 28 |
| Tabla 15. Rango de frecuencias del tipo walkaway según el modelo | 29 |
| Tabla 16. Dimensiones del tipo walkaway según el modelo | 30 |
| Tabla 17. Módulo Transmisor ME1300..... | 1 |
| Tabla 18. Módulo Receptor ME1300 | 1 |
| Tabla 19. Accesorios ME1300 | 2 |
| Tabla 20. Paquetes de antenas ME1300 | 3 |
| Tabla 21. Patrón de radiación de la distancia 0,7..... | 14 |
| Tabla 22. Patrón de radiación de la distancia 0,7. | 20 |
| Tabla 23. Patrón de radiación de la distancia 2,2..... | 25 |
| Tabla 24. Tabla comparativa de las distancias..... | 30 |
| Tabla 25. Patrón de radiación -10 dBm y distancia 1 metro | 36 |
| Tabla 26. Patrón de radiación -10 dBm y distancia 2 metros..... | 39 |
| Tabla 27. Patrón de radiación -10 dBm y distancia 3 metros..... | 41 |
| Tabla 28. Patrón de radiación -20 dBm y distancia 1 metro. | 45 |
| Tabla 29. Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros | 48 |
| Tabla 30. Patrón de radiación -20 dBm y distancia 3 metros..... | 50 |
| Tabla 31. Patrón de radiación -30 dBm y distancia 1 metro | 54 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 32. Patrón de radiación -30 dBm y distancia 2 metros..... | 57 |
| Tabla 33. Patrón de radiación -30 dBm y distancia 3 metros..... | 59 |
| Tabla 34. Patrón de radiación -40 dBm y distancia 1 metro | 62 |
| Tabla 35. Patrón de radiación -40 dBm y distancia 2 metros..... | 65 |
| Tabla 36. Patrón de radiación -40 dBm y distancia 3 metros..... | 67 |
| Tabla 37. Patrón de radiación -50 dBm y distancia 1 metro | 71 |
| Tabla 38. Patrón de radiación -50 dBm y distancia 2 metros..... | 74 |
| Tabla 39. Patrón de radiación -50 dBm y distancia 3 metros..... | 76 |
| Tabla 40. Tabla comparativa de las distancias | 77 |
| Tabla 41. Patrón de radiación de la distancia 0,7..... | 89 |
| Tabla 42. Patrón de radiación de la distancia 1,7..... | 96 |
| Tabla 43. Patrón de radiación de la distancia 2,2..... | 102 |
| Tabla 44. Tabla comparativa de las distancias..... | 109 |
| Tabla 45. Patrón de radiación -10 dBm y distancia 1 metro | 115 |
| Tabla 46. Patrón de radiación -10 dBm y distancia 2 metros..... | 118 |
| Tabla 47. Patrón de radiación -10 dBm y distancia 3 metros con material. | 120 |
| Tabla 48. Patrón de radiación -20 dBm y distancia 1 metro. | 124 |
| Tabla 49. Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros | 127 |
| Tabla 50. Patrón de radiación -20 dBm y distancia 3 metros..... | 129 |
| Tabla 51. Patrón de radiación -30 dBm y distancia 1 metro | 133 |
| Tabla 52. Patrón de radiación -30 dBm y distancia 2 metros..... | 136 |
| Tabla 53. Patrón de radiación -30 dBm y distancia 3 metros..... | 138 |
| Tabla 54. Patrón de radiación -40 dBm y distancia 1 metro | 142 |
| Tabla 55. Patrón de radiación -40 dBm y distancia 2 metros..... | 145 |
| Tabla 56. Patrón de radiación -40 dBm y distancia 3 metros..... | 147 |
| Tabla 57. Patrón de radiación -50 dBm y distancia 1 metro | 151 |
| Tabla 58. Patrón de radiación -50 dBm y distancia 2 metros..... | 154 |
| Tabla 59. Patrón de radiación -50 dBm y distancia 3 metros..... | 156 |
| Tabla 60: Tabla comparativa de las distancias..... | 158 |

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Para el año de 1936 una de las primeras cámaras anecoicas estaba compuesta de materiales como la muselina y la franela, estos elementos eran espaciados y estirados entre sí. Otra cámara anecoica ubicada en Minnesota conocida por su alto porcentaje de absorción de 99,99%, debido a sus componentes de cuñas de fibra de vidrio de forma piramidal y con tabiques dobles de acero en la caja interior y exterior. Ciencia (2012). Actualmente las cámaras anecoicas son herramientas precisas para el área de ingeniería de la telecomunicación. Por ejemplo, en Quito en la Universidad de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) existe una cámara acústica (Gallegos, F y Montalvo, D., 2008) y en la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE) existe una cámara anecoica de 4,8 m de largo por 3 m de ancho, para la comprobación y medición del distinto tipo de antenas. (Brito, P y López, M., 2006).

En la realización del diseño de la cámara anecoica se toman en cuenta requerimientos específicos donde se aplican principios adquiridos, ya que en la actualidad la Universidad de las Américas ofrece las carreras de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones en las cuales existen materias como: Tecnología Inalámbrica, Sistemas de Comunicación Radiantes y Comunicación Satelital. La universidad ofrece laboratorios para estas carreras donde hay: diferentes tipos de antenas, equipos de RF entre otros. Al momento que los estudiantes realizan los respectivos cálculos con los equipos de mediciones, existen varios errores debido a que en el sitio hay interferencias de ondas electromagnéticas, es por ello por lo que la Universidad de las Américas debe implementar una cámara anecoica esencialmente para las mediciones de las antenas, el cual ayudará a los alumnos a realizar las respectivas mediciones para obtener resultados fiables. El alcance de este trabajo de titulación se fundamenta en el diseño de una cámara anecoica utilizando materiales absorbentes, de tal manera se sorba ciertas señales de RF en un rango determinado. Para ello, se realizará el diseño y la simulación de la cámara anecoica, mediante la ayuda de un determinado software de radiofrecuencia, donde se colocarán las dimensiones

correspondientes, para que así se pueda realizar la construcción de la cámara anecoica e implementarlo en un futuro en la UDLA.

1.2. ALCANCE

El alcance de este trabajo de titulación se fundamenta en el diseño de una cámara anecoica utilizando materiales absorbentes, de tal manera se sorba ciertas señales de RF en un rango determinado. Para ello, se realizará el diseño y la simulación de la cámara anecoica, mediante la ayuda de un determinado software de radiofrecuencia, donde se colocarán las dimensiones correspondientes, para que así se pueda realizar la construcción de la cámara anecoica e implementarlo en un futuro en la UDLA.

1.3. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la Universidad de las Américas ofrece las carreras de Ing. Electrónica y Telecomunicaciones en las cuales existen materias como: Tecnología Inalámbrica, Sistemas de Comunicación Radiantes y Comunicación Satelital.

La universidad ofrece laboratorios para estas carreras donde hay: diferentes tipos de antenas, equipos de RF entre otros. Al momento que los estudiantes realizan los respectivos cálculos con los equipos de mediciones, existen varios errores debido a que en el sitio hay interferencias de ondas electromagnéticas, es por ello que la Universidad de las Américas debe implementar una cámara anecoica esencialmente para las mediciones de las antenas, el cual ayudará a los alumnos a realizar las respectivas mediciones para obtener resultados fiables.

1.4. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño una cámara anecoica para el laboratorio de antenas en la UDLA-Sede Queri.

1.5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar los cálculos necesarios para la construcción de la cámara anecoica.
- Realizar la simulación de una cámara anecoica mediante algún software de simulación electromagnética.

➤ Efectuar las respectivas pruebas para comprobar su eficiencia.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Características de una cámara anecoica

2.1.1. Definición de una cámara anecoica

Una cámara anecoica es un cuarto o salas cerradas, las cuales son diseñadas para realizar mediciones de ondas electromagnéticas en el espacio libre, que pueden ser acústicas o electromagnéticas, con el fin de que dichas ondas no interfieran con otras señales que se encuentren en el exterior. Las salas están cubiertas por un material absorbente en forma de cuñas. Aunque existen distintos tipos, estas se encargan de absorber en su totalidad las reflexiones producidas por ondas electromagnéticas dependiendo de los requerimientos de la cámara que “satisfaga a la ecuación denominada campo libre” (Barrionuevo y Gonzales, 2012, p. 1), aumentará los costos de dicha cámara. Existen diferentes materiales para la construcción de dichas cámaras, dependiendo de las frecuencias en las que se desea trabajar.

2.1.1.1. Clasificación de las cámaras anecoicas

Las cámaras anecoicas son utilizadas en distintos ambientes como salas de ensayo y universidades en las cuales se realicen estudios de mediciones de la RF en elementos como antenas y equipos, para que otorguen los resultados correctos.

2.1.1.2. Aplicación en proyectos

Existen varias cámaras anecoicas para varios experimentos; con casos de aplicación como se detallan a continuación:

- En Mojave California existe la cámara anecoica más grande del mundo en donde prueban los equipos electrónicos de los aviones especialmente del ejército estadounidense, esta cámara anecoica tiene las medidas de 84 metros de largo, 76 metros de ancho y 21 metros de alto y está cubierta por 816.000 espuma de forma piramidal (Hounsfield, 2012, p. 15).

- Microsoft tiene una cámara anecoica cerrada totalmente y es utilizada para captar ondas acústicas o electromagnéticas. Está aislada de cualquier ruido y su rango de frecuencias es de 200 hercios hasta los 20 kilohercios con una absorción del 95%. Fue creada en el 2012 por el laboratorio Orfield en Minnesota (Crónica de Microsoft, 2017).

2.2. Parámetros de diseño

Para diseñar una cámara anecoica se debe seguir una serie de pasos, los cuales son: Primero, observar las particularidades, el interior y exterior de la sala, los materiales que van a ser útiles para el aislamiento y absorción. Como siguiente punto del proceso, se debe mostrar el modelo formal mediante la simulación en un software. Finalmente se analiza dónde la ubicación de dicha sala.

2.2.1. Dimensionamiento

Para el dimensionamiento de una cámara anecoica se debe tomar en cuenta el rango, es decir, tomar los patrones de radiación de las antenas. El objetivo principal es tener un rango para cualquier tipo de antenas que se vayan a utilizar. Pero para esto, se debe poner a la antena seleccionada y ver la frecuencia dada antes y después de realizarlo(AUT).

Además, hay que tomar en cuenta que en las antenas existen 3 tipos de zonas, la cuales se muestran en la tabla.

Tabla 1.

Zonas donde están ubicadas las antenas

| | |
|-------------------------------|---|
| Campo Próximo Reactivo | Es el área donde predomina el campo reactivo. ($r < \lambda$) |
| Campo Próximo Radiante | Este es conocido como la región entre el campo lejano y el campo reactivo donde tiene poder el campo de radiación, en donde la distribución es angular por la distancia de la antena. |
| Campo Lejano | El repartimiento angular es indistinto a la distancia r de la antena. Es dada por la siguiente ecuación. |

| | |
|------------------------------------|--|
| | $r = \frac{2.D^2}{\lambda} \quad \text{(Ecuación 1)}$ <p>D → La mayor dimensión física de la antena.</p> <p>r → El alcance son utilizadas para antenas más pequeñas. Donde se debe considerar cuando tiene un bajo longitud de onda</p> <p>La mayor dimensión física de la antena. El alcance es utilizado para antenas más pequeñas. Donde se debe considerar cuando tiene un bajo longitud de onda</p> $L = l + \frac{\lambda}{2} \quad \text{(Ecuación 2)}$ <p>Se demuestra que “una antena con un tamaño de 10m tendrá una distancia de campo lejano de 200m, por lo que la distancia de prueba es de 20 veces”.</p> |
| Campo cercano esférico(SNF) | Es utilizado para interiores, ya que ocupa un pequeño espacio, pero mayormente utilizado ya dentro de una cámara anecoica. |

Adaptado de Barrionuevo, D., & Gonzales, J., 2012.

Cuando las distancias son muy grandes (el campo lejano), o cuando existen frecuencias menores a 100 MHz, se le denomina de una gama al aire libre.

Se muestra en la tabla 2 los rangos de frecuencia utilizados para las distintas antenas, llamadas directrices.

Tabla 2.

Rango de frecuencias y tamaño de antenas para los diferentes enfoques de medición de antenas interiores

| | |
|--------------------------|--|
| Rangos Interiores | Tamaño de la antena en longitudes de onda |
|--------------------------|--|

| Frecuencia | Iluminación de campo lejano | Mediciones de campo cercano | Rango Compacto |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------|
| 100 MHz | $< 2\lambda$ | $> 2\lambda$ | No ideal |
| 500 MHz | $< 2\lambda$ | $> 2\lambda$ | No ideal |
| 1 GHz | $< 5\lambda$ | $> 5\lambda$ | $> 5\lambda$ |
| 2 GHz | $< 10\lambda$ | $> 10\lambda$ | $> 10\lambda$ |

Tomado de Vince, R., 2016.

Las cámaras anecoicas son construidas en forma rectangular, ya que los estudios revelan que maximiza la absorción de las ondas reflejadas en las paredes de la misma cámara.

En ellas se muestran las siguientes ecuaciones, donde se obtendrán las dimensiones, para que actúen como una cámara anecoica correcta:

$$L = l + \frac{\lambda}{2} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

$$W = w + \frac{\lambda}{2} \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$H = h + \frac{\lambda}{4} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

- L = largo útil de la cámara en [m]
- W = ancho útil de la cámara en [m]
- l = largo máximo de la fuente [m]
- w = ancho máximo de la fuente [m]
- λ = longitud de onda de corte [m]
- H = altura útil de la cámara [m]
- h = altura máxima de la fuente [m]

En la figura 1 se muestra cómo está dimensionada la cámara anecoica según los parámetros anteriores:



Figura 1: Esquema de dimensiones útiles y mínimas de la cámara.

Tomado de Barrionuevo, D., & Gonzales, J., 2012.

2.2.2. Aislamiento

2.2.2.1. Piso y Paredes

El primer paso para el aislamiento son las paredes de una cámara anecoica, tomando en cuenta su absorción, por ello debe existir una parte interna y una externa como se muestra en la figura 2, donde los grosores de estas dos paredes serán distintos para que no exista ninguna reflexión entre ellas. Las paredes van a tener una distancia entre ellas donde se colocará el material absorbente de un determinado rango de frecuencia, con el fin de que ninguna señal salga del interior y que las señales externas no puedan ingresar. Por consiguiente, se debe poner una malla metálica en las paredes exteriores para que consiga el efecto de la jaula de Faraday, así se obtiene su principal objetivo una gran atenuación de los campos incidentes.

El segundo paso es el piso, el cual debe tener material absorbente al igual que las paredes, pero en este caso debe ser un material específico para el piso. Por eso es recomendable poner unas rejillas como piso flotante, estas deben ser de acero tensado uniformemente.

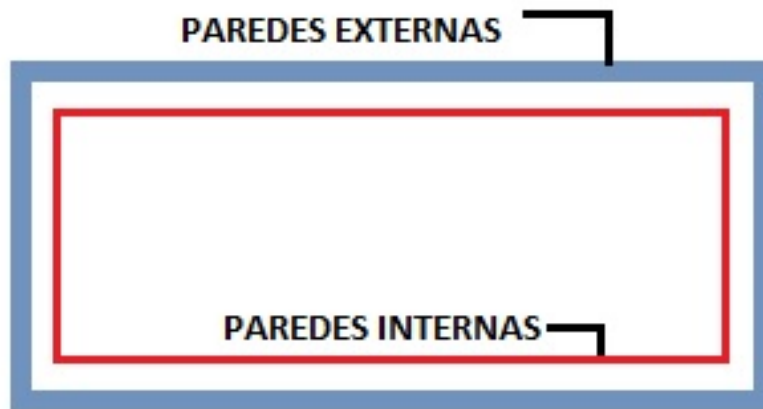


Figura 2: Paredes Internas y Externas de la cámara.

Adaptado de Vince, R., 2016.

2.2.2.2. Iluminación y Ventilación

El tercer paso es la luminiscencia que se instalará en una cámara anecoica. Hay que tener cuidado, debido a que irradian calor y ruido. Su uso debe ser mínimo, para eso se debe implementar luminarias de tamaño pequeño entre las cuñas o en las esquinas del techo; sus focos deben ser de gran eficacia y su luminiscencia debe ser de colores como: gris, celeste o blanco.

Como cuarto punto tenemos a los ventiladores que se van a usar dentro de esta cámara, donde existirá un rango de 15 a 30 grados Celsius, tomando en cuenta la dimensión de la cámara anecoica; los ventiladores deben ser aislados mediante elementos de absorción o silenciadores o los ductos deben tener los materiales absorbentes como esponjas en forma piramidal o fibra de vidrio, para que no vibren, ya que estos producen vibraciones, para esto se debe tener una distancia de aproximadamente 16m uno del otro. Dentro de los ductos además se debe poner un precipitador electrostático para prevenir la acumulación de polvo.

2.2.2.3. Puertas

La última parte de construcción de la cámara anecoica es la puerta, es necesaria para que ingresen los equipos y se tomen las medidas necesarias, pero al momento de realizar una abertura a la cámara esta cambia el coeficiente de

absorción, porque no posee las mismas características de rigidez y peso. Para esto se debe aumentar una puerta externa donde se recomienda utilizar materiales como vinilo, caucho, placas de acero y plomo rellenas de fibras de vidrio. En una cámara anecoica en el aislamiento, se toman en cuenta las frecuencias de la antena tomadas anteriormente.

En el caso de ser una antena muy pequeña se utiliza el campo cercano esférico, donde ya se le presta atención al rango de iluminación lejano en cual se debe saber la frecuencia (AUT). Dentro de la cámara anecoica lo que se busca es tener un volumen donde se refleje una energía ya sea del techo o del piso, la cual dará un volumen mínimo conocido como “zona de tranquilidad (QZ)” (Rodríguez, 2016, p. 86) como se muestra en la figura 3. Se observa a continuación como la energía de la antena de la derecha es transmitida y va hacia todas las paredes hasta que se realice la “QZ”, donde dará un número de decibeles bajo, a diferencia de la transmisión directa.

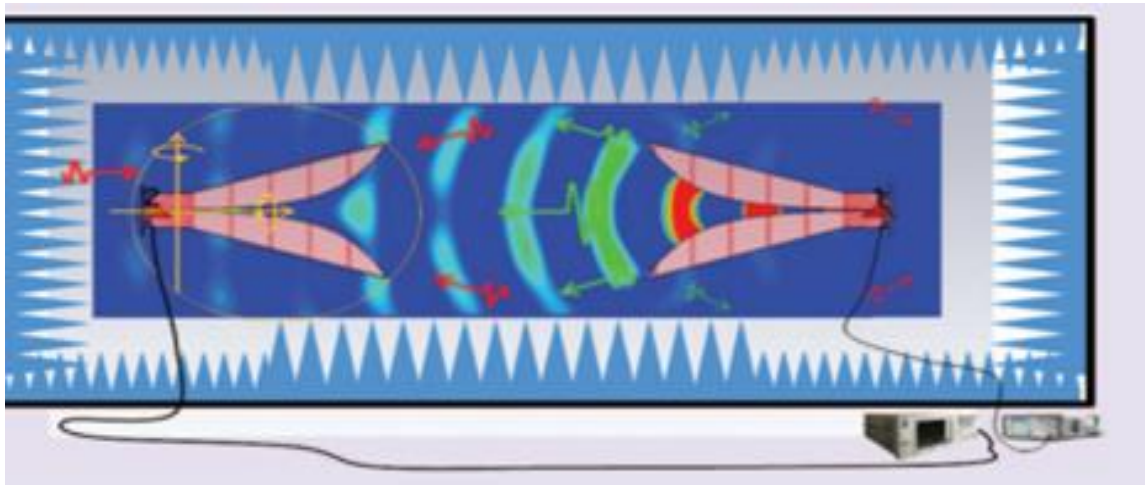


Figura 3: La geometría general del rango interior.

Tomado de Vince, R., 2016.

A diferencia de la antena anterior esta va a ser dirigida hacia las paredes de la cámara como se muestra en la figura 4, la cual dará una energía reflejada, donde se involucra a las paredes, piso y techo al momento de que la antena receptora tome esta dicha energía y no se podrá medir con precisión. Además, la antena receptora tendrá la característica de apuntar a un valor nulo y a la vez recibirá

una señal reflejada en la cual dará decibelios menores a diferencia de una señal directa.

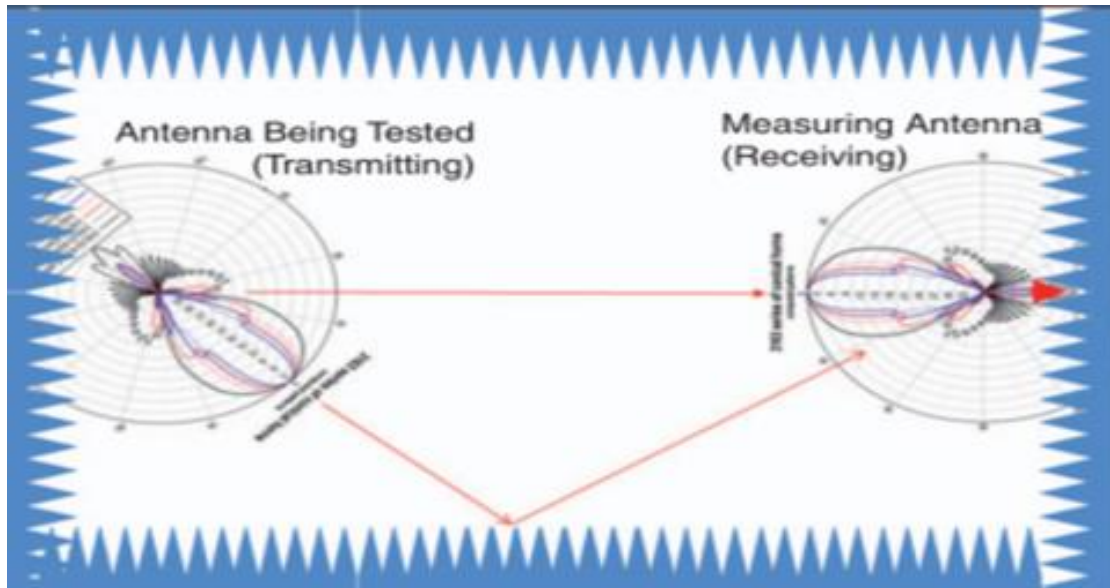


Figura 4: Rango interior mostrando un de los reflejos de las antenas.

Tomado de Vince, R., 2016.

2.2.2.4. Absorción

La absorción es importante para la construcción de la cámara anecoica, ya que se debe tomar en cuenta el parámetro α para seleccionar el material que va a recubrir la sala. Este material debe controlar el tiempo de reverberación en la sala y definir el ancho de banda necesaria de la cámara anecoica.

La norma ISO 3745 nos define que el coeficiente de absorción debe ser igual o mayor a 0,99 en el rango de frecuencias. Por lo general la reflexión en el interior de la cámara es de -30dB hasta -40dB.

Para los materiales que se encargan de la absorción de campos eléctricos se debe tener alta resistividad eléctrica y dieléctrica, y bajo factor de pérdida.

- Modelos de tratamientos absorbentes:

Existen varios modelos de tratamientos absorbentes, estos son en capas y de forma de cuñas.

a. Capas

El modelo basado en capas tiene un incremento de la densidad hacia el interior, en la figura 5 se puede observar que tanto el techo como las paredes están cubiertos con este tipo de materia absorbentes.

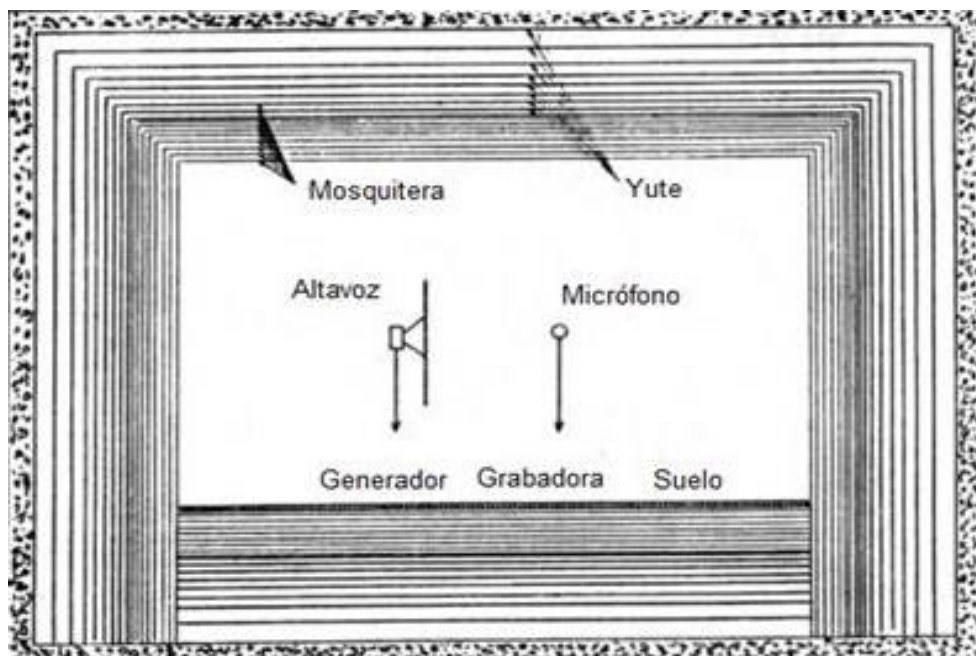


Figura 5: Cámara en capas.

Tomado de Acústica y Sonido, 2011.

b. Cuñas

Tienen 2 tipos, estas son:

- o Cremer

Este tipo de material que está cerca de la pared tiene una capa sólida de fibra de vidrio y esta seguido del material en forma de cuñas formadas por cubos fonoabsorbentes de lana de vidrio de diferentes

densidades como se muestra en la figura 6. Las salas con este tipo de material son utilizadas especialmente en las altas frecuencias.

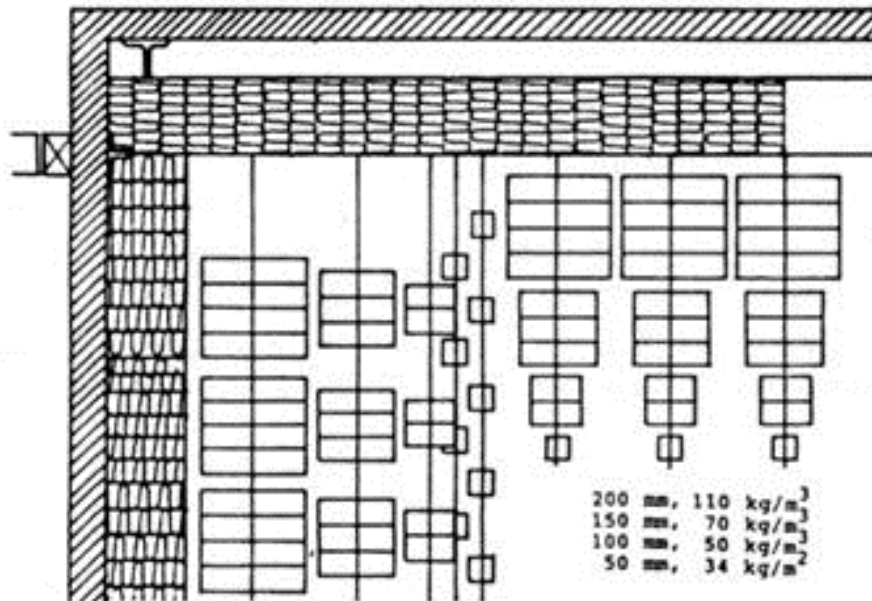


Figura 6: Material anecoico Cremer.

Tomado de Acústica y Sonido, 2011.

- Wedge

Este tipo de material como se muestra en la figura 7; tanto la base como la punta es absorbente y posee la misma densidad en todos los puntos. Este material es el más utilizado en las cámaras anecoicas ya que son más fáciles de montar, tienen una mejor distribución y el costo es menor. Una característica que tiene es la altura de las pirámides, ya que según más altas sean mayor absorción tiene en las bajas frecuencias.

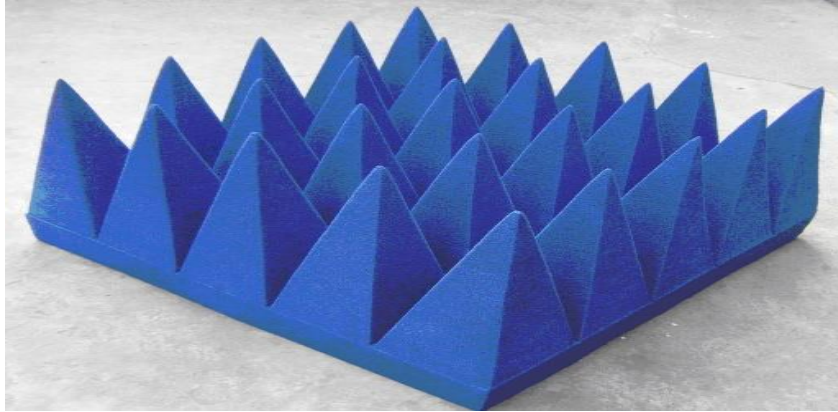


Figura 7: Material en forma de cuñas.

Tomado de Nanjing Lopu Co, sf.

2.2.2.5. Homogenización

Este es un método que se utiliza para el efecto de los absorbentes piramidales ya sean en las paredes y techos de la sala. La reflectividad de varios absorbentes se puede sustituir con un medio dieléctrico homogéneo equivalente.

Este viene dado por la ecuación siguiente:

$$\varepsilon(s) = 1 + (\varepsilon - 1) \left(\frac{s}{h}\right)^2 \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

- $\varepsilon \rightarrow$ Permitividad del absorbente piramidal.
- $h \rightarrow$ Altura del absorbente piramidal (sin tener en cuenta la base).
- $s \rightarrow$ Profundidad del medio inhomogeneo.

2.2.2.6. Homologación

La homologación es una parte importante al momento de realizar una cámara anecoica, ya que se debe verificar en su totalidad el estado de los equipos que ofrecen las telecomunicaciones.

Debido a esto sigue distintas normas que pueden ser nacionales o internacionales, dadas por el ministerio de telecomunicaciones, ya que lo que se enfoca es en dar seguridad y protección a los usuarios que vayan a manipular los elementos antes mencionados. Además, estos aparatos deben cumplir con una compatibilidad electromagnética, la cual no cause problemas como

perturbaciones electromagnéticas, y por último que no cause interferencias al momento de poner en marcha la cámara anecoica.

2.2.2.7. Localización

Al momento de realizar una cámara anecoica hay que analizar donde se la va a implementar físicamente. Hay que tomar en cuenta dos aspectos muy importantes. El primero debe ser un medio ambiente que no afecte a la flora y fauna. El segundo punto debe ser un medio ambiente urbanístico, es recomendable que esté dentro de una ciudad, una cámara anecoica acústica se encuentra ubicada en Quito en la Universidad de las Américas.

En el análisis de esta cámara anecoica se recomienda realizar diagramas de Gantt, donde se expondrán las distintas tareas en un tiempo determinado y además para la planificación de este proyecto se debe dar importancia de los recursos, pero, dependiendo de los aportes de los auspiciantes y de la rentabilidad o pérdida del proyecto.

2.3. Definición de Software

2.3.1. Tipos de Software

- Software CST Studio Suite

CST Studio Suite es un grupo de herramientas que se utiliza para el diseño y simulación de sistemas electromagnéticos en 3D. En este software se abarca un grupo de módulos que se encuentran integrados dentro del software para el diseño de varios proyectos electromagnéticos, que son: Antenas, Radio Frecuencia y Microondas, Electromagnetismo Biológicos, Electrónica, EMC y EMI, Partículas Dinámicas y Frecuencias Bajas y Estáticas.

Las Antenas son las aplicaciones más largas de realizar. Pero es sencilla de utilizar, ya que tiene varios parámetros los cuales se pueden configurar desde el tamaño hasta la frecuencia, se puede diseñar antenas para varios casos de vida.

- Feko

Feko es un software de simulación de ondas electromagnéticas usado en las industrias de las telecomunicaciones, automoción, aeroespacial y defensa. Este software ofrece muchas herramientas con una sola licencia, estos abarcan la resolución de problemas desde antenas hasta la investigación compatibilidad electromagnética.

Una de las ventajas que tiene Feko es que se puede importar resultados desde CST Studio.

- SUPERNEC

Es un software que nos permite simular ondas electromagnéticas, se puede simular antenas, este software trabaja con la plataforma de MatLab la cual debe estar instalada en la misma computadora con la única diferencia de que no es un software libre.

2.4. Aplicaciones anteriores en software.

Este proyecto se realizó para la validación de antenas que cumplan con el estándar IEEE 803.11b/g en una banda de 2.4 GHz y con el estándar IEEE 803.1 para las bandas de 3.3 GHz.

La antena que se muestra en la figura 8 es una Biquad ya que cumple dos lazos conductores cuadrados que están conectados en paralelo, el objetivo de esta antena es mejorar las características de relación delante-atrás convirtiéndose una antena direccional de 10 dBi de ganancia 2.43 GHz.

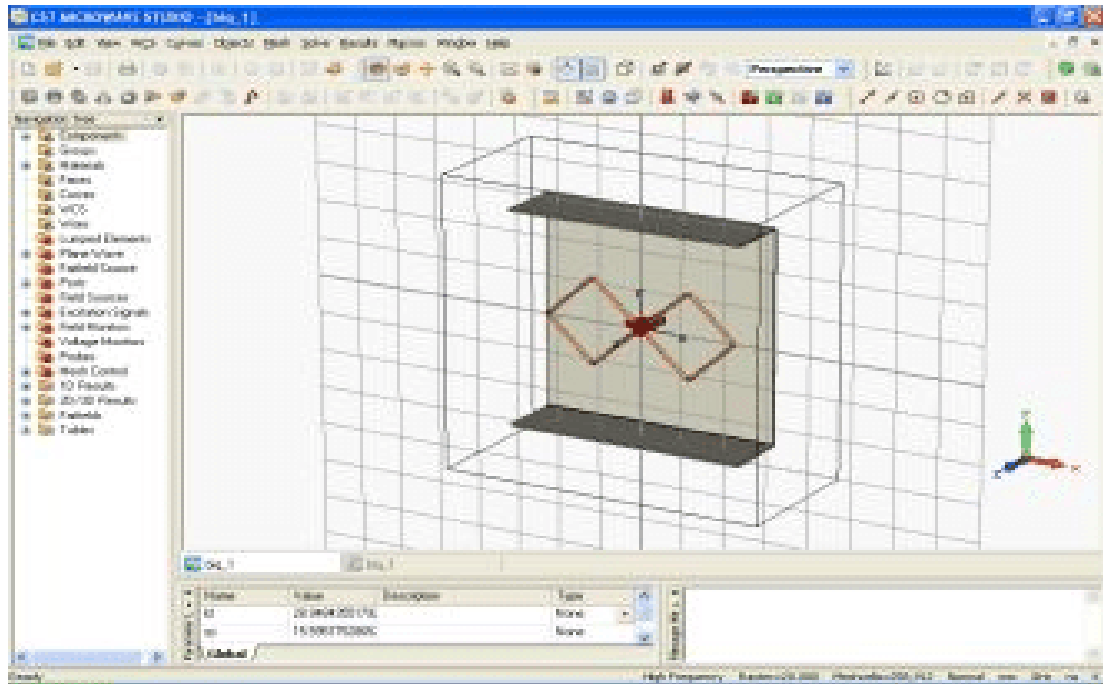


Figura 8: Antena Bicuadro en CST Studio.

Tomado de Cordoví, T., & Molina, Y., 2015.

En la figura 9 se muestra los resultados en dB y representa las pérdidas por retorno de la antena.

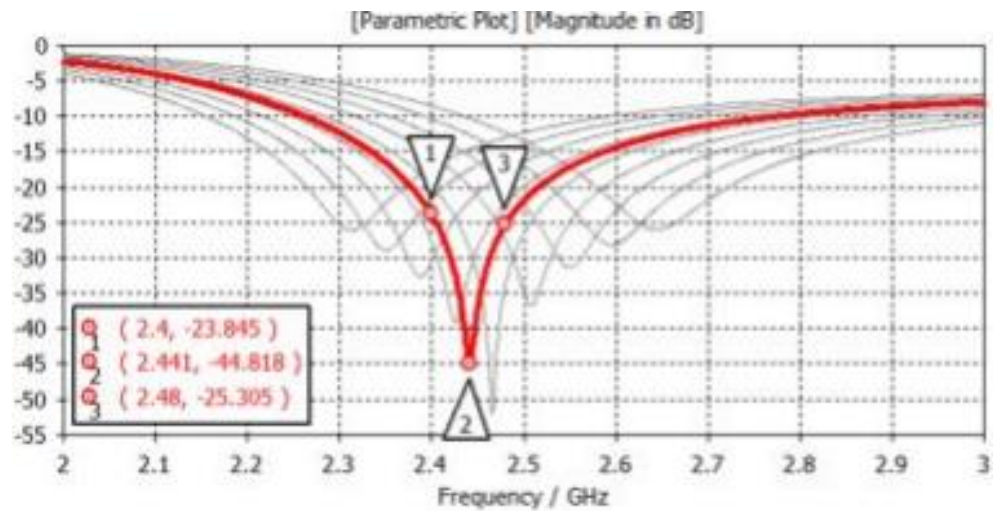


Figura 9: Perdidas por retorno.

Tomado de Cordoví, T., & Molina, Y., 2015.

En la figura 10 se muestra la razón de onda estacionaria; es decir el ROE o VSWR, empieza con un valor inicial para la primera frecuencia y este va disminuyendo hasta alcanzar una frecuencia central.

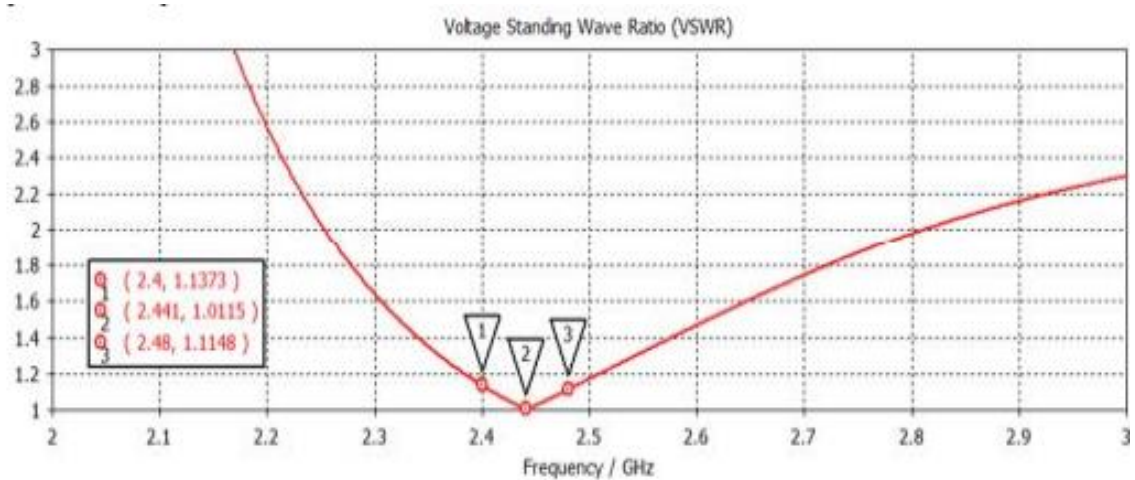


Figura 10: ROE a través de un barrido de frecuencias.

Tomado de Cordoví, T., & Molina, Y., 2015.

En la figura 11 se puede ver el patrón de radiación en 3D.

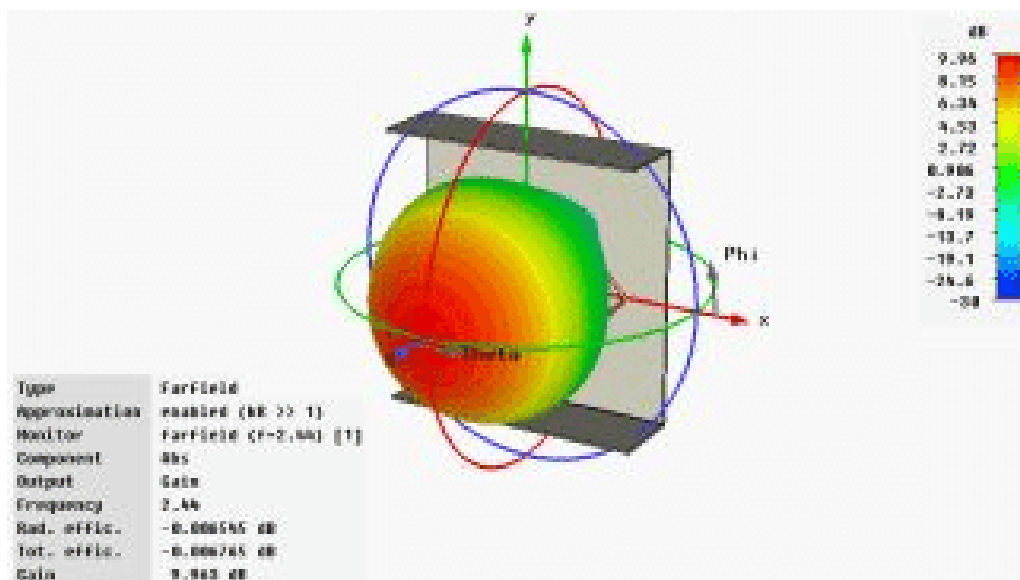


Figura 11: Patrón de radiación.

Tomado de Cordoví, T., & Molina, Y., 2015.

Finalmente, después de realizar un trabajo para que la antena llegue a tener una ganancia de 10dBi y una relación delante-atrás de 24dB, se obtiene la siguiente antena que se muestra en la figura 12.

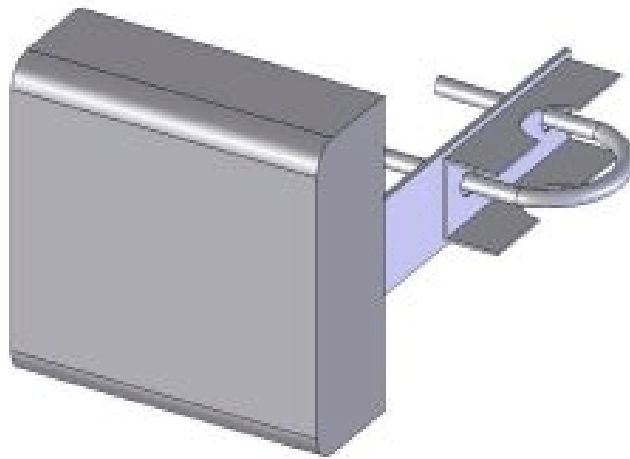


Figura 12: Modelo de la antena Bicuadro.
Tomado de Cordoví, T., & Molina, Y., 2015.

3. CAPÍTULO III: DISEÑO

3.1 Especificaciones del Hardware

3.1.1 Software de simulación

Para la simulación de la cámara anecoica se instaló un software en las dos computadoras que se trabajan, que son: una Lenovo Yoga 500 y Lenovo Ideapad 320, en la tabla 3 y tabla 4 podemos ver sus especificaciones:

Tabla 3.

Especificaciones de la PC Lenovo Yoga a utilizar para la simulación

| Lenovo Yoga 500 | |
|-------------------|-----------------|
| Características | Descripción |
| Sistema Operativo | Windows 10 Home |
| Procesador | Intel i5 |
| RAM | 4 GB |

| | |
|---------------------------------|---|
| Almacenamiento | 1 TB |
| Velocidad del Procesador | 2,20 GHz |
| Tarjeta Gráfica | Hasta NVIDIA GeForce 940M GFX de 2 GB |
| Pantalla | Full HD antirreflejos (1920 x 1080) hasta 14" |

Adaptado de Lenovo, 2016.

Tabla 4.

Especificaciones de la PC Lenovo ideapad a utilizar para la simulación

| Lenovo ideapad 320 | |
|---------------------------------|---|
| Características | Descripción |
| Sistema Operativo | Windows 10 Home |
| Procesador | 7th Gen Intel Core i7 |
| RAM | 16 GB |
| Almacenamiento | 1 TB |
| Velocidad del Procesador | 2,700 MHz |
| Tarjeta Gráfica | NVIDIA GeForce 940MX + AMD Radeon 530 |
| Pantalla | Full HD antirreflejos (1920 x 1080) hasta 15" |

Adaptado de Lenovo, 2016.

3.2. Analizadores de espectros

Un analizador de espectros es un equipo en el cual mediante la medición se puede observar gráficamente las componentes espectrales de una señal, estas pueden ser señales de tipo eléctricas, acústicas u ópticas. Las gráficas se representan mediante una escala logarítmica en base 10, 100, 1000, entre otros; la potencia de la señal se representa en el eje de coordenadas y la frecuencia se representa en el eje de las abscisas.

Se puede encontrar dos tipos de analizadores de espectros; estos son analógicos y digitales.

El analizador de espectro analógico mostrada en la figura 13 es el equipo que muestra una composición de ondas eléctricas, acústicas, ópticas, radiofrecuencia, entre otros. Este equipo utiliza un filtro pasa banda de frecuencia

variable y su frecuencia central se define automáticamente dentro de una gama fija.



Figura 13: Analizador de espectros analógico.
Tomado de Ingeniería Electrónica, 2016.

El analizador de espectro digital mostrada en la figura 14 es el analizador que utiliza la FFT; español significa Transformada rápida de Fourier, en donde transforma una señal en sus componentes espectrales mediante el proceso matemático mencionado (FFT).



Figura 14: Analizador de espectros digital.
Tomado de Instrumentación Hoy, 2015

3.3. Atenuación de RF

3.3.1 Antenas

Las antenas que se van a utilizar dependen del tamaño de la cámara anecoica, en este caso, ya que solo se va a realizar la simulación de una cámara, se va a trabajar con una antena dipolo como se muestra en la figura 15, sin embargo, se puede trabajar con más tipos de antenas.



Figura 15: Antena Dipolo.

Tomado de EA7AHG, 2012.

3.3.2. Frecuencias según el material anecoico

- **Material Absorbente categoría EHP piramidal (Microonda)**

El material para trabajar va a ser de tipo piramidal como se muestra en la figura 16, también llamado Wedge, y como ya se ha mencionado anteriormente, entre más alta sean las pirámides mayor absorción tendrán las frecuencias más bajas.



Figura 16: Material absorbente categoría EHP de tipo piramidal.

Tomado de ETS-LINDGREN, 2017.

En la tabla 5 se muestra los rangos de frecuencias mínimas y máximas en las que trabajan cada modelo de esta clase de material, mientras en la tabla 6 se muestra el peso y tamaño total de cada modelo de esta clase de material.

Tabla 5.

Rango de frecuencias según el material EPH piramidal (Microonda)

| Modelo | Frecuencia Mínima | Frecuencia Máxima |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| EHP-3PCL | 4 GHz | 40 GHz |
| EHP-5PCL | 2 GHz | 40 GHz |
| EHP-8PCL | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-12PCL | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-18PCL | 500 MHz | 40 GHz |
| EHP-24PCL | 200 MHz | 40 GHz |
| EHP-36PCL | 80 MHz | 40 GHz |
| EHP-48PCL | 80 MHz | 40 GHz |
| EHP-72PCL | 80 MHz | 40 GHz |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

Tabla 6.

Dimensiones del material según el modelo (Microonda)

| Modelo | Huella del Absorbedor | Altura de la base | Altura total | Altura Piramidal | Peso |
|-----------|-----------------------|-------------------|--------------|------------------|---------|
| EHP-3PCL | 3,8 cm | 1,9 cm | 8,25 cm | 6,4 cm | 1 kg |
| EHP-5PCL | 5,1 cm | 2,5 cm | 12,7 cm | 6,4 cm | 1,6 kg |
| EHP-8PCL | 7,6 cm | 5,1 cm | 21,6 cm | 16,5 cm | 2,8 kg |
| EHP-12PCL | 15,2 cm | 5,7 cm | 31,1 cm | 25,4 cm | 4,6 kg |
| EHP-18PCL | 15,2 cm | 5,7 cm | 46,4 cm | 40,6 cm | 4,6 kg |
| EHP-24PCL | 20,3 cm | 10,2 cm | 61,0 cm | 50,8 cm | 6,1 kg |
| EHP-36PCL | 30,5 cm | 15,2 cm | 91,4 cm | 76,2 cm | 9,5 kg |
| EHP-48PCL | 30,5 cm | 20,3 cm | 121,9 cm | 101,6 cm | 11,3 kg |
| EHP-72PCL | 61,0 cm | 30,5 cm | 182,9 cm | 152,4 cm | 15,9 kg |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

- **Material Absorbente RF categoría EHP**

Este material que se muestra en la figura 17 también es de tipo piramidal, con la diferencia de que este material es de línea continua, es decir que no tiene espacios entre sí.



Figura 17: Material EHP línea continua.

Tomado de ETS-LINDGREN, 2017.

En la tabla 7 se muestra los rangos de frecuencias mínimas y máximas en las que trabajan cada modelo de esta clase de material, mientras en la tabla 8 se muestra la altura total de cada modelo de esta clase de material.

Tabla 7.

Rango de frecuencias del material EHP lineal según el modelo

| Modelo | Frecuencia Mínima | Frecuencia Máxima |
|------------|-------------------|-------------------|
| EHP-3WGCL | 4 GHz | 40 GHz |
| EHP-5WGCL | 2 GHz | 40 GHz |
| EHP-8WGCL | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-12WGCL | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-18WGCL | 500 MHz | 40 GHz |
| EHP-24WGCL | 200 MHz | 40 GHz |
| EHP-36WGCL | 80 MHz | 40 GHz |
| EHP-48WGCL | 80 MHz | 40 GHz |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

Tabla 8.

Especificaciones físicas del material

| Modelo | Altura del Absorbente |
|------------|-----------------------|
| EHP-3WGCL | 8,3 cm |
| EHP-5WGCL | 12,7 cm |
| EHP-8WGCL | 21,5 cm |
| EHP-12WGCL | 31,1 cm |
| EHP-18WGCL | 46,3 cm |
| EHP-24WGCL | 61 cm |
| EHP-36WGCL | 91,4 cm |
| EHP-48WGCL | 121,9 cm |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017

- **Material Absorbente RF categoría HP**

Este material que se muestra en la figura 18 llamado High Power Microwave Absorber que en español significa Absorbedor de microondas de alta potencia, es fabricado con materiales de altas temperaturas, este material está cubierto por resina la cual soporta temperaturas de 482,2° C. Este material es más bajo para los absorbentes de tipo microondas, ya que es un material difícil de encender.



Figura 18: Material Absorbente de tipo HP.

Tomado de ETS-LINDGREN, 2017.

En la tabla 9 se muestra los rangos de frecuencias mínimas y máximas en las que trabajan cada modelo de esta clase de material, mientras en la tabla 10 se muestra el peso nominal, tamaño total y cuantas pirámides hay en total en cada modelo de esta clase de material.

Tabla 9.

Rango de frecuencias del material HP según el modelo

| Modelo | Frecuencia Mínima | Frecuencia Máxima |
|------------|-------------------|-------------------|
| EHP-3WGCL | 4 GHz | 40 GHz |
| EHP-5WGCL | 2 GHz | 40 GHz |
| EHP-8WGCL | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-12WGCL | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-18WGCL | 500 MHz | 40 GHz |
| EHP-24WGCL | 200 MHz | 40 GHz |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017

Tabla 10.

Dimensiones del material HP según el modelo.

| Modelo | Altura total | Altura de la base | Altura Piramidal | Peso Nominal | Pirámides por absorbente |
|---------|--------------|-------------------|------------------|--------------|--------------------------|
| HP-3PCL | 8,25 cm | 1,9 cm | 6,4 cm | 6,4 cm | 256 |
| HP-5PCL | 12,7 cm | 2,5 cm | 10,2 cm | 6,4 cm | 122 |

| | | | | | |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|----|
| HP-8PCL | 21,6 cm | 5,1 cm | 16,5 cm | 16,5 cm | 64 |
| HP-12PCL | 31,1 cm | 5,7 cm | 25,4 cm | 25,4 cm | 36 |
| HP-18PCL | 46,4 cm | 5,7 cm | 40,6 cm | 40,6 cm | 16 |
| HP-24PCL | 61,0 cm | 10,2 cm | 50,8 cm | 50,8 cm | 9 |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017

- **Material Absorbente RF categoría CVR**

El material llamado Curvilinear Absorber es el nuevo y avanzado material de los productos RF Absorber, que se muestra en la figura 19 es utilizado para conservar una cámara anecoica en altas frecuencias, también se pueden utilizar las frecuencias inferiores hasta 300 MHz sin tener que usar otros tipos de materiales como la ferrita.

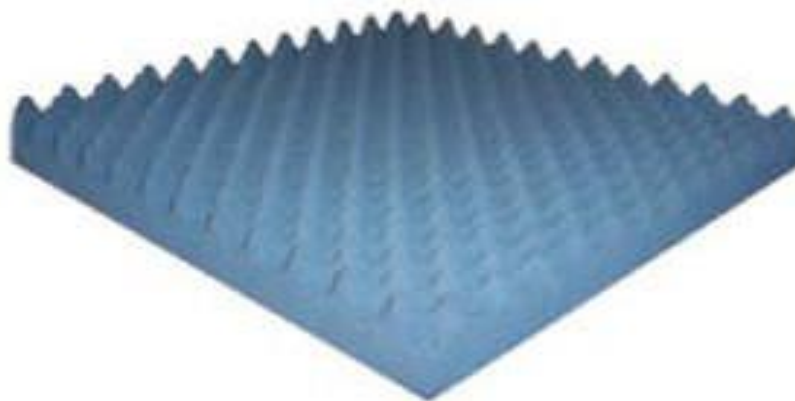


Figura 19: Material Curvilíneo.

Tomado de ETS-LINDGREN, 2017

En la tabla 11 se muestra los rangos de frecuencias mínimas y máximas en las que trabajan cada modelo de esta clase de material, mientras en la tabla 12 se muestra el peso, tamaño total y el total de pirámides que existe en cada modelo de esta clase de material.

Tabla 11.

Rango de frecuencias del material curvilíneo según el modelo.

| Modelo | Frecuencia Mínima | Frecuencia Máxima |
|------------------|--------------------------|--------------------------|
| CRV-15PCL | 500 MHz | 40 GHz |
| CRV-23PCL | 200 MHz | 40 GHz |

| | | |
|------------------|---------|--------|
| CRV-40PCL | 200 MHz | 40 GHz |
| CRV-60PCL | 100 MHz | 40 GHz |
| CRV-67PCL | 80 MHz | 40 GHz |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

Tabla 12.

Dimensiones del material curvilíneo según el modelo.

| Modelo | Altura total | Altura de la base | Altura de la Piramidal | Pirámides absorbente | por | Peso |
|------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------|-------------|
| CRV-15PCL | 38,1 cm | 5,1 cm | 33,0 cm | 36 | | 4,2kg |
| CRV-23PCL | 58,4 cm | 13,8 cm | 44,6 cm | 16 | | 6 kg |
| CRV-40PCL | 101,6 cm | 20,3 cm | 81,3 cm | 1 | | 0,8 kg |
| CRV-60PCL | 152,4 cm | 30,5 cm | 121,9 cm | 1 | | 2,8 kg |
| CRV-67PCL | 170,2 cm | 12,7 cm | 157,2 cm | 4 | | 13,6 kg |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017

- **Material Absorbente RF categoría FL**

En la figura 20 está compuesto de lámina y es utilizado en las cámaras anecoicas, con la diferencia de que se puede llenar por capas toda la sala solo con este material. Es flexible y fácil de cortar, por lo general son de color azul claro. Tiene un coeficiente de reflexión de -20 dB.



Figura 20: Material de tipo lámina.

Tomado de ETS-LINDGREN, 2017.

En la tabla 13 se muestra los rangos de frecuencias reales y de prueba en las que trabajan cada modelo de esta clase de material, mientras en la tabla 14 se muestra el espesor, tamaño de la base y el peso de cada material de esta clase de modelo.

Tabla 13.

Rango de frecuencias del material de tipo lámina según el modelo

| Modelo | Frecuencia | Frecuencia de prueba |
|-----------|--------------------|----------------------|
| FL-0750CL | 3.5 GHz y superior | 6 GHz |
| FL-1125CL | 2.4 GHz y superior | 3 GHz |
| FL-2250CL | 940 MHz y superior | 1,7 GHz |
| FL-4500CL | 455 MHz y superior | 800 MHz |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

Tabla 14.

Dimensiones del material de tipo lámina según el modelo

| Modelo | Espesor | Tamaño de la base | Peso |
|-----------|---------|-------------------|--------|
| FL-0750CL | 1,9 cm | 61 cm x 61 cm | 0,1 kg |
| FL-1125CL | 2,9 cm | 61 cm x 61 cm | 0,2 kg |
| FL-2250CL | 5,7 cm | 61 cm x 61 cm | 0,4 kg |
| FL-4500CL | 11,4 cm | 61 cm x 61 cm | 0.9 kg |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

- **Material Absorbente RF categoría EHP Walkaway Absorber**

Este material de la figura 21 muestra que es compatible con los requerimientos reflectivos de la cámara anecoica, sin embargo, este material proporciona una superficie lisa para que las personas puedan caminar sobre él, además es impermeable al agua y a la suciedad. Soporta un peso de 90,7 kg por 0,3 metros.



Figura 21: Material EHP walkaway.

Tomado de ETS-LINDGREN, 2017.

En la tabla 15 se muestra los rangos de frecuencias mínimas y máximas en las que trabajan cada modelo de esta clase de material, mientras en la tabla 16 se muestra las aturas de absorbente y de pasarela de cada modelo de esta clase de material.

Tabla 15.

Rango de frecuencias del tipo walkaway según el modelo

| Modelo | Frecuencia Mínima | Frecuencia Máxima |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| EHP-3WW | 4 GHz | 40 GHz |
| EHP-5WW | 2 GHz | 40 GHz |
| EHP-8WW | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-12WW | 1 GHz | 40 GHz |
| EHP-18WW | 500 MHz | 40 GHz |
| EHP-24WW | 200 MHz | 40 GHz |
| EHP-26WW | 480 MHz | 40 GHz |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

Tabla 16.

Dimensiones del tipo walkaway según el modelo

| Modelo | Altura del absorbente | Altura de la pasarela |
|----------|-----------------------|-----------------------|
| EHP-3WW | 8,3 cm | 13,9 cm |
| EHP-5WW | 12,7 | 19 cm |
| EHP-8WW | 21,5 cm | 29,9 cm |
| EHP-12WW | 31,1 cm | 38,1 cm |
| EHP-18WW | 46,3 cm | 53,3 cm |
| EHP-24WW | 61 cm | 69,8 cm |
| EHP-26WW | 66 cm | 77,4 cm |

Adaptado de ETS-LINDGREN, 2017.

3.4. Software de gestión

Para realizar el diseño en el software se deben tomar en cuenta distintos puntos: la primera y más importante es la dimensión, para esto hay que ver un rango de frecuencia en el cual se va a trabajar. En el caso de esta tesis se seleccionó un rango de 1 GHz a 4 GHz, estas frecuencias se prueban con antenas que cumplan dicho rango, las cuales tienen un tamaño específico en el software. En la simulación se toma como referencia la antena dipolo donde se tendrá el siguiente resultado de tamaño con la resolución que se verá a continuación:

$$L = l + \frac{\lambda}{2} \rightarrow L = l + \frac{\lambda}{2} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$W = w + \frac{\lambda}{2} \rightarrow 95 = 80 + \frac{\lambda}{2} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$H = h + \frac{\lambda}{4} \rightarrow 95 = 80 + \frac{\lambda}{4} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde se obtuvo como resultado para la caja externa:

- El ancho útil de la cámara (W) de 95 cm.
- La altura útil de la cámara (H) de 95 cm.

Donde se obtuvo como resultado para la caja interna:

- El ancho útil de la cámara (W) de 85 cm.

- La altura útil de la cámara (H) de 85 cm.

Pero tomando como referencia:

- El ancho máximo de la fuente(w) de 80cm.
- La altura máxima de la fuente(h) de 80 cm.

Como segundo punto se debe tomar en cuenta las paredes. En el caso de la simulación son dos cajas: una externa e interna, para mostrar que es una cámara anecoica, donde la primera será más pequeña, serán de un material PEC. Se debe conseguir el efecto de la jaula de Faraday, para eso se debe cubrir con otra caja a la caja externa, pero esta será de aluminio. En el software no importa el piso ya que solo es una simulación, pero, al momento de implementar físicamente la cámara anecoica se debe tomar en cuenta que material soporta el peso de los equipos y antenas.

El material que se pondrá en las paredes de la cámara es primordial, ya que absorbe los campos eléctricos; para el diseño en el software se eligieron las cuñas, ya que es el producto más demandado en el mercado, y de menor costo.

Se escogió CST Studio ya que es un software sencillo de manejar, se puede instalar en cualquier computadora Windows, se puede simular casos de la vida real desde circuitos hasta antenas, se puede simular en 3D y mediante bloques, no necesita otro programa para funcionar aparte de que no pesa mucho apenas 9 GB y no ocupa muchos recursos en la RAM. Una ventaja es que tiene software para estudiantes, pero también se puede pedir el software para empresas solo al enviar un correo a la empresa CST studio.

Para realizar todo esto se debe seguir los siguientes pasos:

1. Luego de haber instalado el software denominado "CST Studio Suite"
2. Se elige nuevo templete, se selecciona en la opción de MW & RF y finalmente se selecciona en el botón de antenas como se muestra en la figura 22.

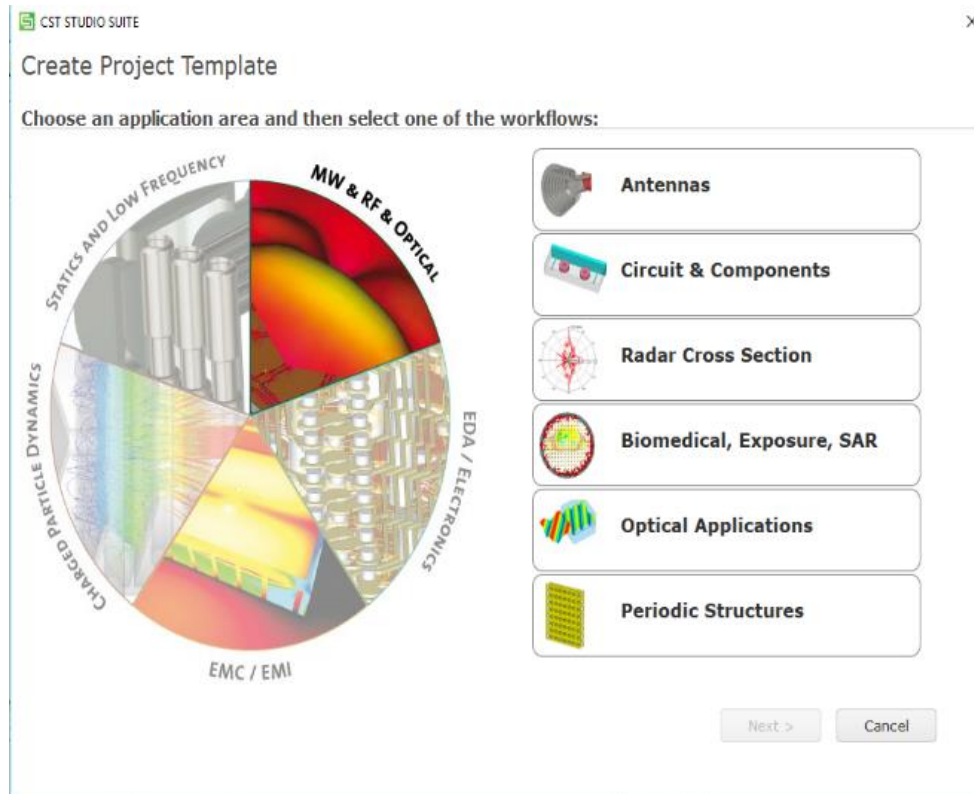


Figura 22: Creación de proyecto elección de antenas.

3. En la figura 23 se elige el flujo de trabajo en el que se va a realizar el proyecto, en este caso es guía de ondas.

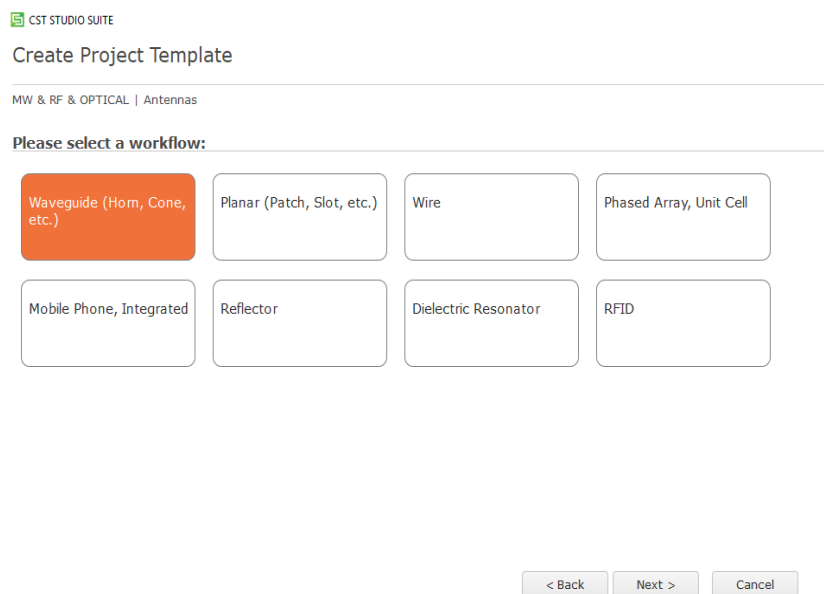


Figura 23: Creación de proyecto para ondas eléctricas.

- Se crea un nuevo modelo de proyecto en el dominio del tiempo como se muestra en la figura 24.

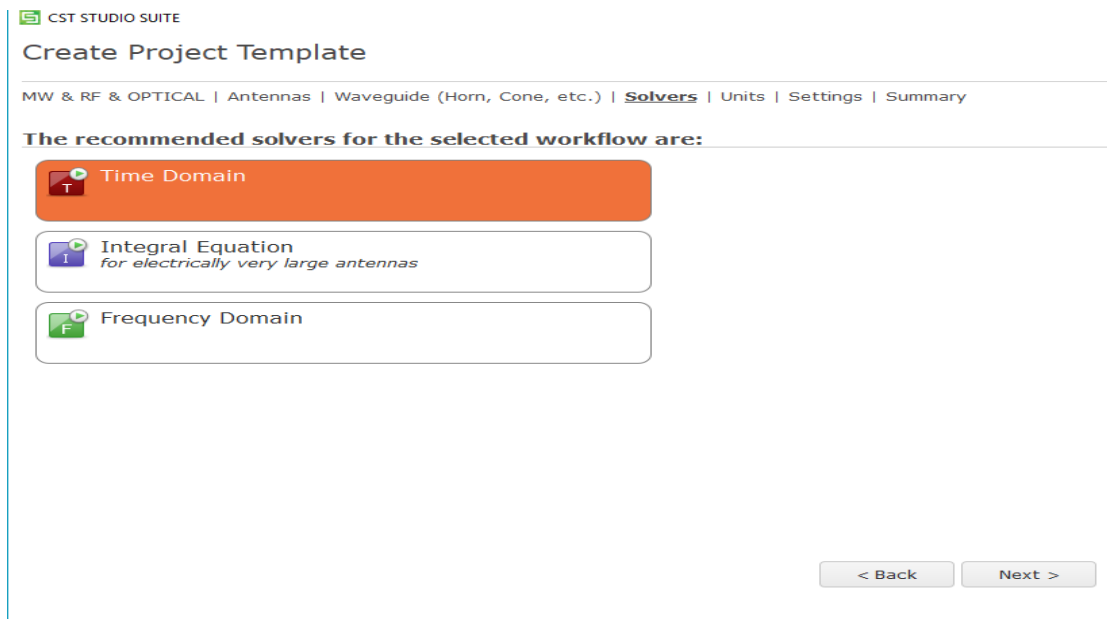


Figura 24: Creación de proyecto en el dominio del tiempo.

- Después de seleccionar el dominio del tiempo que se va a trabajar como se muestra en la figura 25, se van a especificar las unidades a trabajar, en este caso solo se cambian las dimensiones.

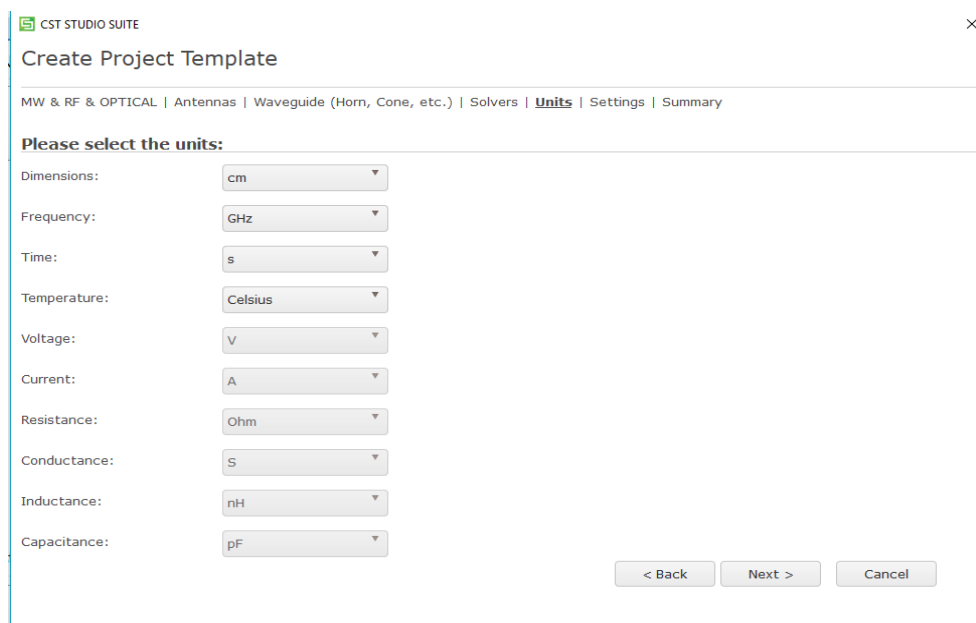


Figura 25: Elección de unidades para el proyecto.

6. Finalmente se muestra en la figura 26 un resumen de cómo será trabajado nuestro proyecto.

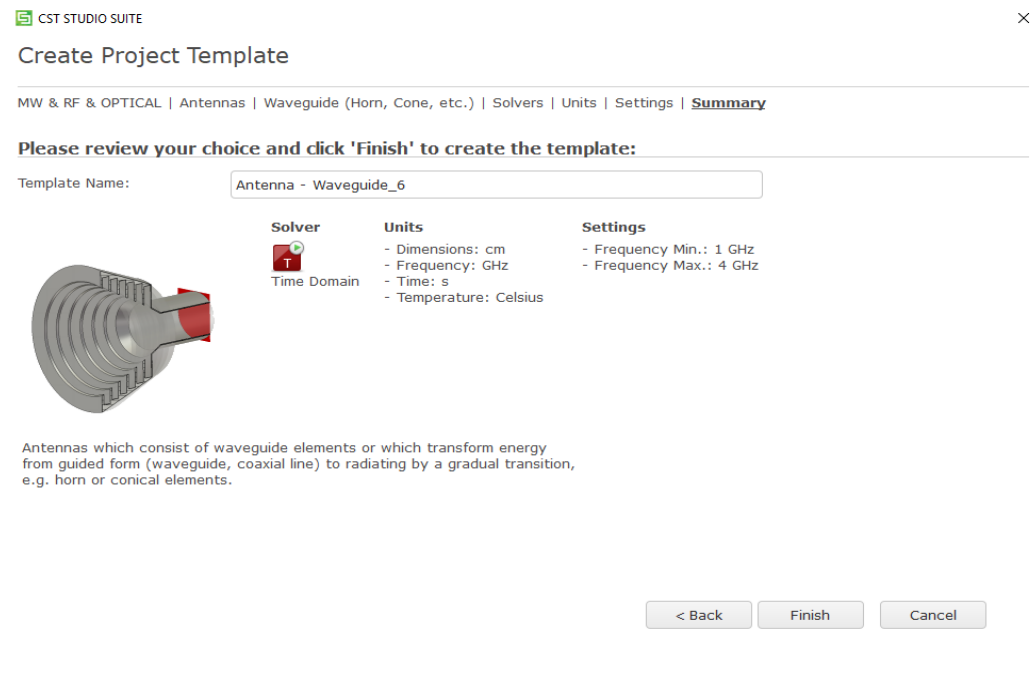


Figura 26: Resumen final del proyecto.

- Explicación de la creación solo antenas.
 - a. Luego, en el nuevo proyecto se debe crear antenas para empezar la simulación, como se indicará en la figura 27 en la cual se debe ir a la pestaña “Home” donde se elige los Macros.

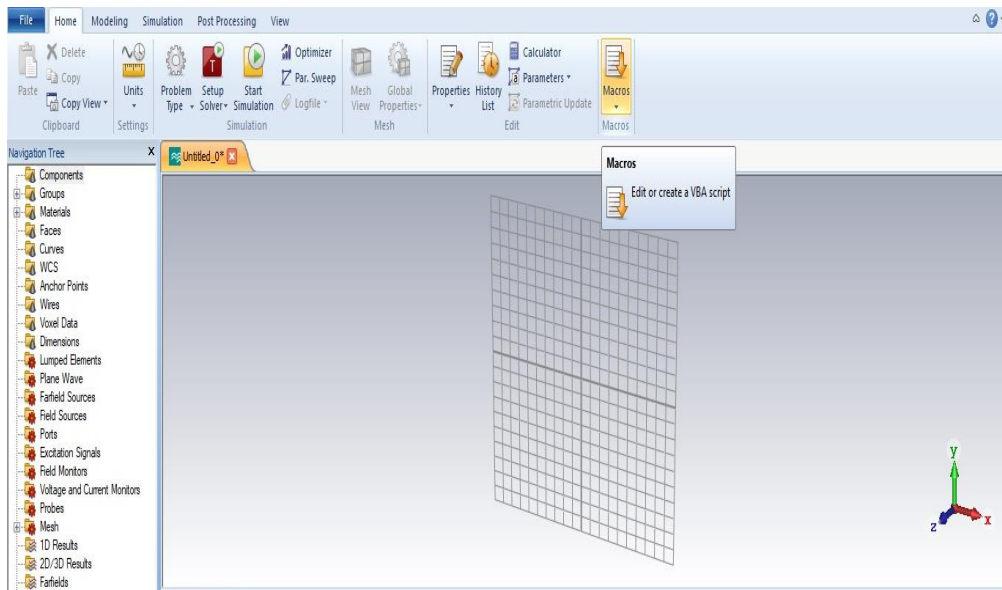


Figura 27: Pestaña Home.

- b. En la figura 28 se muestra el desglose de los marcos donde se debe ir a construct → Demo Exímales → Dipole Antenna para esta tesis se escogió una antena modelo dipolo.

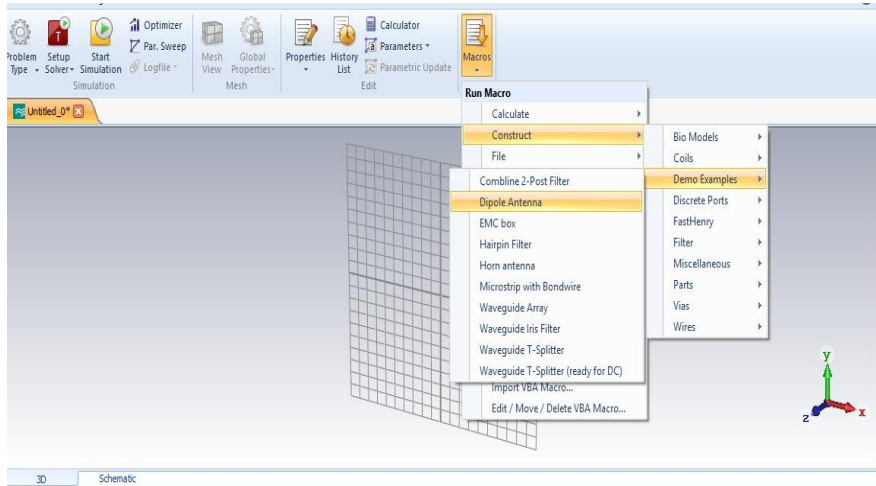


Figura 28: Desglose de Macros.

- c. En la figura 29 se observa a la antena en el plano para la simulación; en la parte izquierda en el Navigation tree, se muestra cuatro componentes donde dos son las tiras y dos alambres. Además, en la parte inferior se muestra las dimensiones de la antena.

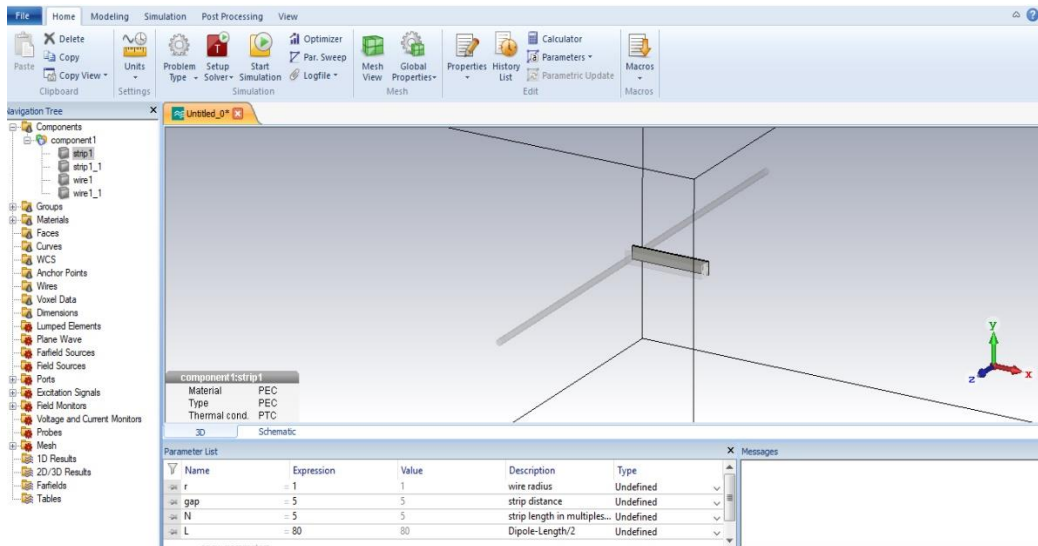


Figura 29: Antena en el plano de simulación.

- d. Para completar la simulación se debe crear otra antena, para esto se debe ingresar otra coordenada como se muestra en la figura 30 en la cual se

debe ir a la pestaña “Modeling” donde se elige “Local WCS” en cual se desglosar dos opciones donde se escoge la segunda que es las propiedades de las coordenadas.

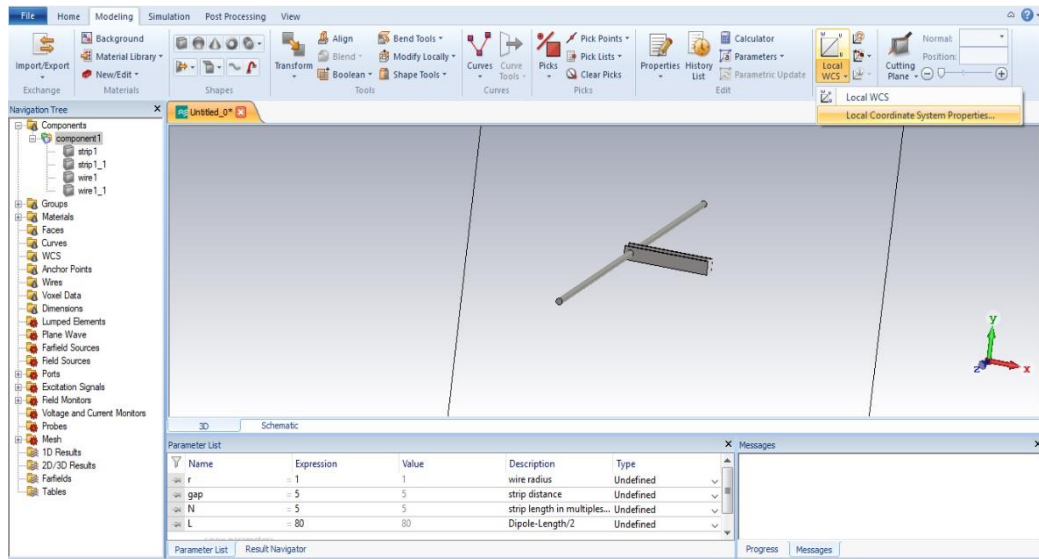


Figura 30: Pestaña Modeling.

- e. Al momento de escoger las propiedades de las coordenadas, se muestra en la figura 31 la cual es una nueva pantalla donde se muestra la localización actual de la coordenada y se cambiará el origen para que la nueva antena quede una frente a la otra, luego de editar se pondrá click en “ok”.

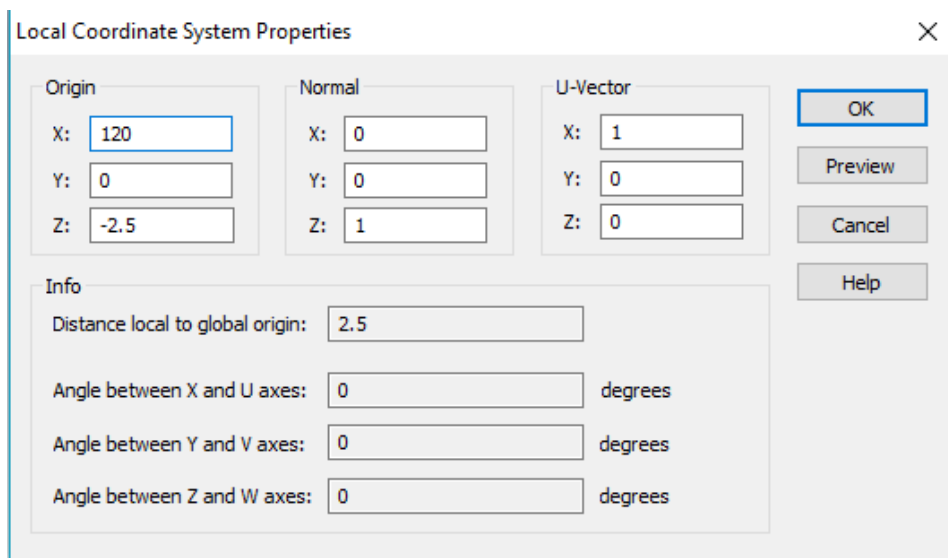


Figura 31: Propiedades de las coordenadas.

- f. En la figura 32 se muestra a la nueva coordenada frente a la antena anteriormente creada.

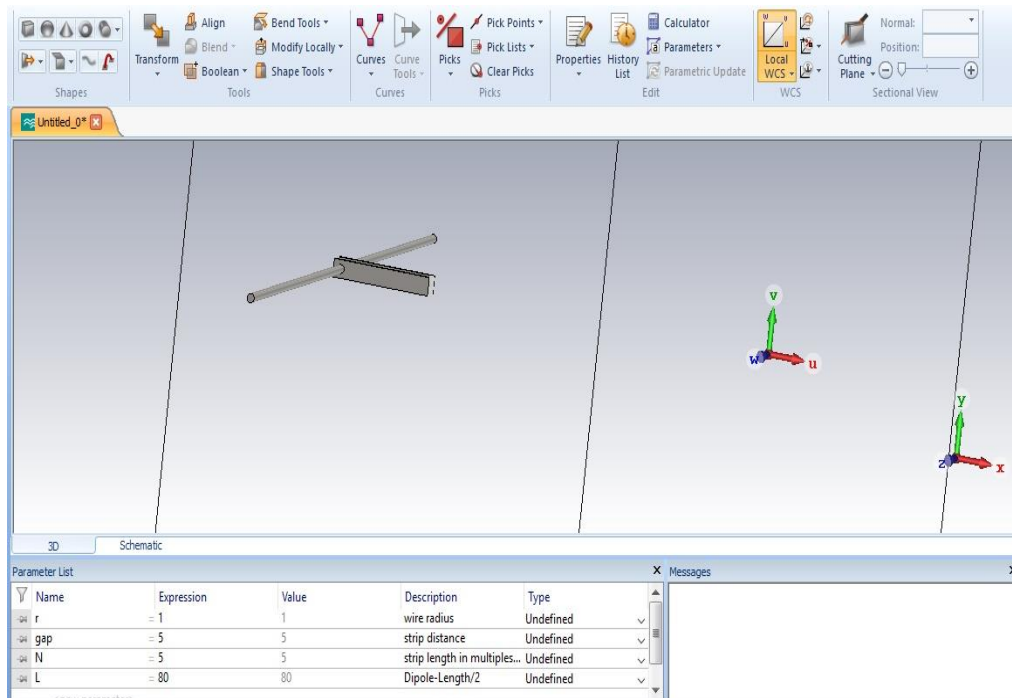


Figura 32: Nueva coordenada.

- g. Nuevamente se debe crear una nueva antena como se muestra en la figura 33 se desglosa de los marcos donde se debe ir a construct → Demo Examples → Dipole Antenna para esta tesis se escogió nuevamente una antena modelo dipolo.

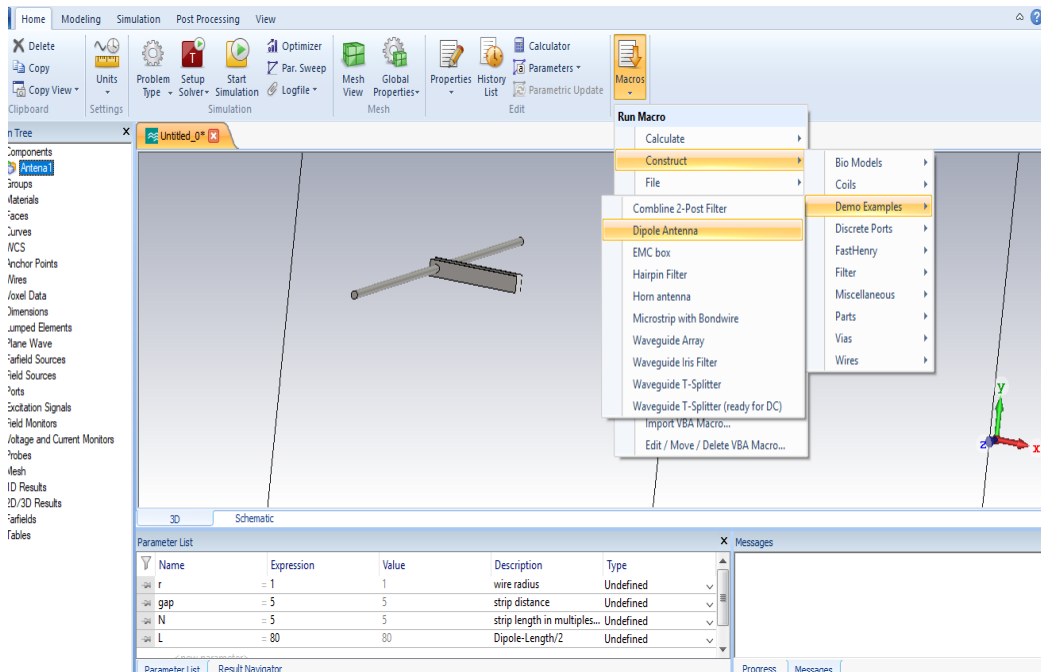


Figura 33: Creación de una nueva antena dipolo.

- h. En este paso se debe poner la antena dirigida directamente hacia la otra para esto se toma el puerto de la primera y segunda antena, en la parte izquierda en el panel de "Navigation Tree" donde se creará un puerto discreto haciendo click derecho como se muestra en la figura 34, en cual se muestra una nueva pantalla como se observa en las figuras 35 y 36 donde se pondrá nombres y las impedancias en Ohm de estas dos antenas por separado.

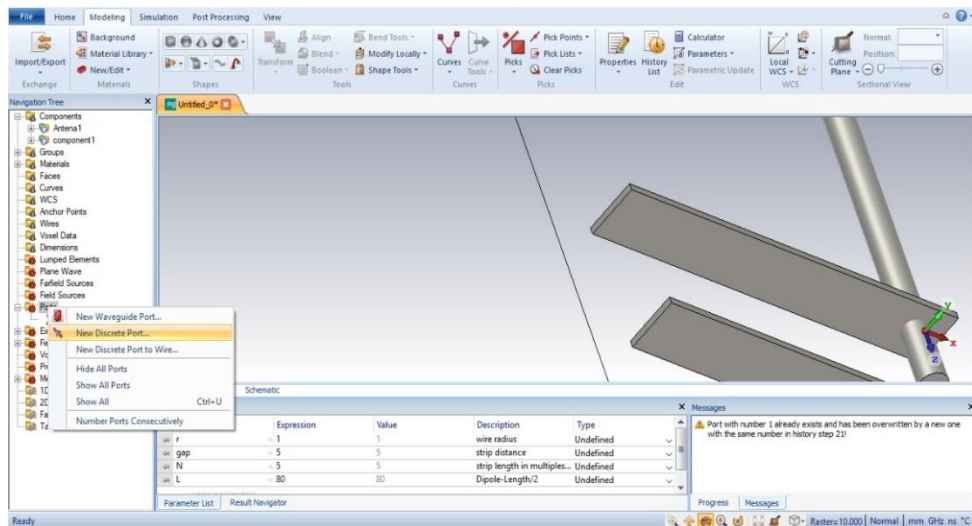


Figura 34: Creación de puerto para primero antena.

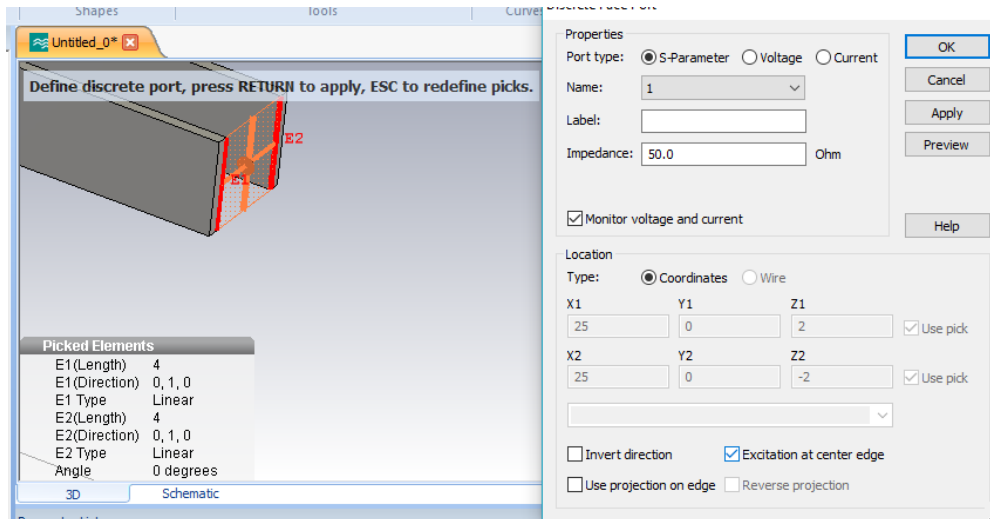


Figura 35: Puerto discreto número uno (primera antena).

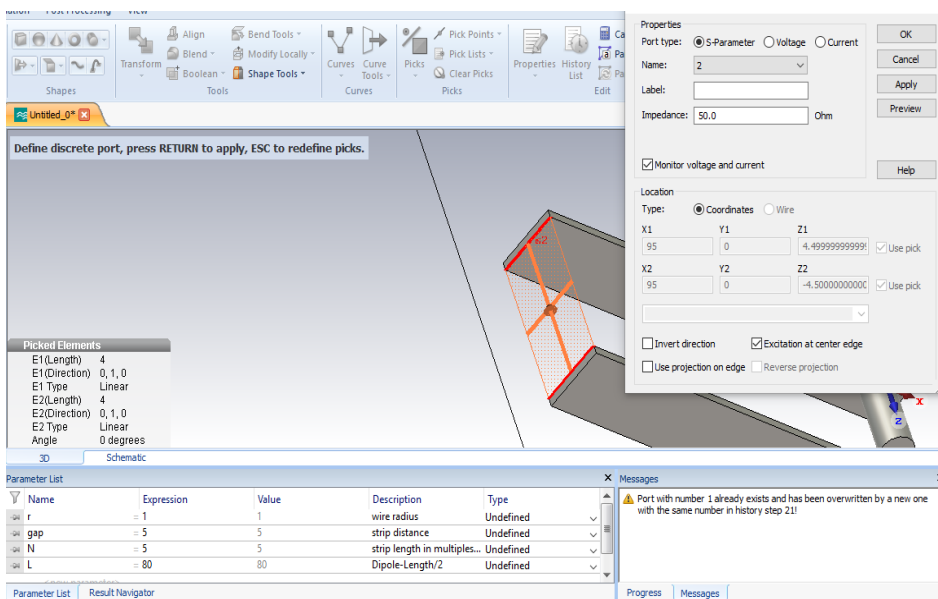


Figura 36: Puerto discreto número dos (segunda antena).

- Explicación de la creación de la cámara anecoica como una Jaula de Faraday.
 - a. Luego de haber creado un nuevo proyecto se debe seguir una serie de pasos para crear un cubo como se muestra en la figura 37; ir a la pestaña de Modeling luego ir a la parte de shapes en donde se escoge el brick que es donde se va a diseñar la cámara.

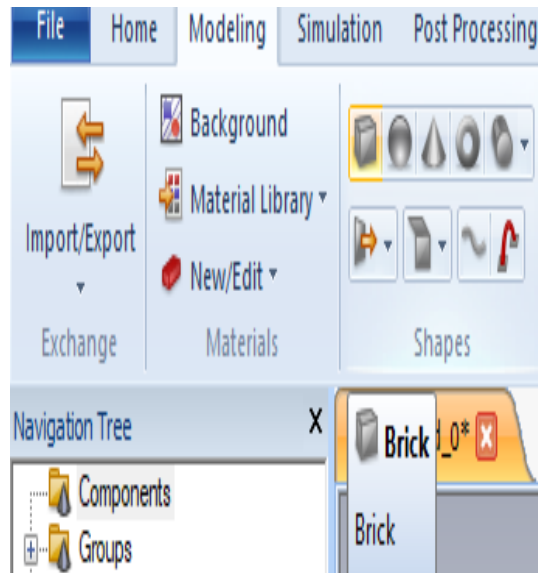


Figura 37: Pestaña para crear el cubo.

- b. Luego de estar en la creación del cubo se presiona ESC y se visualizará los parámetros que se desea del cubo como se muestra en la figura 38.

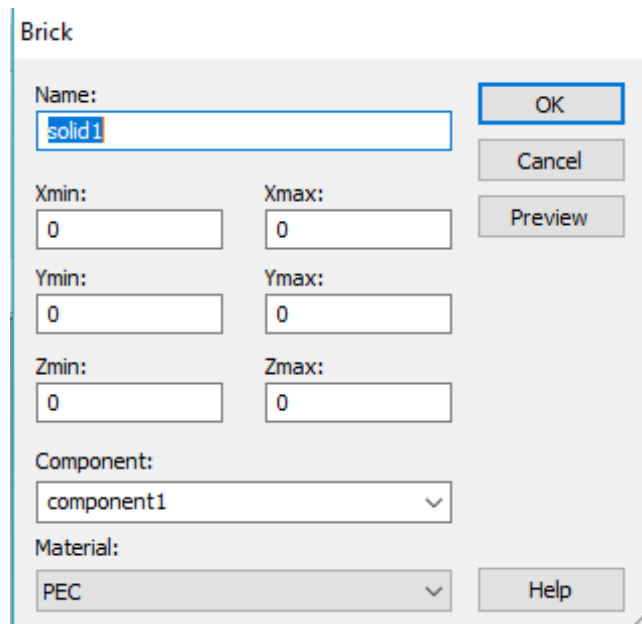


Figura 38: Parámetros para la creación del cubo.

- c. Una vez definido los parámetros del cubo exterior con su respectivo nombre, material y sus dimensiones mostrados en la figura 39; presionamos OK y se creará el cubo como se muestra en la figura 40.

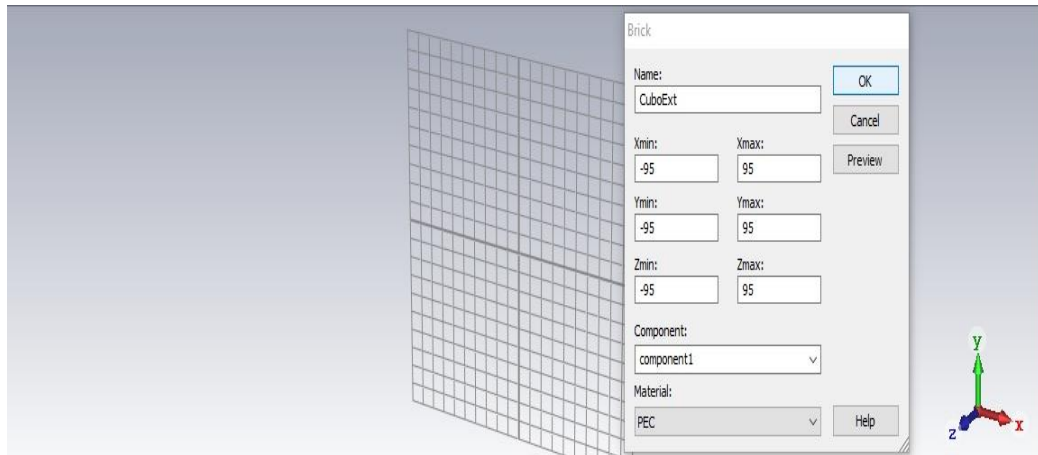


Figura 39: Parámetros definidos para la creación del cubo.

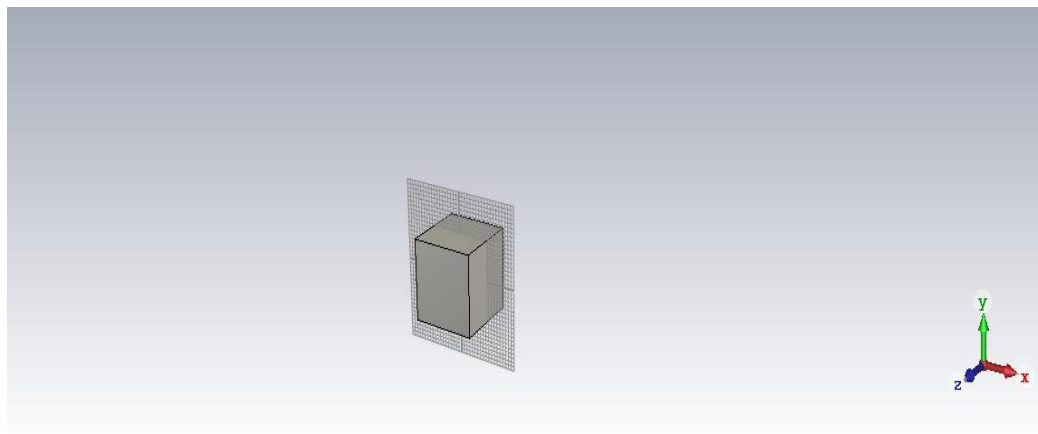


Figura 40: Cubo Exterior creado con el material PEC.

- d. Una vez creado el cubo exterior nos enfocamos en el cubo interior, de la misma manera del cubo exterior se presiona ESC y se visualizará los parámetros que se desea del cubo interior como se muestra en la figura 41.

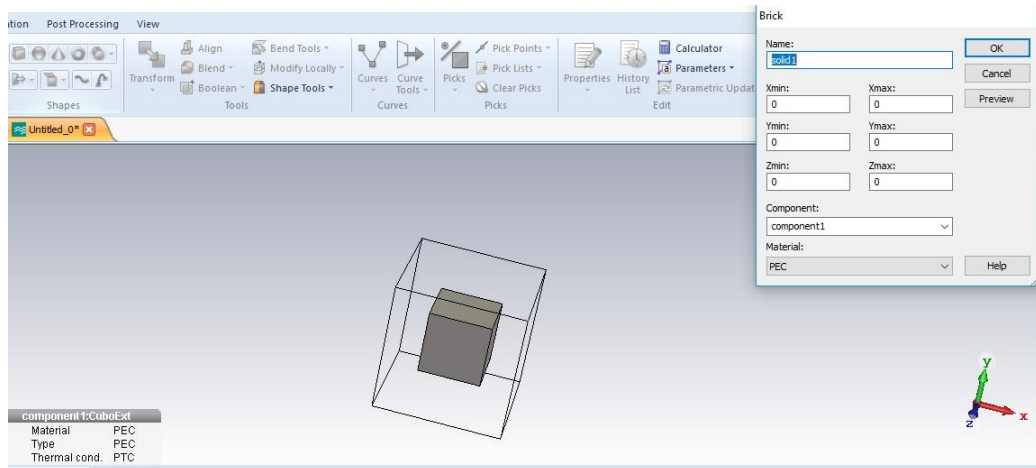


Figura 41: Colocar parámetros del cubo interior.

- e. En la figura 42 se muestra cuáles son los parámetros del cubo interior, es decir su material, dimensiones y como lo vamos a llamar, en este caso como es el material vacío, en la figura 43 tenemos que definir si queremos encima, no se quiere hacer nada, si se lo desea cortar, entre otros.

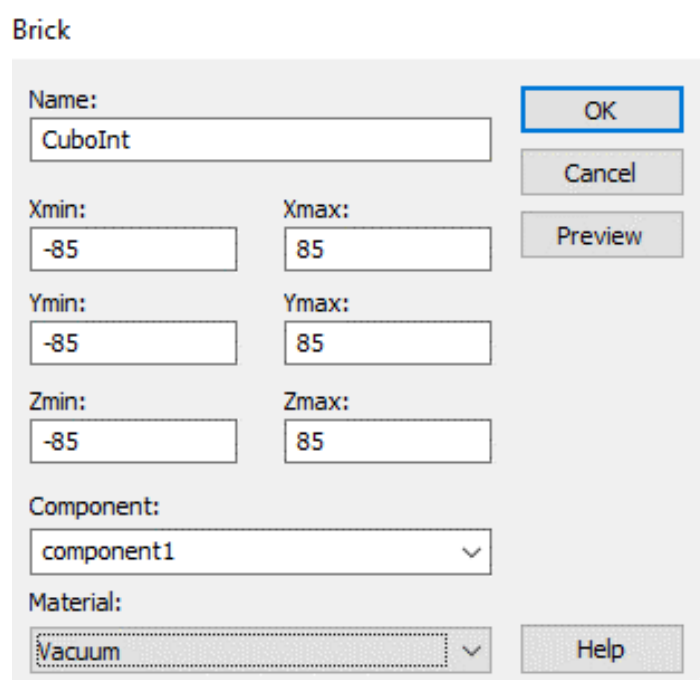


Figura 42: Parámetros de creación del cubo interior.

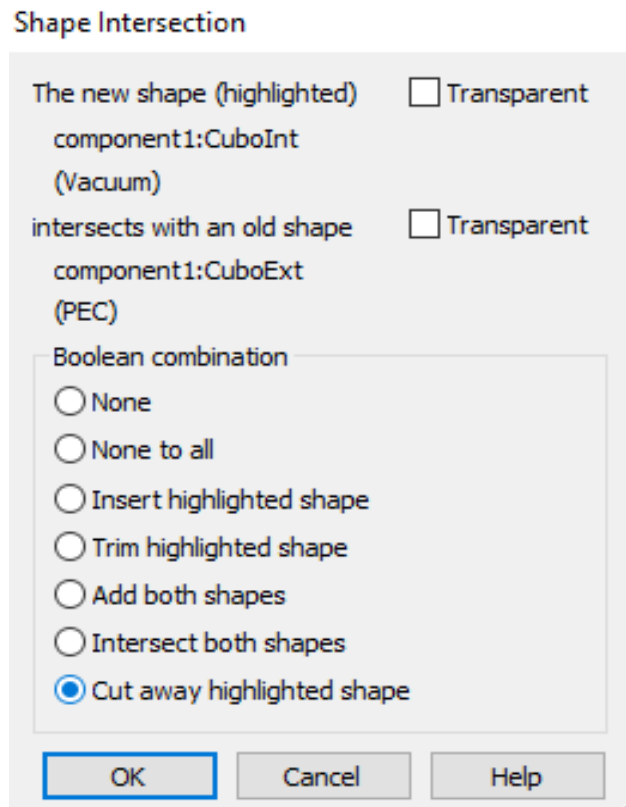


Figura 43: Intersección de formas para el cubo interior.

- f. Después de tener el cubo listo nos dirigimos a home, macros → construct → Demo Examples → Dipole Antenna como se muestra la figura 44 y se crea una antena dipolo dentro del cubo el cual se puede observar en la figura 45 al rato de cortar el cubo una parte como prueba.

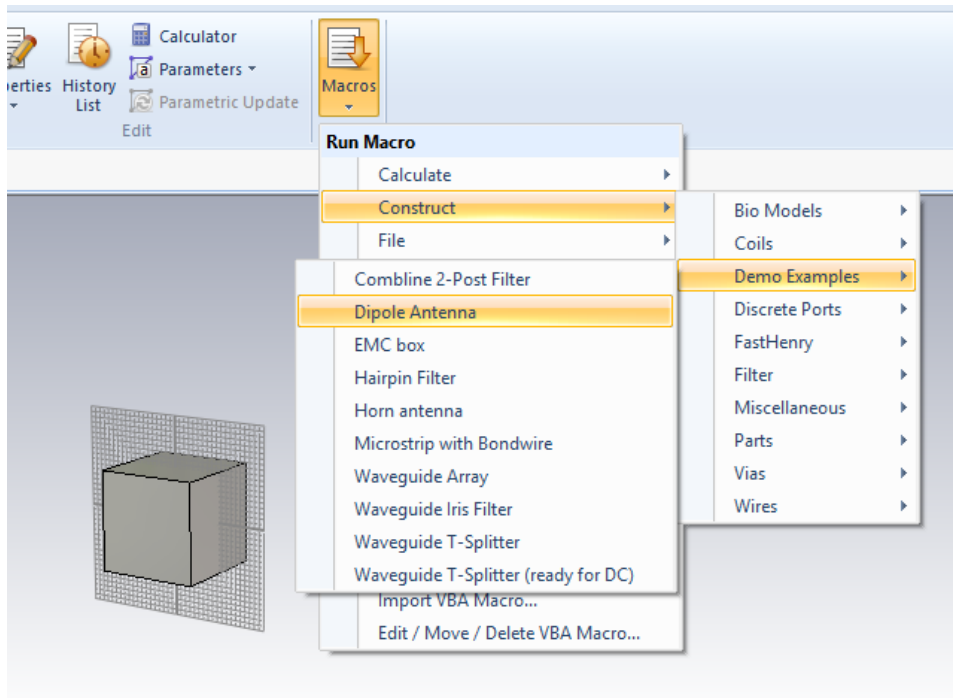


Figura 44: Creación de la antena interior del cubo.

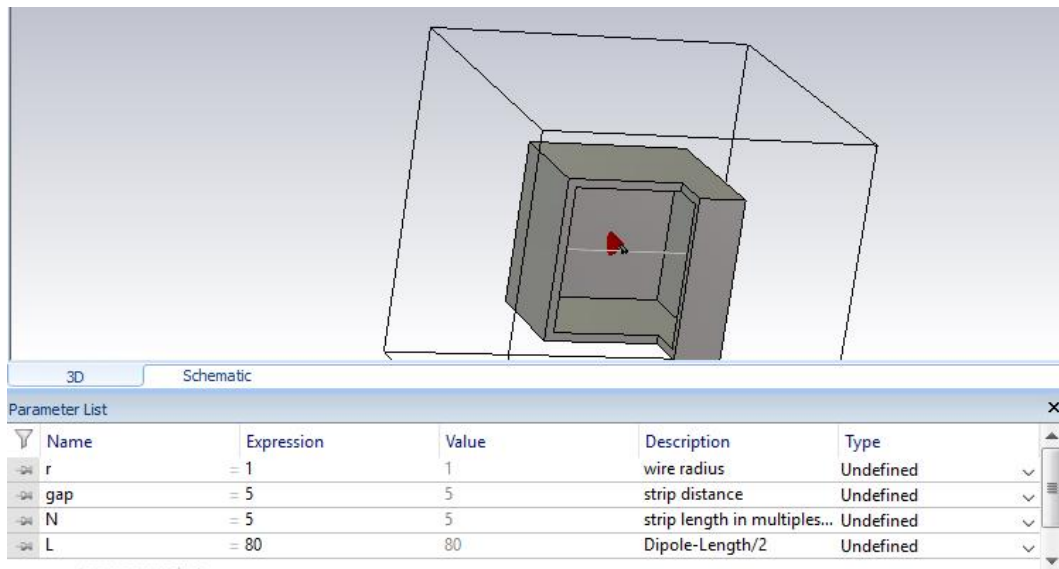


Figura 45: Vista de la antena dentro del cubo.

- g. Una vez terminado la parte del cubo; se cambia las coordenadas como se muestra en la figura 46 y se procede a colocar el otro punto de prueba de la misma forma como se crea en el punto f.

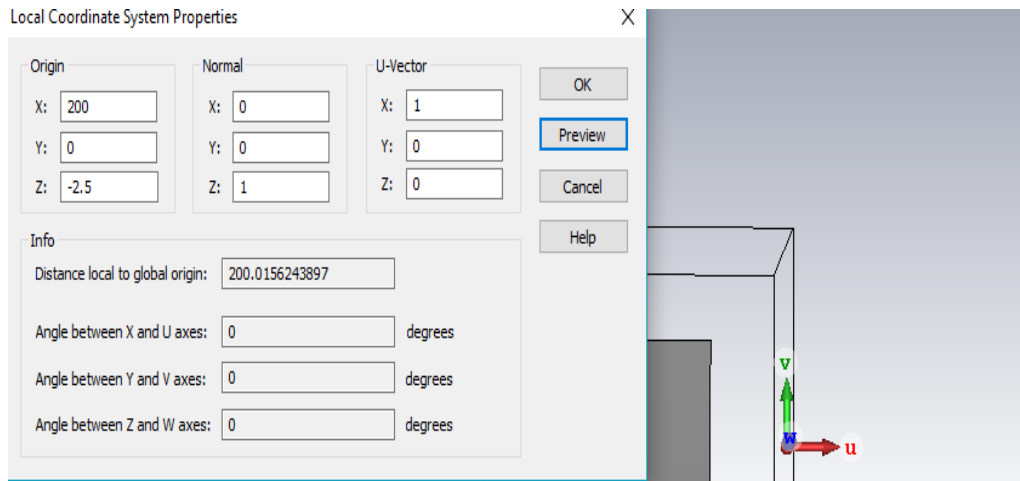


Figura 46: Nuevas coordenadas.

- h. Finalmente se crea el puerto numero 2 como se muestra en la figura 47; que se encuentra en la antena que está dentro del cubo como se muestra en la figura 48.

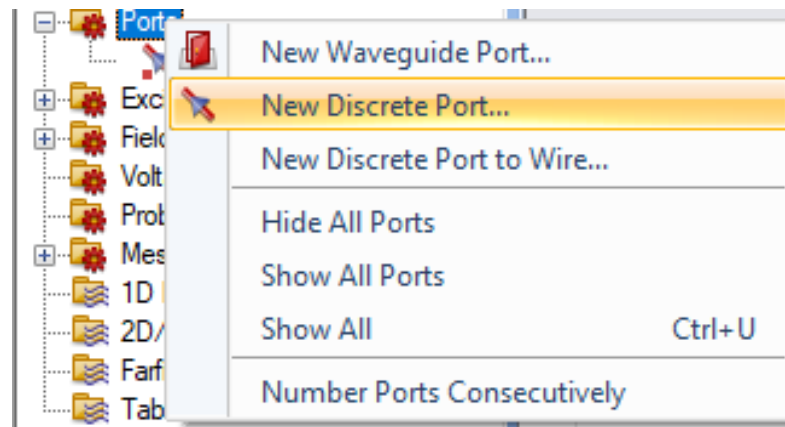


Figura 47: Creación del nuevo puerto en la antena.

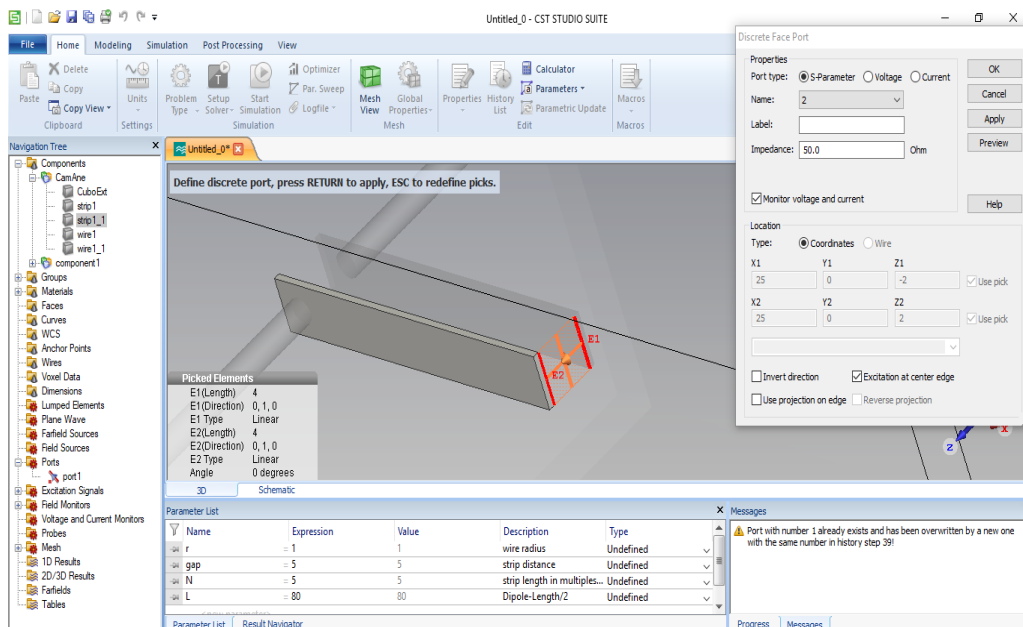


Figura 48: Nuevo puerto de la antena en el interior del cubo.

- Explicación de la creación de la cámara anecoica con el material anecoico en forma de cuñas.
 - a. Para realizar la creación de la cámara anecoica en forma de cuñas se recomienda crear un nuevo proyecto para ello debemos seguir los pasos de las páginas 32-35, para que luego se crea una antena como se definió anteriormente en la figura 33 de la página 36 y se va a nombrar Antena Exterior como se puede observar en la figura 49.

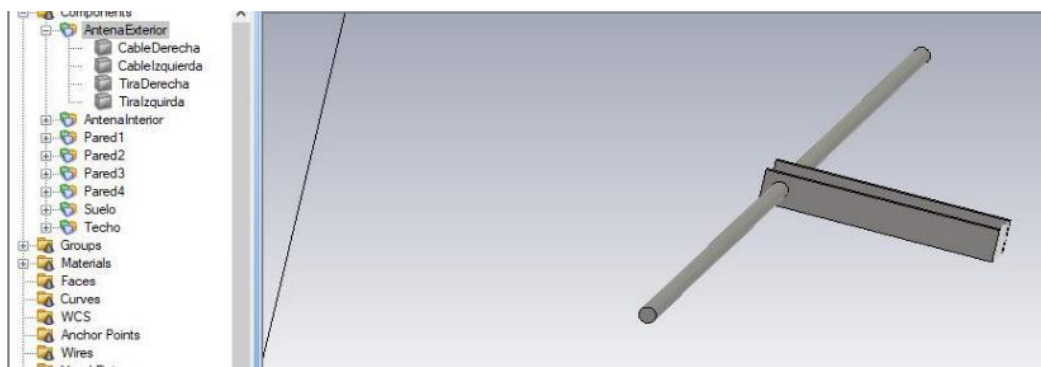


Figura 49: Antena Exterior de la cámara anecoica.

- b. Luego de crear la antena se procede a cambiar de coordenadas como se muestra en la figura 50 para que luego se creen las pirámides que va a ser colocada en cada una de las paredes, estas pirámides tienen los siguientes parámetros y se muestra en la figura 51.

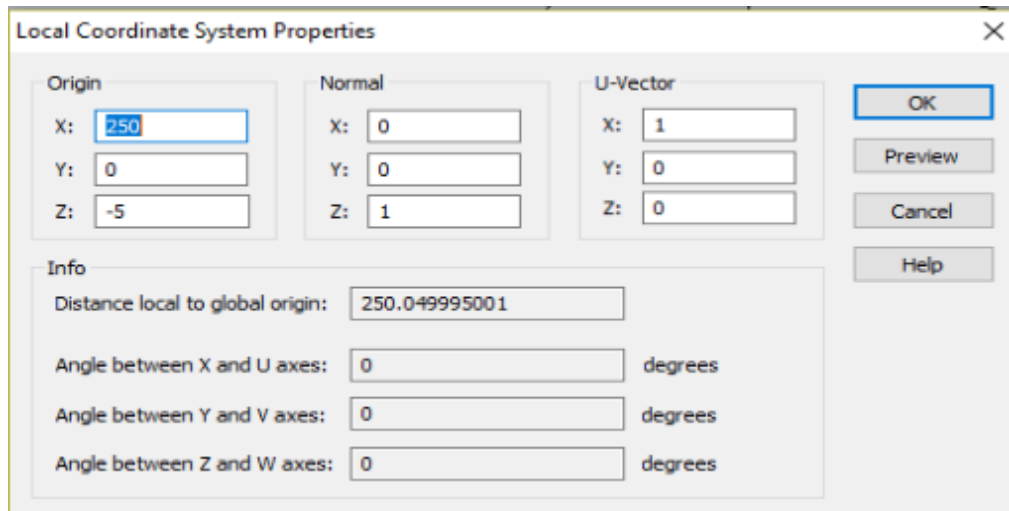


Figura 50: Coordenadas de la cámara anecoica.

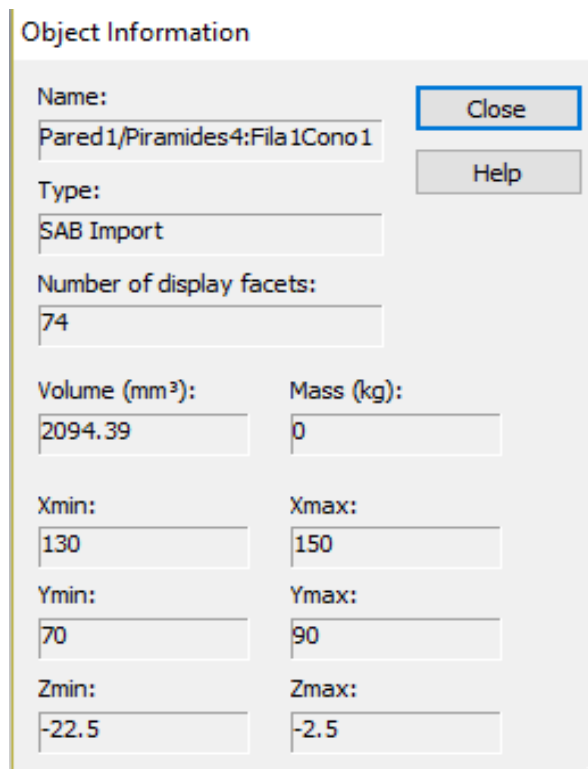


Figura 51: Dimensiones de cada pirámide.

- c. Luego de crear las pirámides y crear la pared tendremos el resultado de una pared llena del material anecoico en forma de cuñas como se muestra en la figura 52 y lleva el nombre de Pared 1.

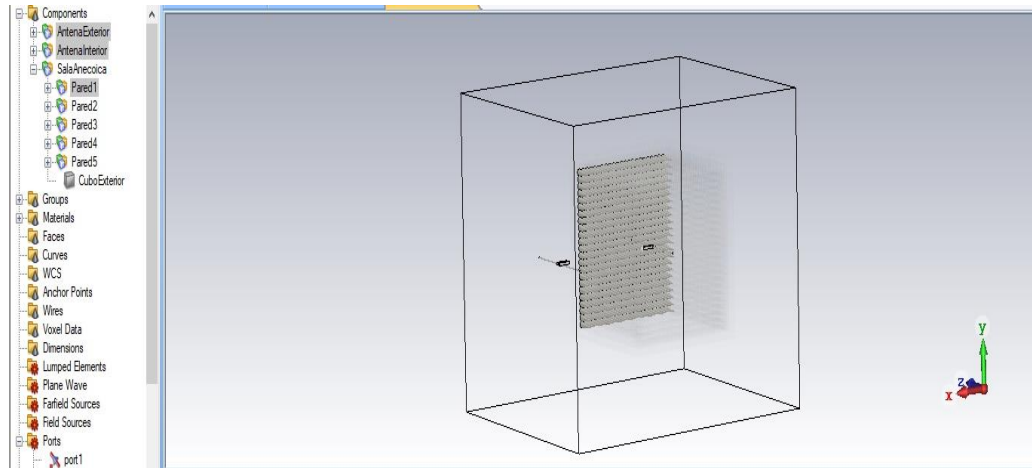


Figura 52: Pared 1 con material anecoico.

- d. Luego de tener una pared llena del material procedemos a copiar y la pared 1 y se crea las siguientes paredes con el techo y el piso y se obtiene una sala con el material anecoico como se muestra en la figura 53 y en la figura 54 podemos observar el exterior de una cámara anecoica con su respectiva puerta.

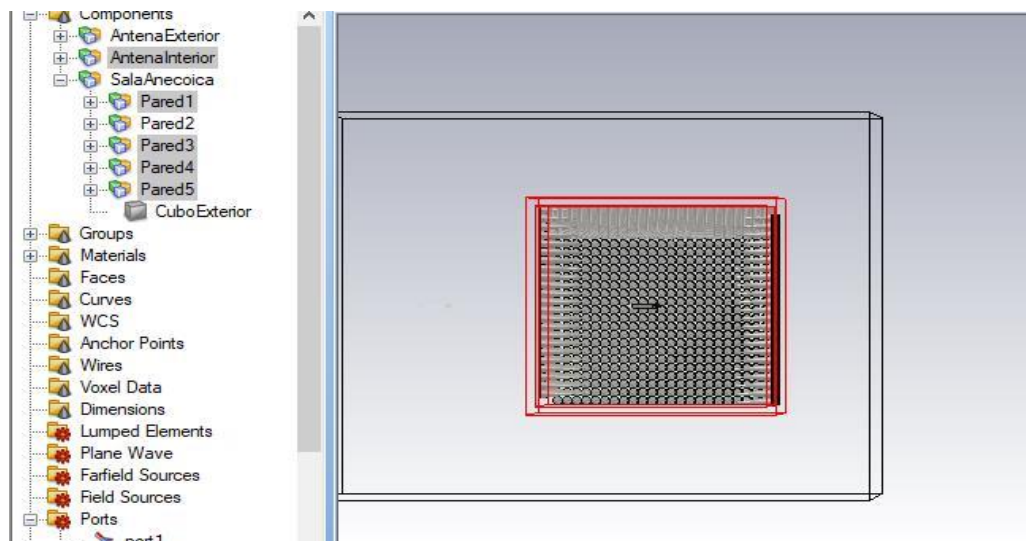


Figura 53: Interior de una cámara anecoica.

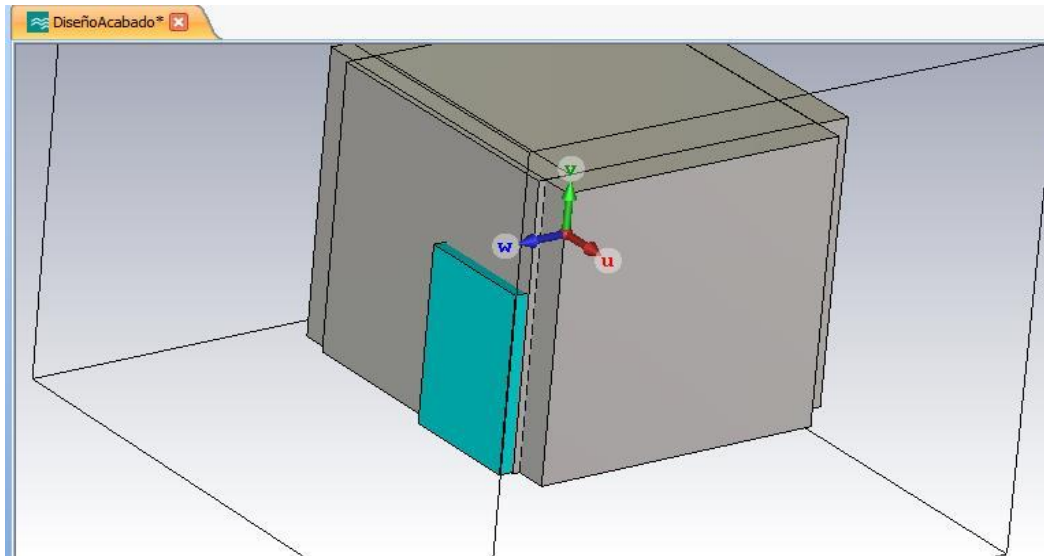


Figura 54: Exterior de la cámara anecoica con su puerta.

- e. Finalmente se coloca otra antena localizada en el interior de la cámara anecoica como se puede observar en la figura 55.

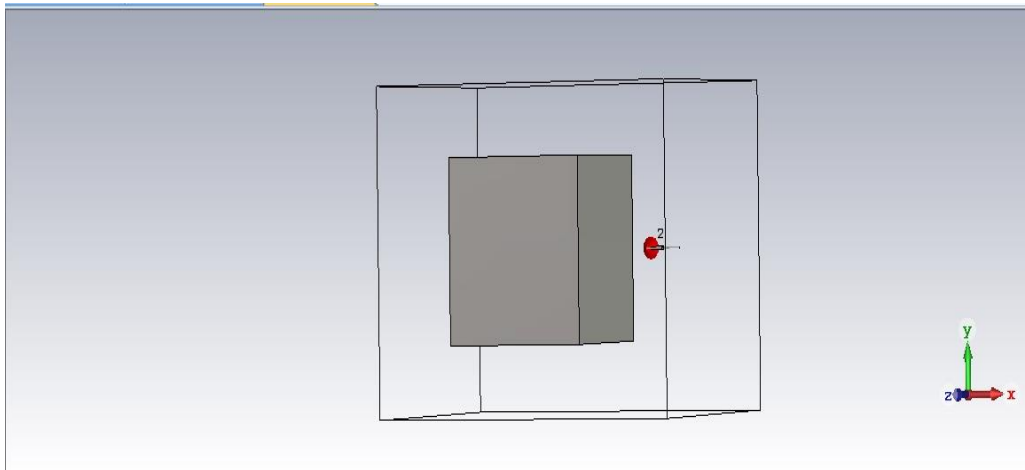


Figura 55: Cámara anecoica con la antena interior.

Ahora para añadir se realiza la prueba solo con uno de los materiales anecoicos con las 2 antenas que se realizó anteriormente en las páginas 35 a la 41, en donde solamente se añadió las pirámides en la mitad de las 2 antenas como se puede observar en figura 56.

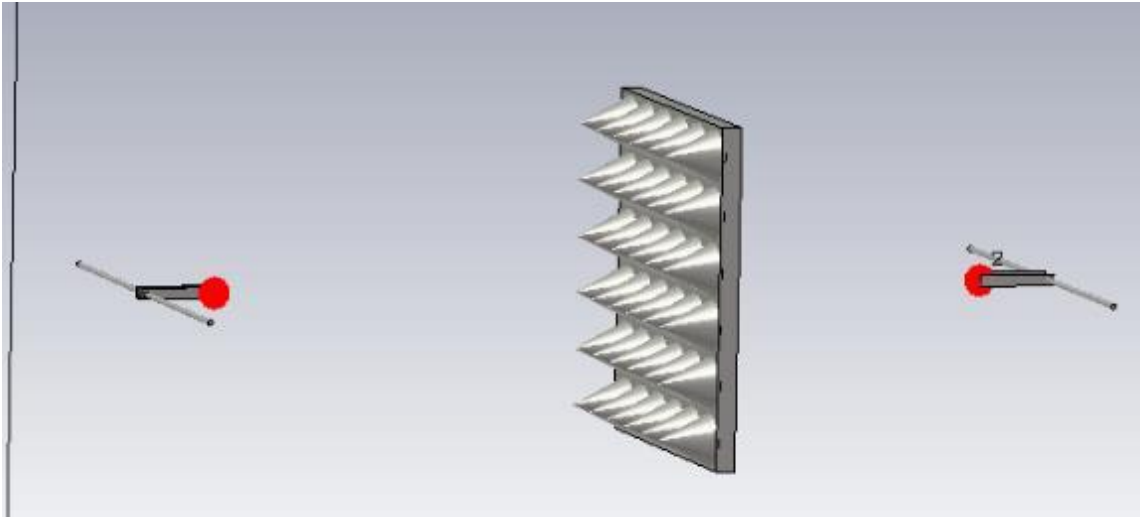


Figura 56: Antenas con material anecoico en la mitad.

4. CAPÍTULO IV: PRUEBAS DE VALIDACIÓN DE SOFTWARE

Para demostrar que la cámara anecoica funciona correctamente se tiene que realizar la simulación como se ve a continuación:

- **Resultados obtenidos solo antenas.**

En la figura 57 se puede apreciar como dos antenas dipolo interactúan entre si dando como resultado una frecuencia:

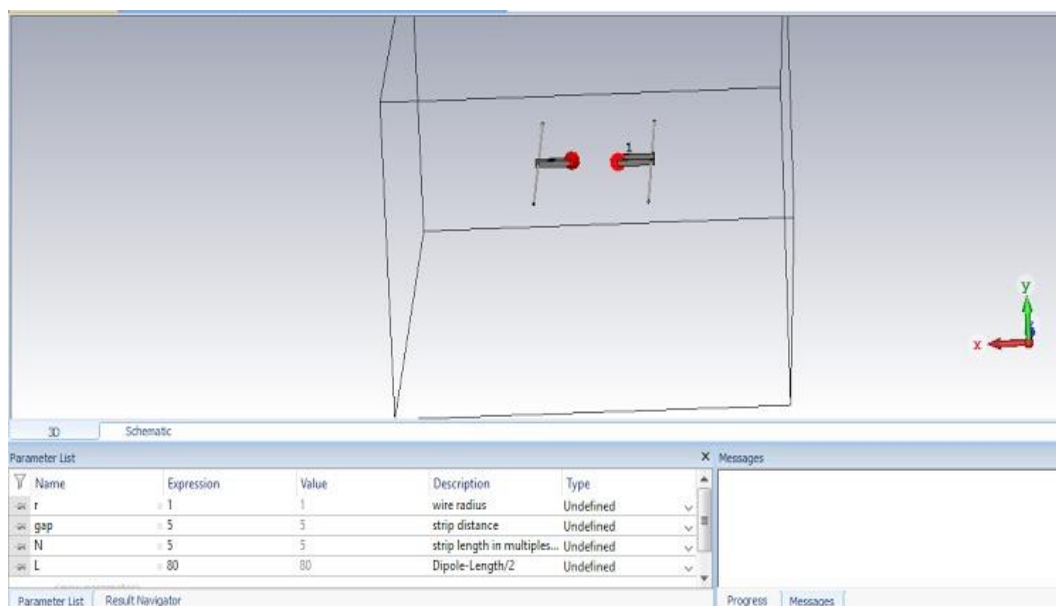


Figura 57: Simulación de dos antenas dipolo.

En la figura 58 se muestran la primera antena del lado izquierdo, en la cual se observa que la frecuencia que va de 0 a 1.5 GHz donde existen pérdidas de hasta -7.10 dB.

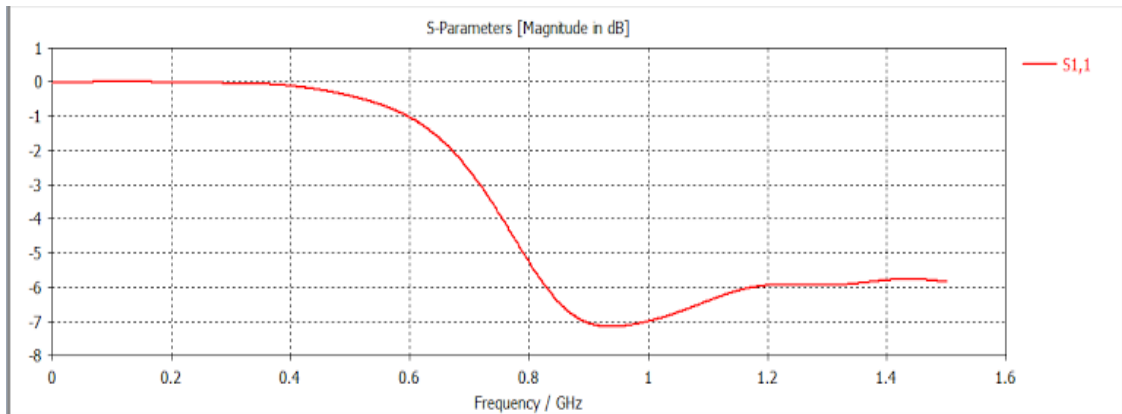


Figura 58: Frecuencia sola de la antena número uno.

En la figura 59 se muestran la segunda antena del lado derecho, en la cual se observa que la frecuencia que va de 0 a 1.5 GHz, donde existen pérdidas de hasta -8.10 dB en este existe más pérdida de retorno ya que la antena cambia de dirección y se puede observar más interferencias.

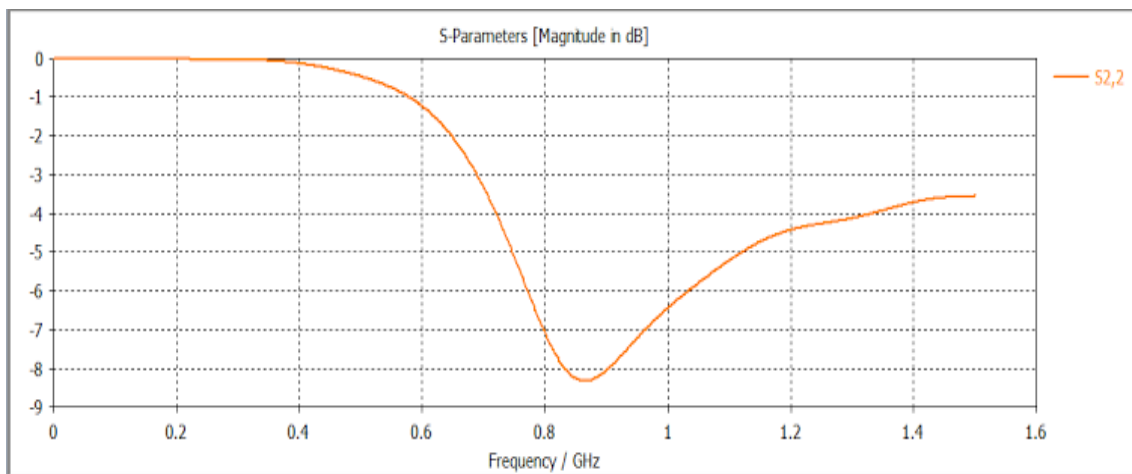


Figura 59: Frecuencia sola de la antena número dos.

En las figuras 60 y 61 se observa como las dos antenas chocan señales, la primera es la antena izquierda hacia la derecha y la segunda imagen lo contrario por eso se puede observar que los resultados son los mismos en los dos casos.

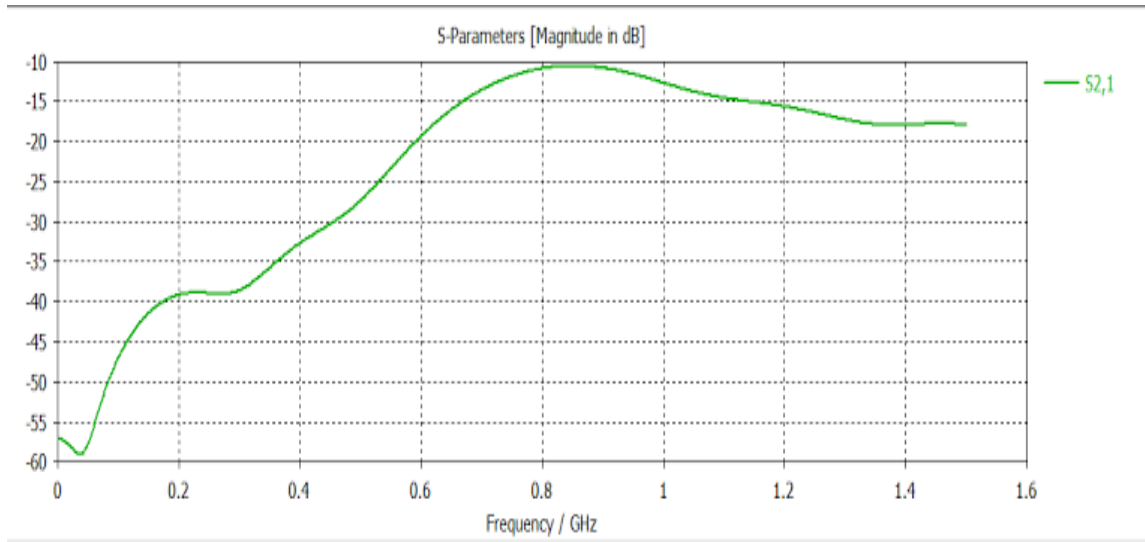


Figura 60: Frecuencia de la primera antena hacia la segunda.

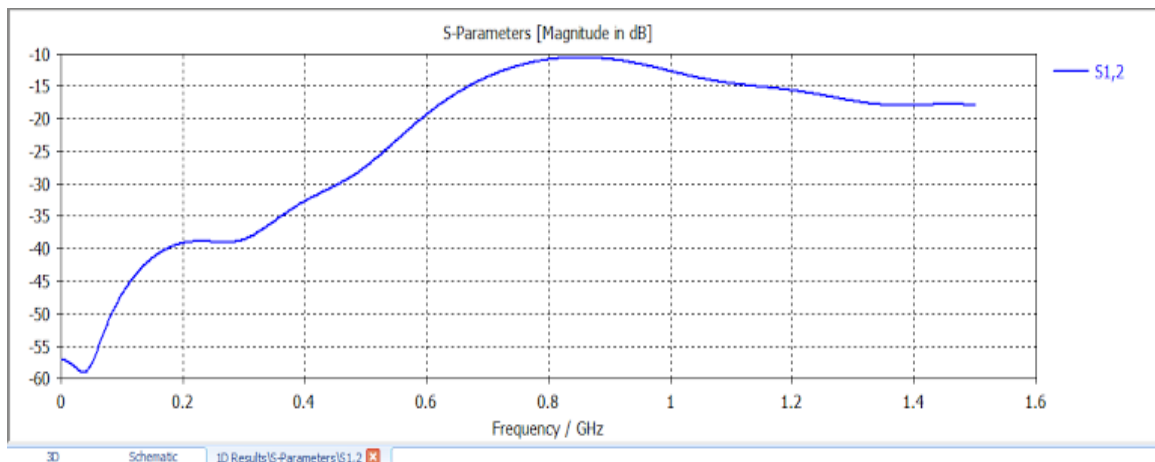


Figura 61: Frecuencia de la antena segunda hacia la primera.

El resultado de la frecuencia es de 0 a 1.5GHz en el cual se observa que no existe perdidas, aunque teníamos una perdida grande al principio de -58 dB que luego fue siendo menor hasta -10 dB.

- **Resultados obtenidos de la sala sin el material anecoico.**

Para ver si el cubo externo e interno están cumpliendo su trabajo de que la señal no salga de la cámara como se muestra en la figura 62, existe un punto de prueba (antena externa) y una antena en el interior del cubo.

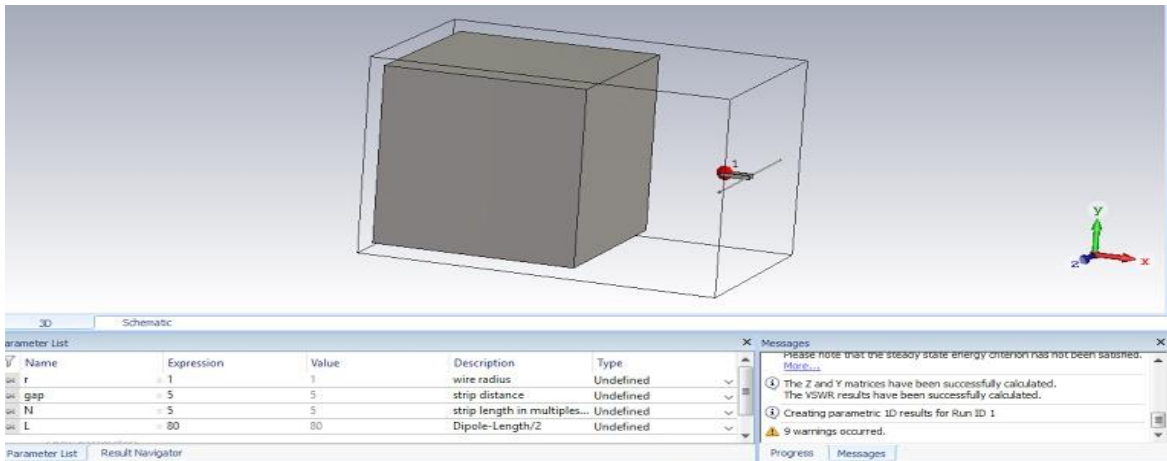


Figura 62: Simulación de una antena dipolo interna dentro de la cámara anecoica y un punto de prueba externo.

En la figura 63 se muestra la frecuencia real de la antena interna de los cubos sin ningún material absorbente sin ninguna clase de interferencia en lo cual su frecuencia es normal de 0 a 1.5 GHz, pero las pérdidas varían llegando a tener su máxima pérdida de -40dB.

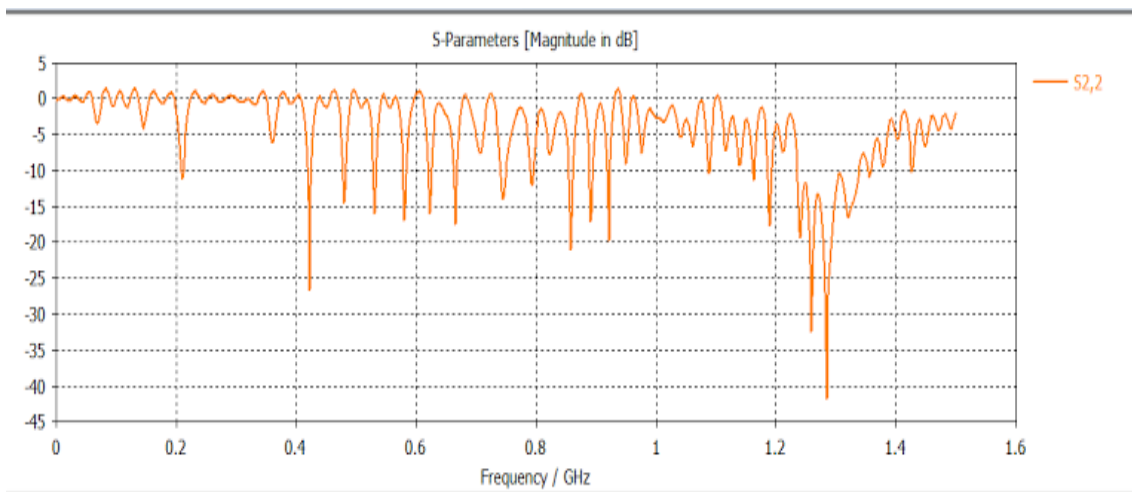


Figura 63: Frecuencia sola de la antena número uno dentro de la cámara anecoica.

En las figuras 64 y 65 se muestra los resultados de la antena interna se comunica con la externa y viceversa, dando como resultado una señal lineal en estos dos casos, lo cual significa que hay inexistencia de interferencias y además que no

se transmite nada de señal entre ellas gracias al material que cubren estos cubos.

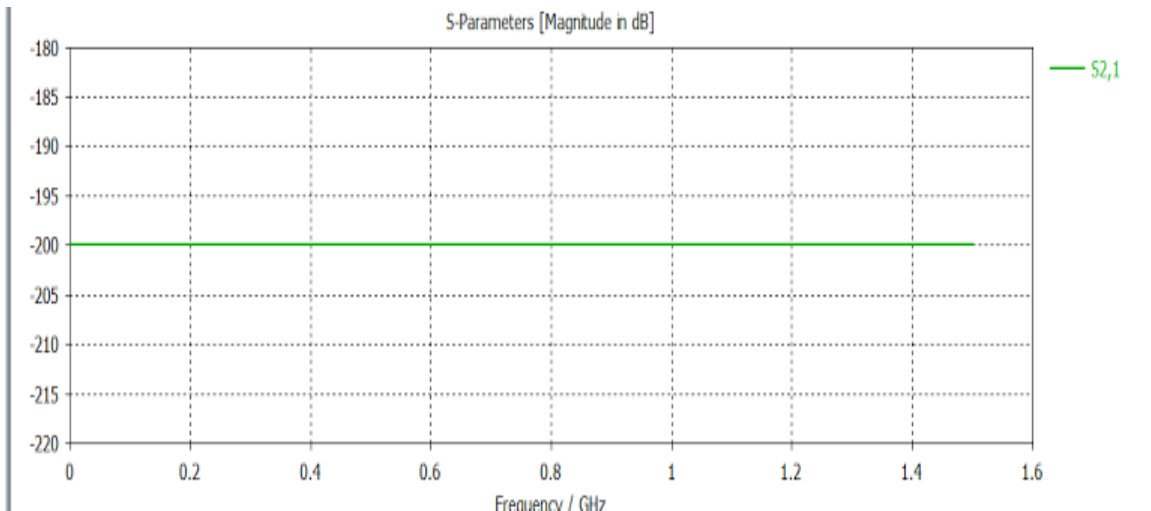


Figura 64: Frecuencia de la primera antena hacia el punto de prueba.

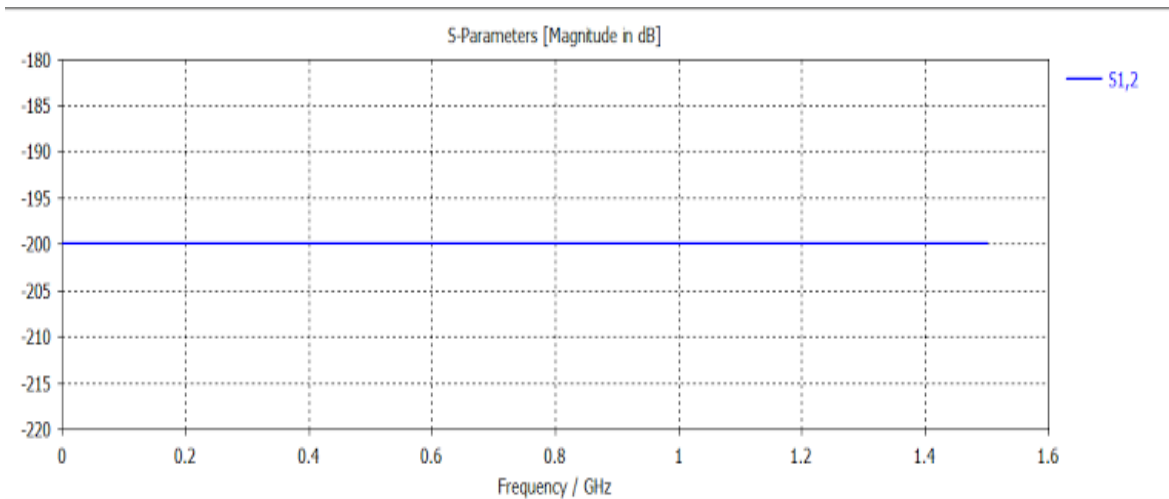


Figura 65: Frecuencia de la punta de prueba hacia la primera.

El último resultado que se muestra en la figura 66 el cual es el punto de prueba, con interferencias porque no está dentro de los cubos, que alteran estos resultados dando una medición errónea. En lo cual su frecuencia es normal de 0 a 1.5 GHz, pero las perdidas varían llegando a tener su máxima pérdida de -14dB.

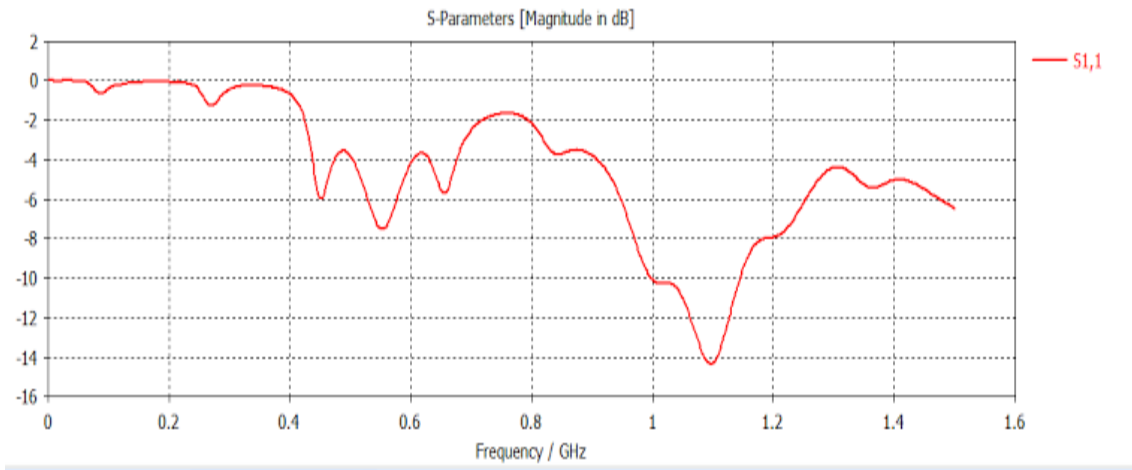


Figura 66: Frecuencia del punto de prueba fuera de la cámara anecoica.

- **Resultados obtenidos de la cámara anecoica con el material en forma de cuñas.**

En la figura 67 podemos observar que la antena número uno que se encuentra en el interior de la cámara.

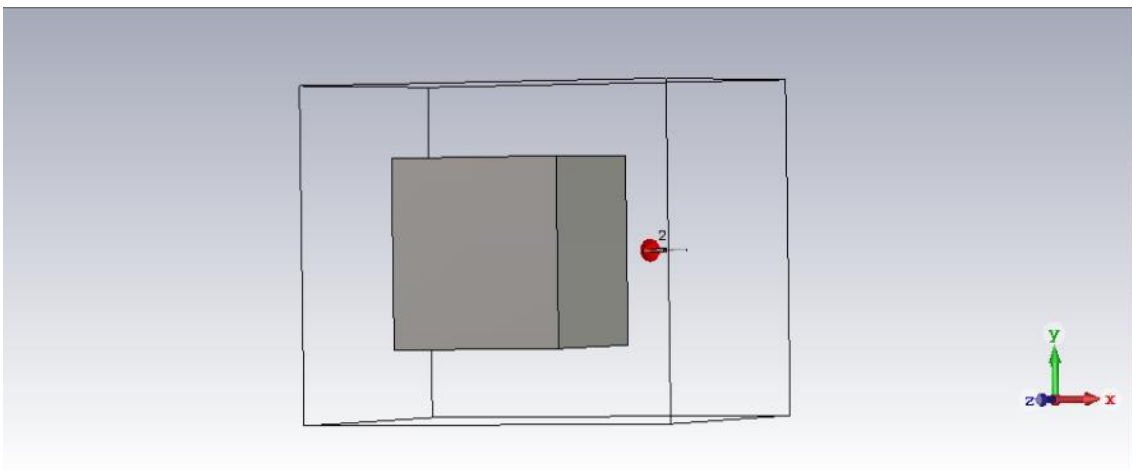


Figura 67: Demostración que la antena se encuentra en el interior.

En la figura 68 se muestra la frecuencia en que la antena uno en la que está trabajando dentro de dicha cámara, dando como resultado al principio una parte de absorción y al final va a tener un choque de frecuencias por los pequeños huecos que existen entre ellas. En lo cual su frecuencia es de 0 a 1.5 GHz, pero las pérdidas varían llegando a tener su máxima pérdida de -25dB.

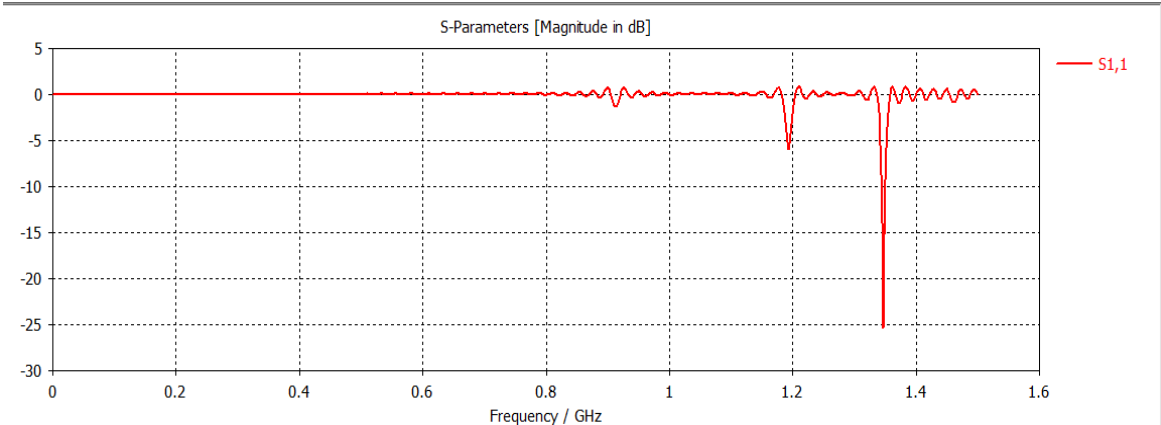


Figura 68: Frecuencia de la antena interna.

En la figura 69 y figura 70 se puede observar los resultados de la antena interna se comunica con la externa y viceversa, dando como resultado una señal lineal en estos dos casos, lo cual significa que hay inexistencia de interferencias y además que no se transmite nada de señal entre ellas gracias al material absorbente.

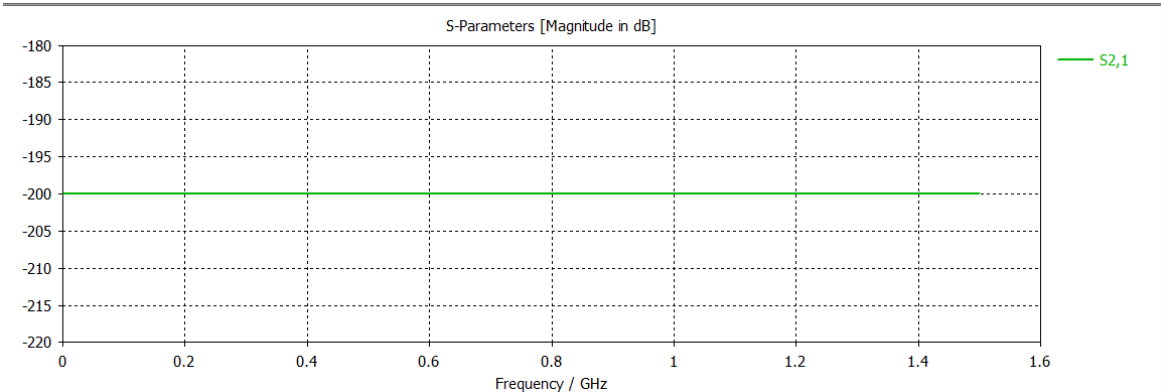


Figura 69: Frecuencia de la antena 2 a la antena 1.

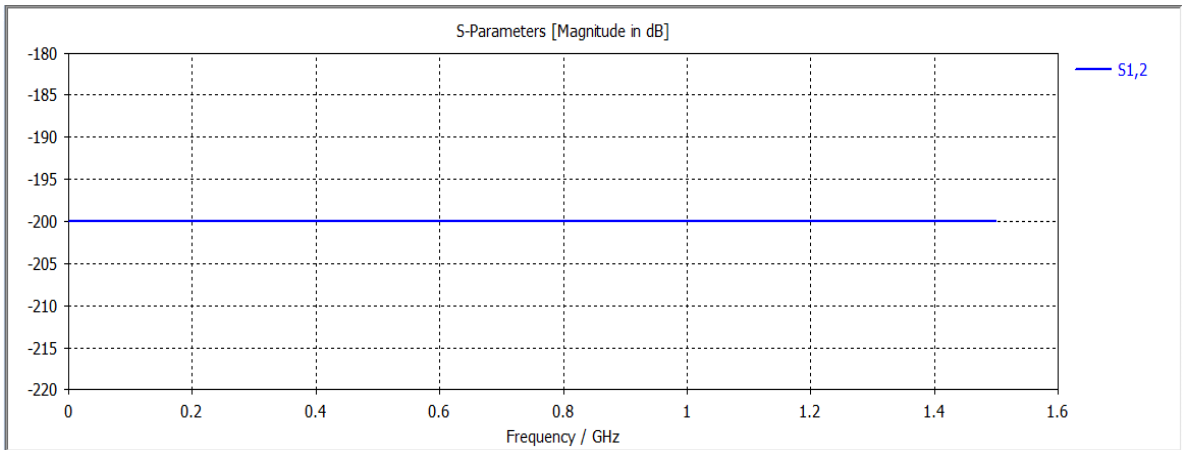


Figura 70: Frecuencia de la antena 1 a la antena 2.

En la figura 71, se muestra el punto de prueba, con interferencias porque no está dentro de la cámara anecoica, que alteran estos resultados dando una medición errónea. En lo cual su frecuencia es normal de 0 a 1.5 GHz, pero las pérdidas ya no varían lo cual su máxima pérdida es de -0.55dB.

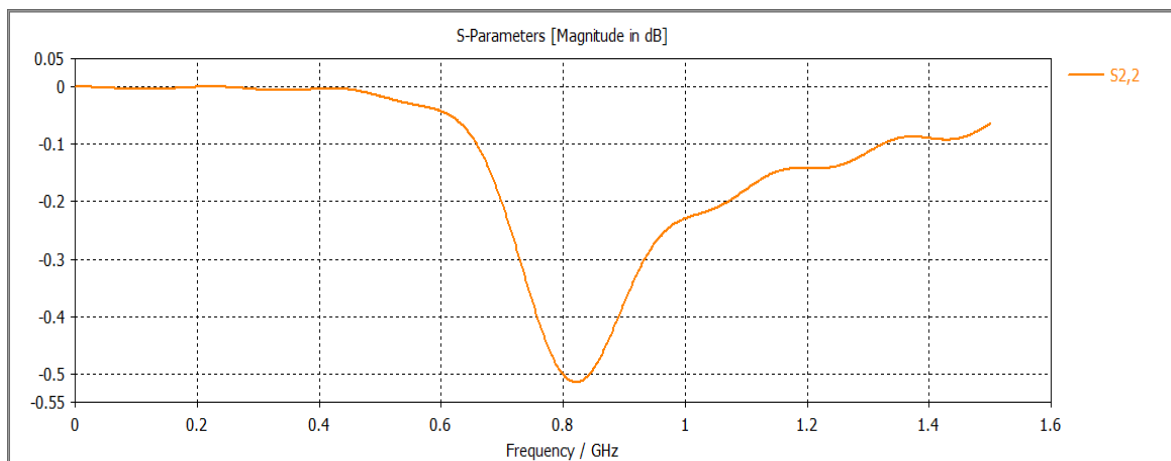


Figura 71: Frecuencia de la antena externa.

- **Resultados obtenidos de dos antenas con el material anecoico en la mitad.**

En la figura 72 se muestran la simulación de dos antenas con el material anecoico en la mitad de las dos antenas y en la figura 73 se muestra la frecuencia

de la antena uno en donde se puede observar que la antena uno tiene una pérdida de frecuencia de 0,77 GHz y una magnitud de -20 dB.

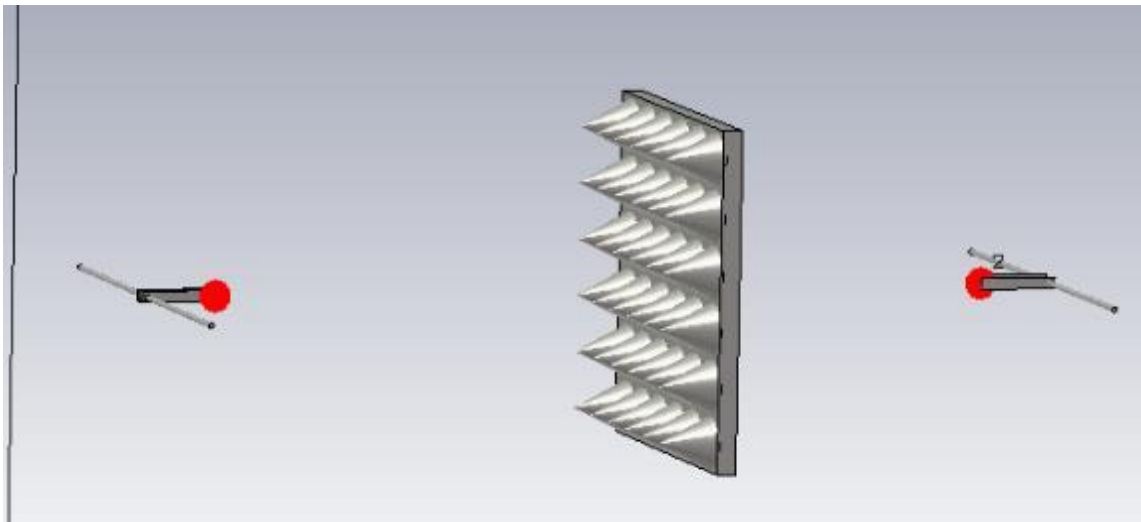


Figura 72: Antenas con material anecoico en la mitad.

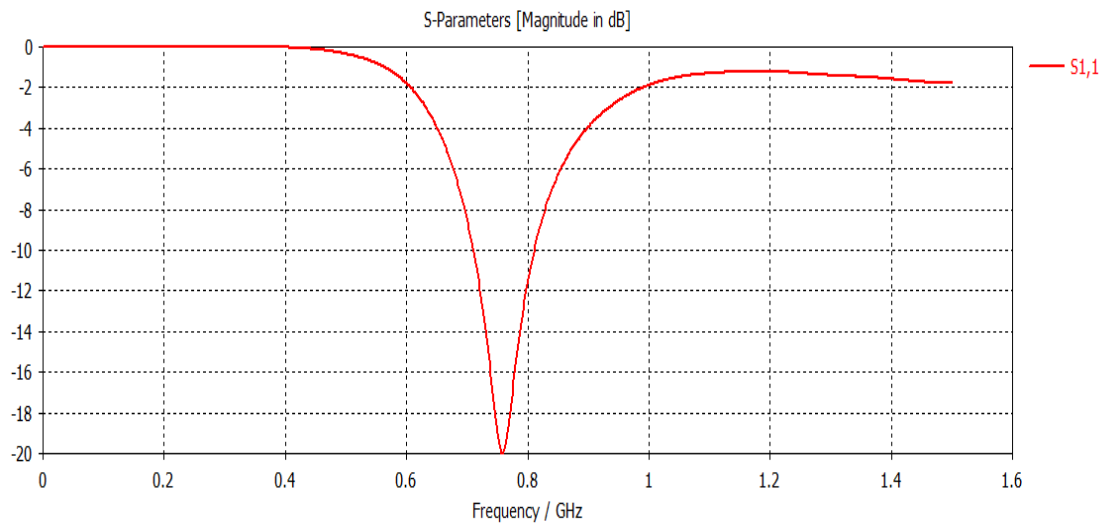


Figura 73: Frecuencia de la antena 1.

En la figura 74 se muestra la frecuencia de la antena dos hacia la antena uno en donde se puede observar que tiene una pérdida de frecuencia de 0,23 GHz y la máxima es de 1,5 GHz y una magnitud inicial de -65 dB.

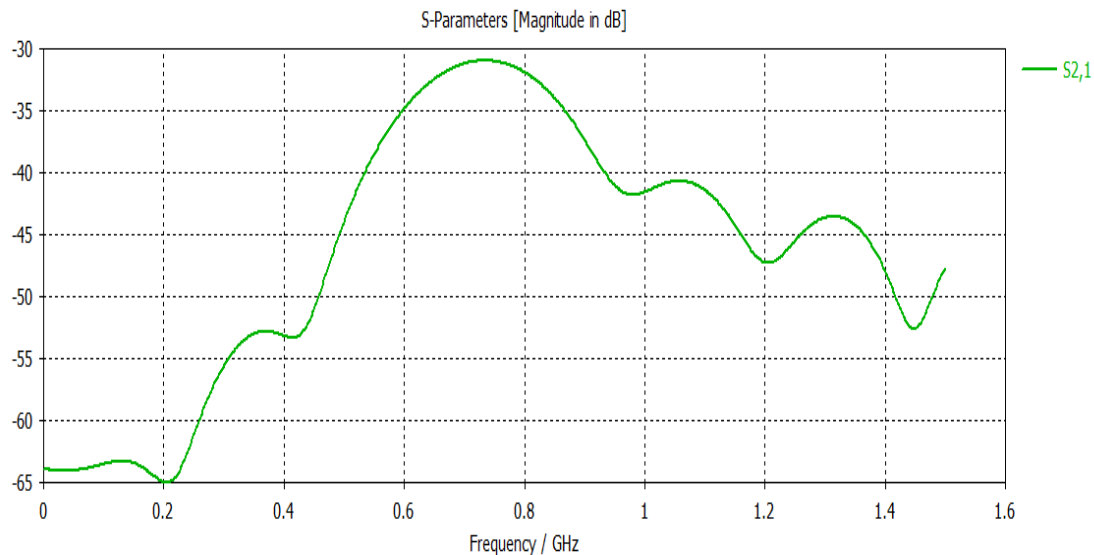


Figura 74: Frecuencia de la antenna 2 hacia antenna 1.

En la figura 75 se muestra la frecuencia de la antenna uno hacia la antenna dos en donde se puede observar que tiene una pérdida de frecuencia de 0,18 GHz y la máxima es de 1,5 GHz y una magnitud inicial de -72 dB.

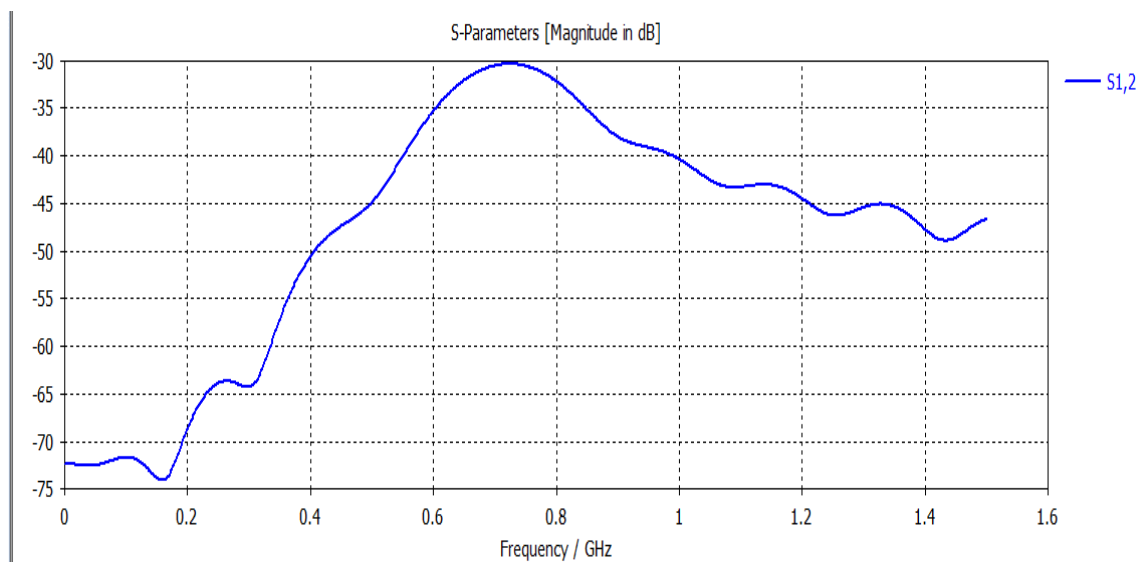


Figura 75: Frecuencia de la antenna 1 hacia antenna 2.

En la figura 75 se muestra la frecuencia de la antenna dos en donde se puede observar que la antenna uno tiene una pérdida de frecuencia de 0,7 GHz y una magnitud de -31 dB.

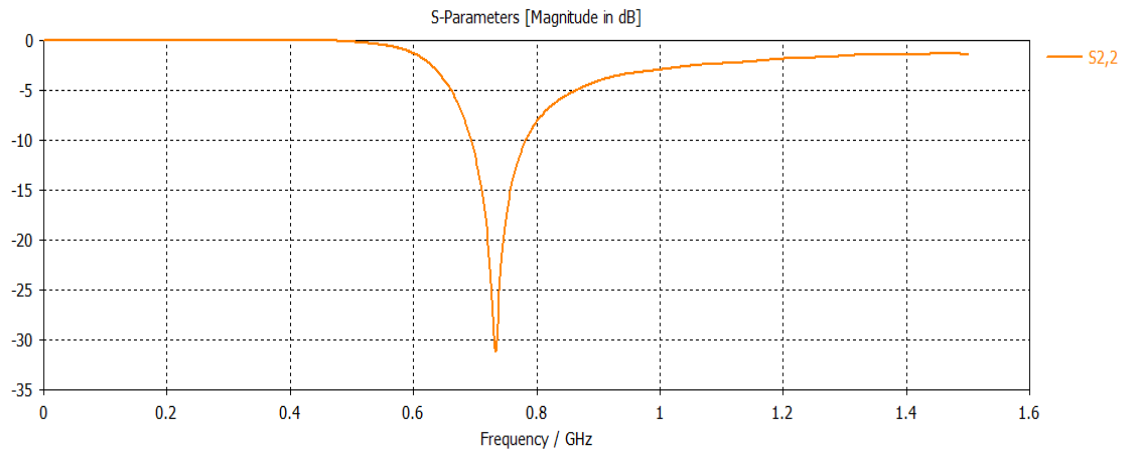


Figura 76: Frecuencia de la antena 2.

La utilización de un material anecoico más conocido como esponja absorbente nos puede ayudar a tener valores más exactos, ya que no permite que otras señales como radiofrecuencia, eléctricas, entre otras interfieran en el proceso de toma de datos.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Para esta tesis se realizó el diseño de una cámara anecoica para la Universidad de las Américas la cual es una sala de tipo electromagnética para el laboratorio de telecomunicaciones Sede- Queri. Para la realización del diseño se debe tomar en cuenta la absorción y el aislamiento en la sala en el caso del aislamiento de una cámara anecoica debe tener los siguientes elementos para su construcción por completo piso, paredes, ventilación, iluminación, puertas cada una de estas deben ser con material para aislamiento. Además, en la absorción es necesario que tipo de material a utilizar para recubrir la sala dependiendo el ancho de banda los cuales son por capas, cremer, cuñas y wedge. Todo esto es necesario para la sala sin dejar de lado la localización donde hay que tomar cuenta el medio ambiente y el medio ambiente urbanístico. En fin, esto se realizó en un software de simulación, el cual es una herramienta que permite el esquema de distintos proyectos electromagnéticos.

Se realizó distintas simulaciones, la primera; con dos antenas dipolos donde se mostró demasiadas interferencias por ende pérdidas superiores en la potencia, en la segunda se observa cómo actúan dos antenas dipolo una de estas dentro de la sala, así viendo que existe menos interferencia ya que el cubo actúa tal como una cámara, dando resultados casi correctos y por último las mismas características que el segundo, añadiendo en las paredes en forma de cuñas, dando como resultado una señal correcta, actuando totalmente como una cámara anecoica.

La utilización de materiales absorbentes en forma piramidal nos permite atenuar frecuencias de varias antenas, en nuestro caso se realizó con dos antenas de tipo dipolo con una frecuencia de 2,4 GHz cada una, para una frecuencia de este rango va a necesitar un tipo de material que se explica en el Capítulo 2, ya que depende las frecuencias a atenuar se va a utilizar diferente material.

Al realizar las pruebas en el anexo A parte uno, sin ningún tipo de material anecoico solamente con las dos antenas dipolo probándolas a varias distancias, surgiendo resultados como: a mayor distancia se obtendrá una potencia mayor, a diferencia de que a menor distancia tendrá más pérdidas demostradas en dBm, por ende, se demuestra que en el sitio donde se realizan las pruebas existen muchas interferencias de ondas electromagnéticas y esto no permite poseer los resultados correctos.

Como resultado de las pruebas realizadas en el anexo A, parte 2; que son las pruebas con el material anecoico a comparación sin el material anecoico se puede observar como el patrón de radiación varía alrededor de 5 a 7 dBm, es decir que gracias a la utilización de este material se puede tener una atenuación adecuada para este tipo de antenas.

Gracias a las pruebas realizadas sin el material no se obtiene la potencia correcta a diferencia de las pruebas realizadas con el material se puede tener una atenuación adecuada ya que si se lo construye en la Universidad de las Américas no va a interferir ninguna señal electromagnética.

5.2. RECOMENDACIONES

Para la implementación de una cámara anecoica se debe realizar distintas pruebas en un software de RF, en el cual se debe observar el interior y el exterior de una sala, como son sus materiales que deben brindar aislamiento y absorción de ondas electromagnéticas, para que al momento que los estudiantes realicen mediciones no sean resultados erróneos. Además, es recomendable que, al momento de implementar lo simulado utilizar los mismos materiales de la simulación, para que no exista ningún inconveniente en la cámara y funcione correctamente en el CST dado así las mediciones correctas.

Utilizar un generador de señal dentro o fuera de una cámara anecoica, es primordial configurar las mismas frecuencias en las que trabajan las antenas, además, consultar en el datasheet de este equipo, para ver si resiste la

frecuencia seleccionada, ya que es un elemento muy delicado y se podría dañar totalmente a las antenas que se encuentran conectadas a este.

También, se recomienda a los futuros proyectos realizar la compra de cualquier material anecoico con suficiente tiempo de anticipación ya que en la aduana ecuatoriana se demora en sacar cuando los envíos son paquetes grandes y el valor de impuestos genera bastante alto.

No se realizó la implementación de la cámara anecoica debido a los costos demasiados altos para adquirir el material anecoico. Si en el futuro la Universidad de las Américas decide implementar la cámara anecoica, es recomendable seguir los pasos mencionados en el Capítulo 1, cotizar el material anecoico necesario según las frecuencias a atenuar con una empresa que se dedique a realizar este tipo de material y traerlo lo más pronto posible para realizar una construcción adecuada.

Si en un futuro la Universidad de las Américas quiere implementar la cámara anecoica, se le recomienda al estudiante conocer una persona que se dedique o trabaje en la aduana ecuatoriana, ya que los materiales solo pueden ser adquiridos en el extranjero; por eso es aconsejable hacer los trámites de aduanización con esta persona para que el tiempo de liberación de los materiales no sea demasiado demoroso y se pueda realizar la construcción lo más rápido posible.

REFERENCIAS

- Acustica y Sonido*. (2011). Recuperado el 22 de Noviembre de 2017 de <http://acusticaysonido.com/?p=340>
- Barrionuevo, D., & Gonzalez, J. (2012). *CRITERIOS GENERALES PARA EL DISEÑO DE CÁMARAS ANECOICAS*. Recuperado el 22 de Octubre de 2017 de <http://www.profesores.frc.utn.edu.ar/electronica/fundamentosdeacusticayelectroacustica/pub/file/FAyE0512E1-Barrionuevo-Gonzalez.pdf>
- Beltran Casanova, D., & Cordoví Rodriguez, T. E. (2017). *ResearchGate*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Tuan_Ernesto_Rodriguez/publication/313788970_PROPUESTA_DE_ANTENA_PARA_REDES_INALAMBRICAS_Wi-Fi/links/58a5af374585150402d2cb38/PROPUESTA-DE-ANTENA-PARA-REDES-INALAMBRICAS-Wi-Fi.pdf
- Directo, C. (2017). *Cronica Directo*. Recuperado el 22 de Octubre de 2017 de https://cronicaglobal.lespanol.com/miscelanea/microsoft-sala-silenciosa_74385_102.html
- Dream Catcher. (2004). *Dream Catcher*. Recuperado el 24 de Octubre de 2017 de <https://www.dreamcatcher.asia/cw/products/1300?scroll=1>
- EA7AHG. (s.f.). *EA7AHG* Recuperado el 2 de Noviembre de 2017 de <https://sites.google.com/site/ea7ahg/>
- ETS-LINGREN. (s.f.). *Absorber*. Recuperado el 22 de Octubre de 2017 de <http://www.ets-lindgren.com/datasheet/absorber/rf-microwave-absorbers/rf-absorbers/1006/100602>
- Hounsfield, C. (2012). Room with no echo. *Aerospace Testing International*, 14-15.

- Ingenieria Electronica. (2016). *Ingenieria Electronica*. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017 de <https://ingenieriaelectronica.org/analizador-de-espectros-definicion-tipos-y-caracteristicas/>
- Lenovo. (2017). *Lenovo*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017 de <https://www3.lenovo.com/in/en/laptops/ideapad/ideapad-300-series/Ideapad-320-15%2C-Intel/p/88IP3000842>
- Lenovo. (2017). *Lenovo*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2017 de <https://www3.lenovo.com/es/es/laptops/yoga/500-series/Lenovo-Yoga-500-14ISK/p/88YG5000648>
- Ordóñez Jara, C. G., & Vélez Ponce, P. A. (2014). *Estudio, diseño e implementación de una cámara anecoica para el analisis acustico de sistemas mecanicas del motor de combustion interna alternativo*. Recuperado el 20 de Octubre de 2017 de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7461/1/UPS-CT004412.pdf>
- Studio, C. (2017). *CST Studio Suite*. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de <https://www.cst.com/products/csts2>
- Vince, R. (2016). Basic Rules for Indoor Anechoic Chamber Design. *IEEE Antennas y Propagation Magazine*, 82-93.
- Works, H. (2015). *Feko*. Recuperado el 20 de Octubre de 2017, de <https://www.feko.info/>

ANEXOS

Anexo A

En el anexo A se hablará específicamente sobre cada prueba realizada con los equipos de radio frecuencia que la Universidad nos proporcionó, a continuación, se describe cada uno de los equipos proporcionados por la universidad.

➤ **Equipos, softwares y sus características**

En la tabla 17 nos muestra las características del transmisor, mientras que en la tabla 18 nos muestra las características del receptor.

Tabla 17.

Módulo Transmisor ME1300

| Características | Descripción |
|---|---------------|
| Potencia máxima de salida del puerto | 3 mW |
| Impedancia de salida | 50 Ω |
| Rango de Frecuencia | 2 MHz a 4 GHz |

Adaptado de dreamCatcher datasheet ME1300

Tabla 18.

Módulo Receptor ME1300

| Características | Descripción |
|-----------------------------------|---|
| RF de salida | -60 dBm a -5 dBm con detector de RF -125 dBm to 27 dBm con el analizador de RF |
| Impedancia de salida | 50 Ω |
| Rango de Frecuencia | 50 MHz a 3 GHz con detector de RF 2 MHz a 4 GHz con el analizador de RF |
| Controlador Rotador por PC | 0 a 359 grados |
| Tamaño de paso | 1 a 30 grados/pasos |

Adaptado de dreamCatcher datasheet ME1300

➤ **Radiation Pattern Plotting (RadPat) software**

El software RadPat está incluido en el Kit de las antenas el cual está basado en Windows XP, Windows 7 o Vista; utilizado para la simulación de los patrones de radiaciones como se observa en la figura 77.

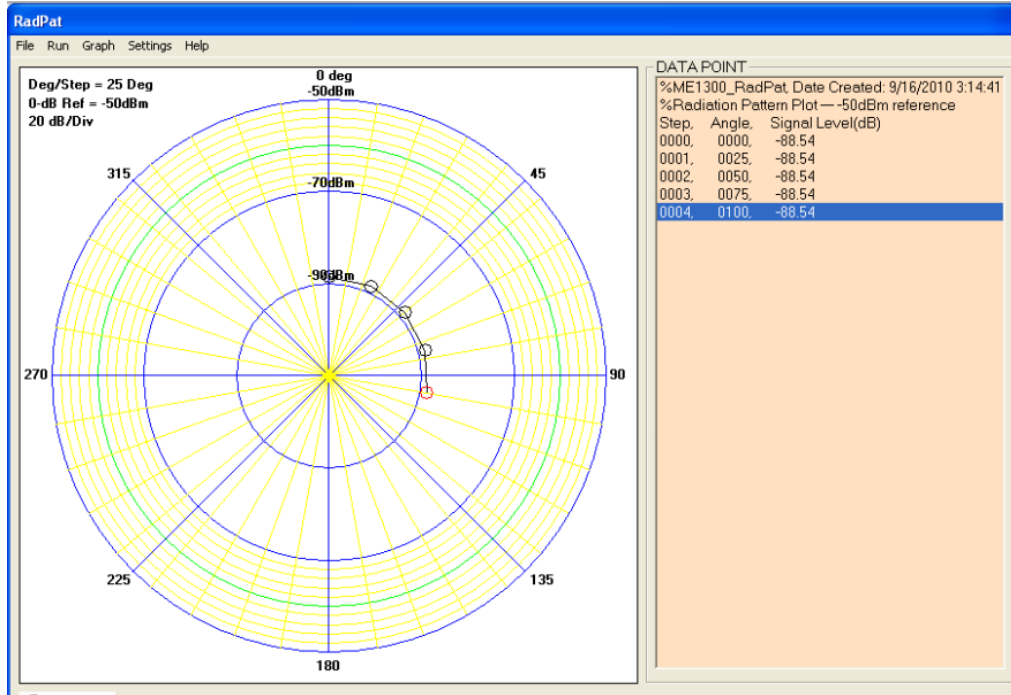


Figura 77: Pantalla Principal del RadPat.

En la tabla 19 se muestra los accesorios que contiene el kit con sus respectivas descripciones, mientras en la tabla 20 se muestra el paquete de antenas con las respectivas frecuencias que contiene en el kit.

Tabla 19.

Accesorios ME1300

| Elementos | Descripción |
|-------------------------------|-------------|
| Cable coaxial | 0.18 m |
| Cable coaxial | 1 m |
| Adaptador N a SMA | Recto |
| Adaptador N a SMA | ángulo |
| Adaptador de corriente | 5 Vdc, 2 A |
| Cable LAN | 1m |
| Tipo de cable USB | 1.5m |

Adaptado de dreamCatcher datasheet ME 1300

Tabla 20.

Paquetes de antenas ME1300

| Frecuencias | Antenas |
|-------------------|---|
| 2.4 GHz | Dipolo, parche de micro banda y monopolo. |
| 915 MHz & 2.4 GHz | Yagi-Uda y banda dual. |
| 433 MHz | Dipolo y monopolo |
| 915 MHz | Dipolo, espiral y monopolo |

Adaptado de dreamCatcher datasheet ME 1300

Para las pruebas con el material absorbente y sin él, se toman en cuenta distancia como es de 0.7m, 1.00m, 1.70m, 2.00m, 2.20m y 3.00m; donde se utilizará los materiales base como es dos antenas dipolo una receptora y la cual emite la señal, además un analizador N9912A FieldFox el cual nos permitirá ver a la señal en distintos modos como es fase, lineal, Smith Y VSWR (Voltage Standing Wave Rati) y también otro equipo que será utilizado es el generador de señal N9310A, que permite darle una amplitud diferente en dBm.

Parte 1: Pruebas sin el material anecoico

➤ **Modelos para pruebas con el FieldFox**

Se muestra en las figuras 78, 79 y 80 modelos para las pruebas en forma física, donde se toman distintas distancias esto los realizamos para observar las variaciones de los diagramas de radiación al momento de ser simulados.

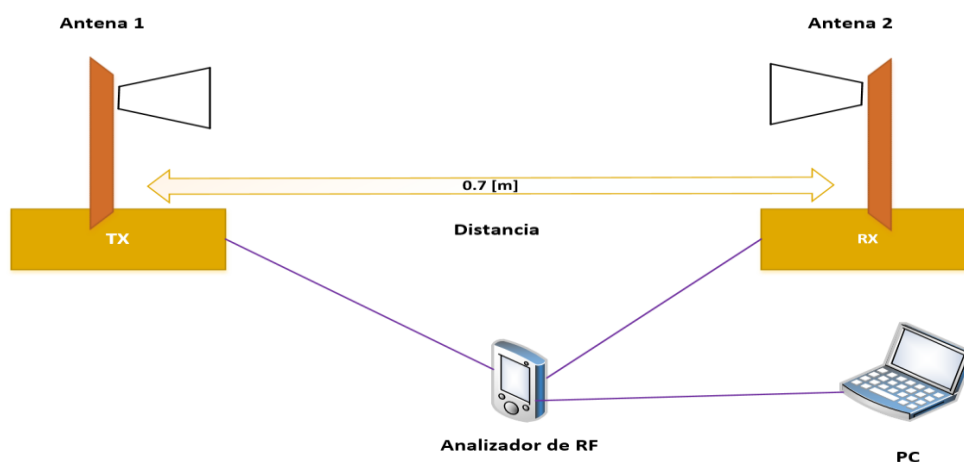


Figura 78: Prueba con dos antenas a una distancia de 0.5 metros.

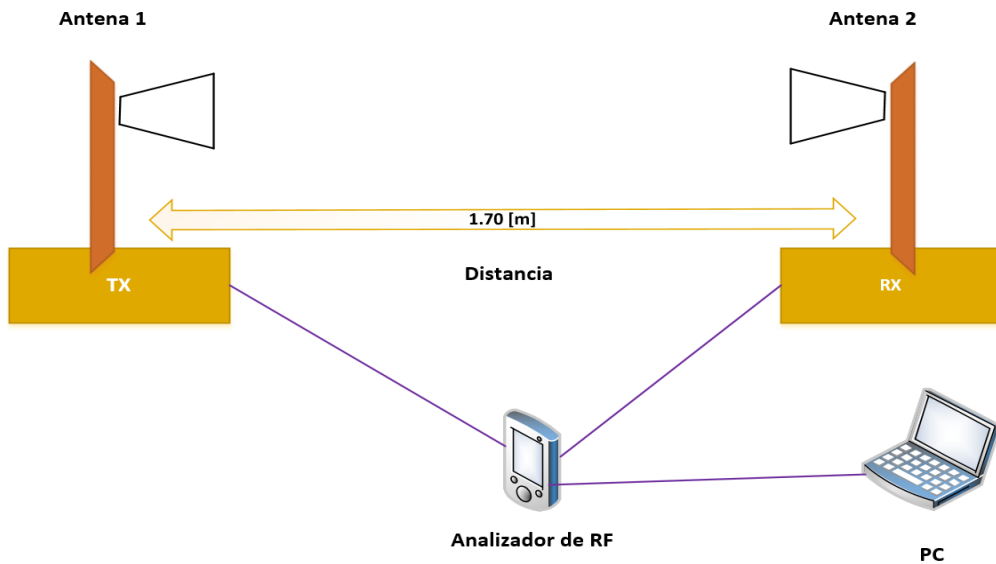


Figura 79: Prueba con dos antenas a una distancia de 1.70 metros.

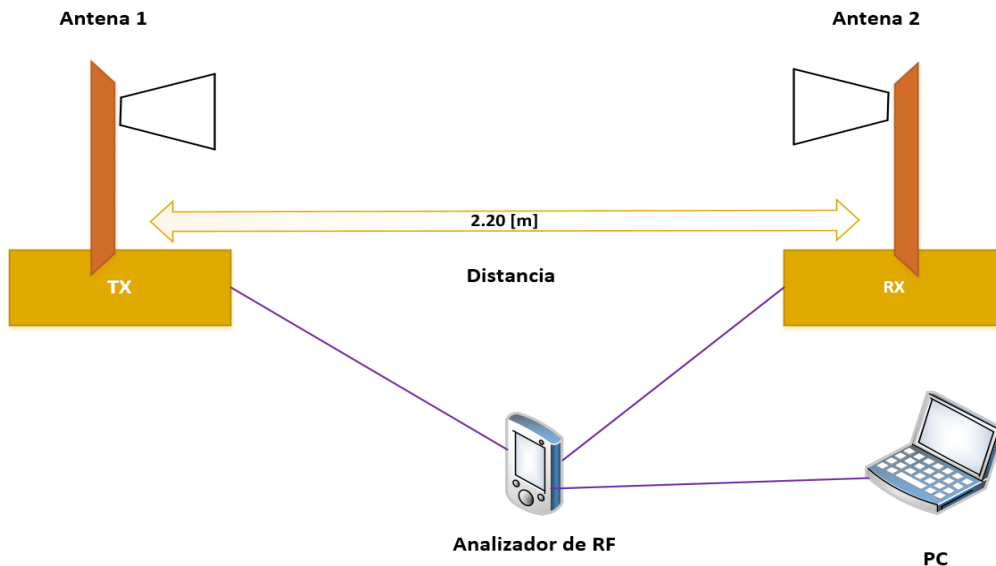


Figura 80: Prueba con dos antenas a una distancia de 2.20 metros.

➤ **Primera Prueba física sin material anecoico**

Para realizar la prueba se debe tener todos los equipos necesarios que se mostrarán a continuación:

- 2 antenas (Tx y Rx)
- 1 analizador N9912A FieldFox RF

- Modulo transmisor
- Modulo Receptor
- Pc (RadPat).
- 2 cables coaxiales
- 1 cable USB
- 1 cable RJ-45

a) Se debe conectar del módulo de transmisión (TX) al conector de salida (OUT) del analizador y también del conector de entrada (IN) al módulo receptor (RX) mediante los conectores coaxiales.

b) El segundo paso es conectar el cable RJ-45 entre el analizador hacia el puerto ethernet de la PC.

c) El cable USB se debe conectar en la PC desde el módulo receptor.

d) En el módulo receptor (RX) debe ser alimentado con un voltaje de 5v.




e) Se debe tomar en cuenta que las dos antenas deben estar a la misma altura y sin importa la dirección en la que se encuentre. Además, para obtener la medición de campo lejano debe tener una distancia al menos de 0.8m. Como se muestra en la figura 81, ya totalmente armado.



Figura 81: Primera simulación totalmente armada.

Configuración del analizador N9912A

En los siguientes pasos se va a configurar el analizador N9912A la cual se siguió del datasheet que se encuentra en el Anexo A.

- a) El primer paso que se debe realizar es presionar el botón “ON”  hasta este se ponga de color verde, tardara algunos minutos hasta que el sistema se cargue por completo.
- b) El segundo paso es presionar el botón “número 4” o con la descripción “Meas Setup” , es para seleccionar la potencia de salida en “HIGH”.
- c) Luego se debe presionar el botón “número 7” o con la descripción “Meas Setup” , se debe ir a la configuración del sistema e ingresar en la opción LAN.
- d) En esta opción se debe dejar la IP por defecto la cual corresponde a “192.168.0.1” y también la máscara de subred predeterminada

“255.255.248.0”; finalmente se puede editar mediante el botón “Editar” y se debe guardar con la tecla “Done”.

e) Se muestra en la figura 82 toda la configuración cambiada.



| Setting | Value |
|---------------------|-------------------|
| Hardware ID | 00 08 ee 0a ed 9c |
| Current IP Address | 192.168.0.1 |
| Current Subnet Mask | 255.255.248.0 |
| Current Gateway | 0.0.0.0 |
| Hostname | K-N9912A-71123 |
| Obtain IP | Static |
| Static IP Address | 192.168.0.1 |
| Static Subnet Mask | 255.255.248.0 |
| Static Gateway | 0.0.0.0 |
| Static DNS | |
| Apply Settings | PowerUp |

Figura 82: Configuración “LAN” del analizador N9912A.

f) Salir de la configuración mediante el botón “DONE”, así mostrando la pantalla de la figura 83.

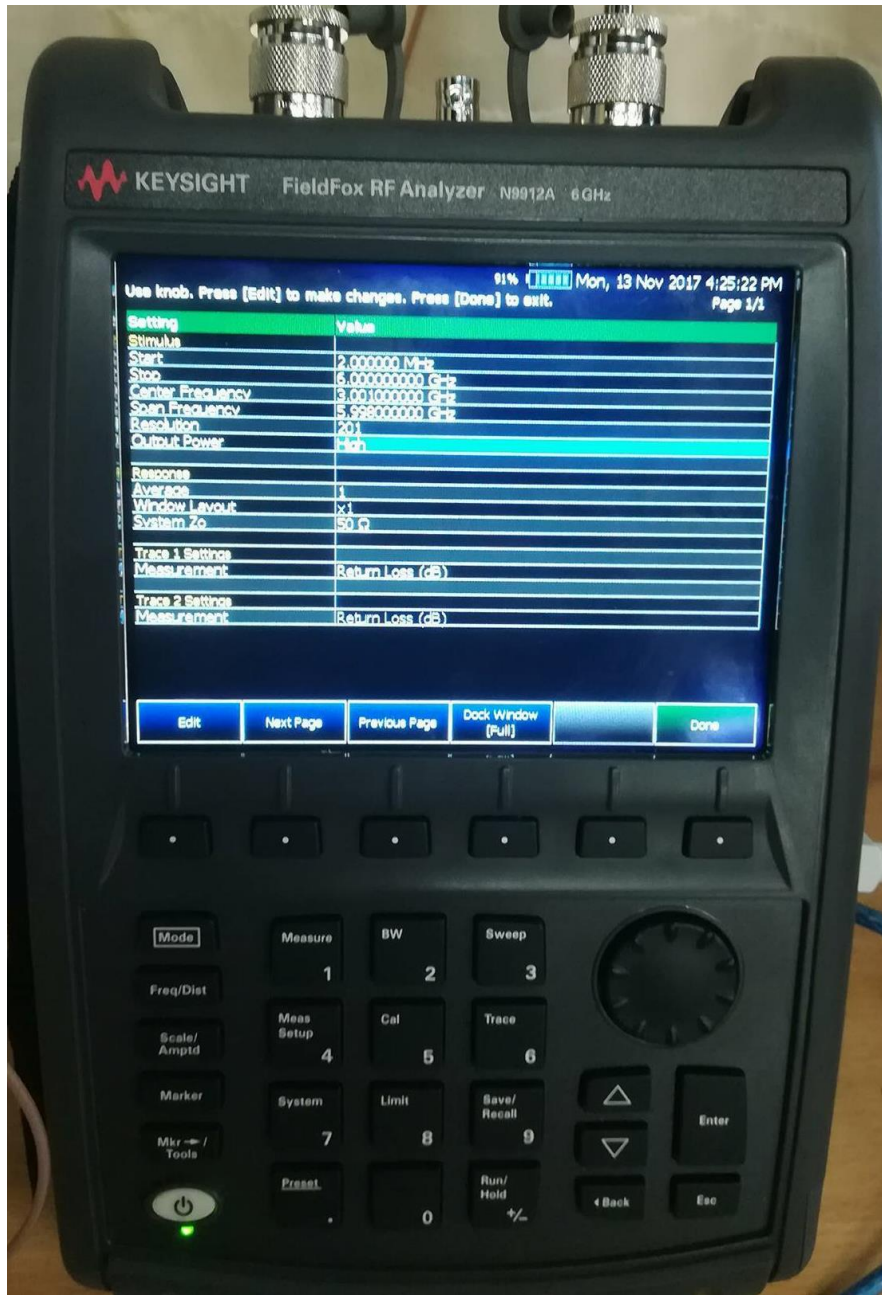


Figura 83: Configuración "Press" del analizador N9912A.

- g) Finalmente se reinicia el analizador y se vuelve la configuración LAN, para verificar que la configuración hecha sigue intacta.

Pruebas con diferentes distancias FieldFox

Mediante la ayuda del analizador, se logra obtener resultados de la señal a diferentes distancias como se muestra a continuación:

➤ **Primera distancia de 0.70 metros**

Después de realizar la configuración del FieldFox con su respectiva IP (192.168.0.1) con máscara de (255.255.248.0), nos dirigimos a la configuración de red del computador donde está instalado el software llamado RadPat; para cambiar y colocar una dirección estática, esta dirección a ser la siguiente dirección IP (192.168.0.2) y su respectiva máscara (255.255.248.0), en la figura 84 se muestra dicha configuración.

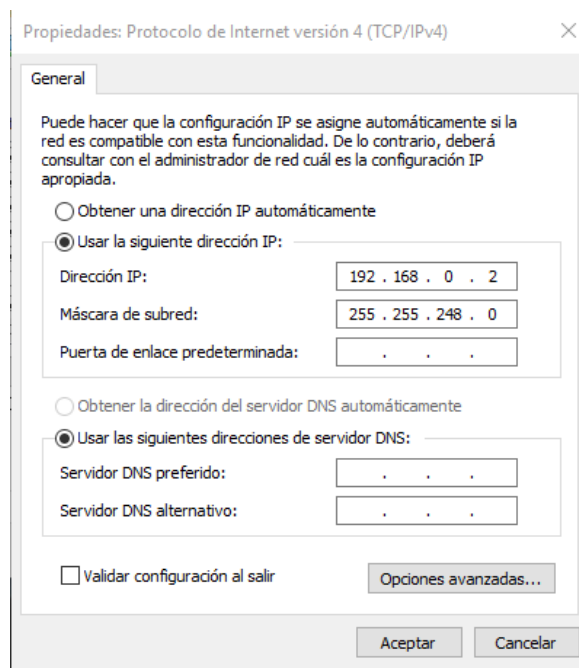


Figura 84: Configuración IP del computador.

Adaptado de DreamCatcher, 2017

Una vez establecida la IP, nos dirigimos a comprobar que el puerto este instalado correctamente, en nuestro caso el puerto asignado es el COM 4 y en la figura 85 se puede comprobar la configuración del puerto.

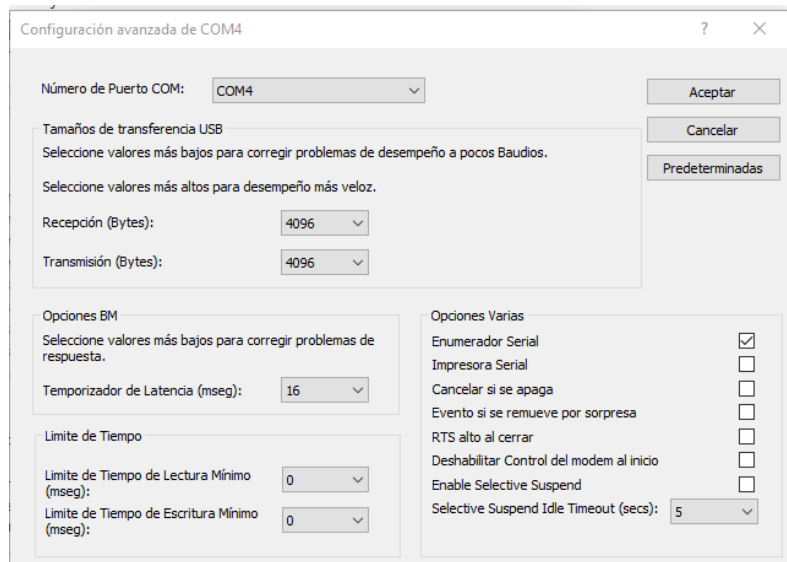


Figura 85: Configuración del puerto.

Como siguiente paso nos descargamos el software Keysight Connection Expert, para configurar y añadir un nuevo instrumento, este programa debe estar ligado a la red con la misma configuración de red que el FieldFox como se muestra en la figura 86, una vez añadido el instrumento se observa en la figura 87 los detalles del instrumento.

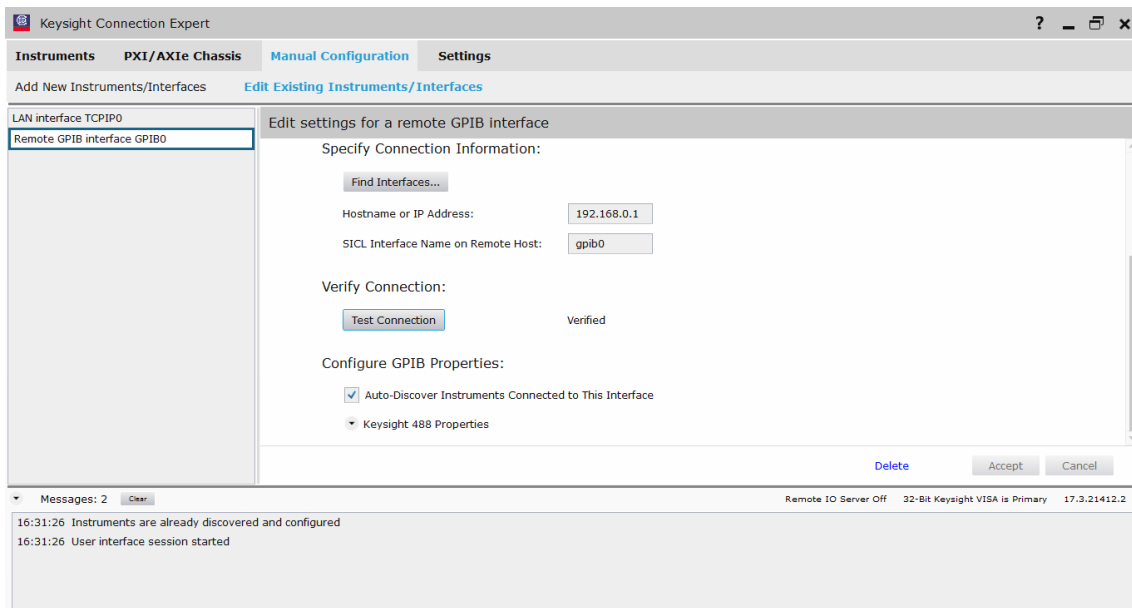


Figura 86: Configuración del nuevo instrumento.

Adaptado de DreamCatcher, 2017.

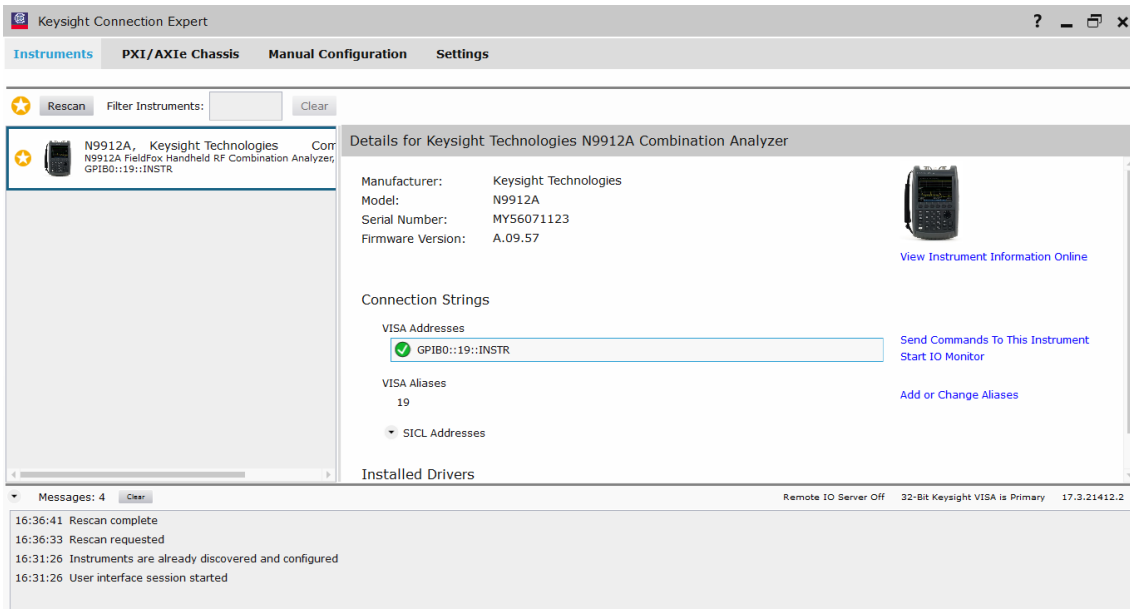


Figura 87: Detalles del instrumento añadido.

Adaptado de DreamCatcher, 2017.

Finalmente, como último paso de la configuración nos ingresamos al software RadPat para que luego entrar a la configuración del software y seguir los diferentes pasos:

- Primero se comprueba que el puerto esté conectado como se muestra en la figura 88:

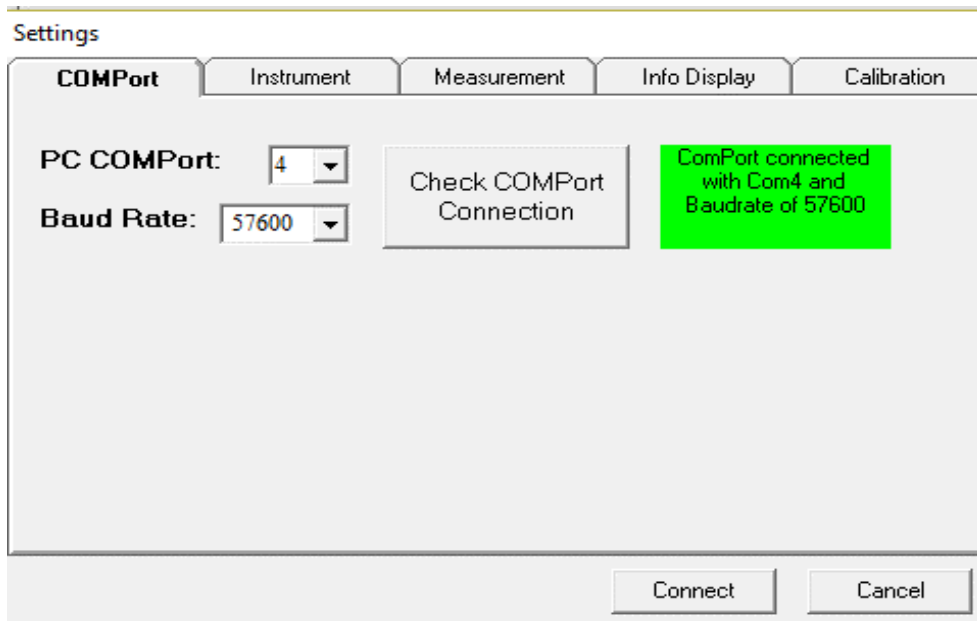


Figura 88: Comprobación del puerto.

- Luego se configura el instrumento en este caso es el N9912A, se debe poner check en habilitar el instrumento, como se muestra en la figura 89.

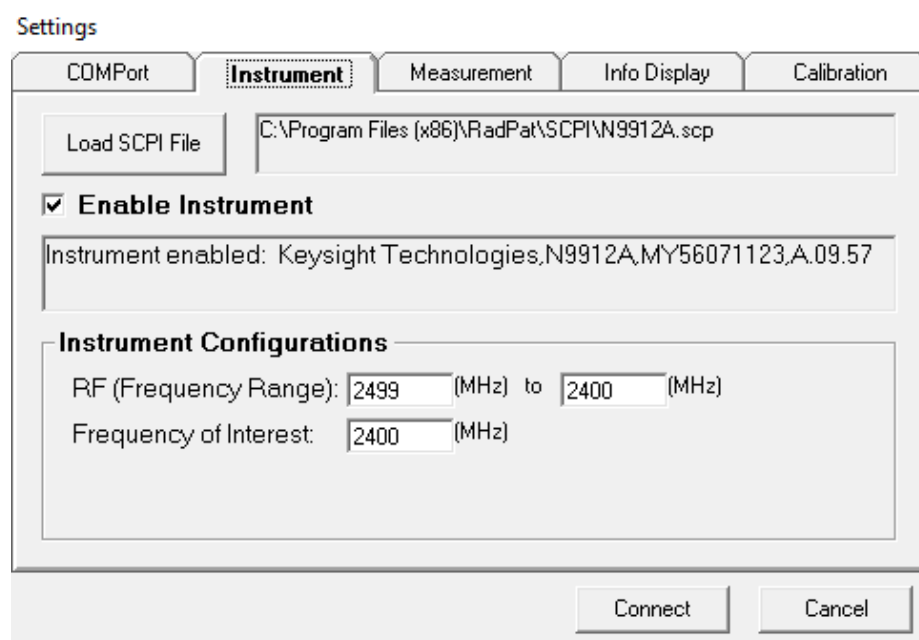


Figura 89: Instrumento habilitado.

- Luego se configura el rotador, patrón de dirección y luego la escala como se muestra en la figura 90.

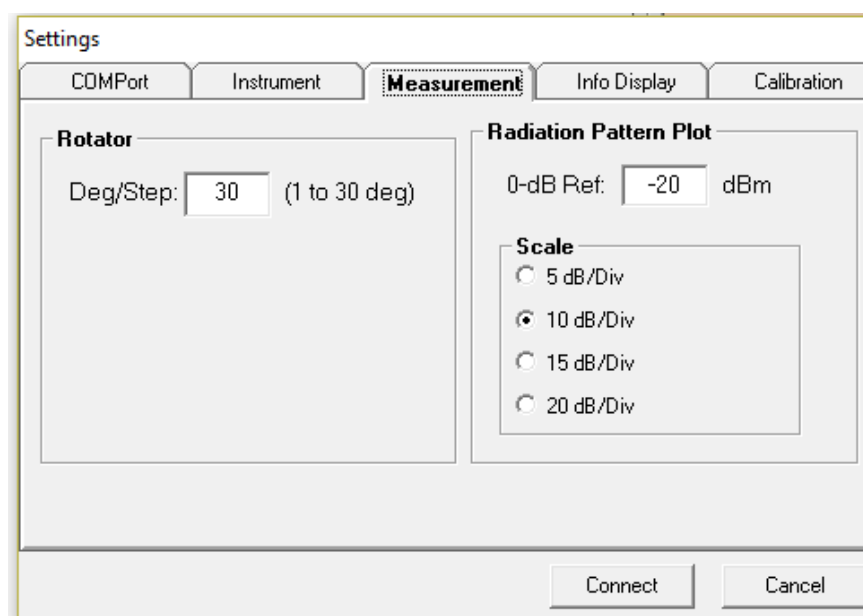


Figura 90: Pestaña de medición.

- Finalmente, se conecta con el instrumento y en la figura 91 se lo puede comprobar.

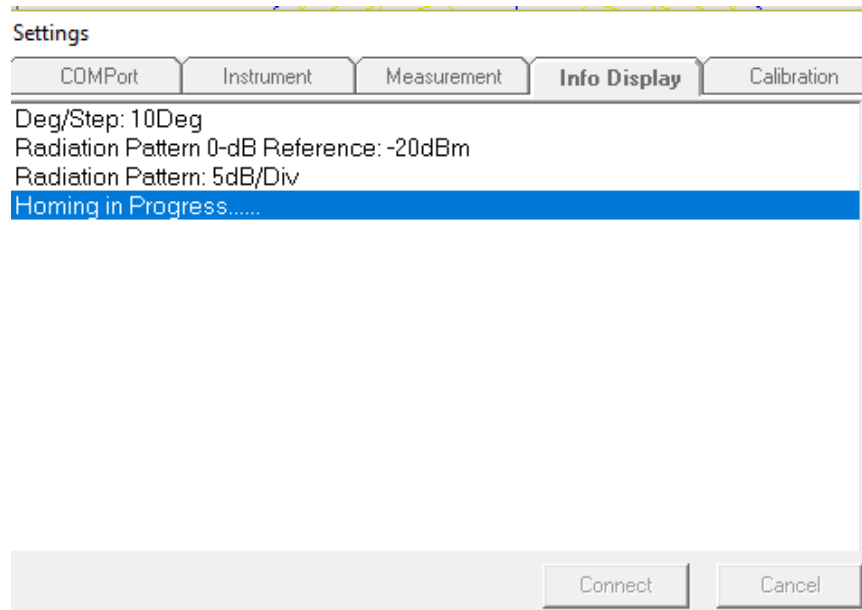


Figura 91: Conectividad.

Después de que esté conectado se corre el programa en donde se muestra los ángulos de rotación en la que la antena va a rotar en la figura 92 y tabla 21 se muestra el patrón de radiación en forma gráfica y numérica en donde describen la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones en la distancia 0,7, en este caso se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 360 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 21 la mejor transmisión que es de -44.18dBm hasta -52.00 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

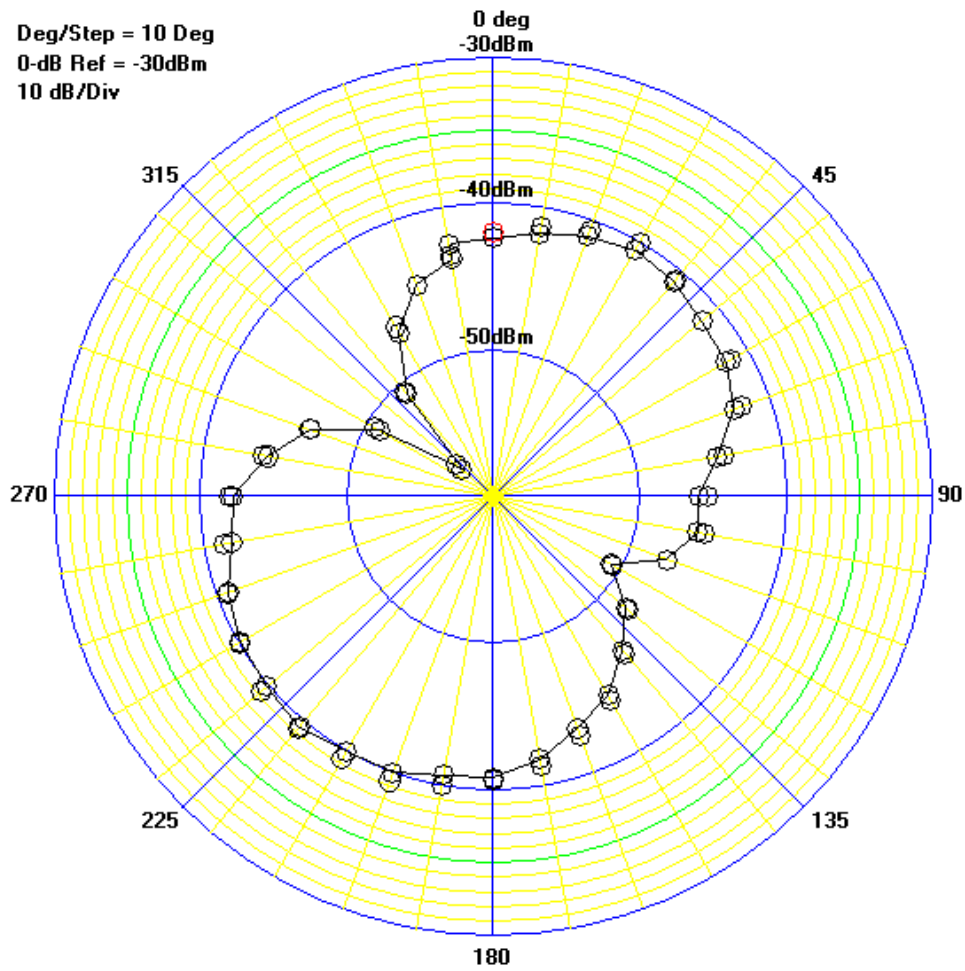


Figura 92: Patrón de radiación distancia 0,7m.

Tabla 21.

Patrón de radiación de la distancia 0,7.

| Step No. | Angle | RF |
|-------------|-------|--------|
| 0000 | 0000 | -48,50 |
| 0001 | 0010 | -47,70 |
| 0002 | 0020 | -46,65 |
| 0003 | 0030 | -45,96 |
| 0004 | 0040 | -46,33 |
| 0005 | 0050 | -47,08 |
| 0006 | 0060 | -47,52 |
| 0007 | 0070 | -48,75 |
| 0008 | 0080 | -51,70 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0009 | 0090 | -53,99 |
| 0010 | 0100 | -53,74 |
| 0011 | 0110 | -56,12 |
| 0012 | 0120 | -61,06 |
| 0013 | 0130 | -57,33 |
| 0014 | 0140 | -54,38 |
| 0015 | 0150 | -51,44 |
| 0016 | 0160 | -49,77 |
| 0017 | 0170 | -47,68 |
| 0018 | 0180 | -46,17 |
| 0019 | 0190 | -45,99 |
| 0020 | 0200 | -44,94 |
| 0021 | 0210 | -44,86 |
| 0022 | 0220 | -44,18 |
| 0023 | 0230 | -44,73 |
| 0024 | 0240 | -45,13 |
| 0025 | 0250 | -46,13 |
| 0026 | 0260 | -47,82 |
| 0027 | 0270 | -48,36 |
| 0028 | 0280 | -51,55 |
| 0029 | 0290 | -55,07 |
| 0030 | 0300 | -61,49 |
| 0031 | 0310 | -70,74 |
| 0032 | 0320 | -61,27 |
| 0033 | 0330 | -55,65 |
| 0034 | 0340 | -52,00 |
| 0035 | 0350 | -50,33 |
| 0036 | 0360 | -48,82 |

Se obtuvo como resultado de la antena receptora poca señal, ya que esta varía entre -10 a -30dB como se muestra en la figura 93, donde la señal se acerca más

a -10dB cuando la antena emisora está transmitiendo directamente hacia la otra por eso no existe mucha pérdida de señal.



Figura 93: Señal de la antena receptora en formato “Log Mag” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 94, en el cual no gráfica absolutamente nada.



Figura 94: Señal de la antena emisora en formato “Log Mag” en el analizador N9912A.

El segundo resultado se obtiene en un formato fase de la antena receptora en la figura 95, donde existen dos señales de atraso de fase, esto quiere decir que son positivas y negativas, por las vibraciones que existen en la antena emisora al realizar el movimiento de 360°.



Figura 95: Señal de la antena receptora en formato “Phase” en el analizador N9912A.

En el tercer resultado es de la antena receptora en formato Smith, en cual se puede observar el coeficiente de reflexión en la figura 96, donde se lo demuestra con el número 1 en la gráfica.



Figura 96: Señal de la antena receptora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 97, en la cual no gráfica absolutamente nada.

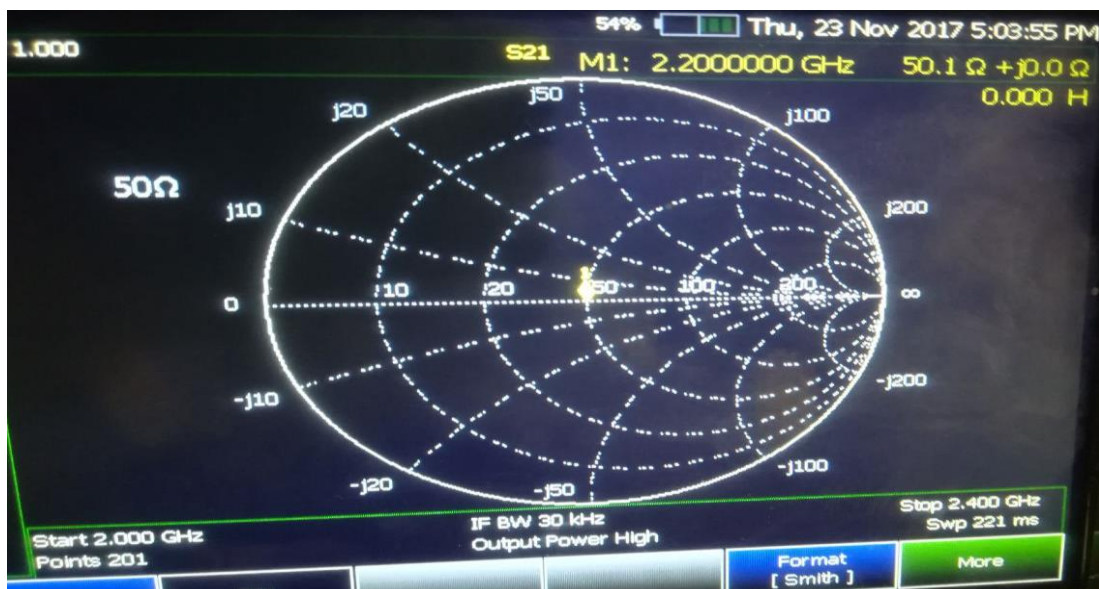


Figura 97: Señal de la antena emisora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

Segunda distancia de 1.70 metros

Para la distancia de 1,7 metros se utiliza la misma configuración que la distancia de 0,7 y una vez que esté conectado se corre el programa en donde se muestra los ángulos de rotación en la que la antena va a rotar en la figura 98 se muestra el patrón de radiación en forma gráfica y numérica en donde describen la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones en la distancia 1,7 metros.

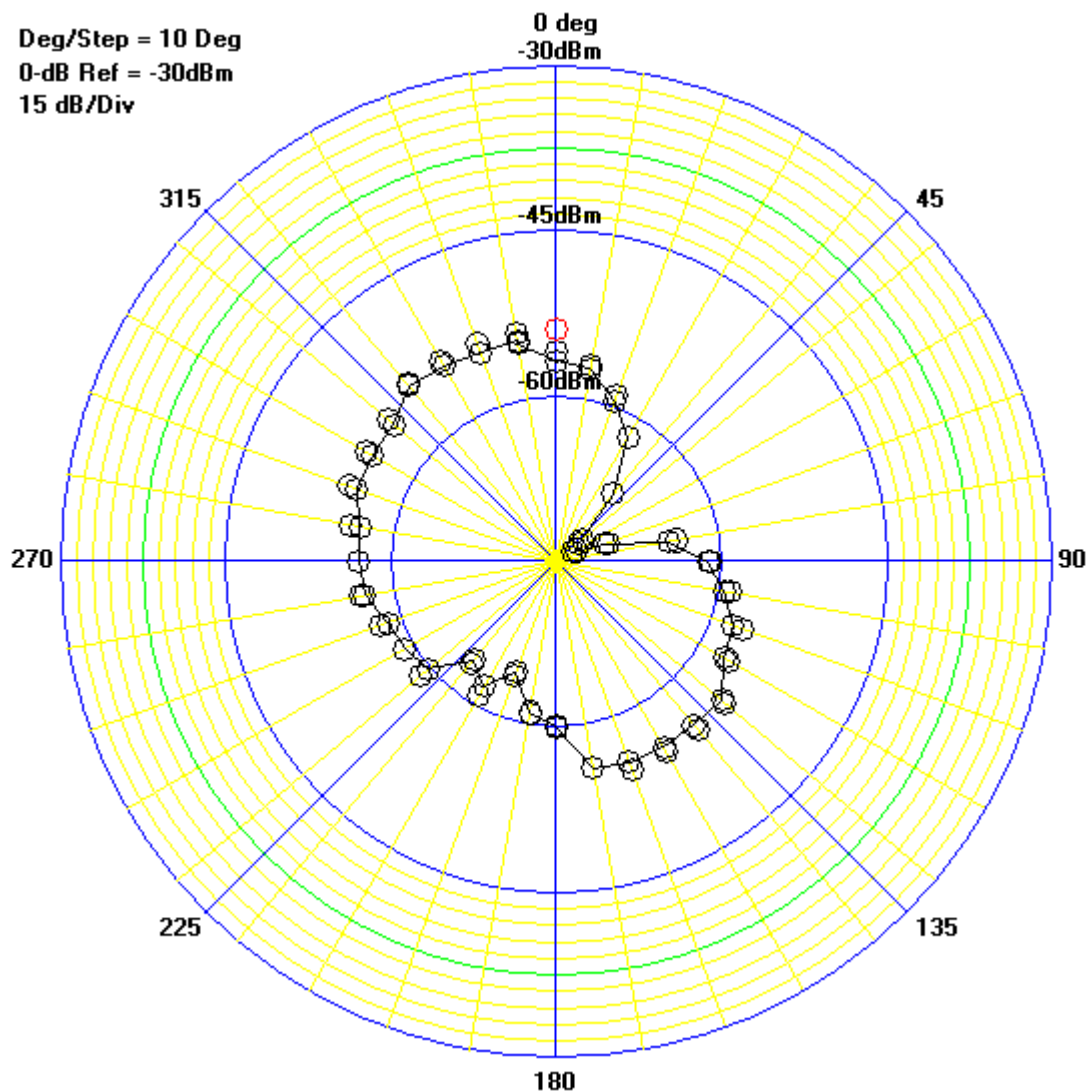


Figura 98: Patrón de radiación 1,7m.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 360 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se

observa en la tabla 22 la mejor transmisión que es de -54.20dBm hasta -63.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 22.

Patrón de radiación de la distancia 1,7.

| Step No. | Angle | RF |
|-------------|-------|--------|
| 0000 | 0000 | -56,81 |
| 0001 | 0010 | -57,26 |
| 0002 | 0020 | -59,61 |
| 0003 | 0030 | -62,08 |
| 0004 | 0040 | -67,01 |
| 0005 | 0050 | -72,36 |
| 0006 | 0060 | -73,31 |
| 0007 | 0070 | -70,41 |
| 0008 | 0080 | -64,68 |
| 0009 | 0090 | -61,22 |
| 0010 | 0100 | -59,54 |
| 0011 | 0110 | -57,96 |
| 0012 | 0120 | -57,49 |
| 0013 | 0130 | -55,42 |
| 0014 | 0140 | -55,65 |
| 0015 | 0150 | -55,56 |
| 0016 | 0160 | -55,65 |
| 0017 | 0170 | -56,01 |
| 0018 | 0180 | -60,11 |
| 0019 | 0190 | -61,08 |
| 0020 | 0200 | -64,31 |
| 0021 | 0210 | -61,91 |
| 0022 | 0220 | -63,31 |
| 0023 | 0230 | -59,79 |
| 0024 | 0240 | -59,16 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0025 | 0250 | -58,77 |
| 0026 | 0260 | -57,31 |
| 0027 | 0270 | -57,06 |
| 0028 | 0280 | -56,90 |
| 0029 | 0290 | -55,71 |
| 0030 | 0300 | -55,74 |
| 0031 | 0310 | -55,73 |
| 0032 | 0320 | -54,20 |
| 0033 | 0330 | -54,50 |
| 0034 | 0340 | -54,86 |
| 0035 | 0350 | -54,66 |
| 0036 | 0360 | -54,98 |

Se obtuvo como resultado de la antena receptora poca señal, ya que esta varía entre -10 a -40dB como se muestra en la figura 99, donde la señal se acerca más a -10dB cuando la antena emisora está transmitiendo directamente hacia la otra por eso no existe mucha pérdida de señal.



Figura 99: Señal de la antena receptora en formato “Log Mag” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antenna emisora donde recibe una señal como se muestra en la figura 100, en la cual gráfica una pérdida de -57.73 dB.

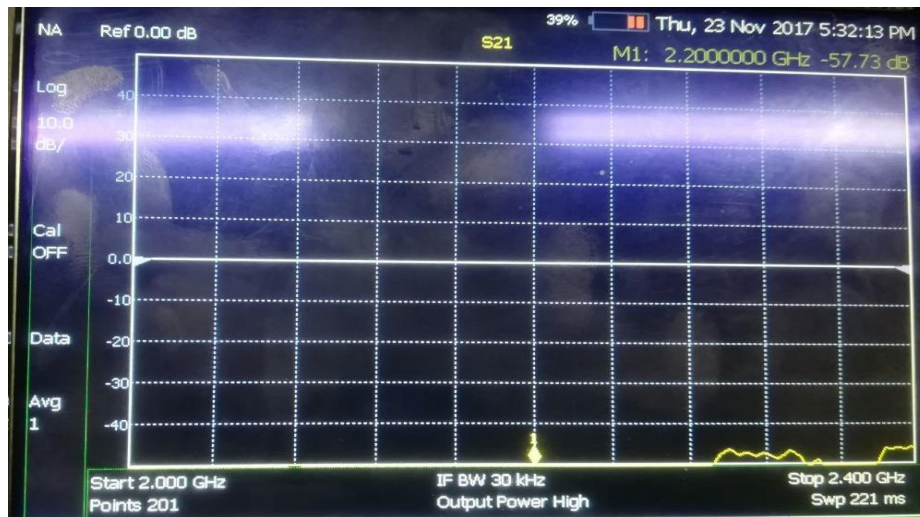


Figura 100: Señal de la antenna emisora en formato “Log Mag” en el analizador N9912A.

El segundo resultado que se obtiene es formato VSWR, en el cual es de la antenna receptora en la figura 101 la cual se obtiene los voltajes mínimos y máximos donde te da el fenómeno de onda estacionaria, en este hay caso siempre sea mayor a uno llegando la variación hasta mayor a 2 la potencia reflejada.

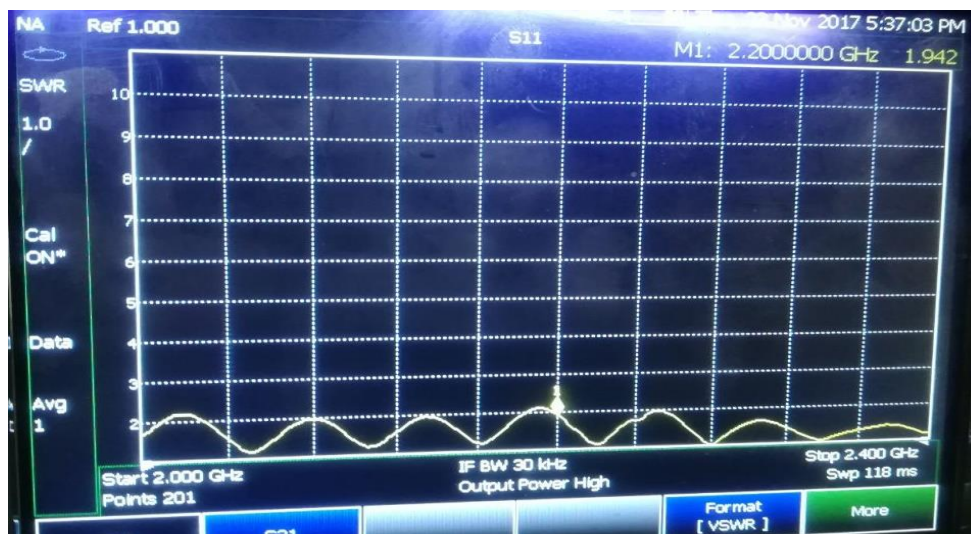


Figura 101: Señal de la antenna receptora en formato “VSWR” en el analizador N9912A.

En el tercer resultado es de la antena receptora en formato Smith, en cual se puede observar el coeficiente de reflexión en la figura 102, donde se lo demuestra con el número 1 en la gráfica.



Figura 102: Señal de la antena receptora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 103, en la cual no gráfica absolutamente nada.



Figura 103: Señal de la antena emisora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

El cuarto resultado se obtiene en un formato fase de la antenna receptora en la figura 104, donde existen dos señales de atraso de fase, esto quiere decir que son positivas y negativas, por las vibraciones que existen en la antenna emisora al realizar el movimiento de 360°.

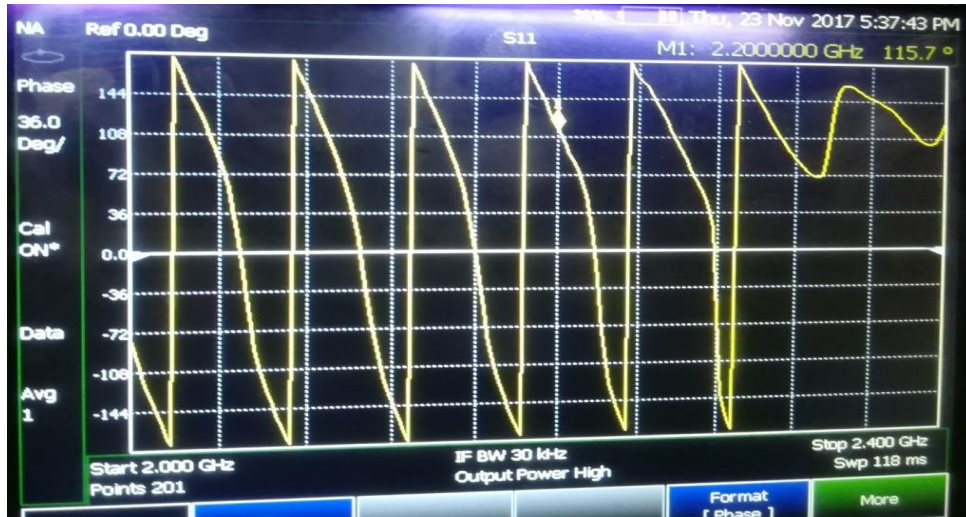


Figura 104: Señal de la antenna receptora en formato “Phase” en el analizador N9912A.

Tercera distancia de 2.20 metros

Para la distancia de 2,2 metros se utiliza la misma configuración que la distancia de 0,7 y una vez que esté conectado se corre el programa en donde se muestra los ángulos de rotación en la que la antenna va a rotar en la figura 105 se muestra el patrón de radiación en forma gráfica y numérica en donde describen la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones en la distancia 2,2 metros.

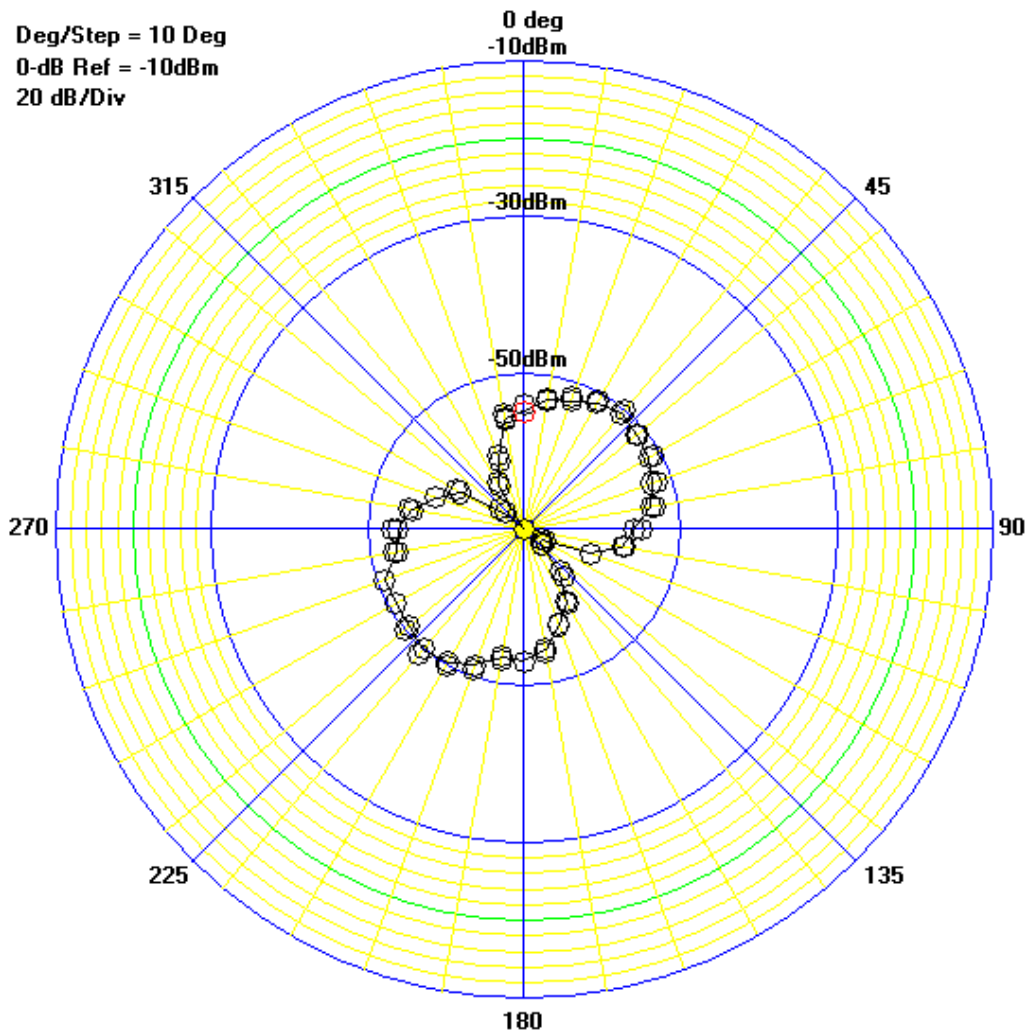


Figura 105: Patrón de radiación distancia 2,2.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 23 la mejor transmisión que es de -50.40dBm hasta -63.63 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 23.

Patrón de radiación de la distancia 2,2.

| Step No. | Angle | RF |
|-------------|-------|--------|
| 0000 | 0000 | -54,94 |
| 0001 | 0010 | -53,20 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0002 | 0020 | -52,58 |
| 0003 | 0030 | -51,39 |
| 0004 | 0040 | -50,68 |
| 0005 | 0050 | -51,29 |
| 0006 | 0060 | -51,58 |
| 0007 | 0070 | -52,64 |
| 0008 | 0080 | -53,62 |
| 0009 | 0090 | -55,97 |
| 0010 | 0100 | -57,23 |
| 0011 | 0110 | -61,01 |
| 0012 | 0120 | -67,37 |
| 0013 | 0130 | -67,17 |
| 0014 | 0140 | -62,99 |
| 0015 | 0150 | -59,26 |
| 0016 | 0160 | -57,02 |
| 0017 | 0170 | -54,45 |
| 0018 | 0180 | -53,13 |
| 0019 | 0190 | -53,43 |
| 0020 | 0200 | -51,48 |
| 0021 | 0210 | -50,40 |
| 0022 | 0220 | -49,98 |
| 0023 | 0230 | -50,75 |
| 0024 | 0240 | -51,01 |
| 0025 | 0250 | -51,05 |
| 0026 | 0260 | -53,44 |
| 0027 | 0270 | -53,89 |
| 0028 | 0280 | -55,48 |
| 0029 | 0290 | -58,01 |
| 0030 | 0300 | -60,57 |
| 0031 | 0310 | -66,70 |
| 0032 | 0320 | -77,16 |
| 0033 | 0330 | -63,63 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0034 | 0340 | -60,63 |
| 0035 | 0350 | -55,62 |
| 0036 | 0360 | -55,65 |

Se obtuvo como resultado de la antenna receptora poca señal, ya que esta varía entre -10 a -40dB como se muestra en la figura 106, donde la señal se acerca más a -10dB cuando la antenna emisora está transmitiendo directamente hacia la otra por eso no existe mucha perdida de señal.

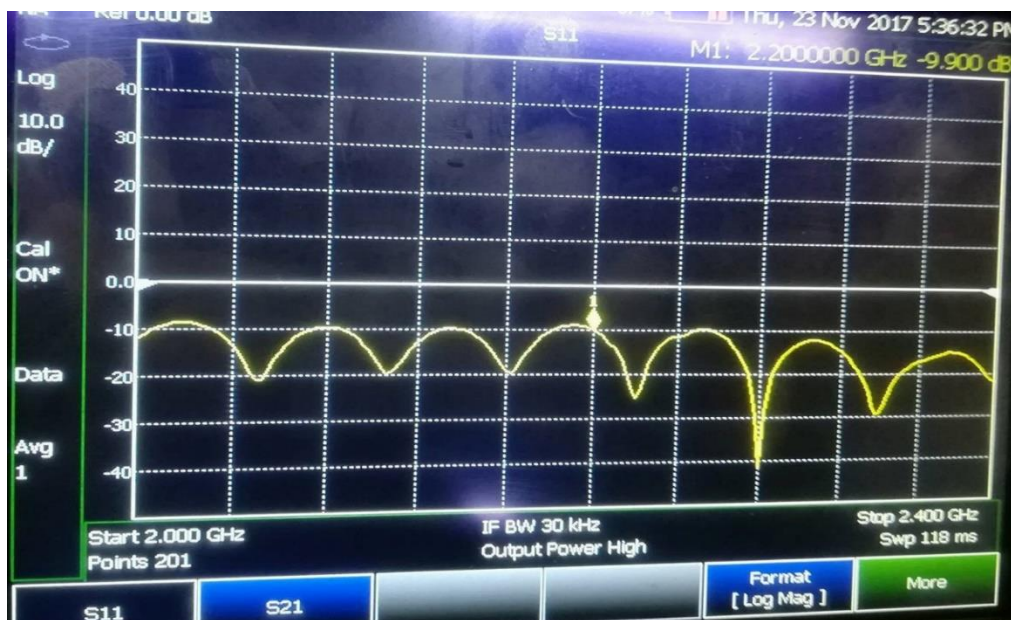


Figura 106: Señal de la antenna receptora en formato “Log Mag” en el analizador N9912A.

El segundo resultado que se obtiene es formato VSWR, en el cual es de la antenna receptora en la figura 107 la cual se obtiene los voltajes mínimos y máximos donde te da el fenómeno de onda estacionaria, en este hay caso siempre sea mayor a uno llegando la variación hasta mayor a 2 la potencia reflejada.

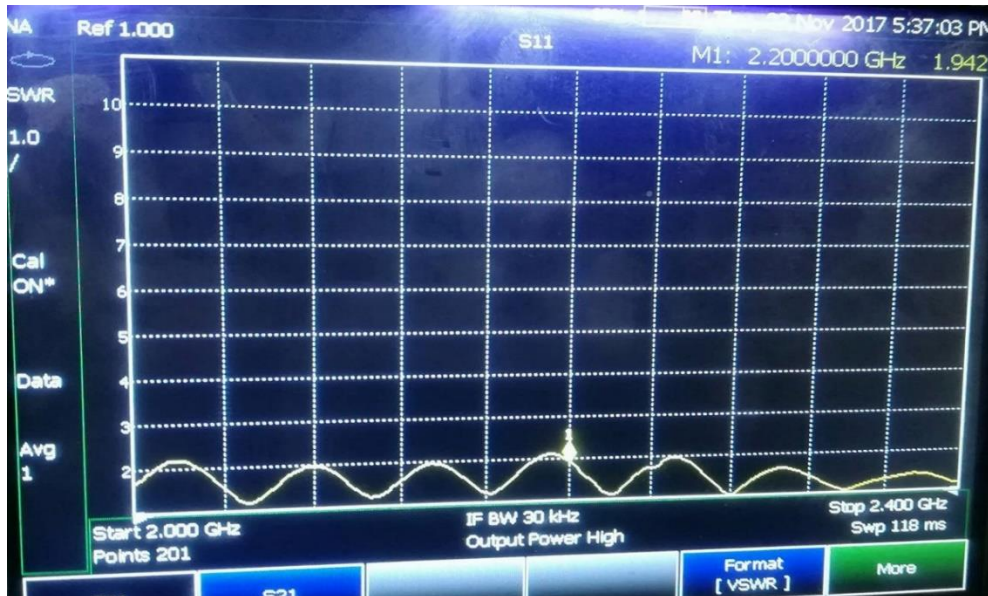


Figura 107: Señal de la antena receptora en formato “VSWR” en el analizador N9912A.

En el tercer resultado es de la antena receptora en formato Smith, en cual se puede observar el coeficiente de reflexión en la figura 108, donde se lo demuestra con el número 1 en la gráfica.



Figura 108: Señal de la antena receptora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 109, en la cual no gráfica absolutamente nada.



Figura 109: Señal de la antena emisora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

El cuarto resultado se obtiene en un formato fase de la antena receptora en la figura 110, donde existen dos señales de atraso de fase, esto quiere decir que son positivas y negativas, por las vibraciones que existen en la antena emisora al realizar el movimiento de 360°.

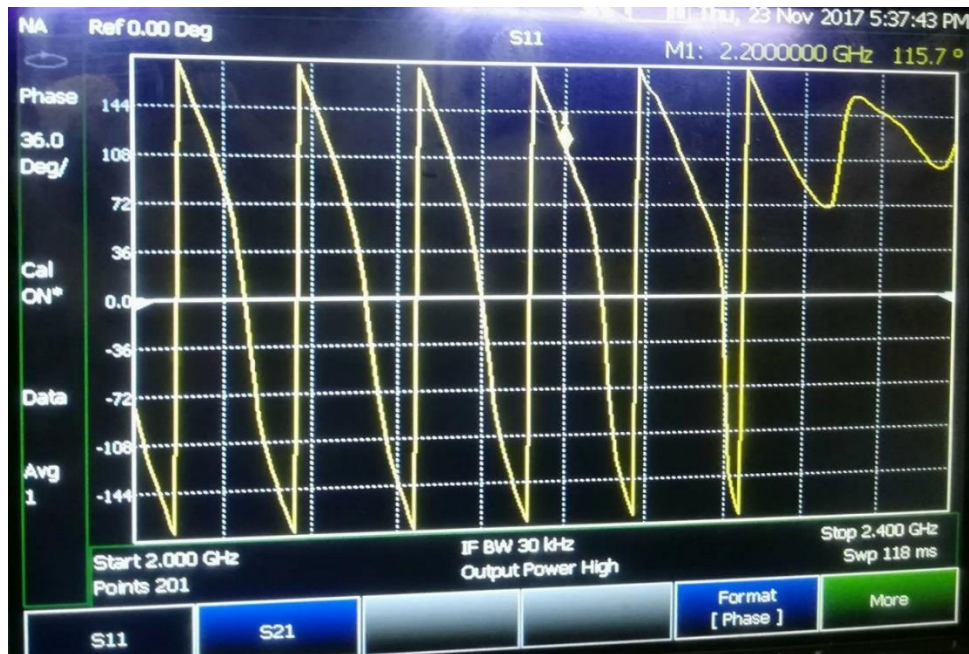


Figura 110: Señal de la antena receptora en formato "Phase" en el analizador N9912A.

Para las antenas dipolo se utilizaba mayormente para transmitir y recibir desde el lado amplio de la antena; la cual se puede mover alrededor de 45 grados.

La ganancia es lo que se obtendrá en dBm es por eso la comparación entre la potencia que entra y sale, tomando en cuenta la energía que sale de la antena dipolo comparando con la antena isotrópica.

En los 360 grados del patrón de azimuth de la antena cilíndrica se tomará en cuenta la ganancia más alta en cada grado, todas las pruebas a diferentes distancias se pueden observar en la tabla 24, cual es la señal más fuerte en los distintos grados que nos da el patrón de radiación, así permitiendo observar que a menor distancia con el material se obtiene una mejor señal y a mayor distancia la señal es totalmente baja.

Tabla 24.

Tabla comparativa de las distancias realizando el promedio en cada rango.

| | | | | | | | | |
|---------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Distancia en metros | 0 a 40 grados | 50 a 90 grados | 100 a 130 grados | 140 a 180 grados | 190 a 220 grados | 230 a 270 grados | 280 a 310 grados | 320 a 360 grados |
|---------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|

| | | | | | | | | |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 0,70 | -47 dBm | -49 dBm | -57 dBm | -49 dBm | -44 dBm | -46 dBm | -59 dBm | -53 dBm |
| 1,70 | -60 dBm | -68 dBm | -57 dBm | -56 dBm | -62 dBm | -58 dBm | -56 dBm | -54 dBm |
| 2,20 | -53 dBm | -53 dBm | -63 dBm | -57 dBm | -51 dBm | -52 dBm | -60 dBm | -62 dBm |

A la distancia de la 0,70m tendrá una mayor potencia ya que se encuentra más cerca a la antena y da una energía de hasta -57dBm con mayor recepción, a comparación de la distancia de 2.2m tiene una ganancia de hasta -64dB, una pérdida de hasta 7dBm la cual tendrá una señal totalmente menor a las demás.

➤ **Segunda Prueba física sin el material anecoico**

Para realizar la prueba se debe tener todos los equipos necesarios que se mostrarán a continuación:

- 2 antenas
- 1 generador de señal N9310A RF
- Módulo transmisor
- Módulo Receptor
- Pc (RadPat).
- 1 cable coaxial
- 1 cable USB

a) Se debe conectar del módulo de transmisión (TX) al conector de salida (OUT) del generador de señal.

b) El cable USB se debe conectar en la PC desde el módulo receptor.

c) En el módulo receptor (RX) debe ser alimentado con un voltaje de 5v.



d) Se debe tomar en cuenta que las dos antenas deben estar a la misma altura y sin importa la dirección en la que se encuentre. Además, para

obtener la medición de campo lejano debe tener una distancia al menos de 0.8m. Como se muestra en la figura 111, ya totalmente armado.



Figura 111: Segunda simulación totalmente armada.

Configuración de amplitud en el Generador de Señal

- a) El primer paso que se debe realizar es presionar el botón "ON"  en cual tardara algunos minutos.
- b) Todos los cables deben estar desconectados hasta configurar la frecuencia, ya que los equipos se pueden quemar.
- c) Para la configuración se debe ir al botón "Frequency"  en el cual te permite editar mediante un teclado numérico y poner el signo positivo o negativo como observa en la figura 112.

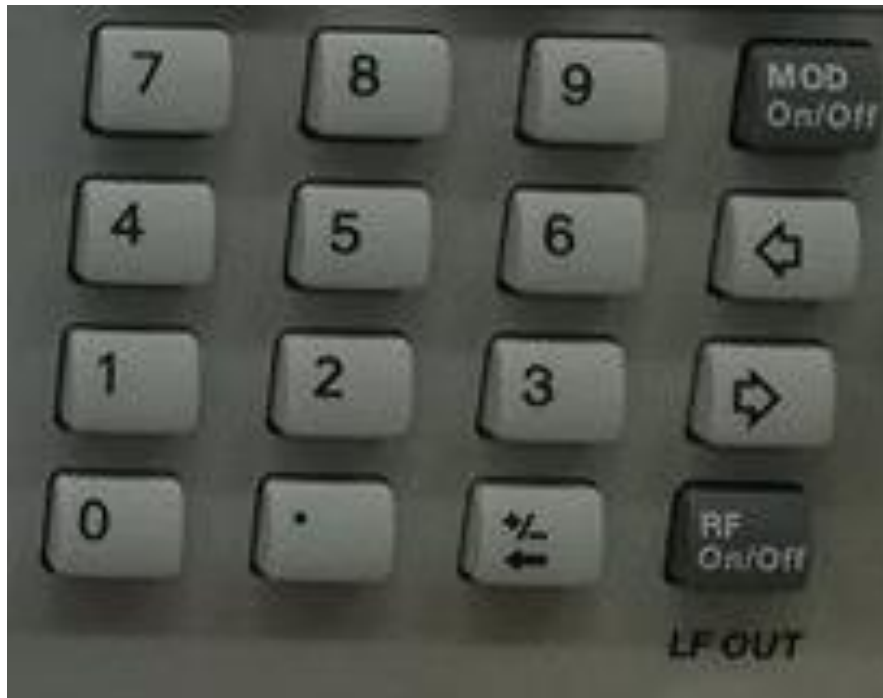



Figura 112: Teclado numérico del generador de señal N9310A RF.

- d) Al momento de ingresar la frecuencia esta debe estar en MHz (Megahercio), un ejemplo es ingresar el número de 2400Mhz y presionar nuevamente el botón “Frequency” para poderla guardar. Se puede observar como en el generador de señal en la figura 113 se cambia automáticamente a GHz (Gigahercio).



Figura 113: Frecuencia en “Gigahercio” del generador de señal N9310A RF.

- e) Ahora se podrá conectar en el RF Out del generador de señal, y además se debe configurar la amplitud igualmente haciendo click en el botón “Amplitude”  y luego ingresar la cantidad con el signo negativo o positivo, luego nuevamente presionar el botón de amplitud para guardar.

Se puede observar como en el generador de señal en la figura 114 la amplitud se guarda en dBm.



Figura 114: Amplitud en “dBm” del generador de señal N9310A RF.

Prueba con diferentes amplitudes y distancias con el generador de señal N9310A

Mediante la ayuda del analizador, se logra obtener resultados de la señal a diferentes distancias (1,2 y 3 metros) como se muestra a continuación:

Primera prueba con amplitud -10dBm

Para la primera prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 115.

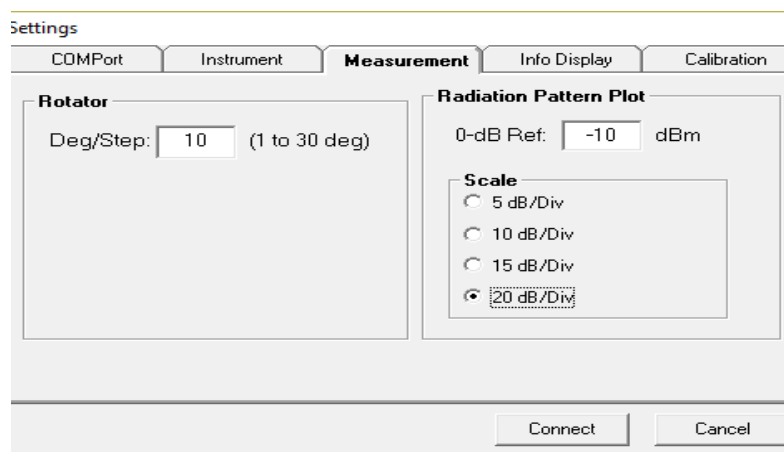



Figura 115: Parámetros con el patrón de radiación de -10dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -10 dBm como se observa en la figura 116, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón “RF on/off”  y apagar el modo en el botón “MOD on/off”



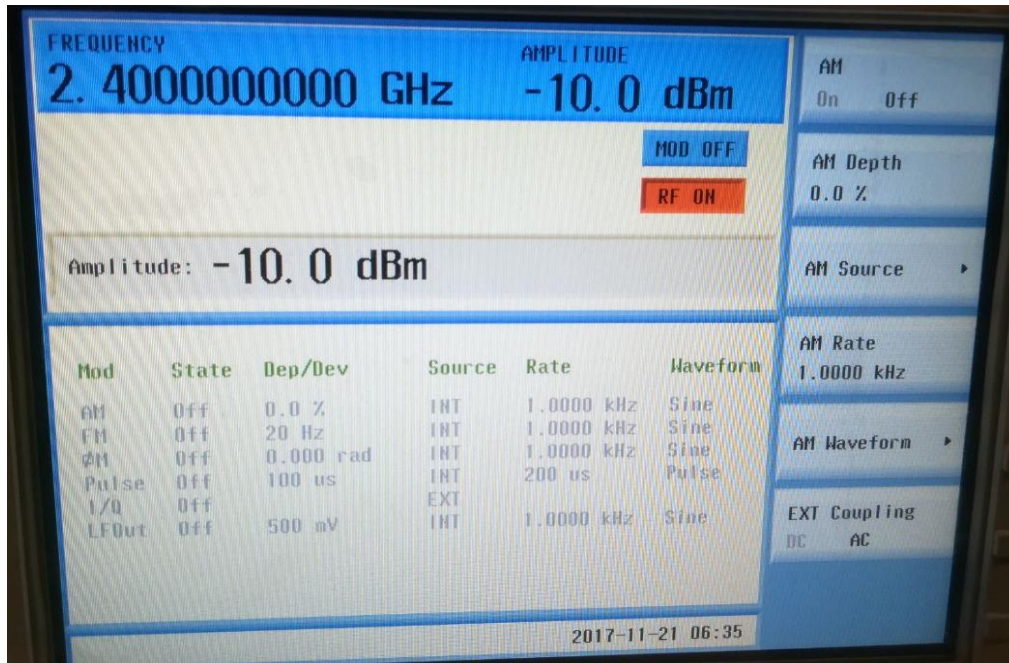


Figura 116: Amplitud de -10dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 117 en forma gráfica y en la tabla 25 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

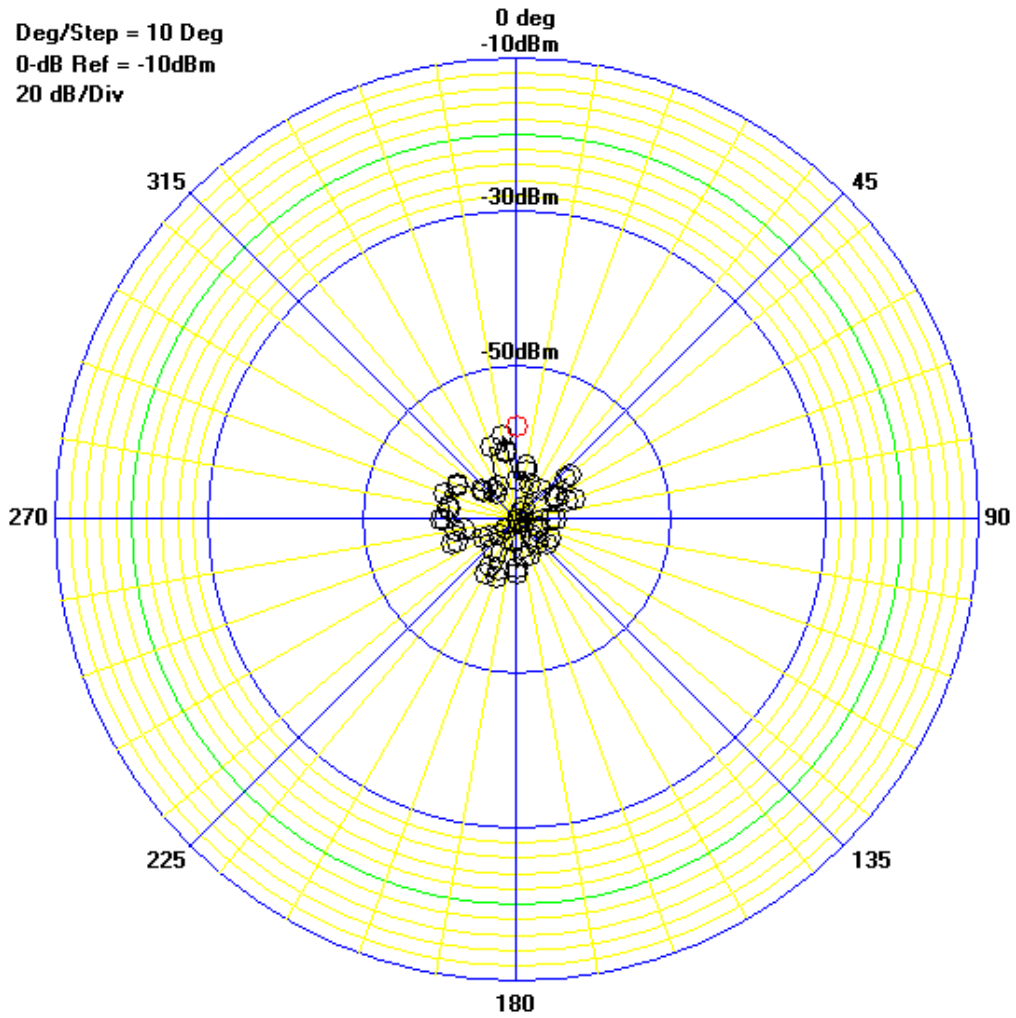


Figura 117: Patrón de radiación -10 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 25 la mejor transmisión que es de -58.91dBm hasta -65.00 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 25.

Patrón de radiación -10 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -65,00 |
| 0001 | 0010 | -63,64 |
| 0002 | 0020 | -65,00 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -68,81 |
| 0004 | 0040 | -65,00 |
| 0005 | 0050 | -61,75 |
| 0006 | 0060 | -64,31 |
| 0007 | 0070 | -62,99 |
| 0008 | 0080 | -71,45 |
| 0009 | 0090 | -65,71 |
| 0010 | 0100 | -69,65 |
| 0011 | 0110 | -67,21 |
| 0012 | 0120 | -65,00 |
| 0013 | 0130 | -65,00 |
| 0014 | 0140 | -66,45 |
| 0015 | 0150 | -71,45 |
| 0016 | 0160 | -65,00 |
| 0017 | 0170 | -65,00 |
| 0018 | 0180 | -63,64 |
| 0019 | 0190 | -67,21 |
| 0020 | 0200 | -62,99 |
| 0021 | 0210 | -62,99 |
| 0022 | 0220 | -65,00 |
| 0023 | 0230 | -67,99 |
| 0024 | 0240 | -65,71 |
| 0025 | 0250 | -61,75 |
| 0026 | 0260 | -62,99 |
| 0027 | 0270 | -60,57 |
| 0028 | 0280 | -61,15 |
| 0029 | 0290 | -60,00 |
| 0030 | 0300 | -61,15 |
| 0031 | 0310 | -64,31 |
| 0032 | 0320 | -65,71 |
| 0033 | 0330 | -65,00 |
| 0034 | 0340 | -60,00 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -61,15 |
| 0036 | 0360 | -58,91 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 118 en forma gráfica y en la tabla 26 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

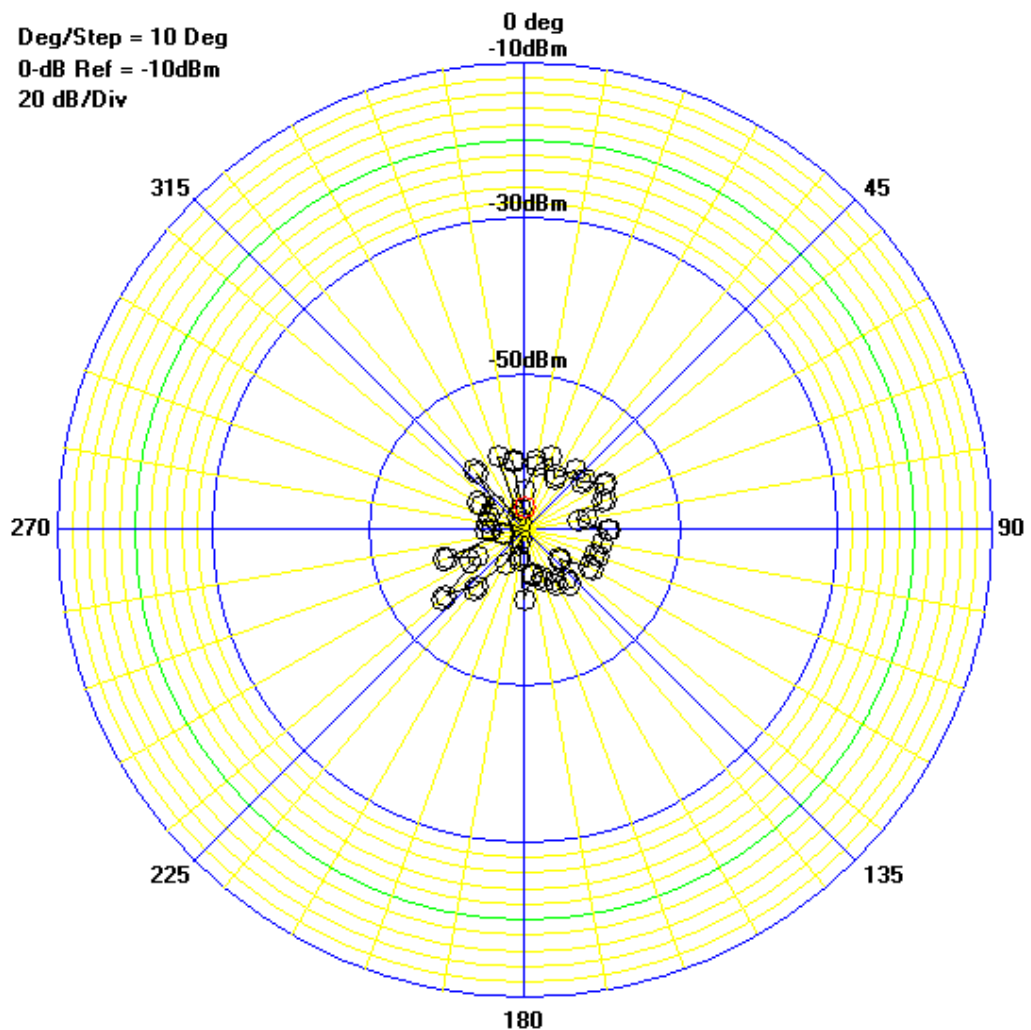


Figura 118: Patrón de radiación -10 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 26 la mejor transmisión que es de -58.38dBm hasta -61.75 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 26.

Patrón de radiación -10 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -65,00 |
| 0001 | 0010 | -61,75 |
| 0002 | 0020 | -60,00 |
| 0003 | 0030 | -62,36 |
| 0004 | 0040 | -60,00 |
| 0005 | 0050 | -60,57 |
| 0006 | 0060 | -58,38 |
| 0007 | 0070 | -59,45 |
| 0008 | 0080 | -62,99 |
| 0009 | 0090 | -59,45 |
| 0010 | 0100 | -60,00 |
| 0011 | 0110 | -60,57 |
| 0012 | 0120 | -60,57 |
| 0013 | 0130 | -64,31 |
| 0014 | 0140 | -61,75 |
| 0015 | 0150 | -62,36 |
| 0016 | 0160 | -63,64 |
| 0017 | 0170 | -64,31 |
| 0018 | 0180 | -61,15 |
| 0019 | 0190 | -66,45 |
| 0020 | 0200 | -68,81 |
| 0021 | 0210 | -65,00 |
| 0022 | 0220 | -60,57 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0023 | 0230 | -56,87 |
| 0024 | 0240 | -62,99 |
| 0025 | 0250 | -59,45 |
| 0026 | 0260 | -67,21 |
| 0027 | 0270 | -65,71 |
| 0028 | 0280 | -65,00 |
| 0029 | 0290 | -65,00 |
| 0030 | 0300 | -63,64 |
| 0031 | 0310 | -65,00 |
| 0032 | 0320 | -60,57 |
| 0033 | 0330 | -68,81 |
| 0034 | 0340 | -60,00 |
| 0035 | 0350 | -61,15 |
| 0036 | 0360 | -67,21 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 119 en forma gráfica y en la tabla 27 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

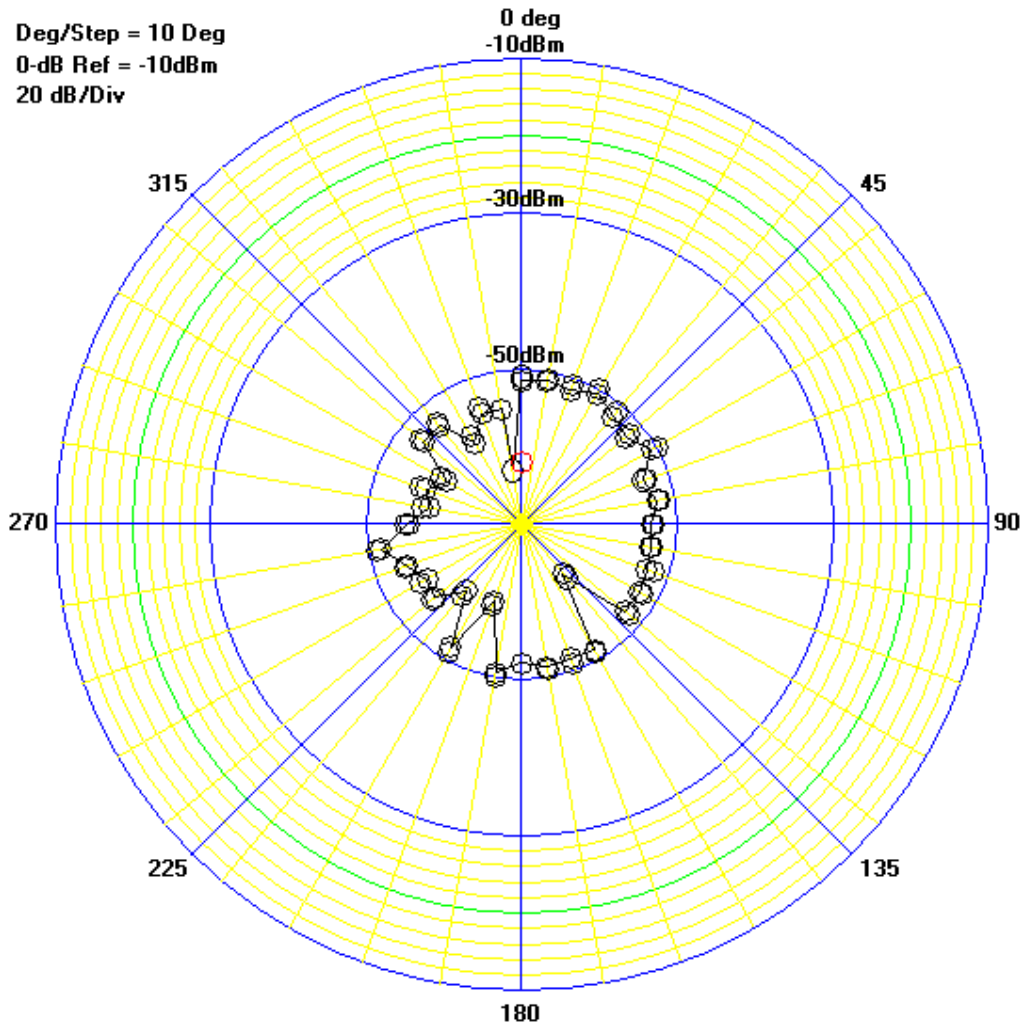


Figura 119: Patrón de radiación -10 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 27 la mejor transmisión que es de -51.21dBm hasta -57.86dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 27.

Patrón de radiación -10 dBm y distancia 3 metros

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -51,53 |
| 0001 | 0010 | -51,29 |
| 0002 | 0020 | -51,65 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -50,62 |
| 0004 | 0040 | -51,90 |
| 0005 | 0050 | -52,54 |
| 0006 | 0060 | -50,84 |
| 0007 | 0070 | -53,39 |
| 0008 | 0080 | -52,41 |
| 0009 | 0090 | -53,39 |
| 0010 | 0100 | -53,24 |
| 0011 | 0110 | -52,95 |
| 0012 | 0120 | -52,54 |
| 0013 | 0130 | -52,68 |
| 0014 | 0140 | -61,75 |
| 0015 | 0150 | -51,29 |
| 0016 | 0160 | -51,65 |
| 0017 | 0170 | -51,41 |
| 0018 | 0180 | -52,15 |
| 0019 | 0190 | -50,62 |
| 0020 | 0200 | -59,45 |
| 0021 | 0210 | -51,77 |
| 0022 | 0220 | -58,91 |
| 0023 | 0230 | -55,45 |
| 0024 | 0240 | -55,91 |
| 0025 | 0250 | -54,32 |
| 0026 | 0260 | -51,65 |
| 0027 | 0270 | -55,45 |
| 0028 | 0280 | -57,86 |
| 0029 | 0290 | -56,87 |
| 0030 | 0300 | -58,91 |
| 0031 | 0310 | -53,54 |
| 0032 | 0320 | -53,54 |
| 0033 | 0330 | -57,86 |
| 0034 | 0340 | -54,82 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -55,00 |
| 0036 | 0360 | -62,99 |

Segunda prueba con amplitud -20dBm

Para la segunda prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 120.

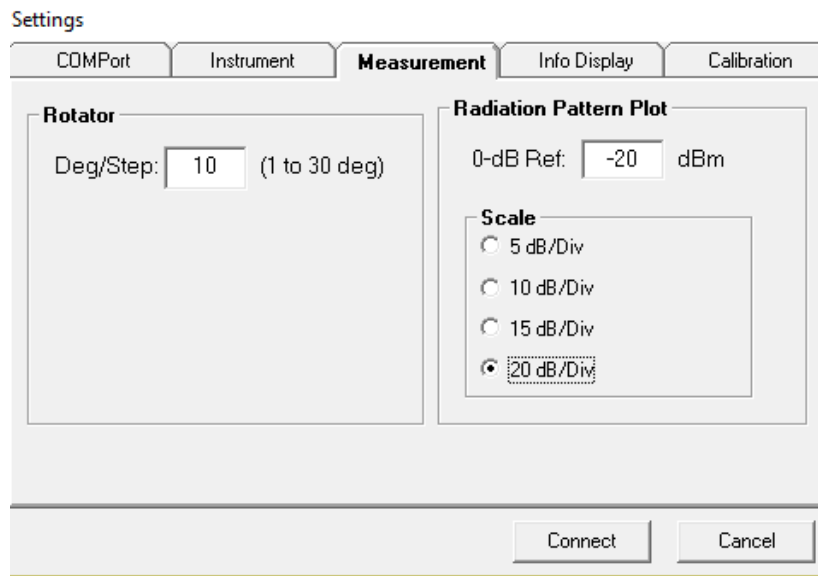




Figura 120: Parámetros con el patrón de radiación de -20dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -20 dBm como se observa en la figura 121, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón "RF on/off"  y apagar el modo en el botón "MOD on/off" .

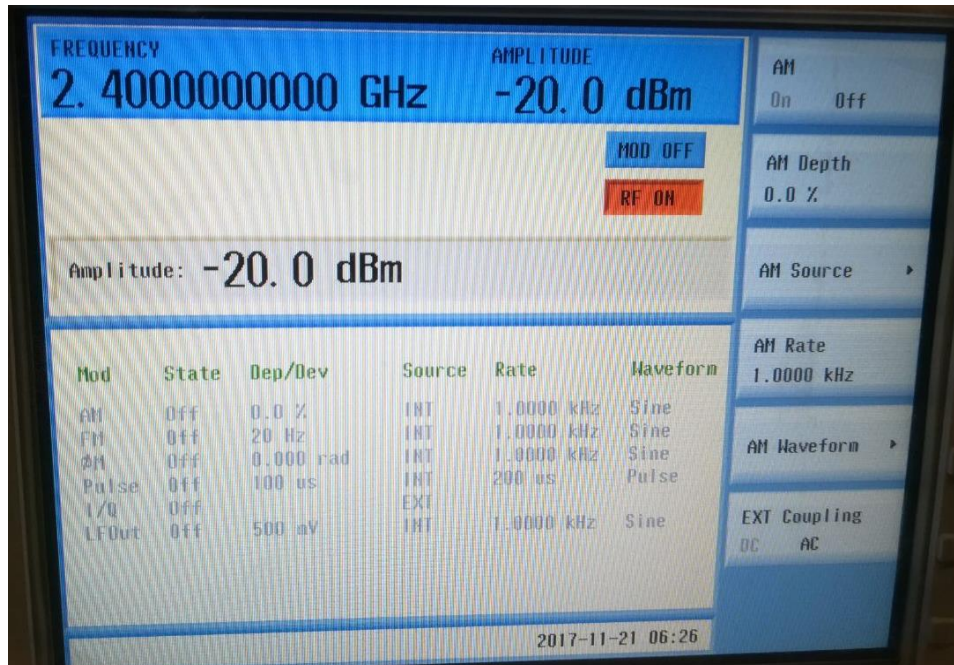


Figura 121: Amplitud de -20dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 122 en forma gráfica y en la tabla 28 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

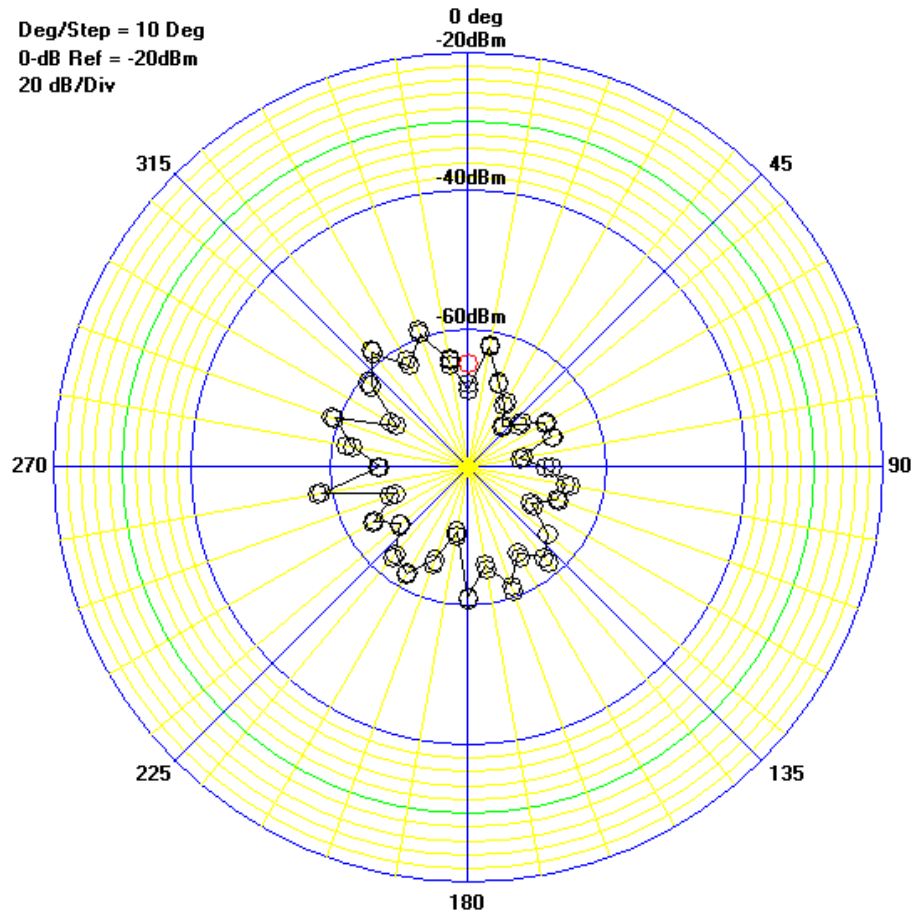


Figura 122: Patrón de radiación -20 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 28 la mejor transmisión que es de -61.75dBm hasta -64.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 28.

Patrón de radiación -20 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -68,81 |
| 0001 | 0010 | -62,36 |
| 0002 | 0020 | -67,21 |
| 0003 | 0030 | -69,65 |
| 0004 | 0040 | -72,40 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0005 | 0050 | -70,53 |
| 0006 | 0060 | -67,21 |
| 0007 | 0070 | -67,21 |
| 0008 | 0080 | -72,40 |
| 0009 | 0090 | -68,81 |
| 0010 | 0100 | -65,71 |
| 0011 | 0110 | -66,45 |
| 0012 | 0120 | -69,65 |
| 0013 | 0130 | -65,00 |
| 0014 | 0140 | -62,99 |
| 0015 | 0150 | -65,71 |
| 0016 | 0160 | -61,75 |
| 0017 | 0170 | -65,71 |
| 0018 | 0180 | -61,15 |
| 0019 | 0190 | -70,53 |
| 0020 | 0200 | -65,71 |
| 0021 | 0210 | -62,36 |
| 0022 | 0220 | -63,64 |
| 0023 | 0230 | -67,21 |
| 0024 | 0240 | -64,31 |
| 0025 | 0250 | -68,81 |
| 0026 | 0260 | -58,38 |
| 0027 | 0270 | -67,21 |
| 0028 | 0280 | -62,99 |
| 0029 | 0290 | -59,45 |
| 0030 | 0300 | -67,99 |
| 0031 | 0310 | -61,75 |
| 0032 | 0320 | -58,38 |
| 0033 | 0330 | -62,99 |
| 0034 | 0340 | -59,45 |
| 0035 | 0350 | -64,31 |
| 0036 | 0360 | -65,00 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 123 en forma gráfica y en la tabla 29 se muestran los resultados en forma numérica.

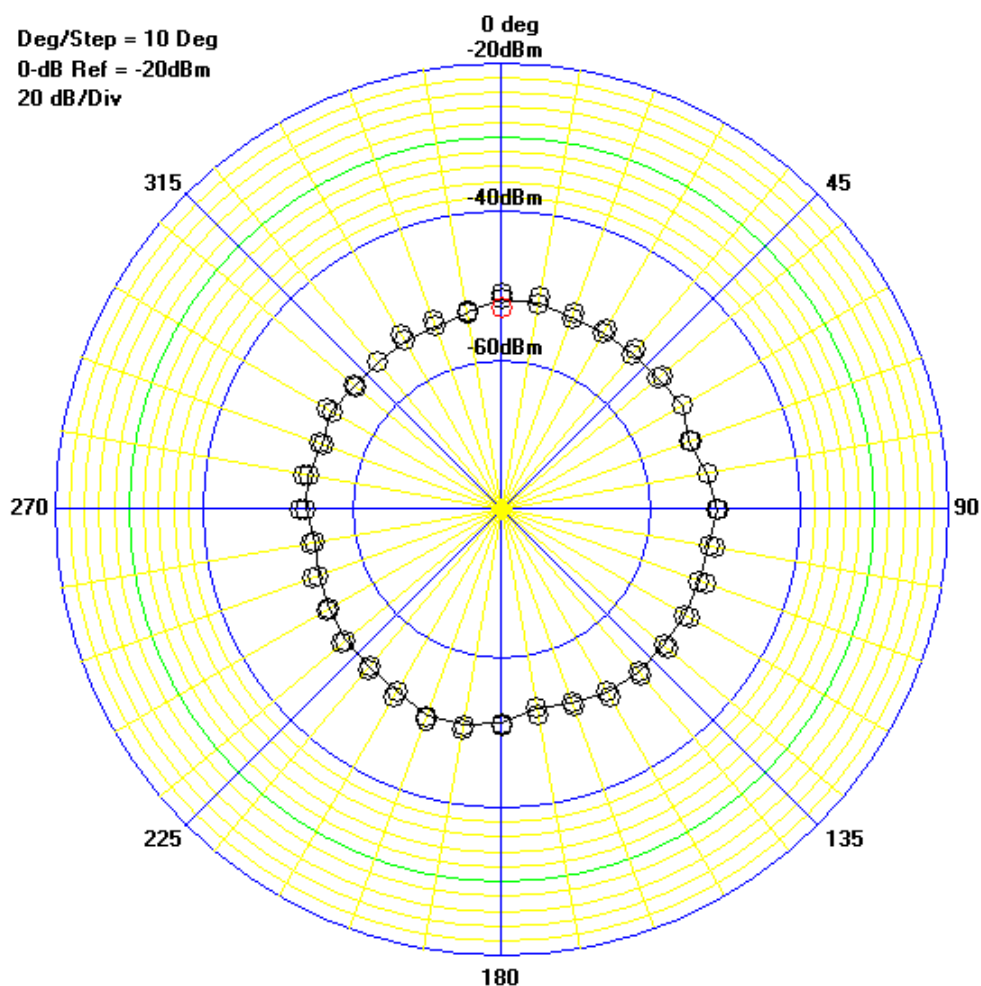


Figura 123: Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 29 la mejor transmisión que es de -51.18dBm hasta -52.95 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 29.

Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -51,77 |
| 0001 | 0010 | -51,90 |
| 0002 | 0020 | -52,68 |
| 0003 | 0030 | -52,68 |
| 0004 | 0040 | -52,82 |
| 0005 | 0050 | -52,68 |
| 0006 | 0060 | -52,02 |
| 0007 | 0070 | -53,24 |
| 0008 | 0080 | -52,02 |
| 0009 | 0090 | -51,18 |
| 0010 | 0100 | -51,77 |
| 0011 | 0110 | -51,90 |
| 0012 | 0120 | -51,65 |
| 0013 | 0130 | -51,65 |
| 0014 | 0140 | -51,53 |
| 0015 | 0150 | -51,77 |
| 0016 | 0160 | -52,41 |
| 0017 | 0170 | -52,95 |
| 0018 | 0180 | -51,29 |
| 0019 | 0190 | -50,62 |
| 0020 | 0200 | -50,41 |
| 0021 | 0210 | -51,77 |
| 0022 | 0220 | -52,41 |
| 0023 | 0230 | -52,54 |
| 0024 | 0240 | -53,24 |
| 0025 | 0250 | -53,84 |
| 0026 | 0260 | -54,48 |
| 0027 | 0270 | -53,69 |
| 0028 | 0280 | -53,69 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0029 | 0290 | -54,48 |
| 0030 | 0300 | -53,69 |
| 0031 | 0310 | -54,32 |
| 0032 | 0320 | -54,16 |
| 0033 | 0330 | -53,84 |
| 0034 | 0340 | -53,84 |
| 0035 | 0350 | -53,24 |
| 0036 | 0360 | -53,10 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 124 en forma gráfica y en la tabla 30 se muestran los resultados en forma numérica.

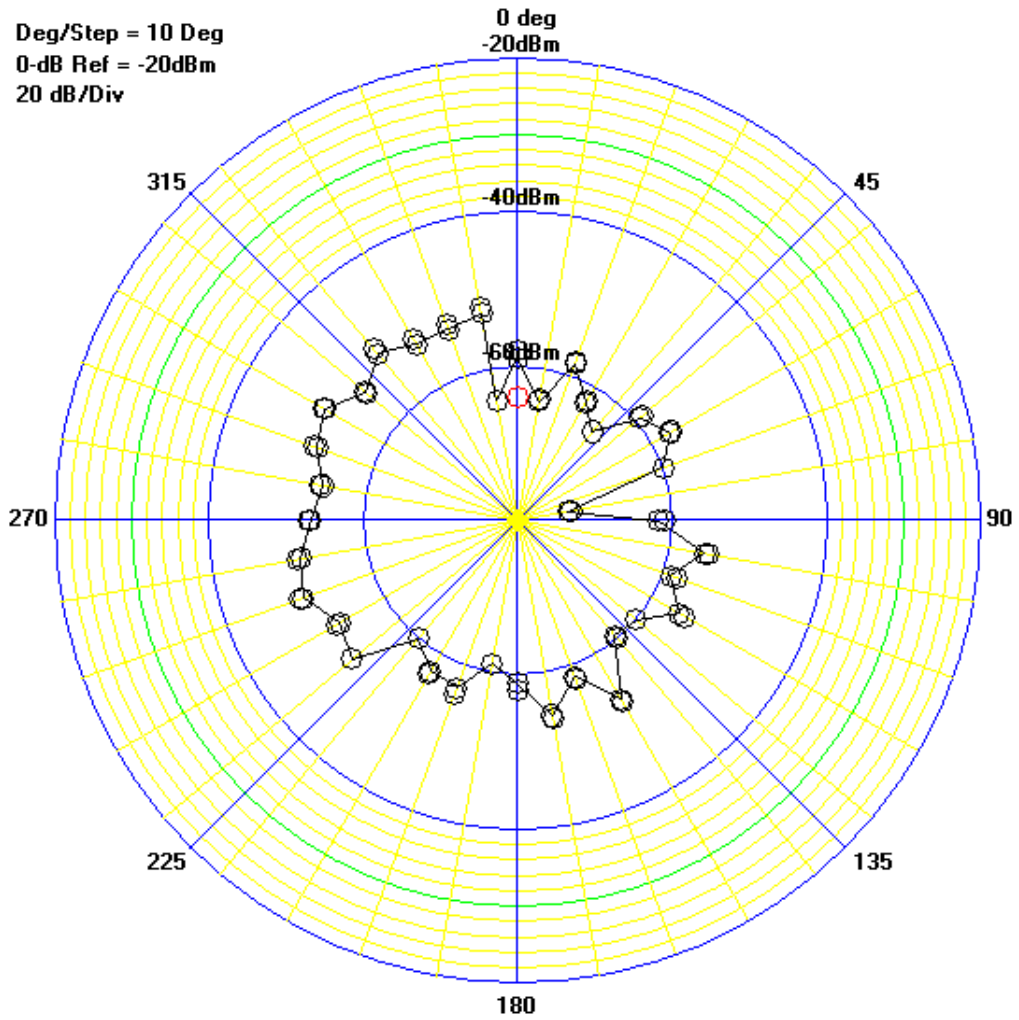


Figura 124: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 30 la mejor transmisión que es de -51.18dBm hasta -58.38 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 30.

Patrón de radiación -20 dBm y distancia 3 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -58,91 |
| 0001 | 0010 | -64,31 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0002 | 0020 | -58,38 |
| 0003 | 0030 | -62,36 |
| 0004 | 0040 | -65,00 |
| 0005 | 0050 | -59,45 |
| 0006 | 0060 | -57,36 |
| 0007 | 0070 | -60,00 |
| 0008 | 0080 | -73,40 |
| 0009 | 0090 | -61,75 |
| 0010 | 0100 | -55,45 |
| 0011 | 0110 | -58,91 |
| 0012 | 0120 | -55,91 |
| 0013 | 0130 | -60,00 |
| 0014 | 0140 | -60,57 |
| 0015 | 0150 | -53,24 |
| 0016 | 0160 | -58,38 |
| 0017 | 0170 | -54,32 |
| 0018 | 0180 | -58,91 |
| 0019 | 0190 | -61,15 |
| 0020 | 0200 | -56,87 |
| 0021 | 0210 | -57,36 |
| 0022 | 0220 | -60,00 |
| 0023 | 0230 | -52,02 |
| 0024 | 0240 | -53,39 |
| 0025 | 0250 | -50,41 |
| 0026 | 0260 | -51,41 |
| 0027 | 0270 | -53,24 |
| 0028 | 0280 | -54,32 |
| 0029 | 0290 | -52,41 |
| 0030 | 0300 | -51,18 |
| 0031 | 0310 | -54,32 |
| 0032 | 0320 | -51,90 |
| 0033 | 0330 | -53,69 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0034 | 0340 | -53,69 |
| 0035 | 0350 | -52,82 |
| 0036 | 0360 | -64,31 |

Tercera prueba con amplitud -30dBm

Para la tercera prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 125.

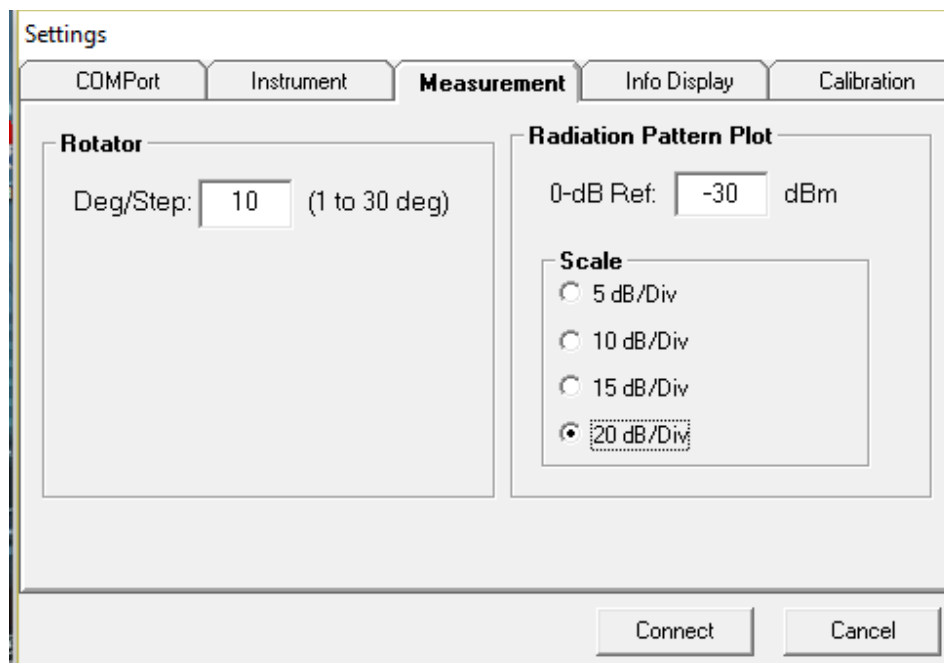




Figura 125: Parámetros con el patrón de radiación de -30dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -30 dBm como se observa en la figura 126, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón "RF on/off"  y apagar el modo en el botón "MOD on/off" .

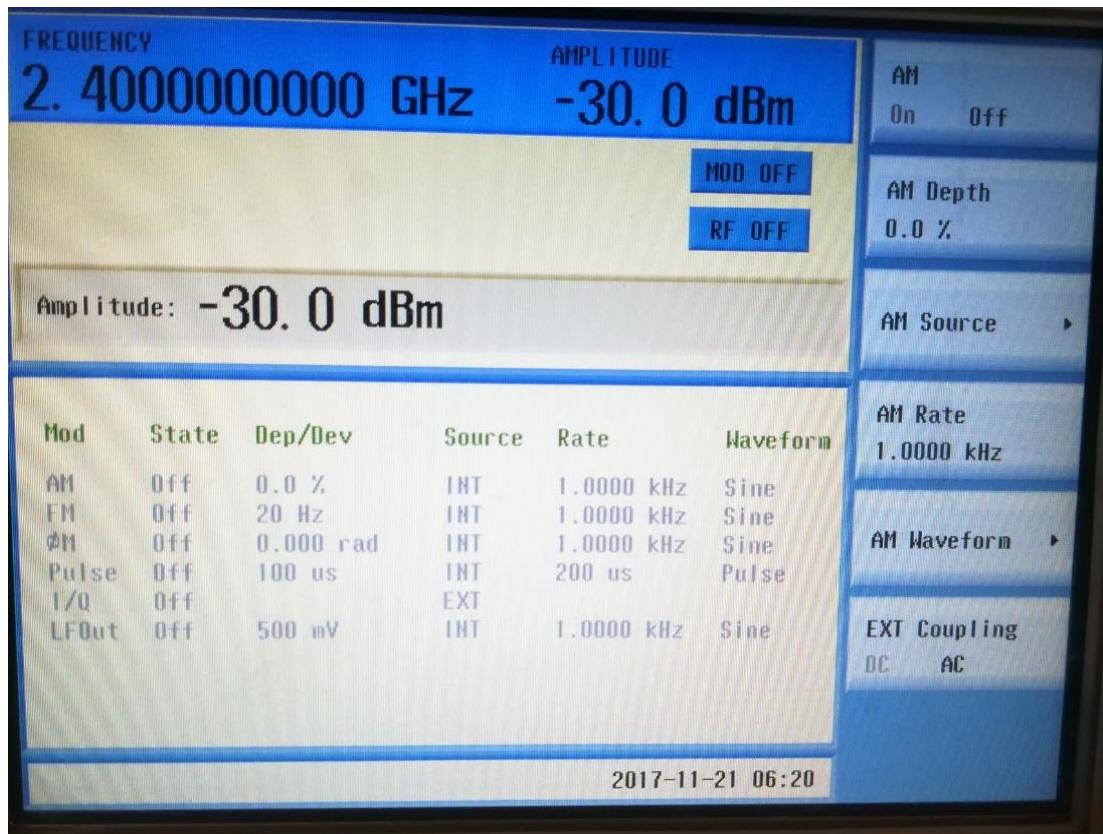


Figura 126: Amplitud de -30dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 127 en forma gráfica y en la tabla 31 se muestran los resultados en forma numérica.

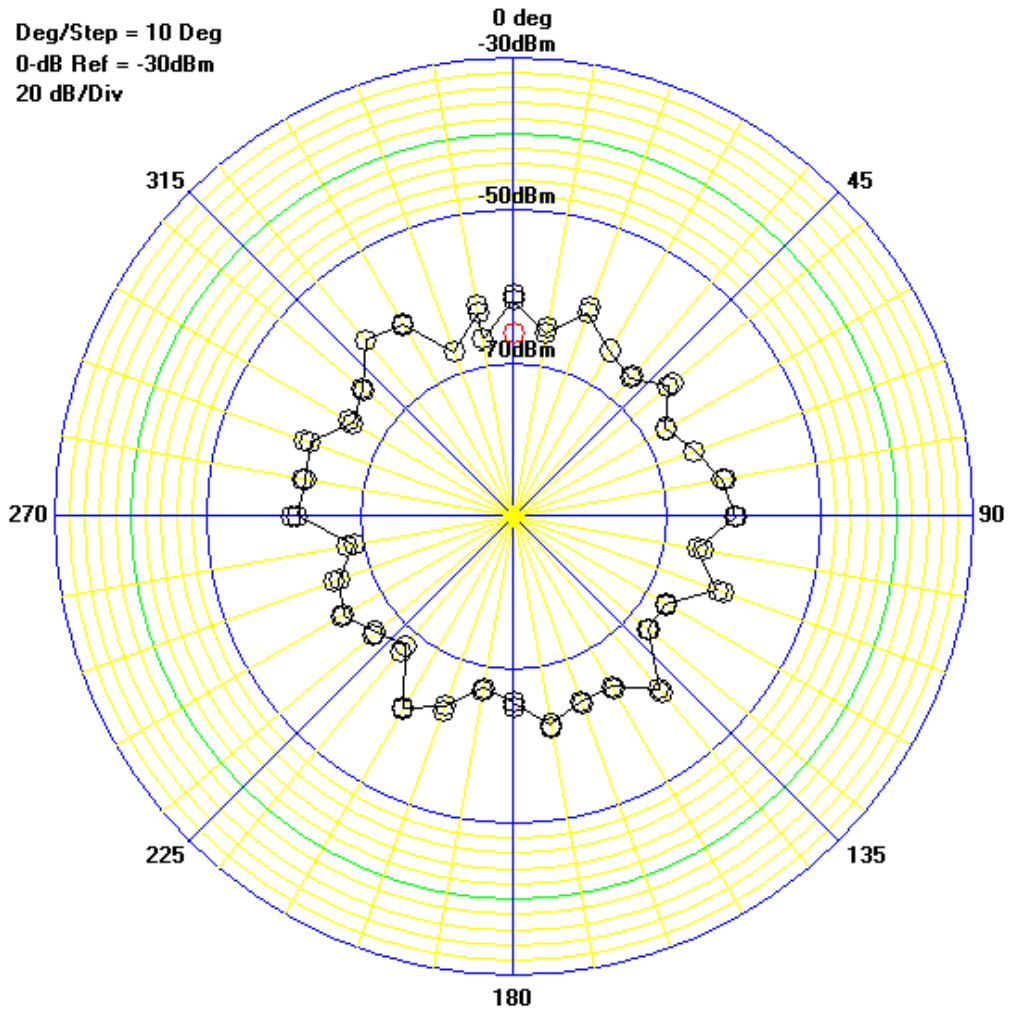


Figura 127: Patrón de radiación -30 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 31 la mejor transmisión que es de -60.00dBm hasta -64.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 31.

Patrón de radiación -30 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -61,75 |
| 0001 | 0010 | -65,71 |
| 0002 | 0020 | -61,75 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -65,00 |
| 0004 | 0040 | -66,45 |
| 0005 | 0050 | -63,64 |
| 0006 | 0060 | -67,21 |
| 0007 | 0070 | -65,00 |
| 0008 | 0080 | -62,36 |
| 0009 | 0090 | -61,15 |
| 0010 | 0100 | -65,71 |
| 0011 | 0110 | -61,75 |
| 0012 | 0120 | -67,21 |
| 0013 | 0130 | -67,21 |
| 0014 | 0140 | -60,57 |
| 0015 | 0150 | -64,31 |
| 0016 | 0160 | -64,31 |
| 0017 | 0170 | -62,36 |
| 0018 | 0180 | -65,71 |
| 0019 | 0190 | -67,21 |
| 0020 | 0200 | -63,64 |
| 0021 | 0210 | -61,15 |
| 0022 | 0220 | -67,99 |
| 0023 | 0230 | -66,45 |
| 0024 | 0240 | -64,31 |
| 0025 | 0250 | -65,71 |
| 0026 | 0260 | -68,81 |
| 0027 | 0270 | -61,75 |
| 0028 | 0280 | -62,36 |
| 0029 | 0290 | -61,75 |
| 0030 | 0300 | -65,71 |
| 0031 | 0310 | -64,31 |
| 0032 | 0320 | -60,00 |
| 0033 | 0330 | -61,15 |
| 0034 | 0340 | -67,21 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -62,99 |
| 0036 | 0360 | -66,45 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 128 en forma gráfica y en la tabla 32 se muestran los resultados en forma numérica

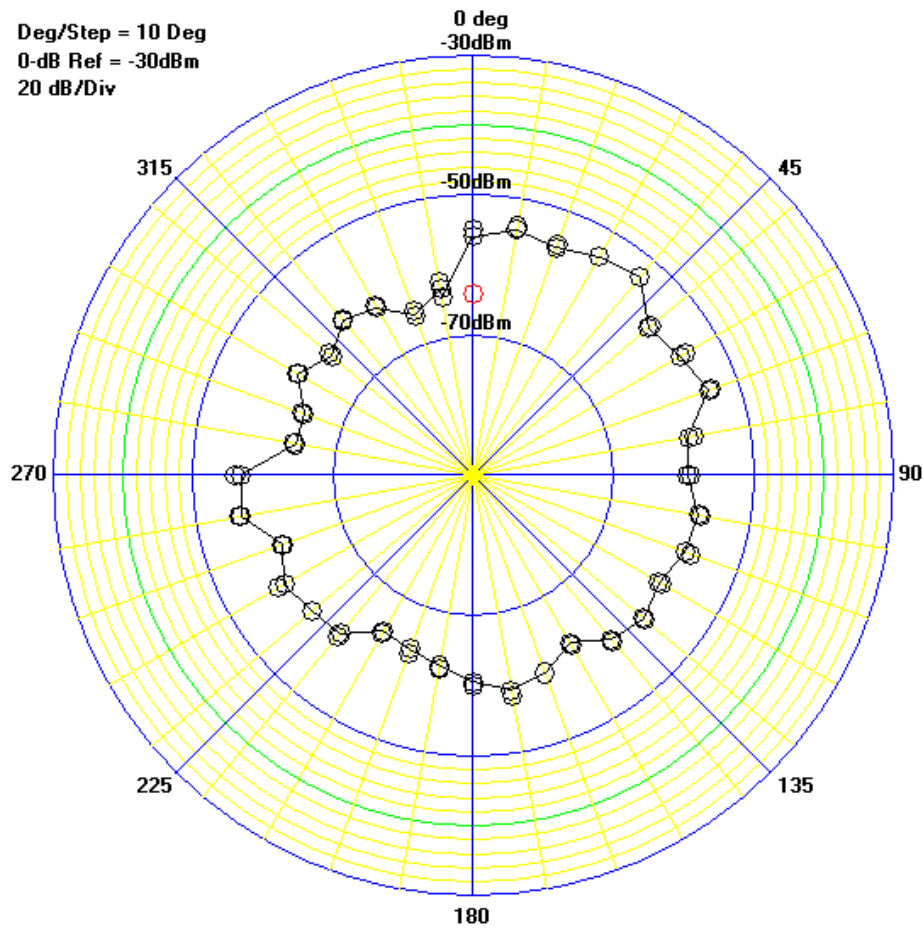


Figura 128: Patrón de radiación -30 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 32 la mejor transmisión que es de -54.00dBm hasta -59.45 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 32.

Patrón de radiación -30 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -55,91 |
| 0001 | 0010 | -54,48 |
| 0002 | 0020 | -55,45 |
| 0003 | 0030 | -54,00 |
| 0004 | 0040 | -53,10 |
| 0005 | 0050 | -57,36 |
| 0006 | 0060 | -55,91 |
| 0007 | 0070 | -54,32 |
| 0008 | 0080 | -58,91 |
| 0009 | 0090 | -59,45 |
| 0010 | 0100 | -57,36 |
| 0011 | 0110 | -57,86 |
| 0012 | 0120 | -59,45 |
| 0013 | 0130 | -58,38 |
| 0014 | 0140 | -59,45 |
| 0015 | 0150 | -62,36 |
| 0016 | 0160 | -60,00 |
| 0017 | 0170 | -58,91 |
| 0018 | 0180 | -60,57 |
| 0019 | 0190 | -62,36 |
| 0020 | 0200 | -63,64 |
| 0021 | 0210 | -64,31 |
| 0022 | 0220 | -60,57 |
| 0023 | 0230 | -60,00 |
| 0024 | 0240 | -58,91 |
| 0025 | 0250 | -61,15 |
| 0026 | 0260 | -56,39 |
| 0027 | 0270 | -56,87 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0028 | 0280 | -64,31 |
| 0029 | 0290 | -64,31 |
| 0030 | 0300 | -61,15 |
| 0031 | 0310 | -63,64 |
| 0032 | 0320 | -61,15 |
| 0033 | 0330 | -62,36 |
| 0034 | 0340 | -65,71 |
| 0035 | 0350 | -62,99 |
| 0036 | 0360 | -64,31 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 129 en forma gráfica y en la tabla 33 se muestran los resultados en forma numérica.

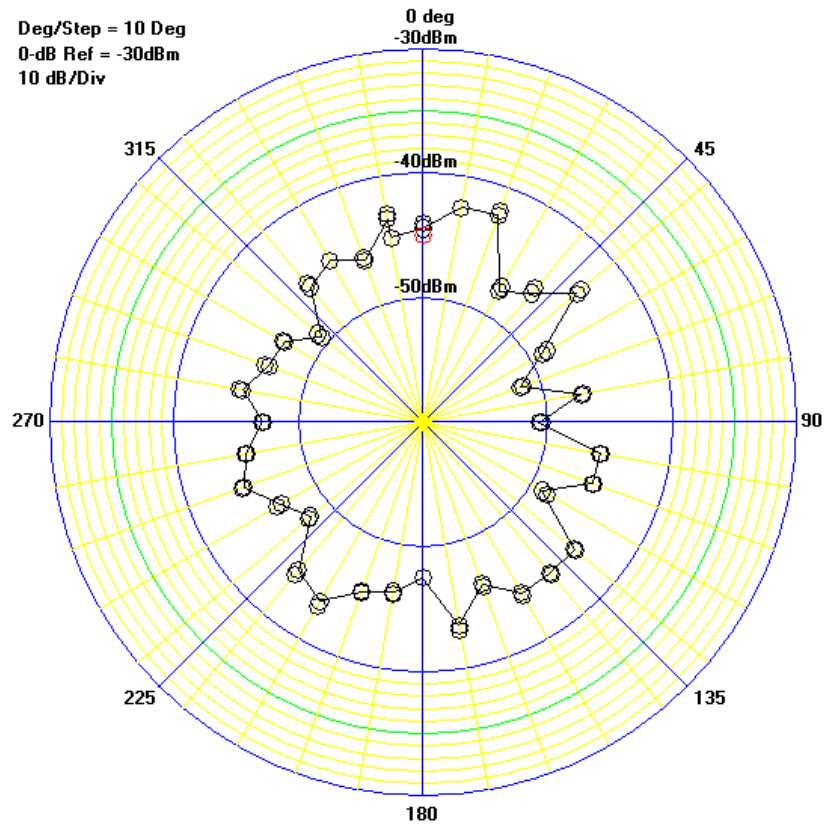


Figura 129: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 33 la mejor transmisión que es de -54.65dBm hasta -61.75 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 33.

Patrón de radiación -30 dBm y distancia 3 metros

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -58,91 |
| 0001 | 0010 | -55,00 |
| 0002 | 0020 | -54,65 |
| 0003 | 0030 | -65,71 |
| 0004 | 0040 | -62,99 |
| 0005 | 0050 | -57,86 |
| 0006 | 0060 | -67,99 |
| 0007 | 0070 | -73,40 |
| 0008 | 0080 | -64,31 |
| 0009 | 0090 | -71,45 |
| 0010 | 0100 | -61,15 |
| 0011 | 0110 | -61,15 |
| 0012 | 0120 | -67,99 |
| 0013 | 0130 | -58,38 |
| 0014 | 0140 | -58,38 |
| 0015 | 0150 | -58,38 |
| 0016 | 0160 | -62,36 |
| 0017 | 0170 | -56,87 |
| 0018 | 0180 | -65,00 |
| 0019 | 0190 | -62,36 |
| 0020 | 0200 | -61,15 |
| 0021 | 0210 | -56,87 |
| 0022 | 0220 | -58,91 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0023 | 0230 | -66,45 |
| 0024 | 0240 | -63,64 |
| 0025 | 0250 | -59,45 |
| 0026 | 0260 | -61,15 |
| 0027 | 0270 | -64,31 |
| 0028 | 0280 | -60,57 |
| 0029 | 0290 | -63,64 |
| 0030 | 0300 | -64,31 |
| 0031 | 0310 | -68,81 |
| 0032 | 0320 | -61,75 |
| 0033 | 0330 | -60,00 |
| 0034 | 0340 | -62,36 |
| 0035 | 0350 | -56,87 |
| 0036 | 0360 | -60,00 |

Cuarta prueba con amplitud -40dBm

Para la primera prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 130.

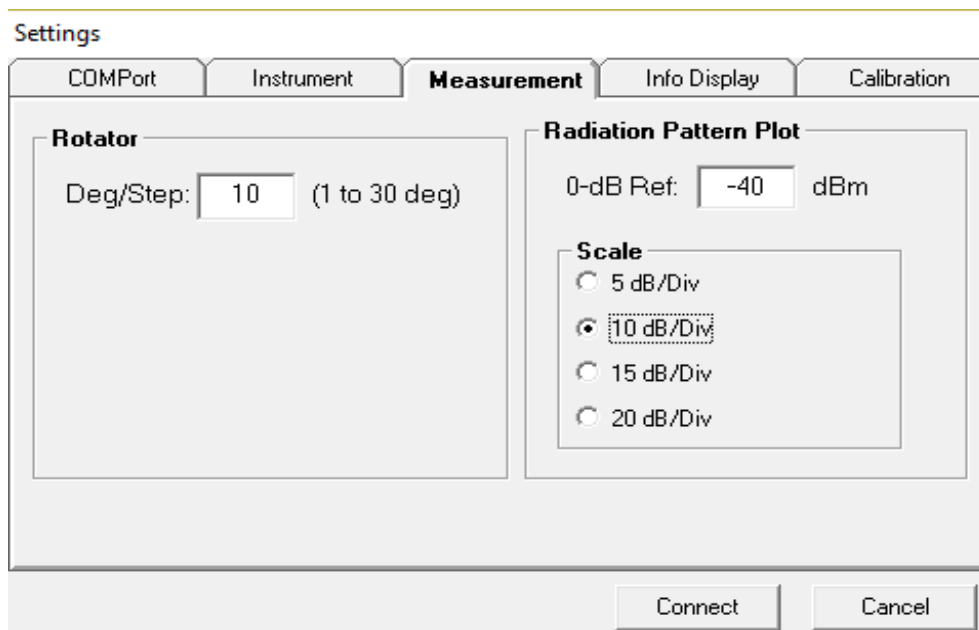




Figura 130: Parámetros con el patrón de radiación de -40dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -40 dBm como se observa en la figura 131, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón “RF on/off”  y apagar el modo en el botón “MOD on/off” .

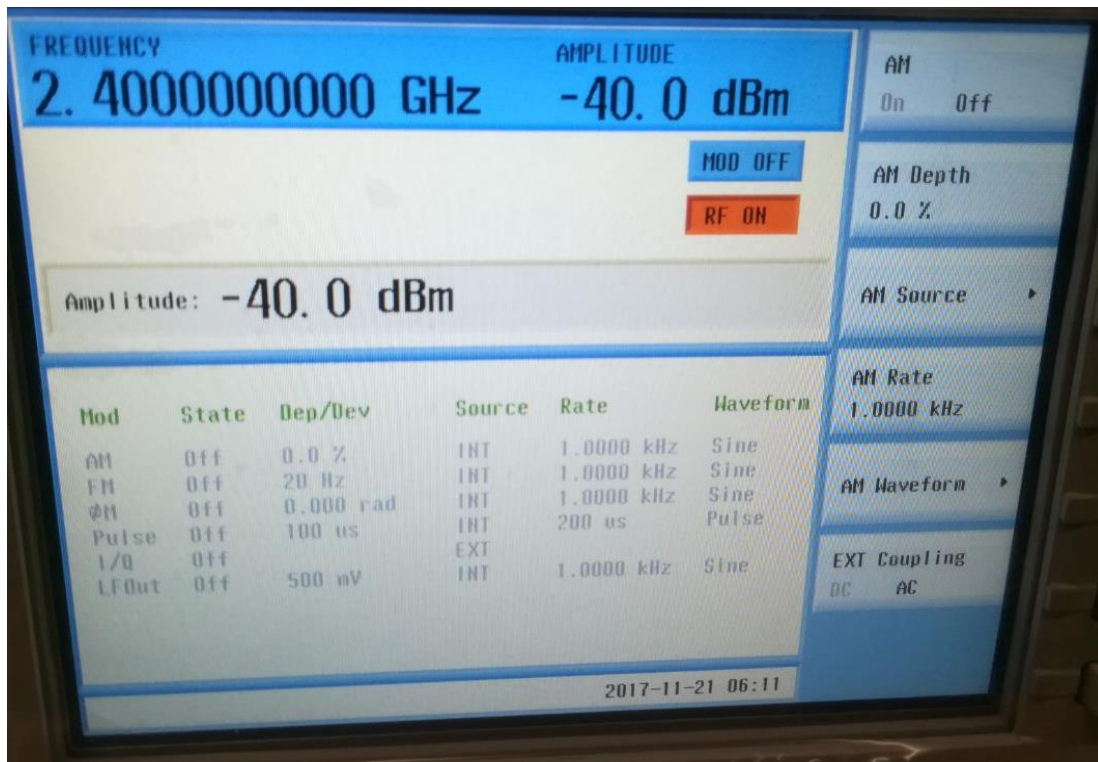


Figura 131: Amplitud de -40dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 132 en forma gráfica y en la tabla 34 se muestran los resultados en forma numérica.

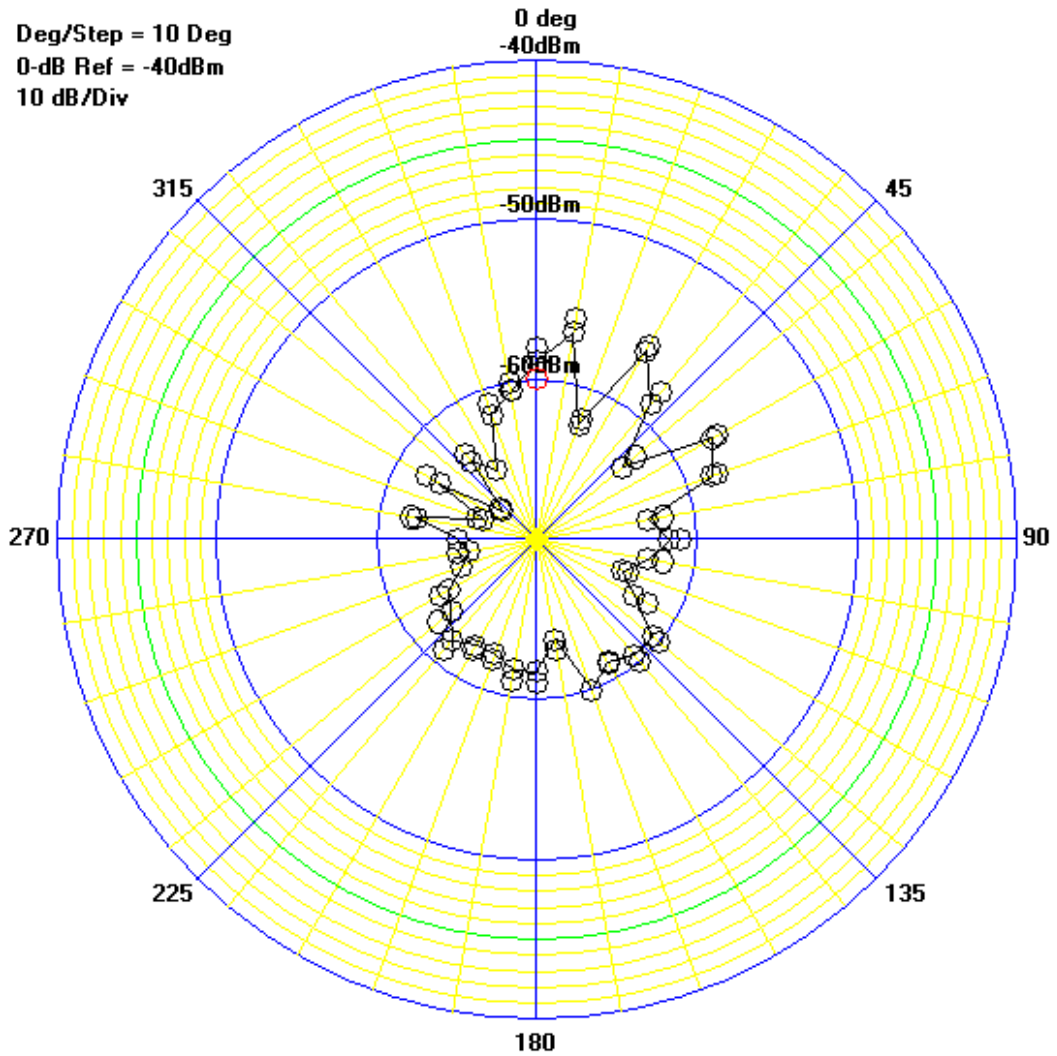


Figura 132: Patrón de radiación -40 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 34 la mejor transmisión que es de -56.39dBm hasta -61.75 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 34.

Patrón de radiación -40 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|----------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -58,91 |
| 0001 | 0010 | -56,87 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0002 | 0020 | -62,36 |
| 0003 | 0030 | -56,39 |
| 0004 | 0040 | -58,91 |
| 0005 | 0050 | -62,99 |
| 0006 | 0060 | -57,36 |
| 0007 | 0070 | -58,38 |
| 0008 | 0080 | -62,99 |
| 0009 | 0090 | -61,75 |
| 0010 | 0100 | -62,99 |
| 0011 | 0110 | -64,31 |
| 0012 | 0120 | -62,99 |
| 0013 | 0130 | -60,57 |
| 0014 | 0140 | -60,57 |
| 0015 | 0150 | -61,15 |
| 0016 | 0160 | -60,00 |
| 0017 | 0170 | -63,64 |
| 0018 | 0180 | -61,75 |
| 0019 | 0190 | -61,75 |
| 0020 | 0200 | -62,36 |
| 0021 | 0210 | -62,36 |
| 0022 | 0220 | -61,75 |
| 0023 | 0230 | -62,99 |
| 0024 | 0240 | -63,64 |
| 0025 | 0250 | -65,00 |
| 0026 | 0260 | -65,71 |
| 0027 | 0270 | -65,00 |
| 0028 | 0280 | -62,36 |
| 0029 | 0290 | -66,45 |
| 0030 | 0300 | -62,99 |
| 0031 | 0310 | -67,21 |
| 0032 | 0320 | -63,64 |
| 0033 | 0330 | -65,00 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0034 | 0340 | -61,75 |
| 0035 | 0350 | -60,57 |
| 0036 | 0360 | -60,57 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 133 en forma gráfica y en la tabla 35 se muestran los resultados en forma numérica.

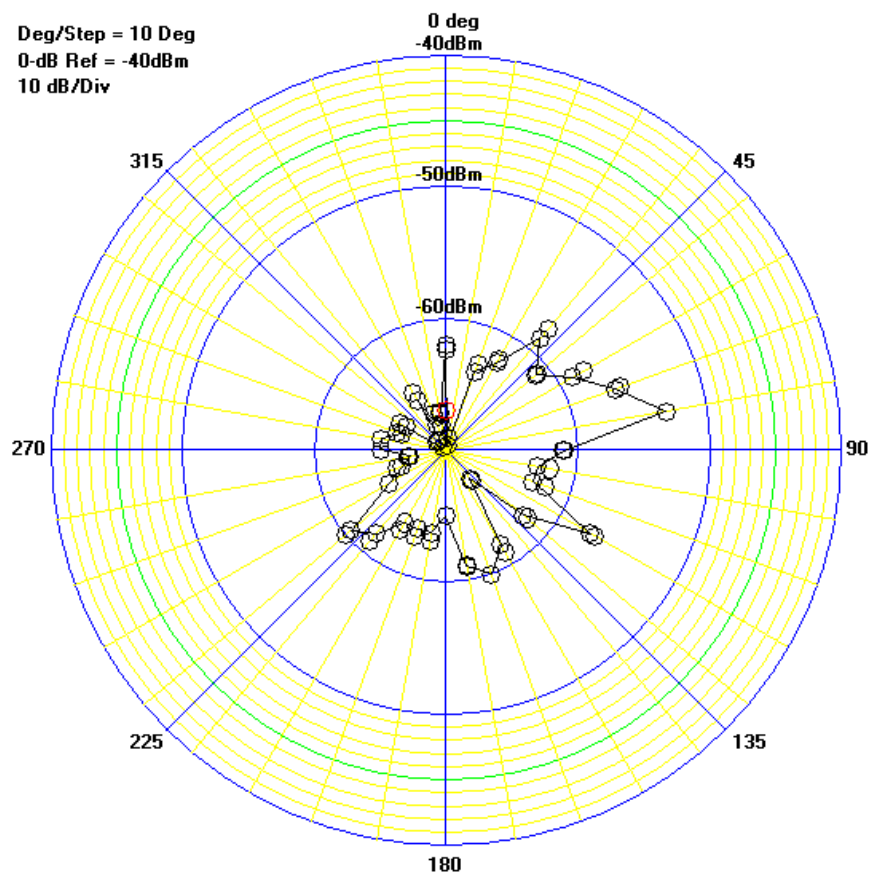


Figura 133: Patrón de radiación -40 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 35 la mejor transmisión que es de -53.10dBm hasta -61.15

dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 35.

Patrón de radiación -40 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -62,36 |
| 0001 | 0010 | -69,65 |
| 0002 | 0020 | -63,64 |
| 0003 | 0030 | -62,36 |
| 0004 | 0040 | -58,91 |
| 0005 | 0050 | -61,15 |
| 0006 | 0060 | -58,91 |
| 0007 | 0070 | -56,39 |
| 0008 | 0080 | -53,10 |
| 0009 | 0090 | -61,15 |
| 0010 | 0100 | -62,99 |
| 0011 | 0110 | -62,99 |
| 0012 | 0120 | -57,36 |
| 0013 | 0130 | -62,36 |
| 0014 | 0140 | -67,21 |
| 0015 | 0150 | -61,75 |
| 0016 | 0160 | -60,00 |
| 0017 | 0170 | -61,15 |
| 0018 | 0180 | -65,00 |
| 0019 | 0190 | -63,64 |
| 0020 | 0200 | -63,64 |
| 0021 | 0210 | -63,64 |
| 0022 | 0220 | -61,75 |
| 0023 | 0230 | -60,57 |
| 0024 | 0240 | -65,00 |
| 0025 | 0250 | -66,45 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0026 | 0260 | -67,21 |
| 0027 | 0270 | -65,00 |
| 0028 | 0280 | -65,00 |
| 0029 | 0290 | -66,45 |
| 0030 | 0300 | -66,45 |
| 0031 | 0310 | -69,65 |
| 0032 | 0320 | -69,65 |
| 0033 | 0330 | -65,71 |
| 0034 | 0340 | -67,99 |
| 0035 | 0350 | -67,99 |
| 0036 | 0360 | -67,21 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 134 en forma gráfica y en la tabla 36 se muestran los resultados en forma numérica.

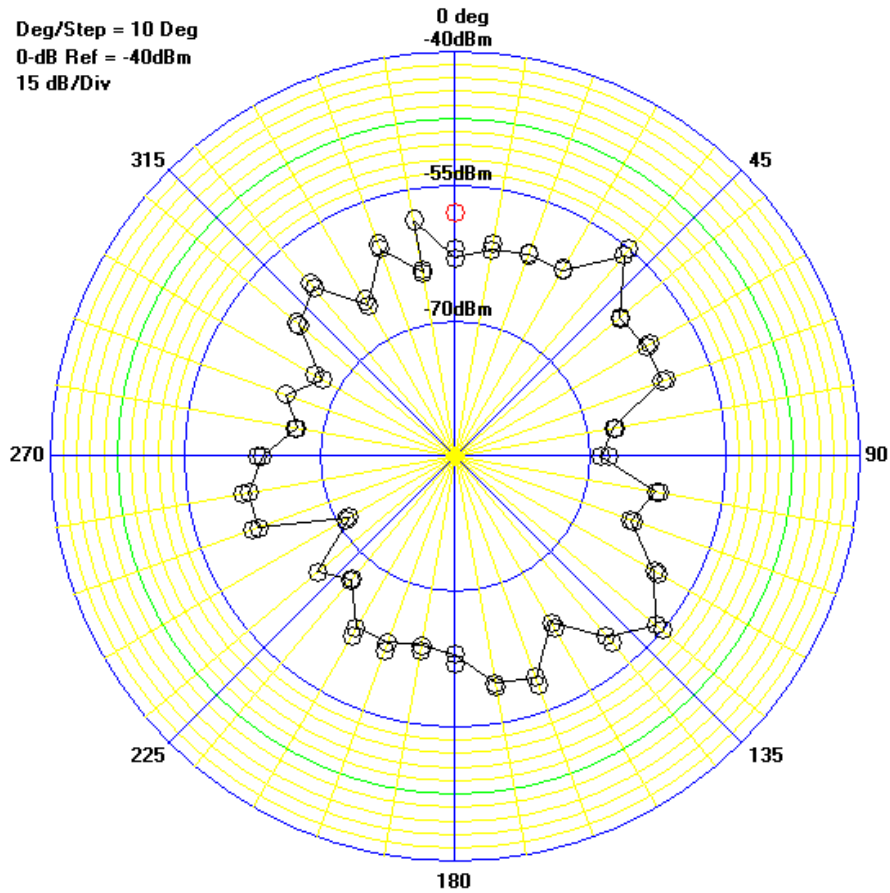


Figura 134: Patrón de radiación -40 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 36 la mejor transmisión que es de -55.91dBm hasta -61.75 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 36.

Patrón de radiación -40 dBm y distancia 3 metros

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -62,99 |
| 0001 | 0010 | -61,75 |
| 0002 | 0020 | -61,15 |
| 0003 | 0030 | -61,15 |
| 0004 | 0040 | -55,91 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0005 | 0050 | -61,15 |
| 0006 | 0060 | -60,57 |
| 0007 | 0070 | -60,57 |
| 0008 | 0080 | -67,21 |
| 0009 | 0090 | -68,81 |
| 0010 | 0100 | -62,36 |
| 0011 | 0110 | -64,31 |
| 0012 | 0120 | -59,45 |
| 0013 | 0130 | -55,91 |
| 0014 | 0140 | -58,91 |
| 0015 | 0150 | -63,64 |
| 0016 | 0160 | -58,91 |
| 0017 | 0170 | -59,45 |
| 0018 | 0180 | -62,99 |
| 0019 | 0190 | -63,64 |
| 0020 | 0200 | -62,99 |
| 0021 | 0210 | -62,99 |
| 0022 | 0220 | -67,21 |
| 0023 | 0230 | -65,00 |
| 0024 | 0240 | -71,45 |
| 0025 | 0250 | -61,75 |
| 0026 | 0260 | -61,75 |
| 0027 | 0270 | -63,64 |
| 0028 | 0280 | -67,21 |
| 0029 | 0290 | -65,00 |
| 0030 | 0300 | -67,99 |
| 0031 | 0310 | -62,36 |
| 0032 | 0320 | -60,57 |
| 0033 | 0330 | -65,71 |
| 0034 | 0340 | -60,57 |
| 0035 | 0350 | -64,31 |
| 0036 | 0360 | -58,38 |

Quinta prueba con amplitud -50dBm

Para la quinta prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 135.

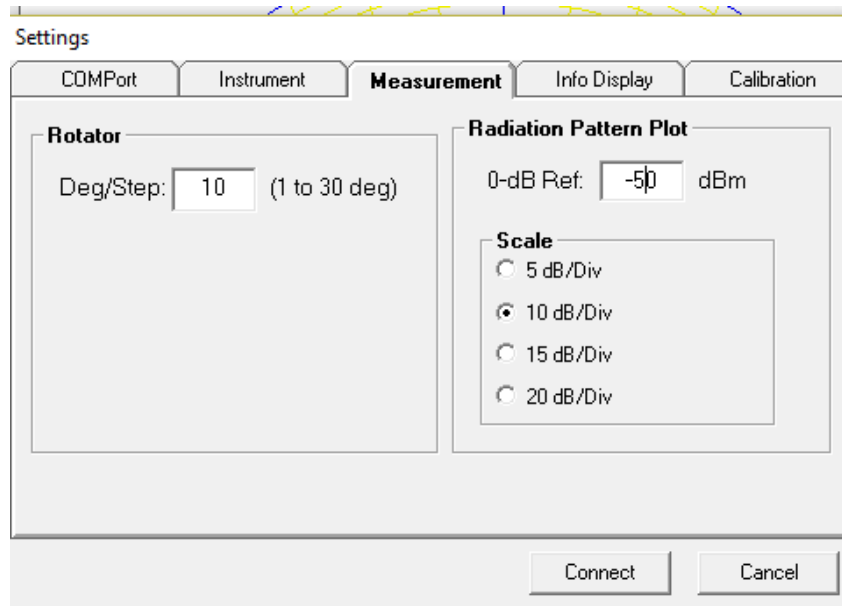




Figura 135: Parámetros con el patrón de radiación de -50dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -50 dBm como se observa en la figura 136, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón "RF on/off"  y apagar el modo en el botón "MOD on/off" .

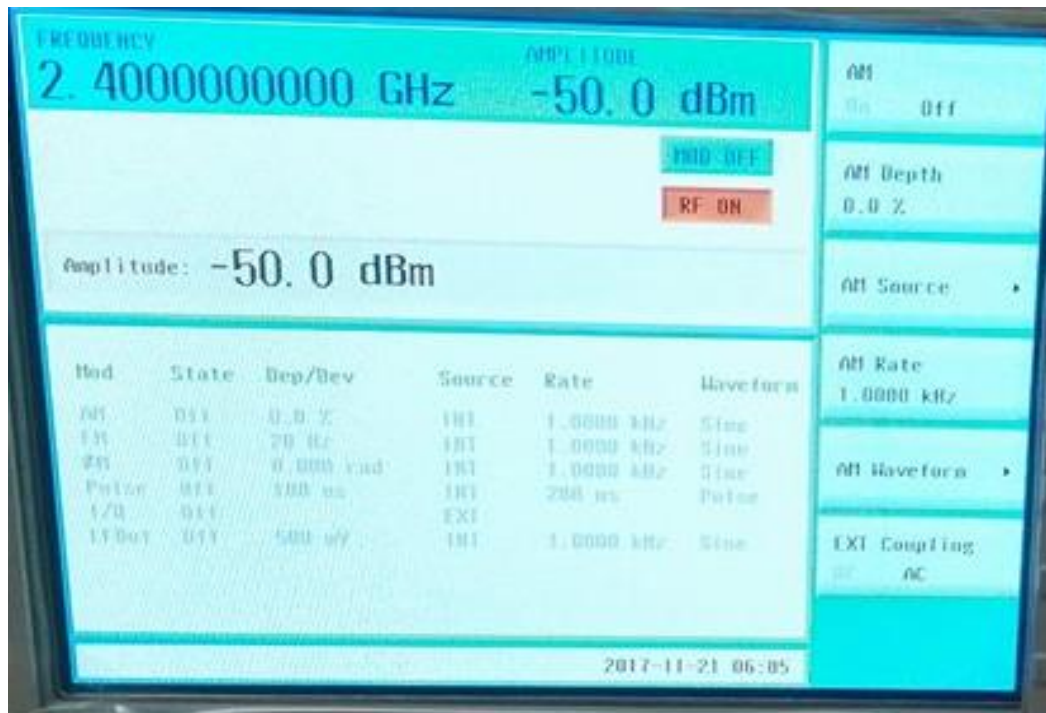


Figura 136: Amplitud de -50dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 137 en forma gráfica y en la tabla 37 se muestran los resultados en forma numérica.

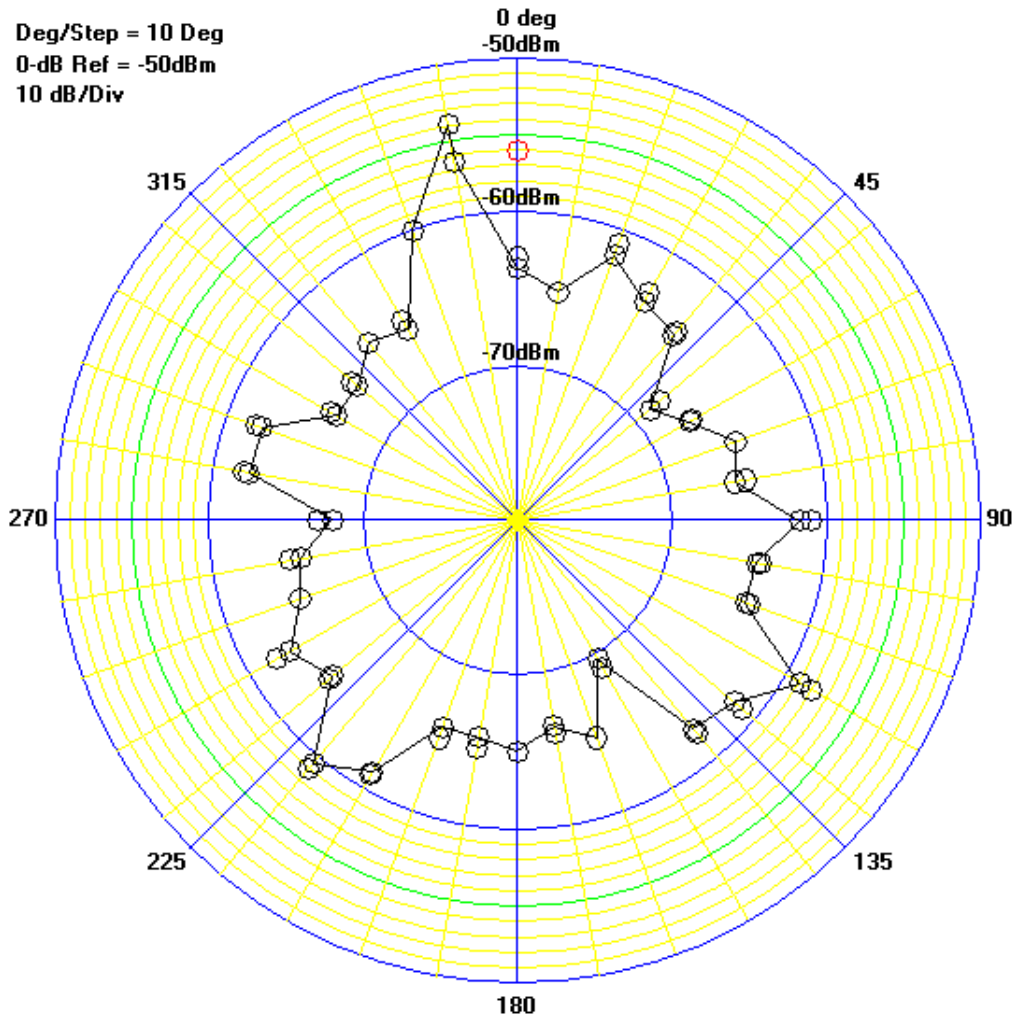


Figura 137: Patrón de radiación -50 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 37 la mejor transmisión que es de -54.00dBm hasta -61.75 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 37.

Patrón de radiación -50 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -63,64 |
| 0001 | 0010 | -65,00 |
| 0002 | 0020 | -61,75 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -63,64 |
| 0004 | 0040 | -64,31 |
| 0005 | 0050 | -68,81 |
| 0006 | 0060 | -67,21 |
| 0007 | 0070 | -65,00 |
| 0008 | 0080 | -65,71 |
| 0009 | 0090 | -61,75 |
| 0010 | 0100 | -64,31 |
| 0011 | 0110 | -64,31 |
| 0012 | 0120 | -58,91 |
| 0013 | 0130 | -61,75 |
| 0014 | 0140 | -62,36 |
| 0015 | 0150 | -69,65 |
| 0016 | 0160 | -65,00 |
| 0017 | 0170 | -66,45 |
| 0018 | 0180 | -65,00 |
| 0019 | 0190 | -65,71 |
| 0020 | 0200 | -65,71 |
| 0021 | 0210 | -61,15 |
| 0022 | 0220 | -59,45 |
| 0023 | 0230 | -64,31 |
| 0024 | 0240 | -62,99 |
| 0025 | 0250 | -65,00 |
| 0026 | 0260 | -65,71 |
| 0027 | 0270 | -67,99 |
| 0028 | 0280 | -62,36 |
| 0029 | 0290 | -62,36 |
| 0030 | 0300 | -66,45 |
| 0031 | 0310 | -66,45 |
| 0032 | 0320 | -65,00 |
| 0033 | 0330 | -65,71 |
| 0034 | 0340 | -60,00 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -54,00 |
| 0036 | 0360 | -56,39 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 138 en forma gráfica y en la tabla 38 se muestran los resultados en forma numérica.

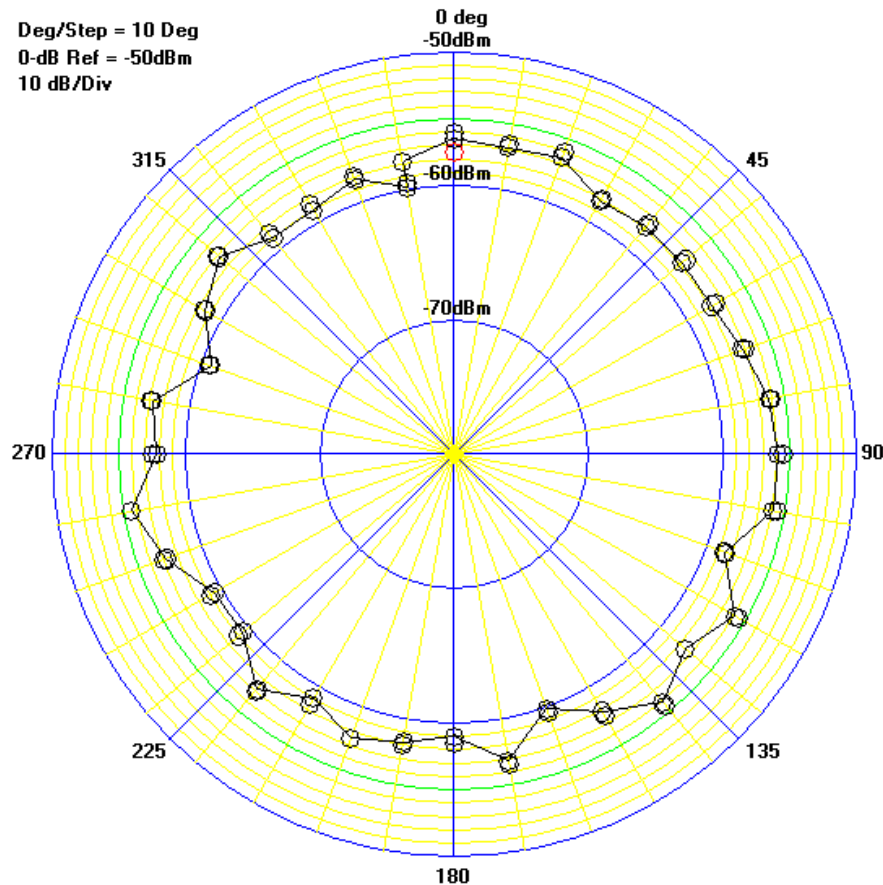


Figura 138: Patrón de radiación -50 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 38 la mejor transmisión que es de -61.15dBm hasta -65.71 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 38.

Patrón de radiación -50 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -62,99 |
| 0001 | 0010 | -63,64 |
| 0002 | 0020 | -62,99 |
| 0003 | 0030 | -66,45 |
| 0004 | 0040 | -65,71 |
| 0005 | 0050 | -65,71 |
| 0006 | 0060 | -65,71 |
| 0007 | 0070 | -64,31 |
| 0008 | 0080 | -62,36 |
| 0009 | 0090 | -61,75 |
| 0010 | 0100 | -61,75 |
| 0011 | 0110 | -67,21 |
| 0012 | 0120 | -61,75 |
| 0013 | 0130 | -65,00 |
| 0014 | 0140 | -61,75 |
| 0015 | 0150 | -65,71 |
| 0016 | 0160 | -69,65 |
| 0017 | 0170 | -63,64 |
| 0018 | 0180 | -67,99 |
| 0019 | 0190 | -66,45 |
| 0020 | 0200 | -65,00 |
| 0021 | 0210 | -67,99 |
| 0022 | 0220 | -64,31 |
| 0023 | 0230 | -68,81 |
| 0024 | 0240 | -68,81 |
| 0025 | 0250 | -64,31 |
| 0026 | 0260 | -61,15 |
| 0027 | 0270 | -65,71 |
| 0028 | 0280 | -64,31 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0029 | 0290 | -71,45 |
| 0030 | 0300 | -67,21 |
| 0031 | 0310 | -64,31 |
| 0032 | 0320 | -67,99 |
| 0033 | 0330 | -67,99 |
| 0034 | 0340 | -66,45 |
| 0035 | 0350 | -69,65 |
| 0036 | 0360 | -65,71 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 139 en forma gráfica y en la tabla 39 se muestran los resultados en forma numérica.

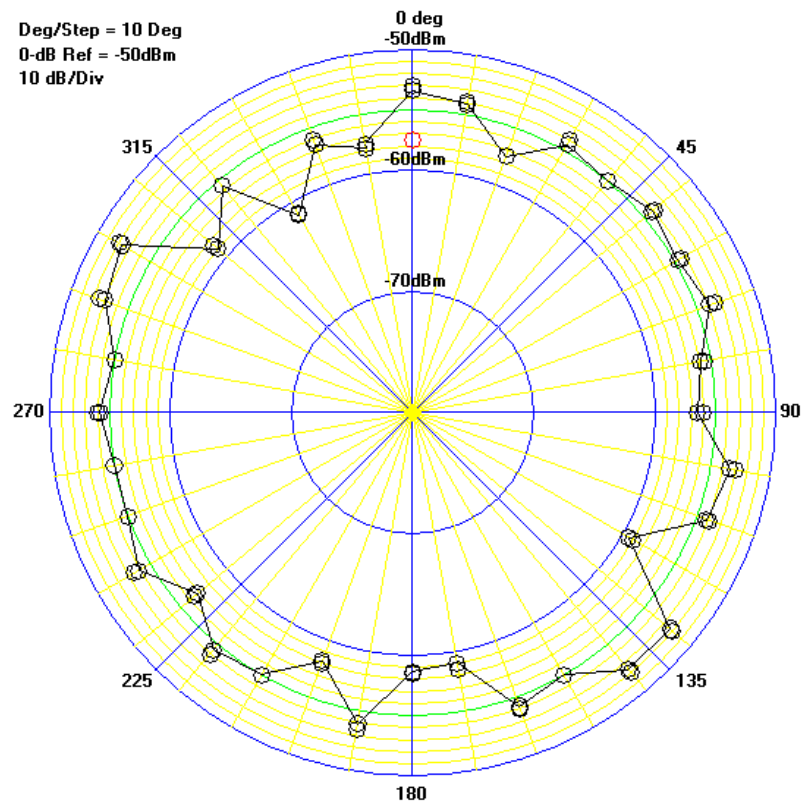


Figura 139: Patrón de radiación -50 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 39 la mejor transmisión que es de -53.54dBm hasta -60.00 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 39.

Patrón de radiación -50 dBm y distancia 3 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -56,87 |
| 0001 | 0010 | -58,38 |
| 0002 | 0020 | -65,00 |
| 0003 | 0030 | -58,91 |
| 0004 | 0040 | -60,00 |
| 0005 | 0050 | -58,38 |
| 0006 | 0060 | -59,45 |
| 0007 | 0070 | -57,86 |
| 0008 | 0080 | -61,75 |
| 0009 | 0090 | -62,99 |
| 0010 | 0100 | -56,87 |
| 0011 | 0110 | -58,38 |
| 0012 | 0120 | -68,81 |
| 0013 | 0130 | -54,48 |
| 0014 | 0140 | -54,65 |
| 0015 | 0150 | -60,00 |
| 0016 | 0160 | -58,38 |
| 0017 | 0170 | -67,99 |
| 0018 | 0180 | -67,21 |
| 0019 | 0190 | -57,86 |
| 0020 | 0200 | -66,45 |
| 0021 | 0210 | -60,00 |
| 0022 | 0220 | -58,91 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0023 | 0230 | -63,64 |
| 0024 | 0240 | -57,86 |
| 0025 | 0250 | -60,00 |
| 0026 | 0260 | -60,00 |
| 0027 | 0270 | -58,38 |
| 0028 | 0280 | -60,00 |
| 0029 | 0290 | -55,91 |
| 0030 | 0300 | -58,91 |
| 0031 | 0310 | -53,54 |
| 0032 | 0320 | -53,54 |
| 0033 | 0330 | -57,86 |
| 0034 | 0340 | -54,82 |
| 0035 | 0350 | -55,00 |
| 0036 | 0360 | -62,99 |

En los 360 grados del patrón de azimuth de la antena cilíndrica se tomará en cuenta la ganancia más alta en cada grado, todas las pruebas a diferentes distancias se pueden observar en la tabla 40, cual es la señal más fuerte en los distintos grados que nos da el patrón de radiación, así permitiendo observar que a menor distancia con el material se obtiene una mejor señal y a mayor distancia la señal es totalmente baja.

Tabla 40.

Tabla comparativa de las distancias realizando el promedio en cada rango.

| Distancia y Amplitudes | 0 a 40 grados | 50 a 90 grados | 100 a 130 grados | 140 a 180 grados | 190 a 220 grados | 230 a 270 grados | 280 a 310 grados | 320 a 360 grados |
|------------------------|---------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 1 m | -66 dBm | -66 dBm | -67 dBm | -66 dBm | -65 dBm | -64 dBm | -62 dBm | -63 dBm |
| 2m | -61 dBm | -63 dBm | -65 dBm | -63 dBm | -65 dBm | -65 dBm | -66 dBm | -65 dBm |
| 3m | -53 dBm | -54 dBm | -55 dBm | -57 dBm | -54 dBm | -56 dBm | -57 dBm | -55 dBm |

Parte 2: Pruebas con el material anecoico

A continuación, se muestra los resultados obtenidos en cada distancia con el material anecoico adquirido.

➤ Modelos para pruebas con el material anecoico

Se mostrará en las figuras 140, 141 y 142 modelos para las pruebas en forma física, donde tienen distintas distancias esto ayudara a observar las variaciones de los diagramas de radiación al momento de ser simulados, a diferencia del anterior, este se encuentra con el material absorbente en la mitad de las dos antenas.

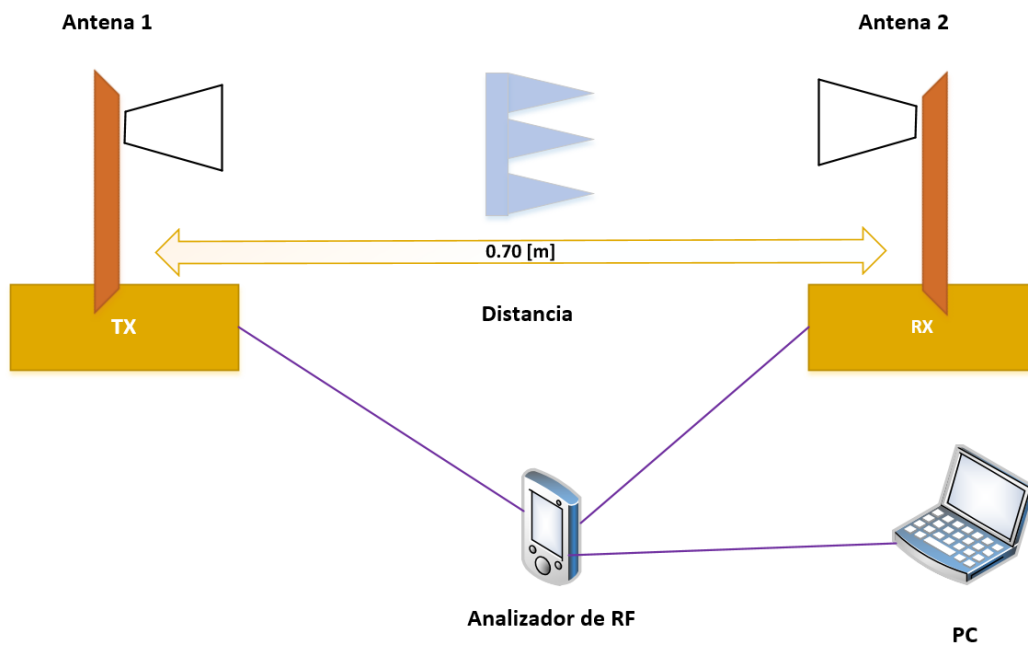


Figura 140: Prueba con dos antenas a una distancia de 0.5 metros, en la parte central con un material absorbente.

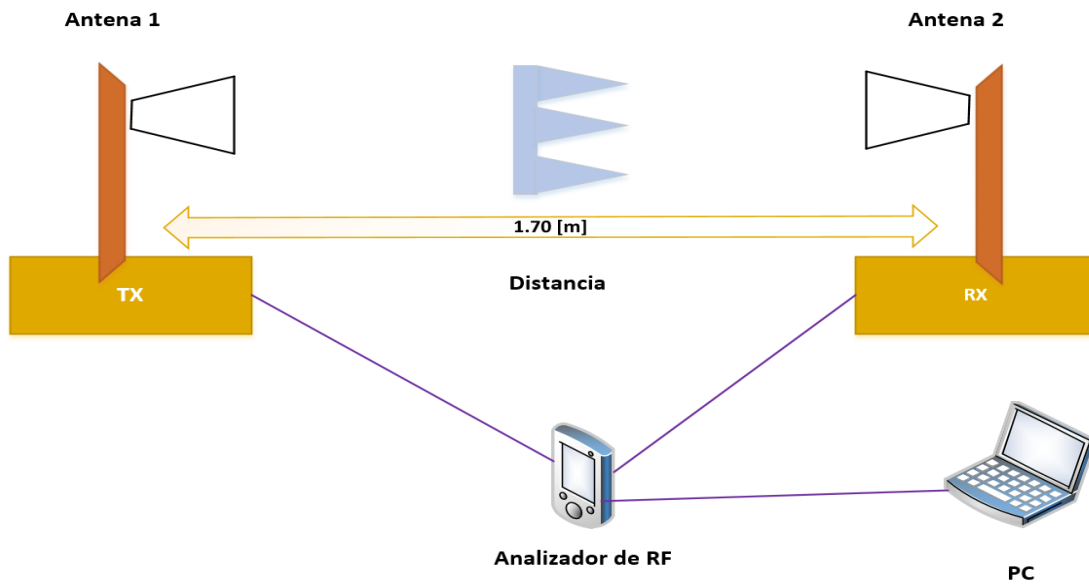


Figura 141: Prueba con dos antenas a una distancia de 1.70 metros, en la parte central con un material absorbente.

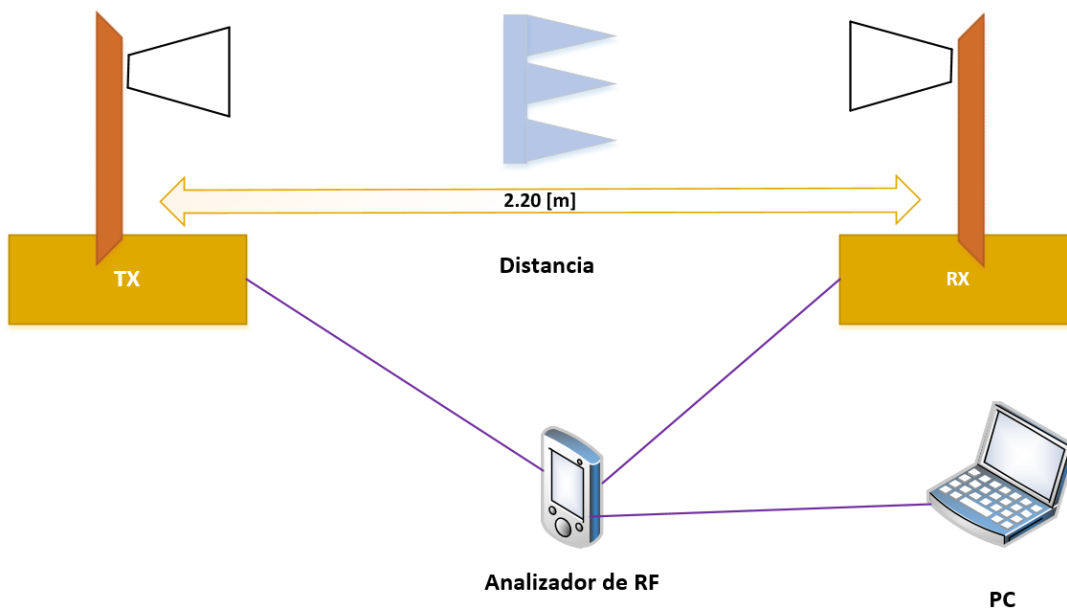


Figura 142: Prueba con dos antenas a una distancia de 2.20 metros, en la parte central con un material absorbente.

➤ **Primera prueba física con el material**




Para realizar la prueba se debe tener todos los equipos necesarios que se mostrarán a continuación:

- 2 antenas dipolos (2.4Ghz)
 - 1 analizador N9912A FieldFox RF
 - Modulo transmisor
 - Modulo Receptor
 - Pc (RadPat).
 - 2 cables coaxiales
 - 1 cable USB
 - 1 cable RJ-45
 - 1 espuma de carácter electromagnético
- a) Se debe conectar del módulo de transmisión (TX) al conector de salida (OUT) del analizador y también del conector de entrada (IN) al módulo receptor (RX) mediante los conectores coaxiales.
- b) El segundo paso es conectar el cable RJ-45 entre el analizador hacia el puerto ethernet de la PC.
- c) El cable USB se debe conectar en la PC desde el módulo receptor.
- d) En el módulo receptor (RX) debe ser alimentado con un voltaje de 5v.
- e) Se debe poner el material electromagnético o espuma en el medio de las dos antenas.
- f) Se debe tomar en cuenta que las dos antenas deben estar a la misma altura y sin importa la dirección en la que se encuentre. Además, para obtener la medición de campo lejano debe tener una distancia al menos de 0.8m. Como se muestra en la figura 143, ya totalmente armado.



Figura 143: Primera simulación totalmente armada con material.

Configuración del analizador N9912A

- h) El primer paso que se debe realizar es presionar el botón “ON”  hasta este se ponga de color verde, tardara algunos minutos hasta que el sistema se cargue por completo.
- i) El segundo paso es presionar el botón “número 4” o con la descripción “Meas Setup” , es para seleccionar la potencia de salida en “HIGH”.
- j) Luego se debe presionar el botón “número 7” o con la descripción “Meas Setup” , se debe ir a la configuración del sistema e ingresar en la opción LAN.
- k) En esta opción se debe dejar la IP por defecto la cual corresponde a “192.168.0.1” y también la máscara de subred predeterminada “255.255.248.0”; finalmente se puede editar mediante el botón “Editar” y se debe guardar con la tecla “Done”.

l) Se muestra en la figura 144 toda la configuración cambiada.



| Setting | Value |
|---------------------|-------------------|
| Hardware ID | 00:08:ee:0a:ed:9c |
| Current IP Address | 192.168.0.1 |
| Current Subnet Mask | 255.255.248.0 |
| Current Gateway | 0.0.0.0 |
| Hostname | K-N9912A-71123 |
| Obtain IP | Static |
| Static IP Address | 192.168.0.1 |
| Static Subnet Mask | 255.255.248.0 |
| Static Gateway | 0.0.0.0 |
| Static DNS | |
| Apply Settings | PowerUp |

Figura 144: Configuración "LAN" del analizador N9912A.

m) Salir de la configuración mediante el botón "DONE", así mostrando la pantalla de la figura 145.

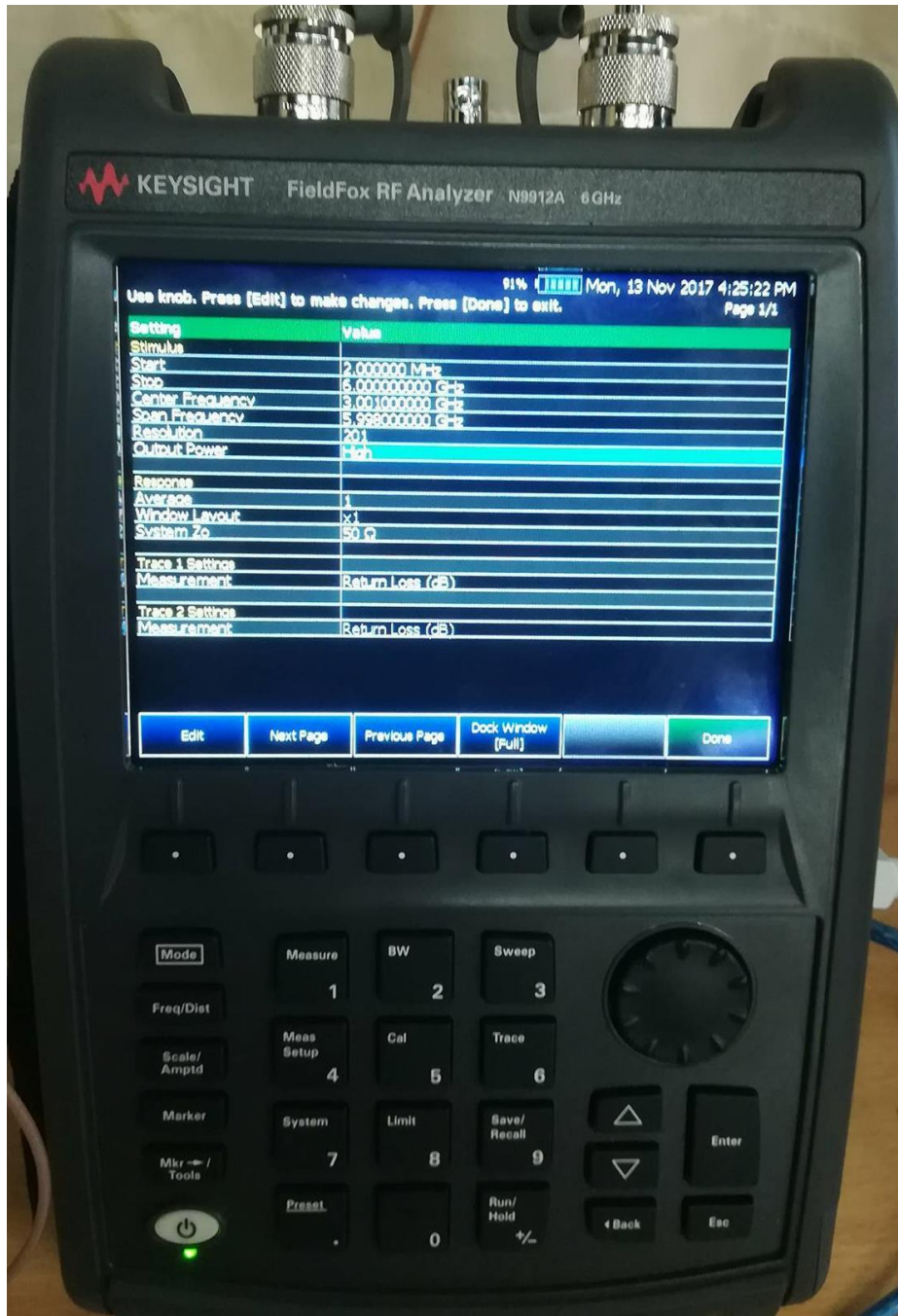


Figura 145: Configuración “Press” del analizador N9912A.

- n) Finalmente se reinicia el analizador y se vuelve la configuración LAN, para verificar que la configuración hecha sigue intacta.

Pruebas con diferentes distancias FieldFox

Mediante la ayuda del analizador, se logra obtener resultados de la señal a diferentes distancias con el material absorbente, como se muestra a continuación:

➤ **Primera distancia de 0.70 metros**

Después de realizar la configuración del FieldFox con su respectiva IP (192.168.0.1) con máscara de (255.255.248.0), nos dirigimos a la configuración de red del computador donde está instalado el software llamado RadPat; para cambiar y colocar una dirección estática, esta dirección a ser la siguiente dirección IP (192.168.0.2) y su respectiva máscara (255.255.248.0), en la figura 146 se muestra dicha configuración.

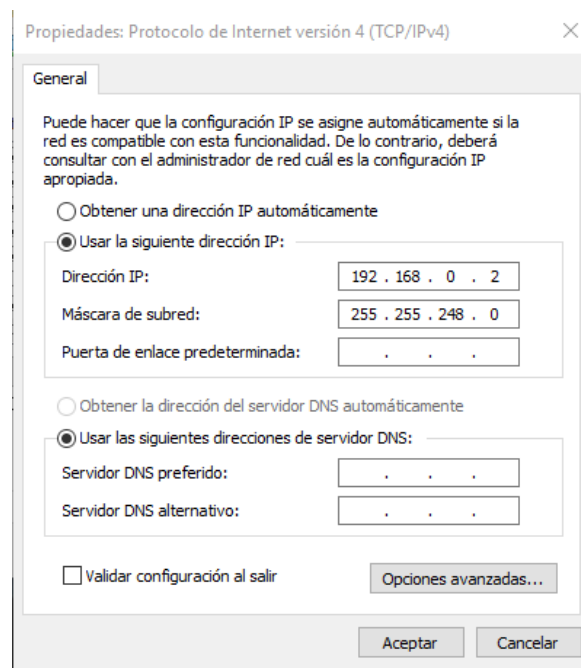


Figura 146: Configuración IP del computador.

Adaptado de DreamCatcher, 2017

Una vez establecida la IP, nos dirigimos a comprobar que el puerto este instalado correctamente, en nuestro caso el puerto asignado es el COM 4 y en la figura 147 se puede comprobar la configuración del puerto.

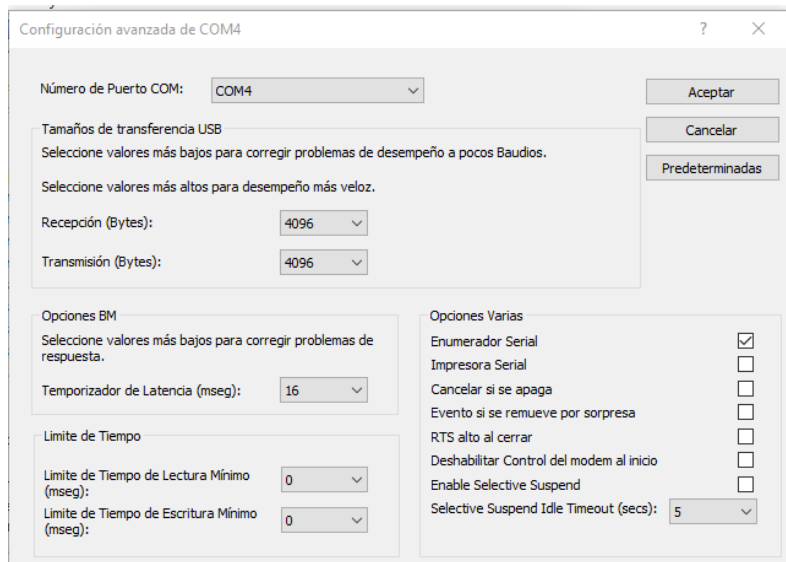


Figura 147: Configuración del puerto.

Como siguiente paso nos descargamos el software Keysight Connection Expert, para configurar y añadir un nuevo instrumento, este programa debe estar ligado a la red con la misma configuración de red que el FieldFox como se muestra en la figura 148, una vez añadido el instrumento se observa en la figura 149 los detalles del instrumento.

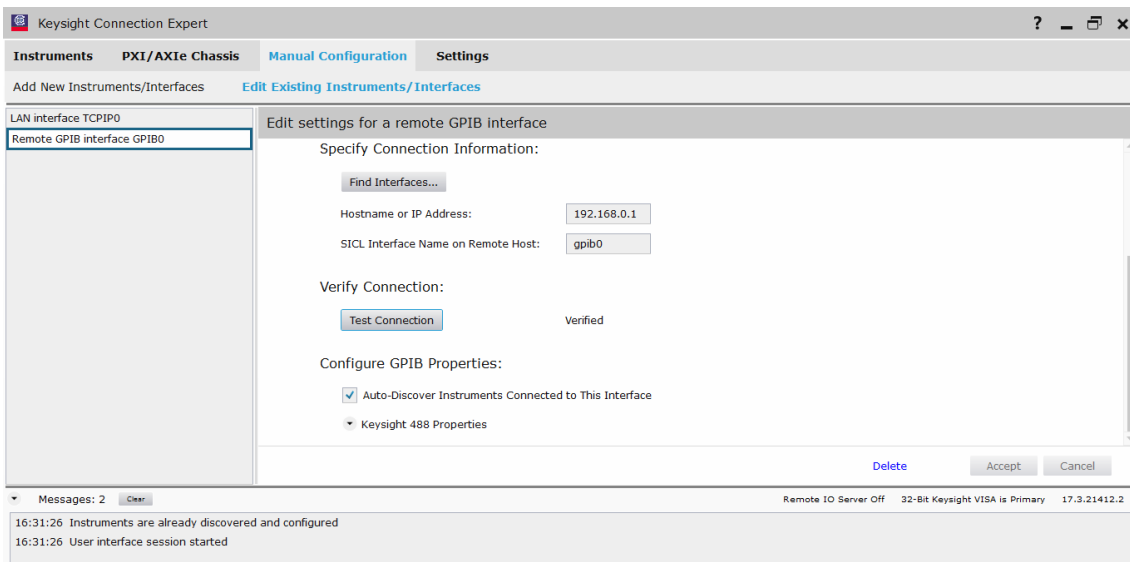


Figura 148: Configuración del nuevo instrumento.

Adaptado de DreamCatcher, 2017.

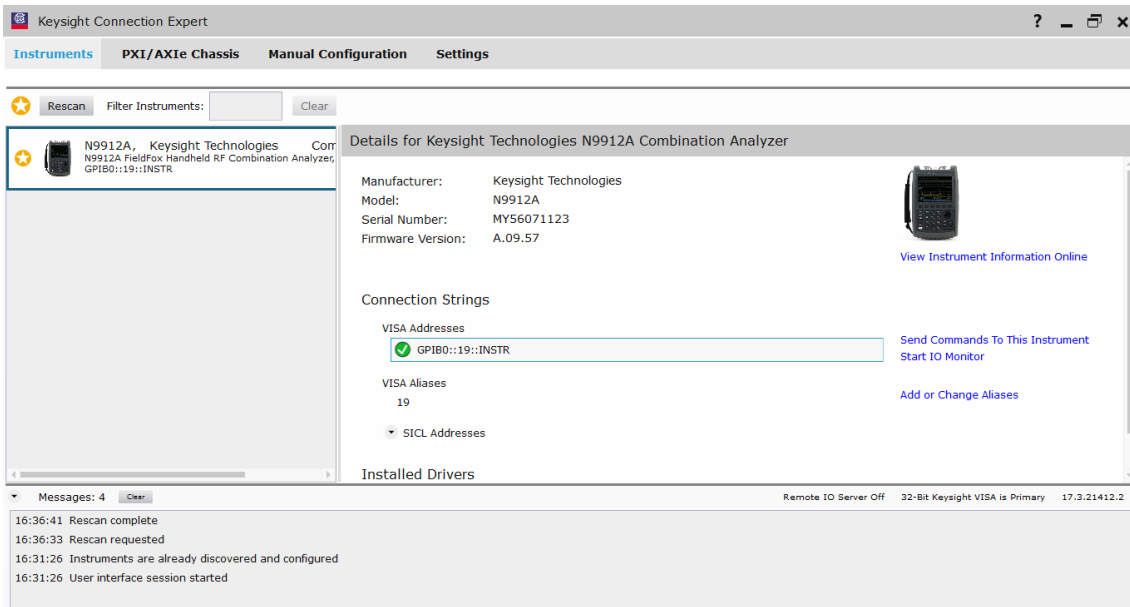


Figura 149: Detalles del instrumento añadido.

Adaptado de DreamCatcher, 2017.

Finalmente, como último paso de la configuración nos ingresamos al software RadPat para que luego entrar a la configuración del software y seguir los diferentes pasos:

- Primero se comprueba que el puerto esté conectado como se muestra en la figura 150:

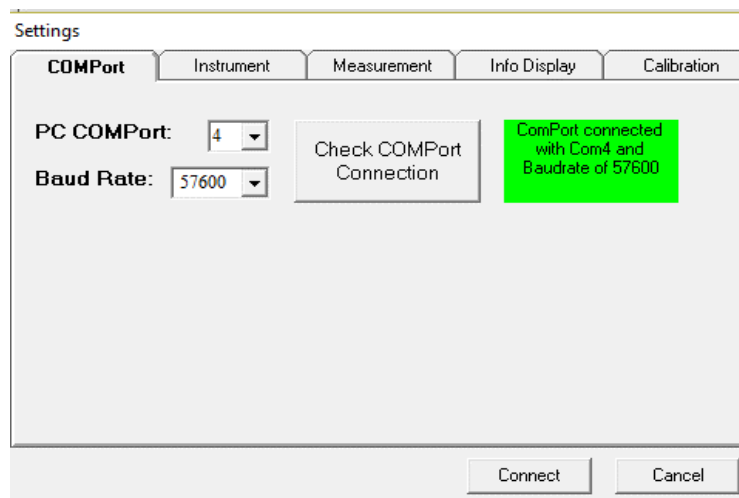


Figura 150: Comprobación del puerto.

- Luego se configura el instrumento en este caso es el N9912A, se debe poner check en habilitar el instrumento, como se muestra en la figura 151.

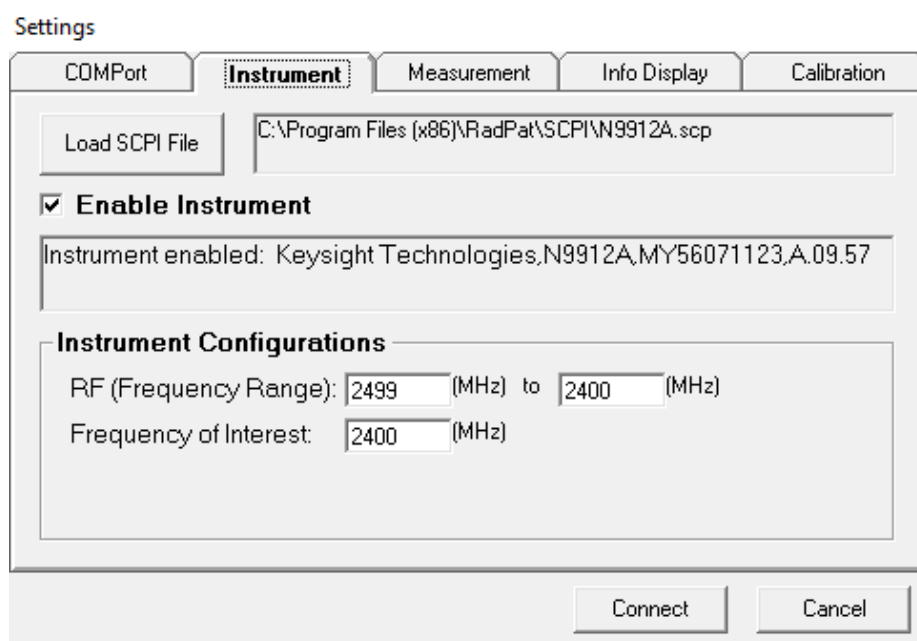


Figura 151: Instrumento habilitado.

- Luego se configura el rotador, patrón de dirección y luego la escala como se muestra en la figura 152.

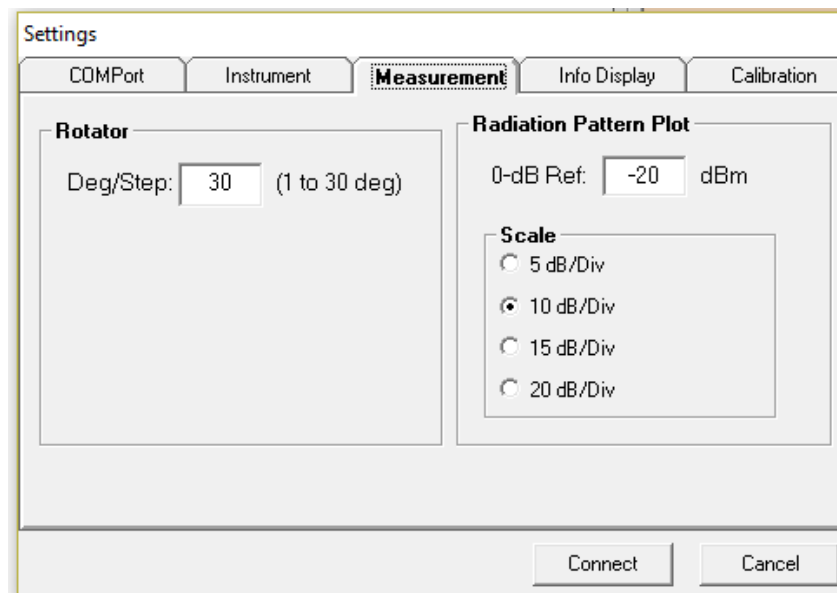


Figura 152: Pestaña de medición.

- Finalmente, se conecta con el instrumento y en la figura 153 se lo puede comprobar.

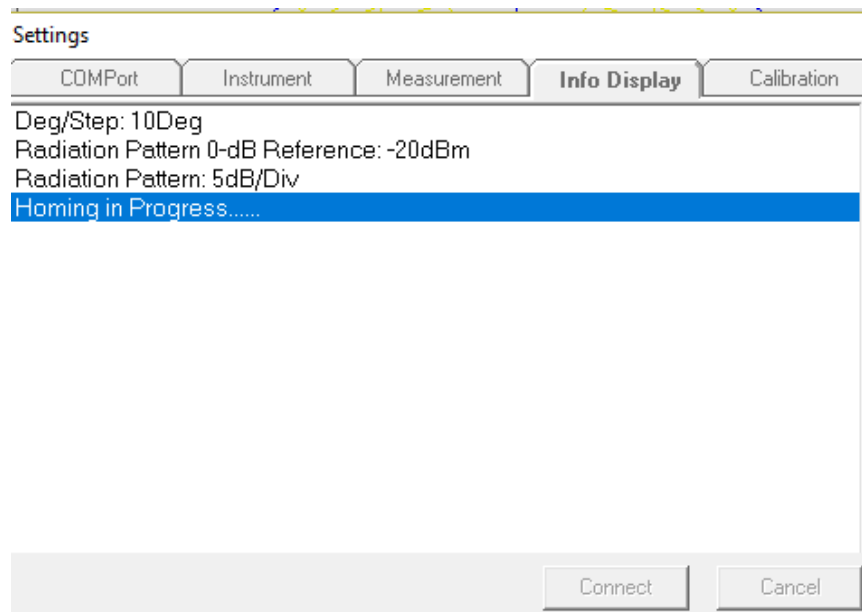


Figura 153: Conectividad.

Después de que esté conectado se corre el programa en donde se mostrará los ángulos de rotación en la que la antena va a rotar, en la figura 154 se muestra el resultado final con el material anecoico en forma gráfica que se obtuvo en la distancia 0,7 y en la tabla 41 se obtiene los resultados en forma numérica desde los 0 grados a los 360 grados.

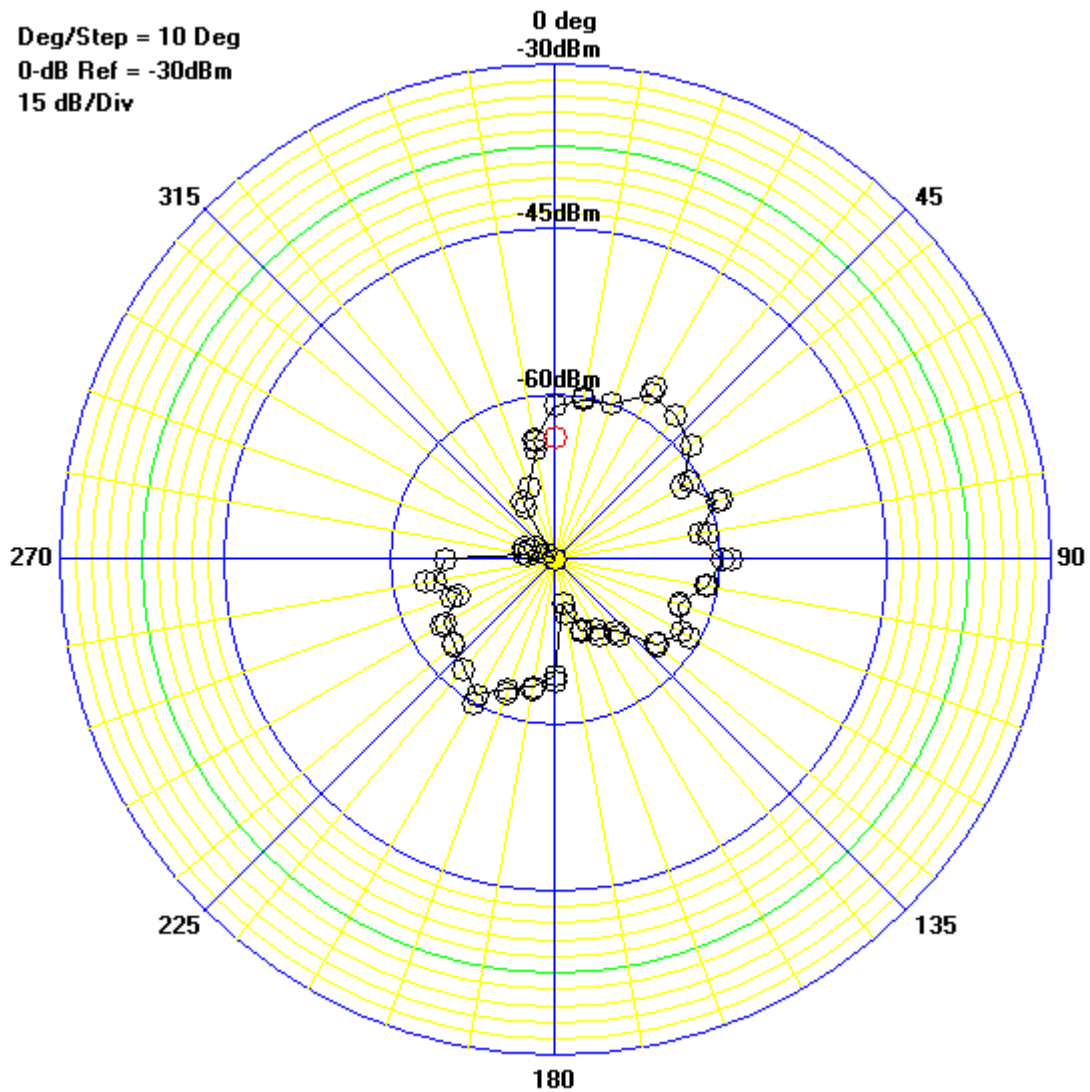


Figura 154: Patrón de radiación distancia 0,7m.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 41 la mejor transmisión que es de -59.00dBm hasta -70.92 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 41.

Patrón de radiación de la distancia 0,7.

| Step No. | Angle | RF dBm |
|----------|-------|--------|
| 0000 | 0000 | -61,03 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0001 | 0010 | -60,32 |
| 0002 | 0020 | -60,00 |
| 0003 | 0030 | -57,65 |
| 0004 | 0040 | -58,04 |
| 0005 | 0050 | -59,00 |
| 0006 | 0060 | -61,75 |
| 0007 | 0070 | -59,40 |
| 0008 | 0080 | -61,75 |
| 0009 | 0090 | -59,85 |
| 0010 | 0100 | -61,15 |
| 0011 | 0110 | -63,08 |
| 0012 | 0120 | -61,78 |
| 0013 | 0130 | -63,05 |
| 0014 | 0140 | -66,50 |
| 0015 | 0150 | -67,72 |
| 0016 | 0160 | -68,18 |
| 0017 | 0170 | -70,92 |
| 0018 | 0180 | -64,42 |
| 0019 | 0190 | -63,29 |
| 0020 | 0200 | -62,46 |
| 0021 | 0210 | -60,76 |
| 0022 | 0220 | -62,05 |
| 0023 | 0230 | -63,01 |
| 0024 | 0240 | -63,46 |
| 0025 | 0250 | -65,63 |
| 0026 | 0260 | -63,87 |
| 0027 | 0270 | -65,09 |
| 0028 | 0280 | -72,46 |
| 0029 | 0290 | -72,56 |
| 0030 | 0300 | -73,94 |
| 0031 | 0310 | -76,15 |
| 0032 | 0320 | -82,85 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0033 | 0330 | -69,47 |
| 0034 | 0340 | -68,01 |
| 0035 | 0350 | -64,93 |
| 0036 | 0360 | -64,12 |

Se obtuvo como resultado de la antenna receptora poca señal, ya que esta varía entre -9 a -30dB como se muestra en la figura 155, donde la señal se acerca más a -9dB cuando la antenna emisora está transmitiendo directamente hacia la otra por eso no existe mucha perdida de señal.

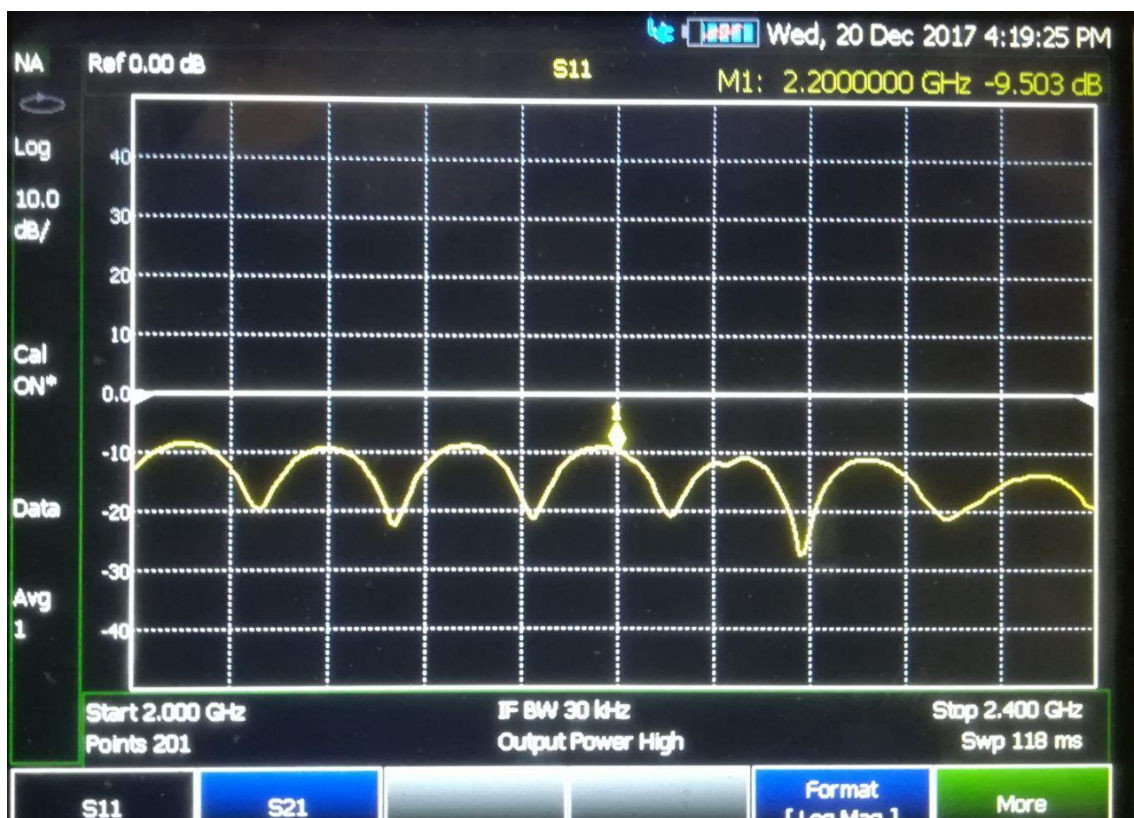


Figura 155: Señal con el material absorbente de la antenna receptora en formato "Log Mag" en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene una señal totalmente baja, en la cual varía entre -39 a -50dB como se muestra en la figura 156, en el cual en este si muestra una gráfica aun la señal es baja mediante a la ayuda del material.

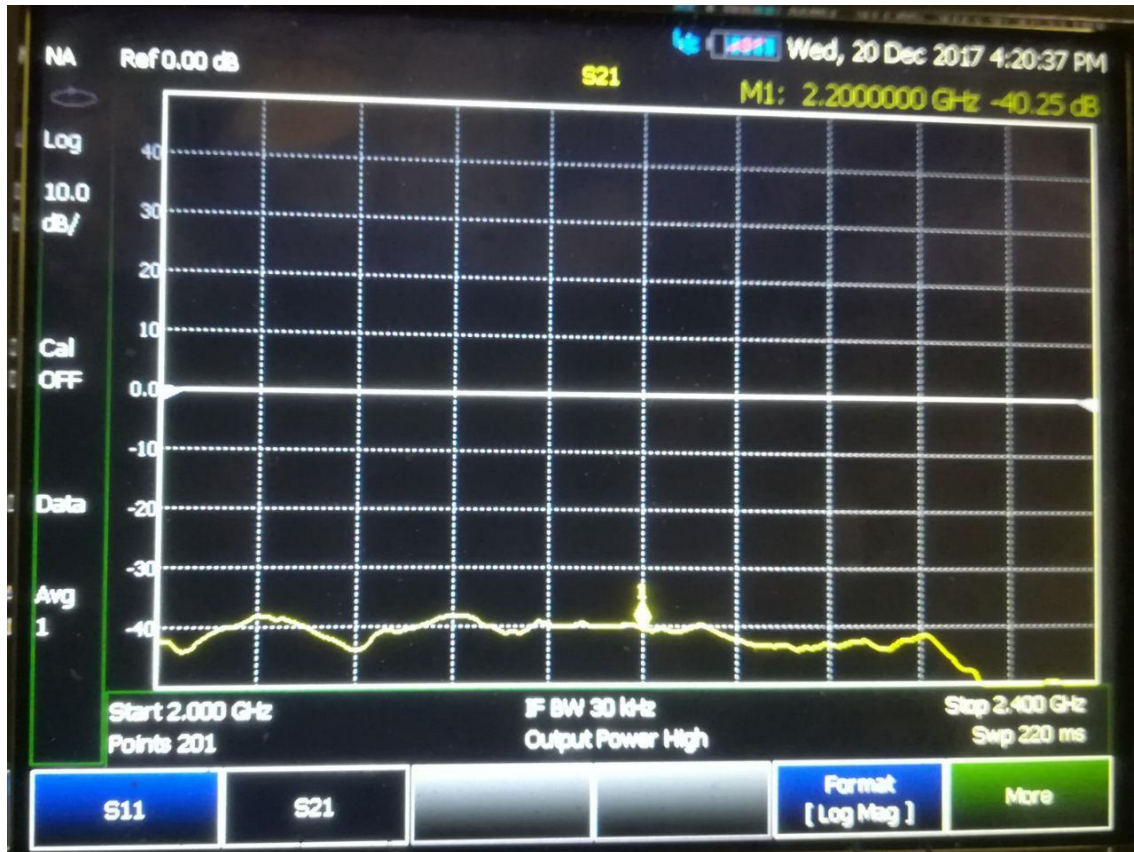


Figura 156: Señal con el material absorbente de la antena emisora en formato “Log Mag” en el analizador N9912A, con el material.

El segundo resultado se obtiene en un formato fase de la antena receptora en la figura 157, donde existen dos señales de atraso de fase, esto quiere decir que son positivas y negativas, por las vibraciones que existen en la antena emisora al realizar el movimiento de 360°. A diferencia en el lugar que hay el material es continua la señal.

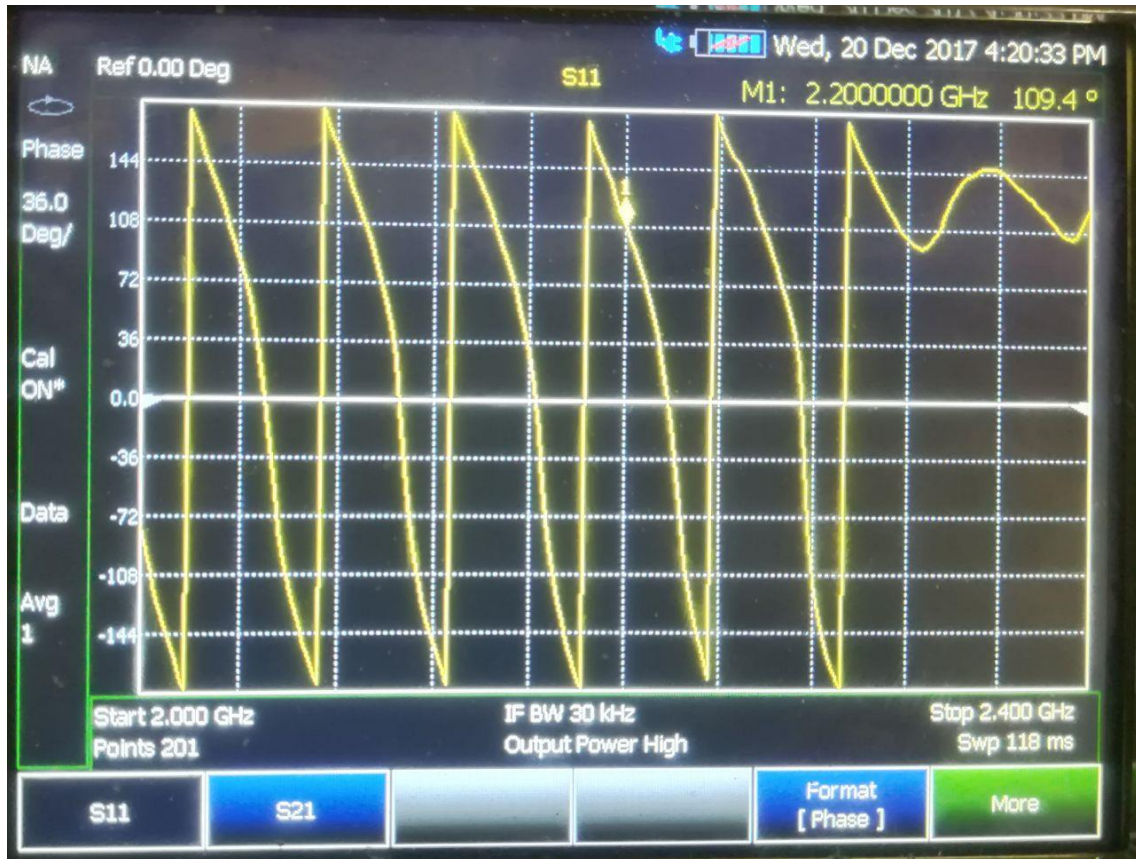


Figura 157: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato "Phase" en el analizador N9912A, con el material.

En el tercer resultado es de la antena receptora en formato Smith, en cual se puede observar el coeficiente de reflexión en la figura 158, donde se lo demuestra con el número 1 en la gráfica.



Figura 158: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 159, en la cual no gráfica absolutamente nada.



Figura 159: Señal con el material absorbente de la antena emisora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

➤ **Segunda distancia de 1.70 metros**

Para la distancia de 1,7 metros se utiliza la misma configuración que la distancia de 0,7 y una vez que esté conectado se corre el programa en donde se mostrará los ángulos de rotación en la que la antena va a rotar en la figura 160 se muestra el resultado final en forma gráfica que se obtuvo en la distancia 1,7 y en la tabla 42 se obtiene los resultados en forma numérica desde los 0 grados a los 360 grados, todos estos resultados son con el material anecoico.

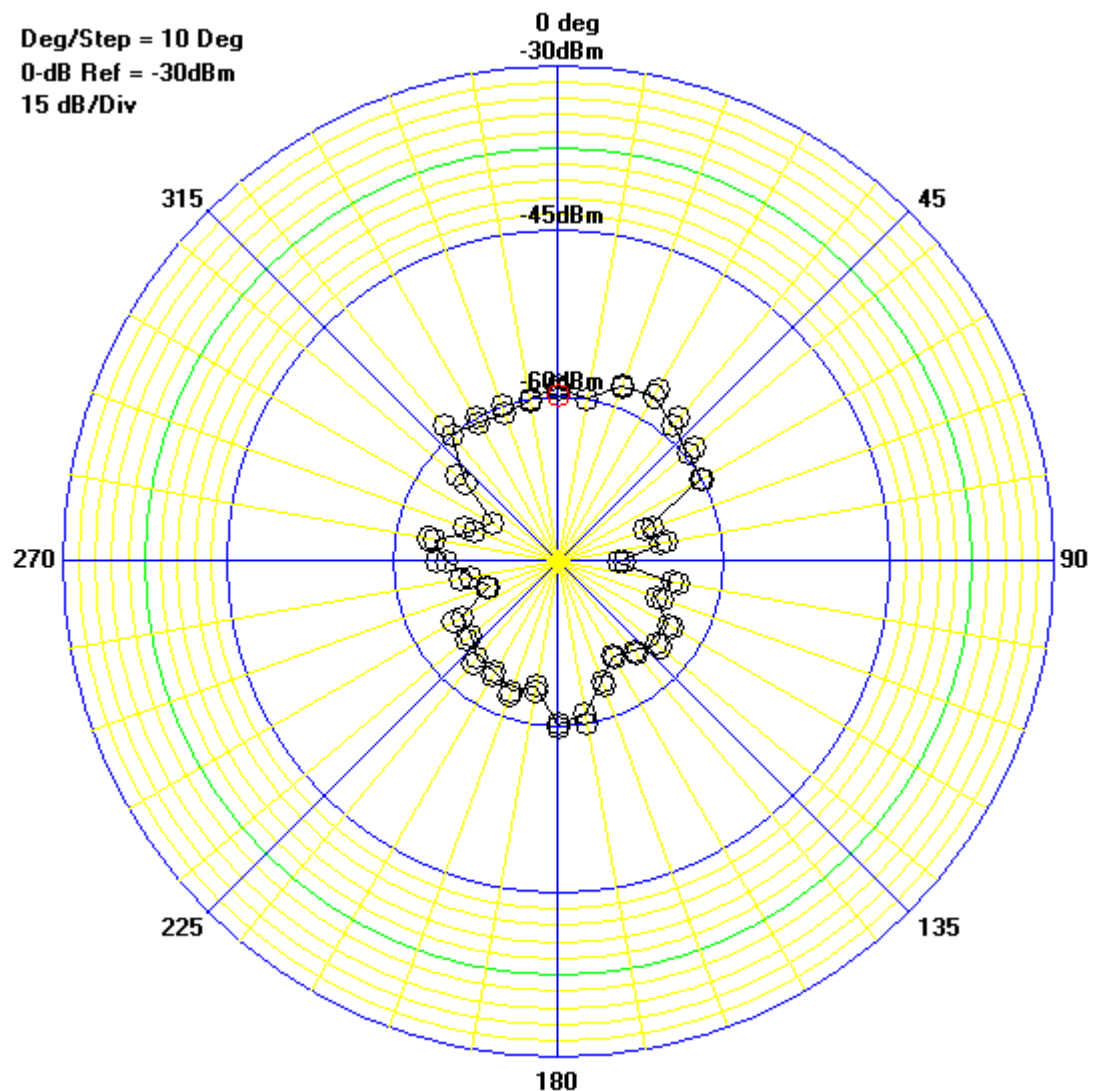


Figura 160: Patrón de radiación 1,7m.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se

observa en la tabla 42 la mejor transmisión que es de -57.71dBm hasta -63.42 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 42.

Patrón de radiación de la distancia 1,7.

| Step No. | Angle | RF dBm |
|-------------|-------|--------|
| 0000 | 0000 | -59,35 |
| 0001 | 0010 | -60,05 |
| 0002 | 0020 | -58,11 |
| 0003 | 0030 | -57,71 |
| 0004 | 0040 | -58,90 |
| 0005 | 0050 | -59,71 |
| 0006 | 0060 | -60,03 |
| 0007 | 0070 | -66,70 |
| 0008 | 0080 | -65,60 |
| 0009 | 0090 | -69,56 |
| 0010 | 0100 | -64,52 |
| 0011 | 0110 | -65,57 |
| 0012 | 0120 | -63,48 |
| 0013 | 0130 | -63,42 |
| 0014 | 0140 | -64,38 |
| 0015 | 0150 | -65,14 |
| 0016 | 0160 | -63,42 |
| 0017 | 0170 | -60,95 |
| 0018 | 0180 | -60,24 |
| 0019 | 0190 | -63,49 |
| 0020 | 0200 | -62,51 |
| 0021 | 0210 | -63,44 |
| 0022 | 0220 | -63,54 |
| 0023 | 0230 | -64,61 |
| 0024 | 0240 | -64,88 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0025 | 0250 | -68,27 |
| 0026 | 0260 | -66,91 |
| 0027 | 0270 | -64,76 |
| 0028 | 0280 | -63,61 |
| 0029 | 0290 | -66,89 |
| 0030 | 0300 | -68,11 |
| 0031 | 0310 | -63,98 |
| 0032 | 0320 | -59,99 |
| 0033 | 0330 | -60,54 |
| 0034 | 0340 | -60,78 |
| 0035 | 0350 | -60,25 |
| 0036 | 0360 | -60,04 |

Se obtuvo como resultado de la antena receptora poca señal, ya que esta varía entre -9 a -30dB como se muestra en la figura 161, donde la señal se acerca más a -9dB cuando la antena emisora está transmitiendo directamente hacia la otra por eso no existe mucha pérdida de señal.



Figura 161: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato "Log Mag" en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene una señal totalmente baja, en la cual varía entre -45 a -50dB como se muestra en la figura 161, en el cual en este si muestra una gráfica aun la señal es baja mediante a la ayuda del material.

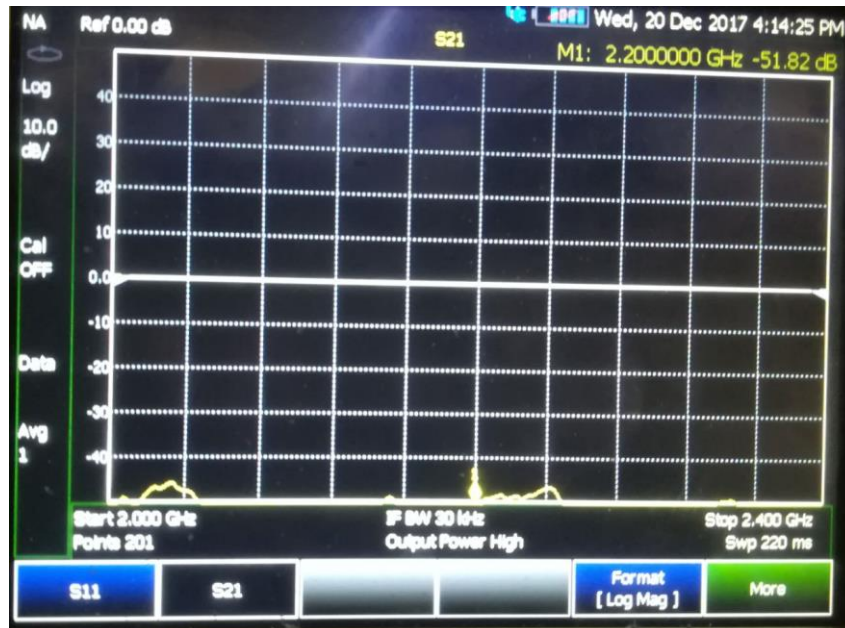


Figura 162: Señal con el material absorbente de la antenna emisora en formato "Log Mag" en el analizador N9912A.

El segundo resultado que se obtiene es formato VSWR, en el cual es de la antenna receptora en la figura 163 la cual se obtiene los voltajes mínimos y máximos donde te da el fenómeno de onda estacionaria, en este hay caso siempre sea mayor a uno llegando la variación hasta mayor a 2,1 la potencia reflejada.

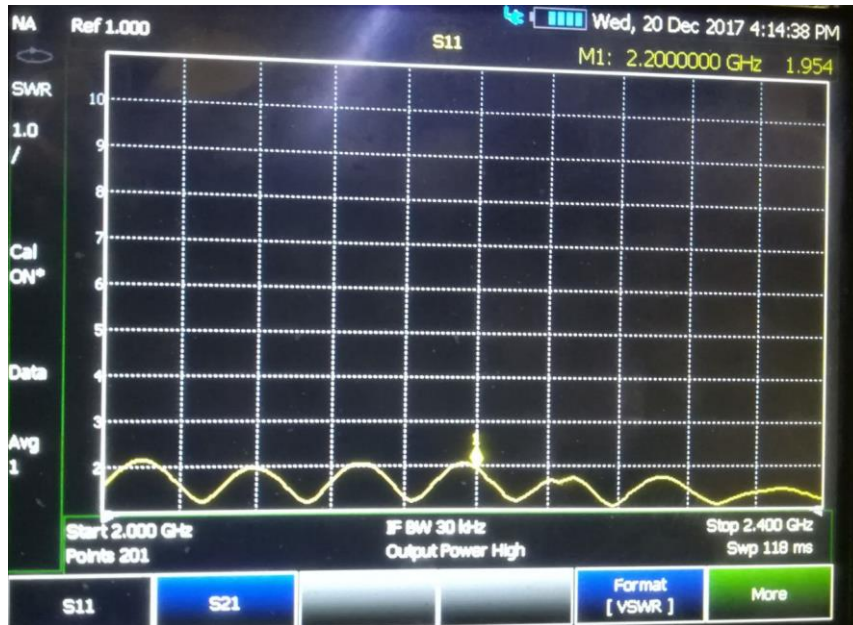


Figura 163: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato “VSWR” en el analizador N9912A.

En el tercer resultado es de la antena receptora en formato Smith, en cual se puede observar el coeficiente de reflexión en la figura 164, donde se lo demuestra con el número 1 en la gráfica.



Figura 164: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato “Smith” en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 165, en la cual no gráfica absolutamente nada.



Figura 165: Señal con el material absorbente de la antena emisora en formato "Smith" en el analizador N9912A.

El cuarto resultado se obtiene en un formato fase de la antena receptora en la figura 166, donde existen dos señales de atraso de fase, esto quiere decir que son positivas y negativas, por las vibraciones que existen en la antena emisora al realizar el movimiento de 360°. A diferencia en el lugar que hay el material es continua la señal, pero más prolongada por la distancia.

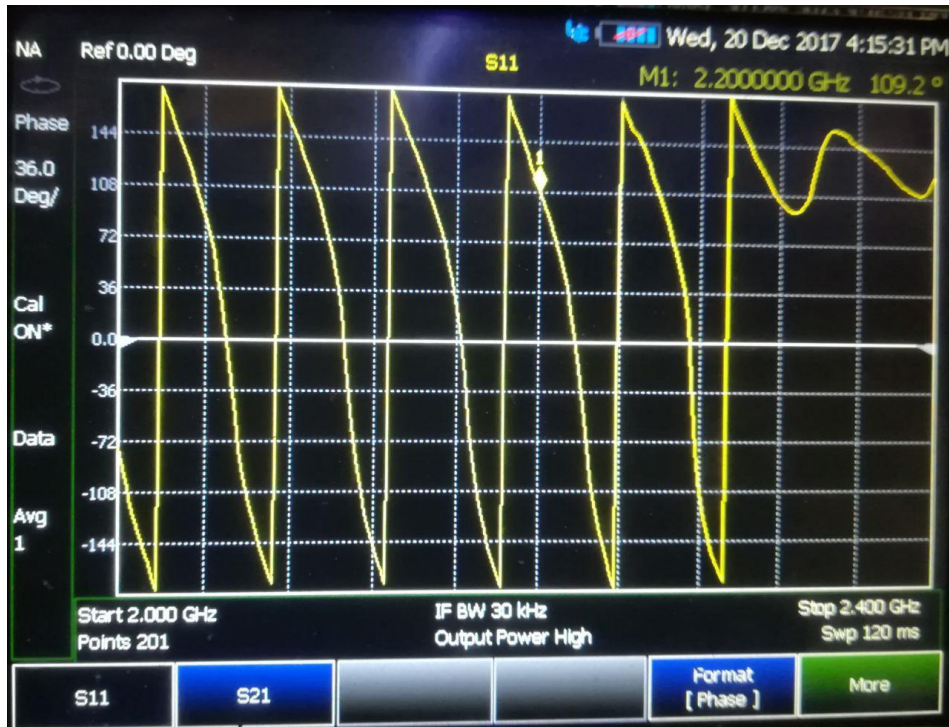


Figura 166: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato “Phase” en el analizador N9912A.

➤ **Tercera distancia de 2.20 metros**

Para la distancia de 2,2 metros se utiliza la misma configuración que la distancia de 0,7 y una vez que esté conectado se corre el programa en donde se mostrará los ángulos de rotación en la que la antena va a rotar en la figura 167 se muestra el resultado final en forma gráfica que se obtuvo en la distancia 2,2 y en la tabla 43 se obtiene los resultados en forma numérica desde los 0 grados a los 360 grados, estos resultados son con el material anecoico.

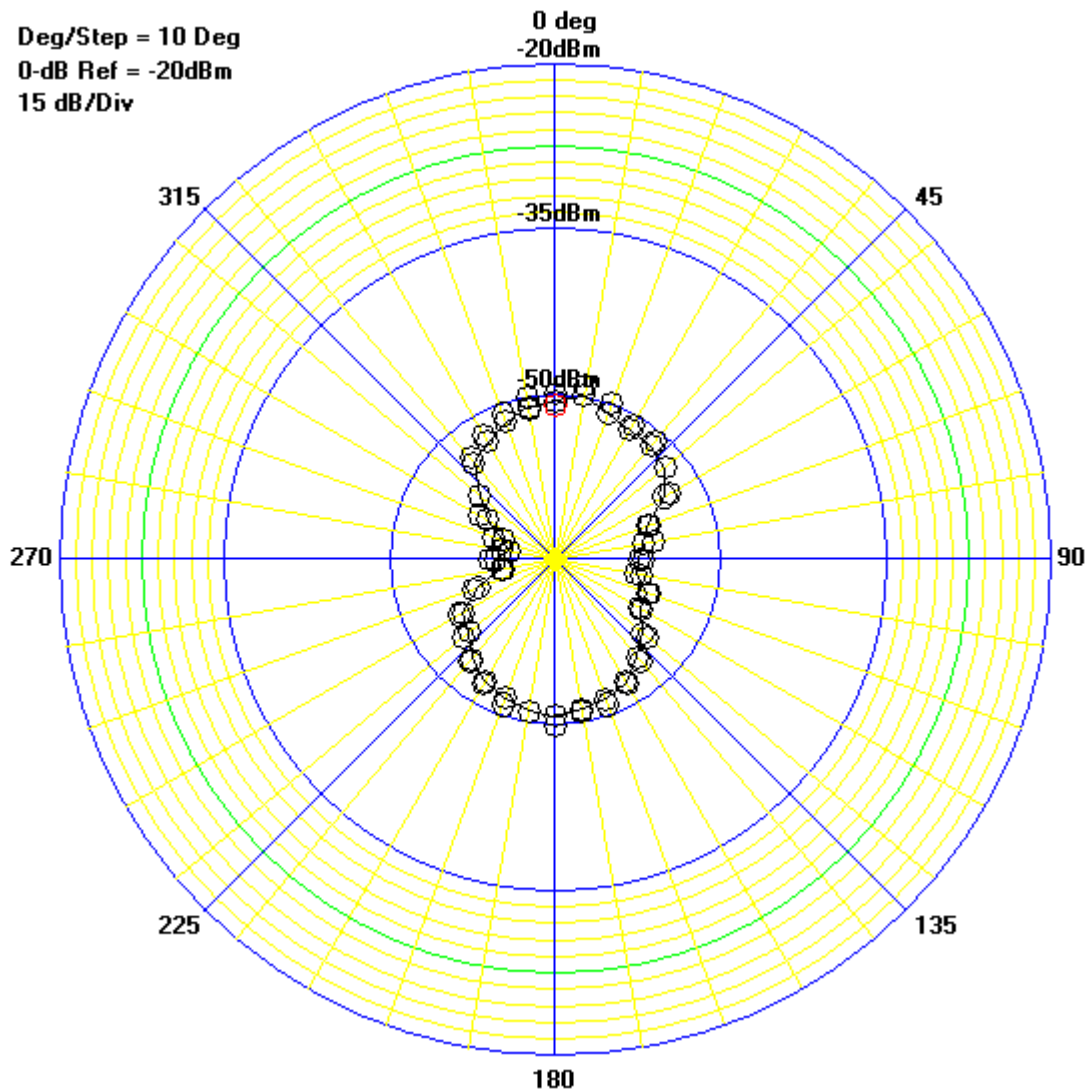


Figura 167: Patrón de radiación distancia 2,2.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 43 la mejor transmisión que es de -49.91dBm hasta -55.34 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 43.

Patrón de radiación de la distancia 2,2.

| Step No. | Angle | RF dBm |
|----------|-------|--------|
| 0000 | 0000 | -50,60 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0001 | 0010 | -49,91 |
| 0002 | 0020 | -50,94 |
| 0003 | 0030 | -51,46 |
| 0004 | 0040 | -51,58 |
| 0005 | 0050 | -52,01 |
| 0006 | 0060 | -53,57 |
| 0007 | 0070 | -56,19 |
| 0008 | 0080 | -56,90 |
| 0009 | 0090 | -57,46 |
| 0010 | 0100 | -57,62 |
| 0011 | 0110 | -56,17 |
| 0012 | 0120 | -56,19 |
| 0013 | 0130 | -54,69 |
| 0014 | 0140 | -53,43 |
| 0015 | 0150 | -52,14 |
| 0016 | 0160 | -51,52 |
| 0017 | 0170 | -51,18 |
| 0018 | 0180 | -50,82 |
| 0019 | 0190 | -51,07 |
| 0020 | 0200 | -51,59 |
| 0021 | 0210 | -52,28 |
| 0022 | 0220 | -53,18 |
| 0023 | 0230 | -54,79 |
| 0024 | 0240 | -55,34 |
| 0025 | 0250 | -57,56 |
| 0026 | 0260 | -60,18 |
| 0027 | 0270 | -59,63 |
| 0028 | 0280 | -60,70 |
| 0029 | 0290 | -59,89 |
| 0030 | 0300 | -57,88 |
| 0031 | 0310 | -56,05 |
| 0032 | 0320 | -53,53 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0033 | 0330 | -52,71 |
| 0034 | 0340 | -51,74 |
| 0035 | 0350 | -50,95 |
| 0036 | 0360 | -51,13 |

Se obtuvo como resultado de la antenna receptora poca señal, ya que esta varía entre -9 a -25dB como se muestra en la figura 168, donde la señal se acerca más a -9dB cuando la antenna emisora está transmitiendo directamente hacia la otra por eso no existe mucha perdida de señal.

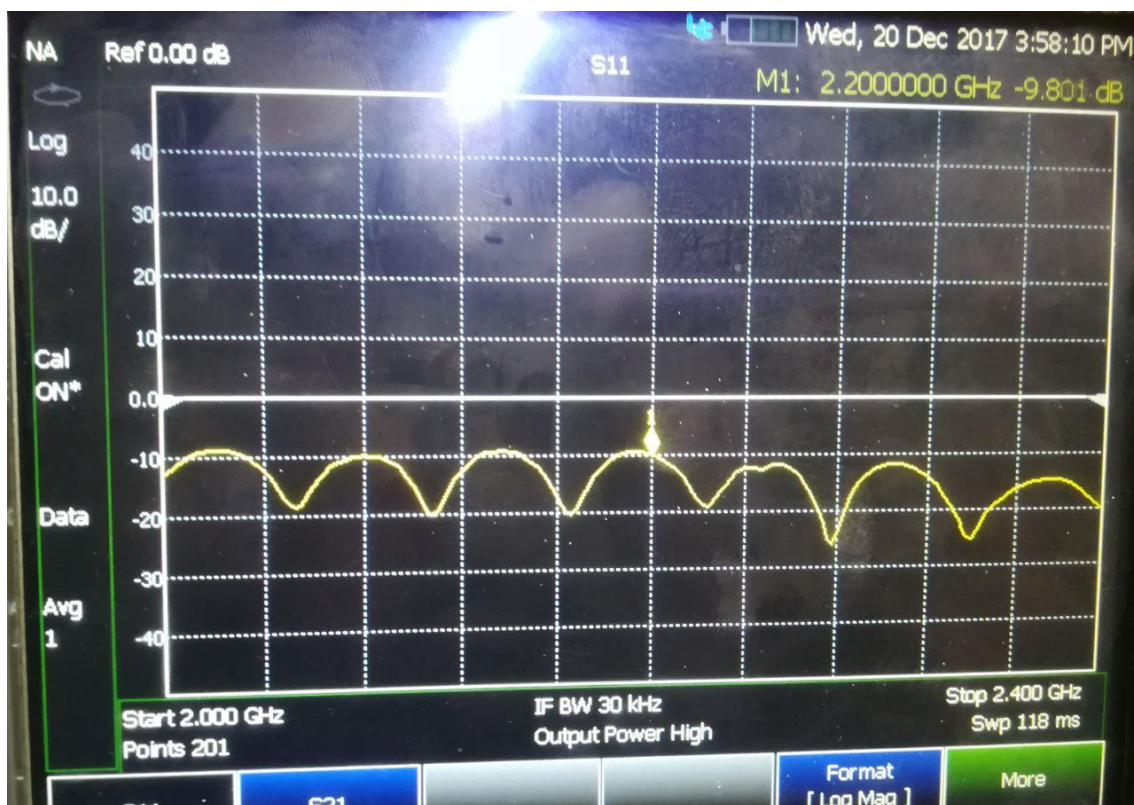


Figura 168: Señal con el material absorbente de la antenna receptora en formato "Log Mag" en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene una señal totalmente baja, en la cual varía entre -48 a -50dB como se muestra en la figura 169, en el cual en este si muestra una gráfica aun la señal es baja mediante a la ayuda del material.

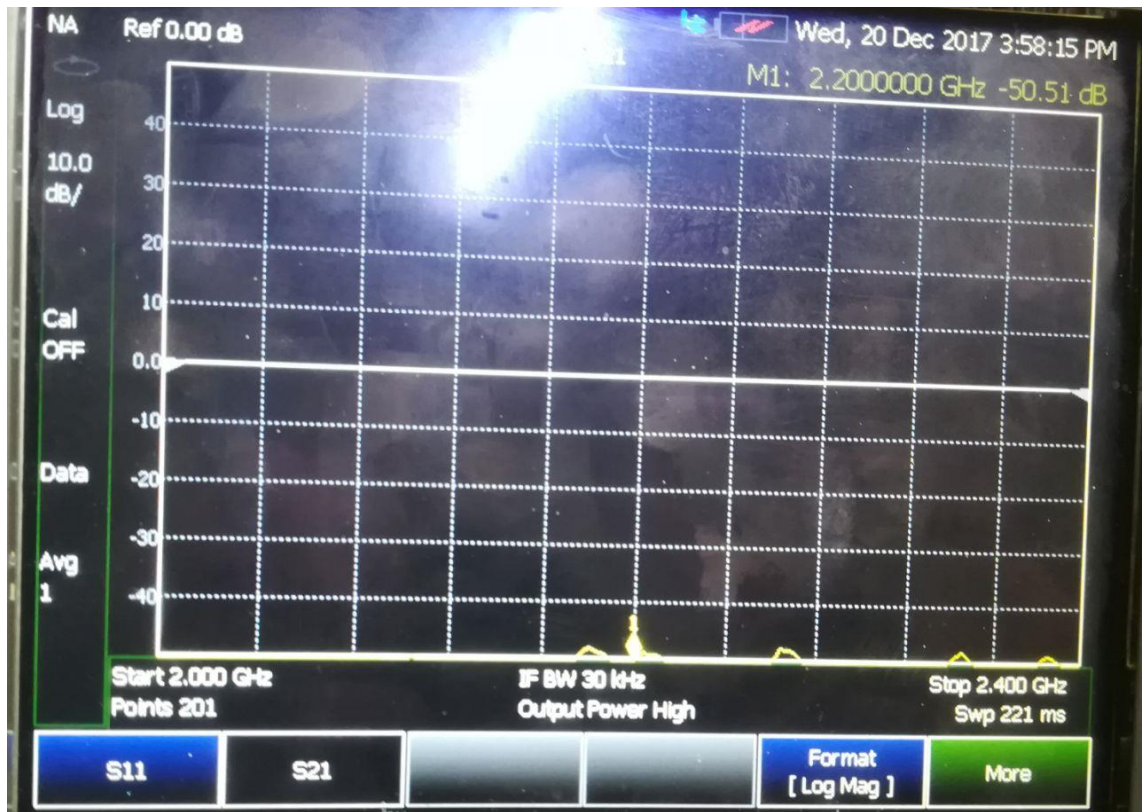


Figura 169: Señal con el material absorbente de la antena emisora en formato "Log Mag" en el analizador N9912A, con el material.

El segundo resultado que se obtiene es formato VSWR, en el cual es de la antena receptora en la figura 170 la cual se obtiene los voltajes mínimos y máximos donde te da el fenómeno de onda estacionaria, en este hay caso siempre sea mayor a uno llegando la variación hasta mayor a 2,1 la potencia reflejada.

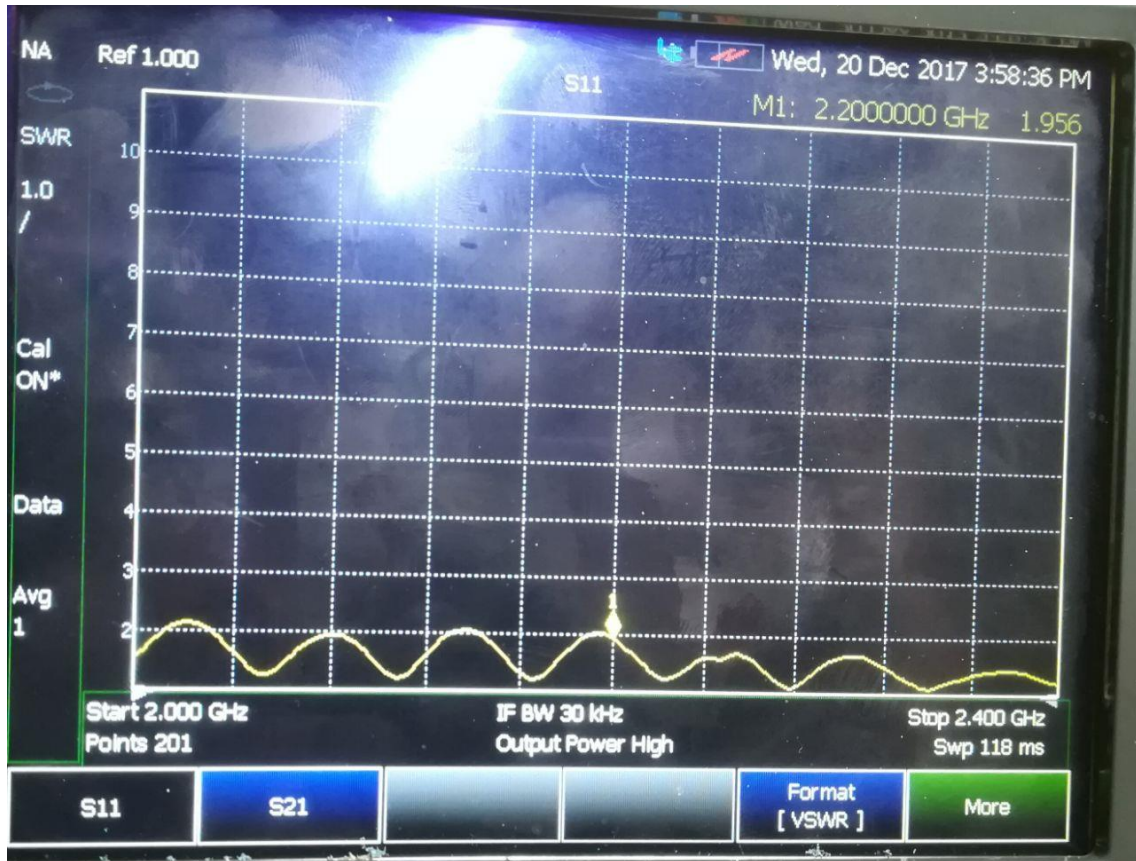


Figura 170: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato "VSWR" en el analizador N9912A.

En el tercer resultado es de la antena receptora en formato Smith, en cual se puede observar el coeficiente de reflexión en la figura 171, donde se lo demuestra con el número 1 en la gráfica.



Figura 171: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato "Smith" en el analizador N9912A.

Además, otro resultado se obtiene de la antena emisora donde no recibe ninguna señal como se muestra en la figura 172, en la cual no gráfica absolutamente nada.



Figura 172: Señal con el material absorbente de la antena emisora en formato "Smith" en el analizador N9912A.

El cuarto resultado se obtiene en un formato fase de la antena receptora en la figura 173, donde existen dos señales de atraso de fase, esto quiere decir que son positivas y negativas, por las vibraciones que existen en la antena emisora al realizar el movimiento de 360°. A diferencia en el lugar que hay el material es continua la señal, pero más prolongada por la distancia.

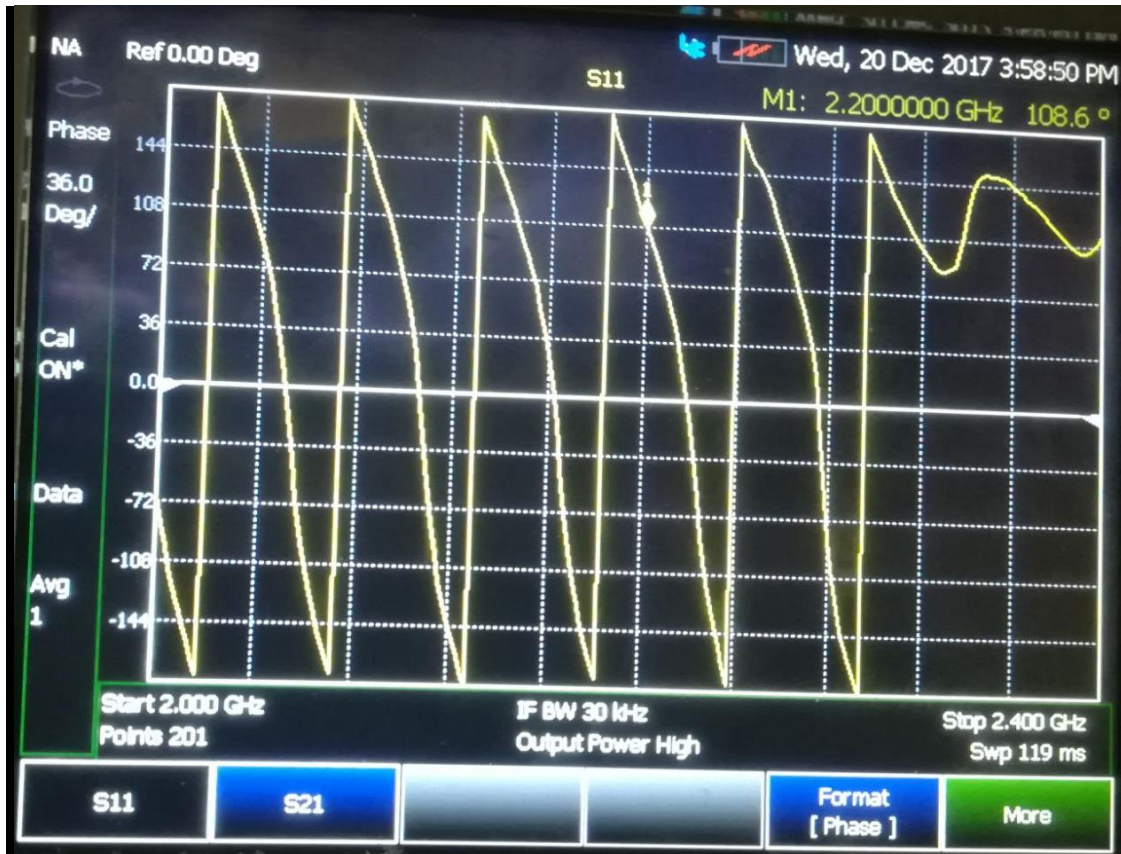


Figura 173: Señal con el material absorbente de la antena receptora en formato “Phase” en el analizador N9912A.

En los 360 grados del patrón de azimuth de la antena cilíndrica se tomará en cuenta la ganancia más alta en cada grado, todas las pruebas a diferentes distancias se pueden observar en la tabla 44, cual es la señal más fuerte en los distintos grados que nos da el patrón de radiación, así permitiendo observar que a menor distancia con el material se obtiene una mejor señal y a mayor distancia la señal es totalmente baja.

Tabla 44.

Tabla comparativa de las distancias tomando la señal más fuerte de los grados del patrón de radiación.

| Distancia vs Grados | 0 a 45 grados | 45 a 90 grados | 90 a 135 grados | 135 a 180 grados | 180 a 225 grados | 225 a 270 grados | 270 a 315 grados | 315 a 360 grados |
|---------------------|---------------|----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| 0,70 (m) | -57 dBm | -59 dBm | -60 dBm | -63 dBm | -60 dBm | -62 dBm | -61 dBm | -61 dBm |

| | | | | | | | | |
|----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1,70 (m) | -59 dBm | -60 dBm | -62 dBm | -60 dBm | -62 dBm | -63 dBm | -63 dBm | -61 dBm |
| 2,2 (m) | -60 dBm | -61 dBm | -65 dBm | -61 dBm | -61 dBm | -64 dBm | -65 dBm | -60 dBm |

➤ **Segunda prueba física con el material anecoico**

Para realizar la prueba se debe tener todos los equipos necesarios que se mostrarán a continuación:

- 2 antenas dipolo (2.4Ghz)
 - 1 generador de señal N9310A RF
 - Módulo transmisor
 - Módulo Receptor
 - Pc (RadPat).
 - 1 cable coaxial
 - 1 cable USB
 - 1 espuma de carácter electromagnético
- a) Se debe conectar del módulo de transmisión (TX) al conector de salida (OUT) del generador de señal.
 - b) El cable USB se debe conectar en la PC desde el módulo receptor.
 - c) En el módulo receptor (RX) debe ser alimentado con un voltaje de 5v.
 - d) Se debe poner el material electromagnético o espuma en el medio de las dos antenas.
 - e) Se debe tomar en cuenta que las dos antenas deben estar a la misma altura y sin importa la dirección en la que se encuentre. Además, para obtener la medición de campo lejano debe tener una distancia al menos de 0.8m. Como se muestra en la figura 174, ya totalmente armado.



Figura 174: Segunda simulación totalmente armada.

Configuración de amplitud en el Generador de Señal



- a) El primer paso que se debe realizar es presionar el botón "ON"  en el cual tardara algunos minutos.
- b) Todos los cables deben estar desconectados hasta configurar la frecuencia, ya que los equipos se pueden quemar.
- c) Para la configuración se debe ir al botón "Frequency"  en el cual te permite editar mediante un teclado numérico y poner el signo positivo o negativo como observa en la figura 175.



Figura 175: Teclado numérico del generador de señal N9310A RF.

- d) Al momento de ingresar la frecuencia esta debe estar en MHz (Megahercio), un ejemplo es ingresar el número de 2400Mhz y presionar nuevamente el botón "Frequency" para poderla guardar. Se puede observar como en el generador de señal en la figura 176 se cambia automáticamente a GHz (Gigahercio).



Figura 176: Frecuencia en "Gigahercio" del generador de señal N9310A RF.


- e) Ahora se podrá conectar en el RF Out del generador de señal, y además se debe configurar la amplitud igualmente haciendo click en el botón "Amplitude"  y luego ingresar la cantidad con el signo negativo o positivo, luego nuevamente presionar el botón de amplitud para guardar. Se puede observar como en el generador de señal en la figura 176 la amplitud se guarda en dBm.



Figura 177: Amplitud en “dBm” del generador de señal N9310A RF.

Prueba con diferentes distancias y amplitudes con el generador de señal N9310A

Mediante la ayuda del analizador, se logra obtener resultados de la señal a diferentes distancias como se muestra a continuación:

Primera prueba con amplitud -10dBm

Para la primera prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 178.

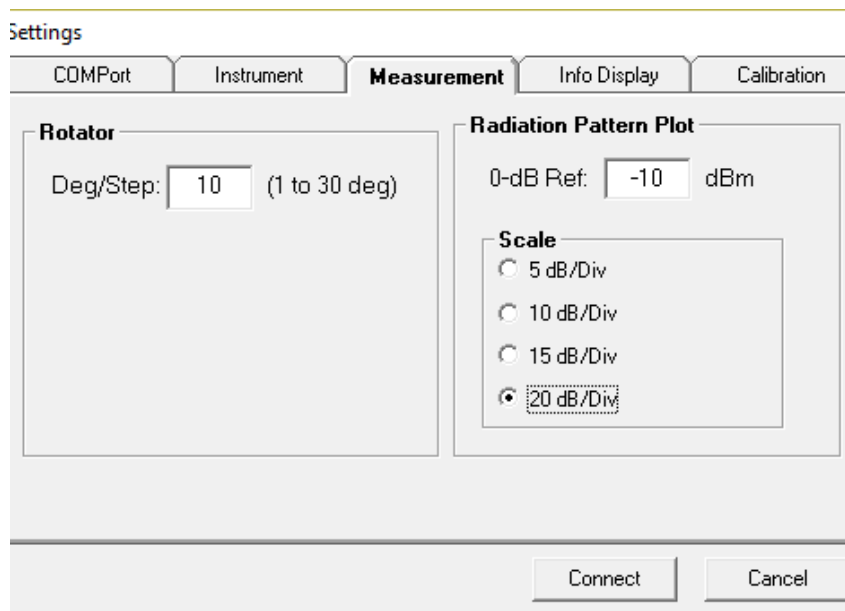


Figura 178: Parámetros con el patrón de radiación de -10dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -10 dBm como se observa en la figura 179, además encender la radio frecuencia haciendo

click en el botón "RF on/off"  y apagar el modo en el botón "MOD on/off"



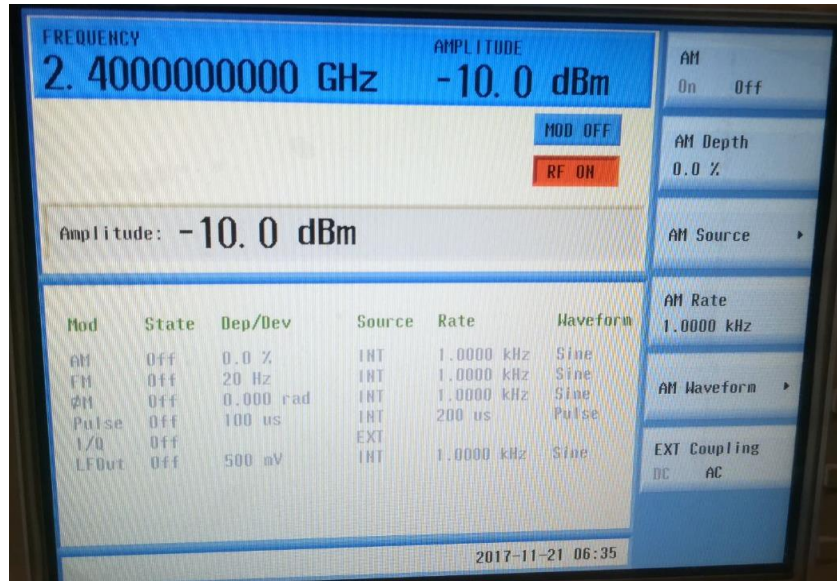


Figura 179: Amplitud de -10dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 180 en forma gráfica y en la tabla 45 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

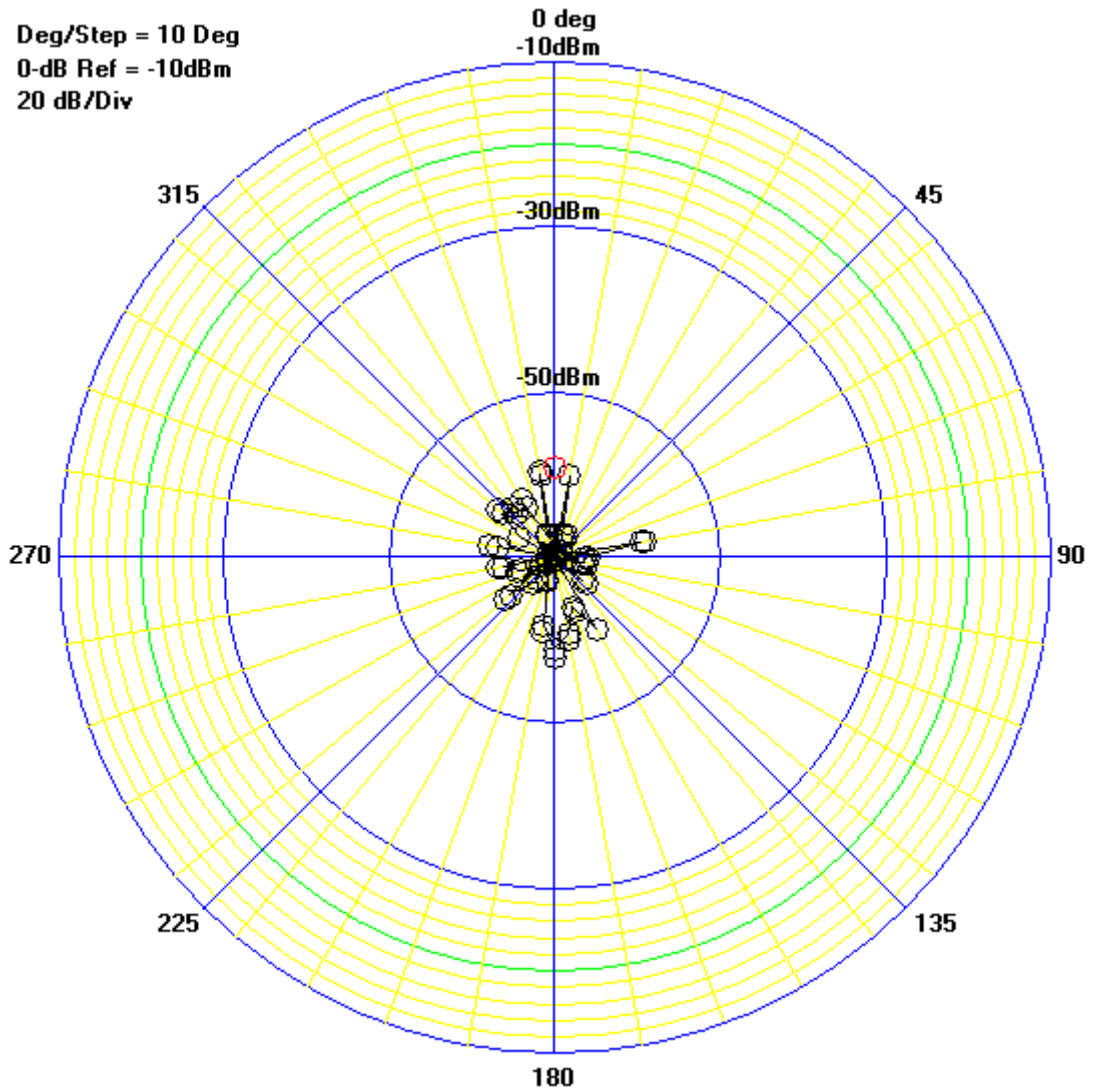


Figura 180: Patrón de radiación -10 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 45 la mejor transmisión que es de -58.91dBm hasta -65.71 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 45.

Patrón de radiación -10 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|----------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -71,45 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0001 | 0010 | -60,00 |
| 0002 | 0020 | -67,21 |
| 0003 | 0030 | -67,99 |
| 0004 | 0040 | -69,65 |
| 0005 | 0050 | -69,65 |
| 0006 | 0060 | -72,40 |
| 0007 | 0070 | -71,45 |
| 0008 | 0080 | -59,45 |
| 0009 | 0090 | -66,45 |
| 0010 | 0100 | -66,45 |
| 0011 | 0110 | -70,53 |
| 0012 | 0120 | -69,65 |
| 0013 | 0130 | -65,71 |
| 0014 | 0140 | -72,40 |
| 0015 | 0150 | -60,00 |
| 0016 | 0160 | -63,64 |
| 0017 | 0170 | -60,57 |
| 0018 | 0180 | -58,91 |
| 0019 | 0190 | -61,75 |
| 0020 | 0200 | -67,21 |
| 0021 | 0210 | -72,40 |
| 0022 | 0220 | -66,45 |
| 0023 | 0230 | -62,99 |
| 0024 | 0240 | -68,81 |
| 0025 | 0250 | -65,71 |
| 0026 | 0260 | -63,64 |
| 0027 | 0270 | -69,65 |
| 0028 | 0280 | -62,99 |
| 0029 | 0290 | -69,65 |
| 0030 | 0300 | -65,00 |
| 0031 | 0310 | -61,75 |
| 0032 | 0320 | -62,99 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0033 | 0330 | -62,99 |
| 0034 | 0340 | -67,21 |
| 0035 | 0350 | -60,00 |
| 0036 | 0360 | -59,45 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 181 en forma gráfica y en la tabla 46 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

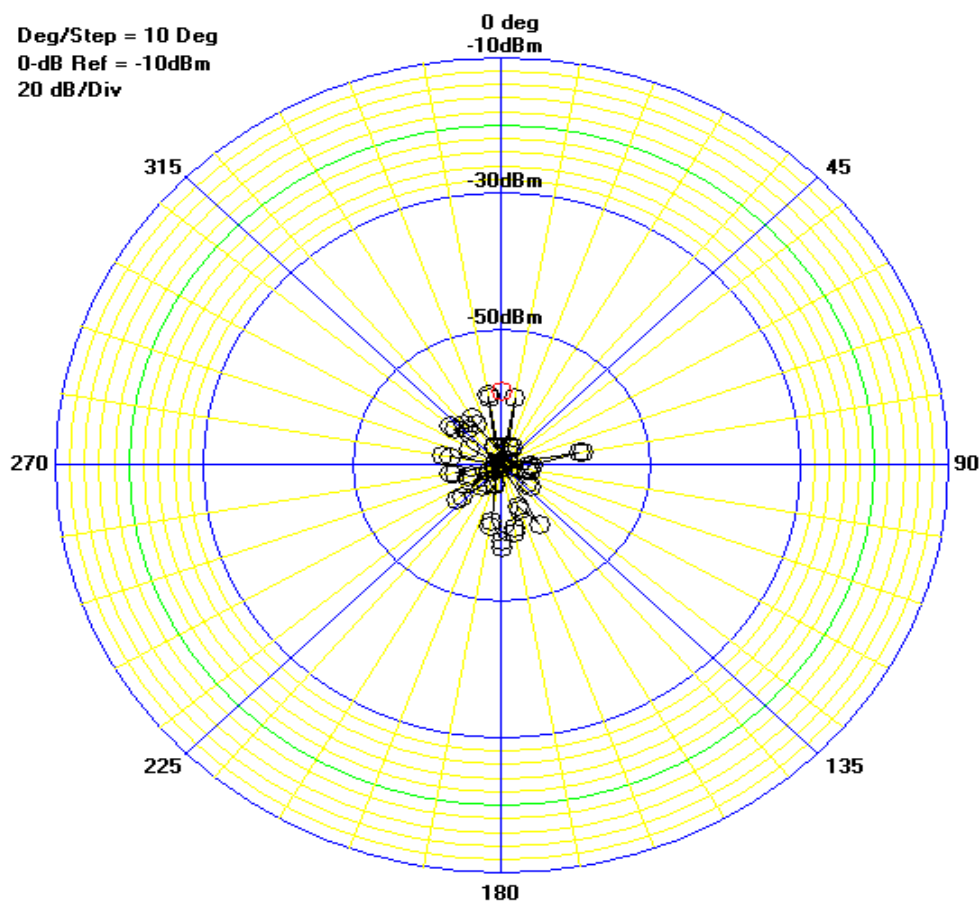


Figura 181: Patrón de radiación -10 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se

observa en la tabla 46 la mejor transmisión que es de -58.91dBm hasta -65.71 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 46.

Patrón de radiación -10 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -71,45 |
| 0001 | 0010 | -60,00 |
| 0002 | 0020 | -67,21 |
| 0003 | 0030 | -67,99 |
| 0004 | 0040 | -69,65 |
| 0005 | 0050 | -69,65 |
| 0006 | 0060 | -72,40 |
| 0007 | 0070 | -71,45 |
| 0008 | 0080 | -59,45 |
| 0009 | 0090 | -66,45 |
| 0010 | 0100 | -66,45 |
| 0011 | 0110 | -70,53 |
| 0012 | 0120 | -69,65 |
| 0013 | 0130 | -65,71 |
| 0014 | 0140 | -72,40 |
| 0015 | 0150 | -60,00 |
| 0016 | 0160 | -63,64 |
| 0017 | 0170 | -60,57 |
| 0018 | 0180 | -58,91 |
| 0019 | 0190 | -61,75 |
| 0020 | 0200 | -67,21 |
| 0021 | 0210 | -72,40 |
| 0022 | 0220 | -66,45 |
| 0023 | 0230 | -62,99 |
| 0024 | 0240 | -68,81 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0025 | 0250 | -65,71 |
| 0026 | 0260 | -63,64 |
| 0027 | 0270 | -69,65 |
| 0028 | 0280 | -62,99 |
| 0029 | 0290 | -69,65 |
| 0030 | 0300 | -65,00 |
| 0031 | 0310 | -61,75 |
| 0032 | 0320 | -62,99 |
| 0033 | 0330 | -62,99 |
| 0034 | 0340 | -67,21 |
| 0035 | 0350 | -60,00 |
| 0036 | 0360 | -59,45 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 182 en forma gráfica y en la tabla 47 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

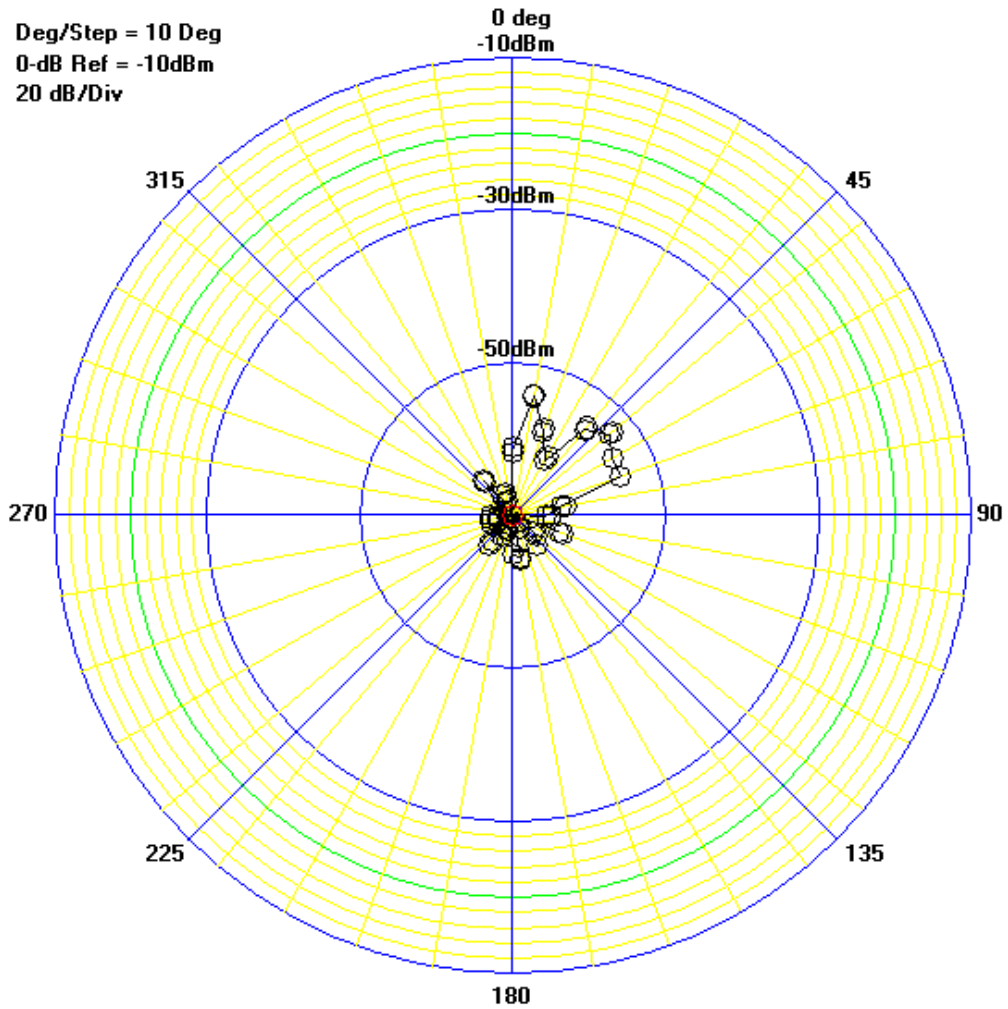


Figura 182: Patrón de radiación -10 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 47 la mejor transmisión que es de -53.54dBm hasta -63.64 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 47.

Patrón de radiación -10 dBm y distancia 3 metros con material.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -61,75 |
| 0001 | 0010 | -54,16 |
| 0002 | 0020 | -58,38 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -61,75 |
| 0004 | 0040 | -55,45 |
| 0005 | 0050 | -53,54 |
| 0006 | 0060 | -55,00 |
| 0007 | 0070 | -55,00 |
| 0008 | 0080 | -63,64 |
| 0009 | 0090 | -65,71 |
| 0010 | 0100 | -74,44 |
| 0011 | 0110 | -63,64 |
| 0012 | 0120 | -70,53 |
| 0013 | 0130 | -66,45 |
| 0014 | 0140 | -65,00 |
| 0015 | 0150 | -68,81 |
| 0016 | 0160 | -70,53 |
| 0017 | 0170 | -64,31 |
| 0018 | 0180 | -65,00 |
| 0019 | 0190 | -71,45 |
| 0020 | 0200 | -68,81 |
| 0021 | 0210 | -67,99 |
| 0022 | 0220 | -65,71 |
| 0023 | 0230 | -73,40 |
| 0024 | 0240 | -70,53 |
| 0025 | 0250 | -67,99 |
| 0026 | 0260 | -67,99 |
| 0027 | 0270 | -67,99 |
| 0028 | 0280 | -70,53 |
| 0029 | 0290 | -71,45 |
| 0030 | 0300 | -73,40 |
| 0031 | 0310 | -72,40 |
| 0032 | 0320 | -64,31 |
| 0033 | 0330 | -67,99 |
| 0034 | 0340 | -67,99 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -72,40 |
| 0036 | 0360 | -72,40 |

Segunda prueba con amplitud -20dBm

Para la segunda prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 183.

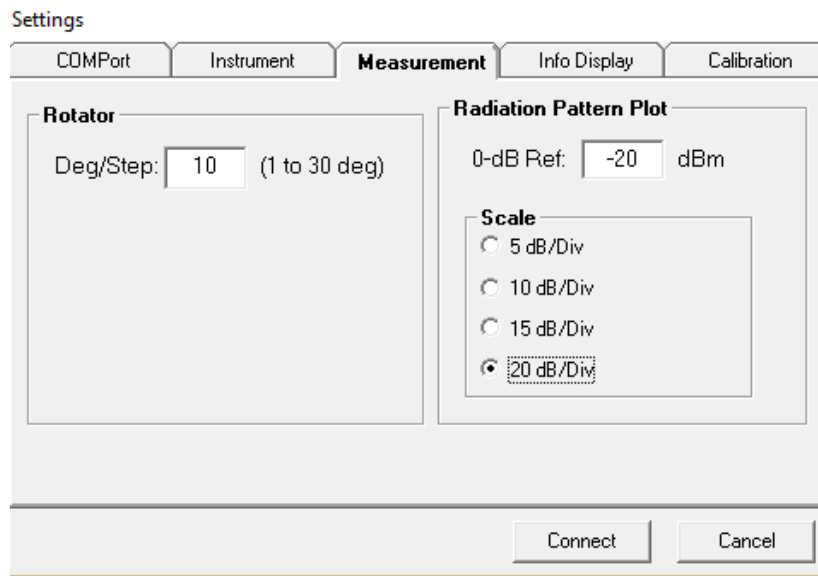




Figura 183: Parámetros con el patrón de radiación de -20dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -20 dBm como se observa en la figura 184, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón “RF on/off”  y apagar el modo en el botón “MOD on/off” .

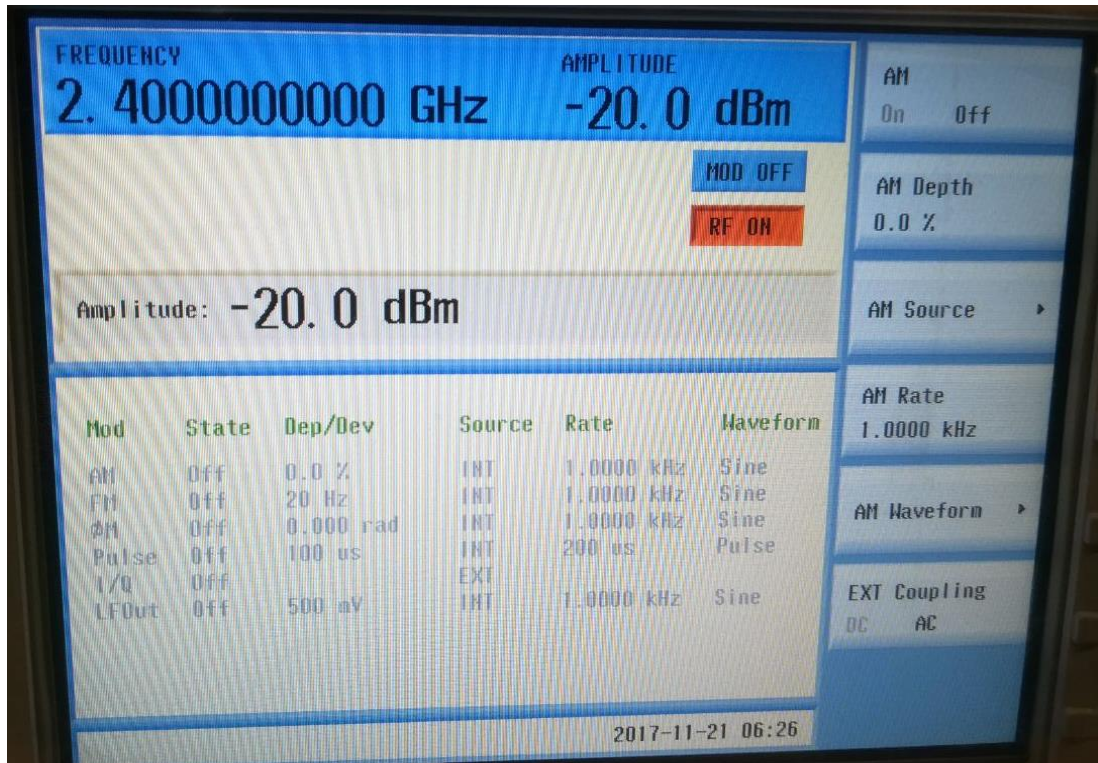


Figura 184: Amplitud de -20dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 185 en forma gráfica y en la tabla 48 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

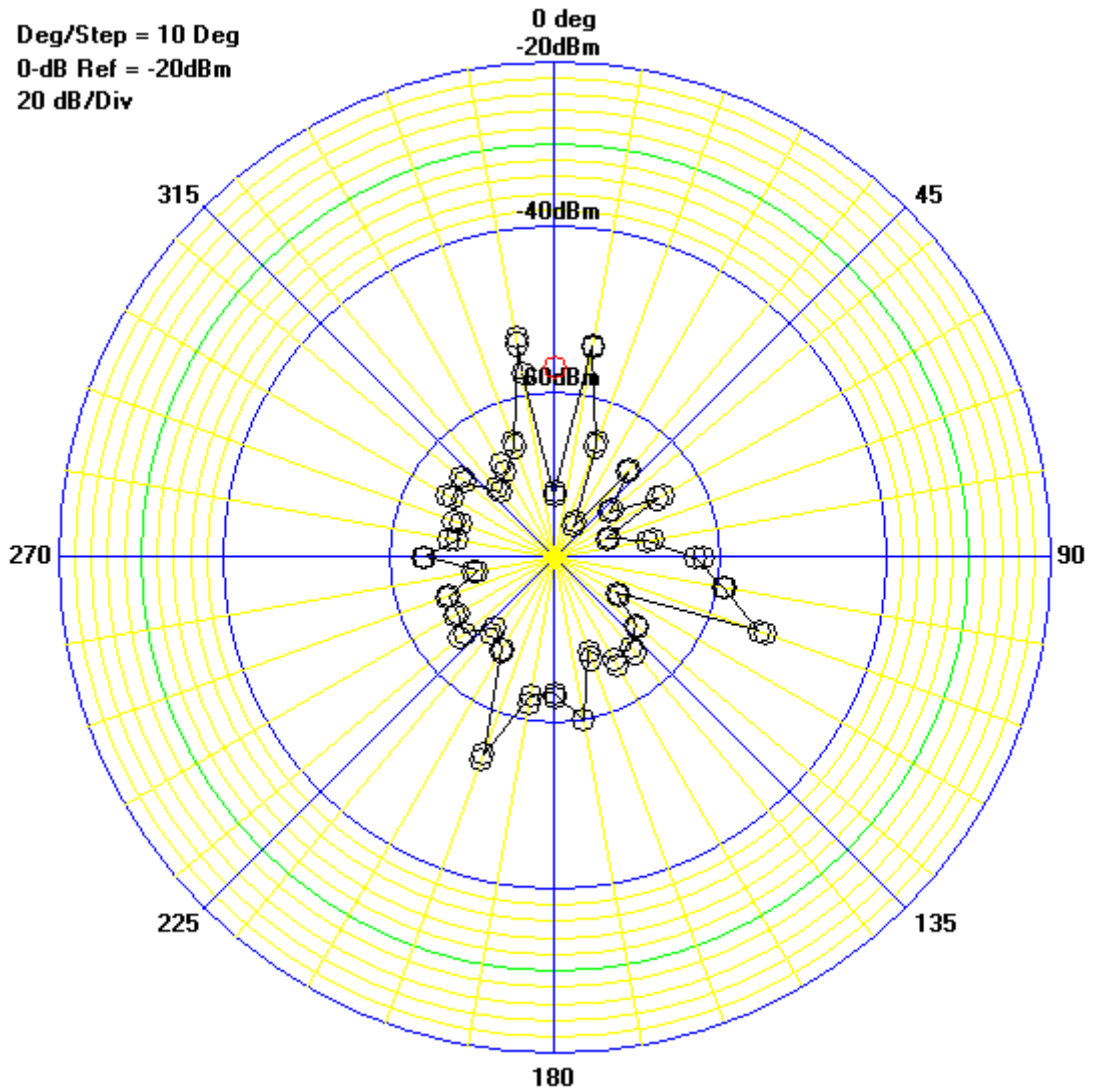


Figura 185: Patrón de radiación -20 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 48 la mejor transmisión que es de -53.84dBm hasta -63.64dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 48.

Patrón de radiación -20 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|----------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -72,40 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0001 | 0010 | -54,16 |
| 0002 | 0020 | -65,71 |
| 0003 | 0030 | -75,53 |
| 0004 | 0040 | -66,45 |
| 0005 | 0050 | -71,45 |
| 0006 | 0060 | -65,71 |
| 0007 | 0070 | -73,40 |
| 0008 | 0080 | -68,81 |
| 0009 | 0090 | -62,99 |
| 0010 | 0100 | -59,45 |
| 0011 | 0110 | -53,84 |
| 0012 | 0120 | -71,45 |
| 0013 | 0130 | -67,21 |
| 0014 | 0140 | -65,71 |
| 0015 | 0150 | -65,71 |
| 0016 | 0160 | -67,99 |
| 0017 | 0170 | -60,00 |
| 0018 | 0180 | -63,64 |
| 0019 | 0190 | -62,99 |
| 0020 | 0200 | -54,65 |
| 0021 | 0210 | -67,21 |
| 0022 | 0220 | -68,81 |
| 0023 | 0230 | -65,71 |
| 0024 | 0240 | -66,45 |
| 0025 | 0250 | -66,45 |
| 0026 | 0260 | -70,53 |
| 0027 | 0270 | -64,31 |
| 0028 | 0280 | -67,99 |
| 0029 | 0290 | -67,99 |
| 0030 | 0300 | -65,71 |
| 0031 | 0310 | -65,71 |
| 0032 | 0320 | -69,65 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0033 | 0330 | -67,99 |
| 0034 | 0340 | -65,71 |
| 0035 | 0350 | -53,84 |
| 0036 | 0360 | -57,36 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 186 en forma gráfica y en la tabla 49 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

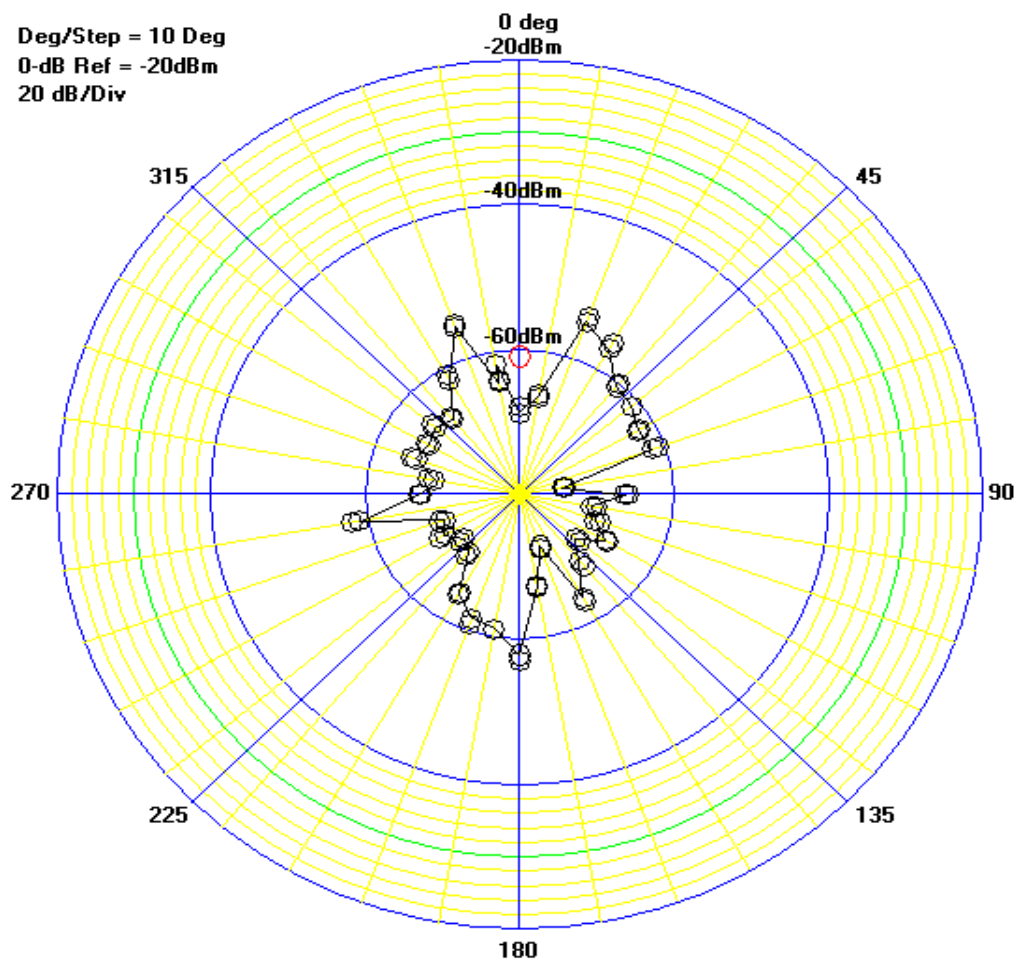


Figura 186: Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se

observa en la tabla 49 la mejor transmisión que es de -54.65dBm hasta -63.64 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 49.

Patrón de radiación -20 dBm y 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -68,81 |
| 0001 | 0010 | -66,45 |
| 0002 | 0020 | -54,65 |
| 0003 | 0030 | -56,87 |
| 0004 | 0040 | -60,57 |
| 0005 | 0050 | -61,15 |
| 0006 | 0060 | -62,36 |
| 0007 | 0070 | -61,75 |
| 0008 | 0080 | -74,44 |
| 0009 | 0090 | -66,45 |
| 0010 | 0100 | -70,53 |
| 0011 | 0110 | -69,65 |
| 0012 | 0120 | -67,21 |
| 0013 | 0130 | -70,53 |
| 0014 | 0140 | -67,99 |
| 0015 | 0150 | -63,64 |
| 0016 | 0160 | -72,40 |
| 0017 | 0170 | -67,21 |
| 0018 | 0180 | -57,86 |
| 0019 | 0190 | -61,15 |
| 0020 | 0200 | -61,75 |
| 0021 | 0210 | -64,31 |
| 0022 | 0220 | -69,65 |
| 0023 | 0230 | -70,53 |
| 0024 | 0240 | -68,81 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0025 | 0250 | -69,65 |
| 0026 | 0260 | -58,91 |
| 0027 | 0270 | -67,21 |
| 0028 | 0280 | -68,81 |
| 0029 | 0290 | -65,71 |
| 0030 | 0300 | -66,45 |
| 0031 | 0310 | -65,71 |
| 0032 | 0320 | -66,45 |
| 0033 | 0330 | -61,75 |
| 0034 | 0340 | -55,45 |
| 0035 | 0350 | -64,31 |
| 0036 | 0360 | -61,75 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 187 en forma gráfica y en la tabla 50 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

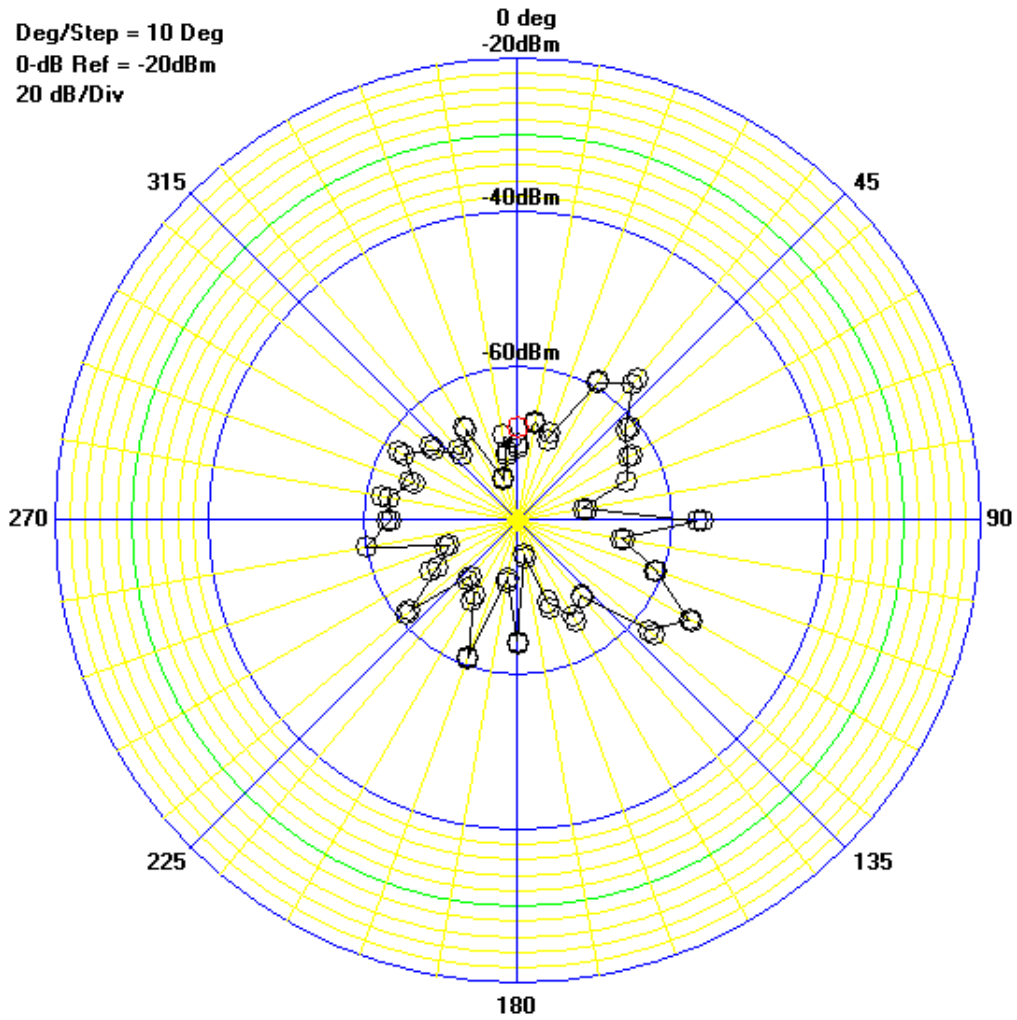


Figura 187: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 50 la mejor transmisión que es de -54.32dBm hasta -64.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 50.

Patrón de radiación -20 dBm y distancia 3 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -70,53 |
| 0001 | 0010 | -67,21 |
| 0002 | 0020 | -68,81 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -59,45 |
| 0004 | 0040 | -56,87 |
| 0005 | 0050 | -61,75 |
| 0006 | 0060 | -63,64 |
| 0007 | 0070 | -65,00 |
| 0008 | 0080 | -71,45 |
| 0009 | 0090 | -56,87 |
| 0010 | 0100 | -66,45 |
| 0011 | 0110 | -61,15 |
| 0012 | 0120 | -54,32 |
| 0013 | 0130 | -57,86 |
| 0014 | 0140 | -67,21 |
| 0015 | 0150 | -65,71 |
| 0016 | 0160 | -68,81 |
| 0017 | 0170 | -75,53 |
| 0018 | 0180 | -64,31 |
| 0019 | 0190 | -72,40 |
| 0020 | 0200 | -61,15 |
| 0021 | 0210 | -68,81 |
| 0022 | 0220 | -70,53 |
| 0023 | 0230 | -61,75 |
| 0024 | 0240 | -67,99 |
| 0025 | 0250 | -70,53 |
| 0026 | 0260 | -60,00 |
| 0027 | 0270 | -63,64 |
| 0028 | 0280 | -62,99 |
| 0029 | 0290 | -65,71 |
| 0030 | 0300 | -62,99 |
| 0031 | 0310 | -65,71 |
| 0032 | 0320 | -68,81 |
| 0033 | 0330 | -66,45 |
| 0034 | 0340 | -74,44 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -71,45 |
| 0036 | 0360 | -68,81 |

Tercera prueba con amplitud -30dBm

Para la tercera prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 188.

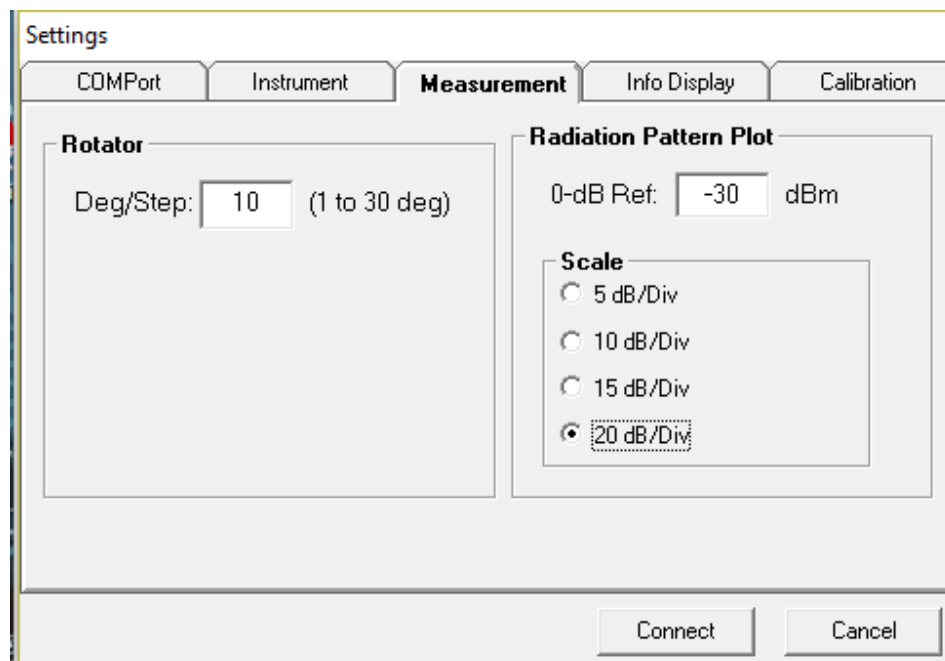




Figura 188: Parámetros con el patrón de radiación de -30dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -30 dBm como se observa en la figura 189, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón "RF on/off"  y apagar el modo en el botón "MOD on/off" .

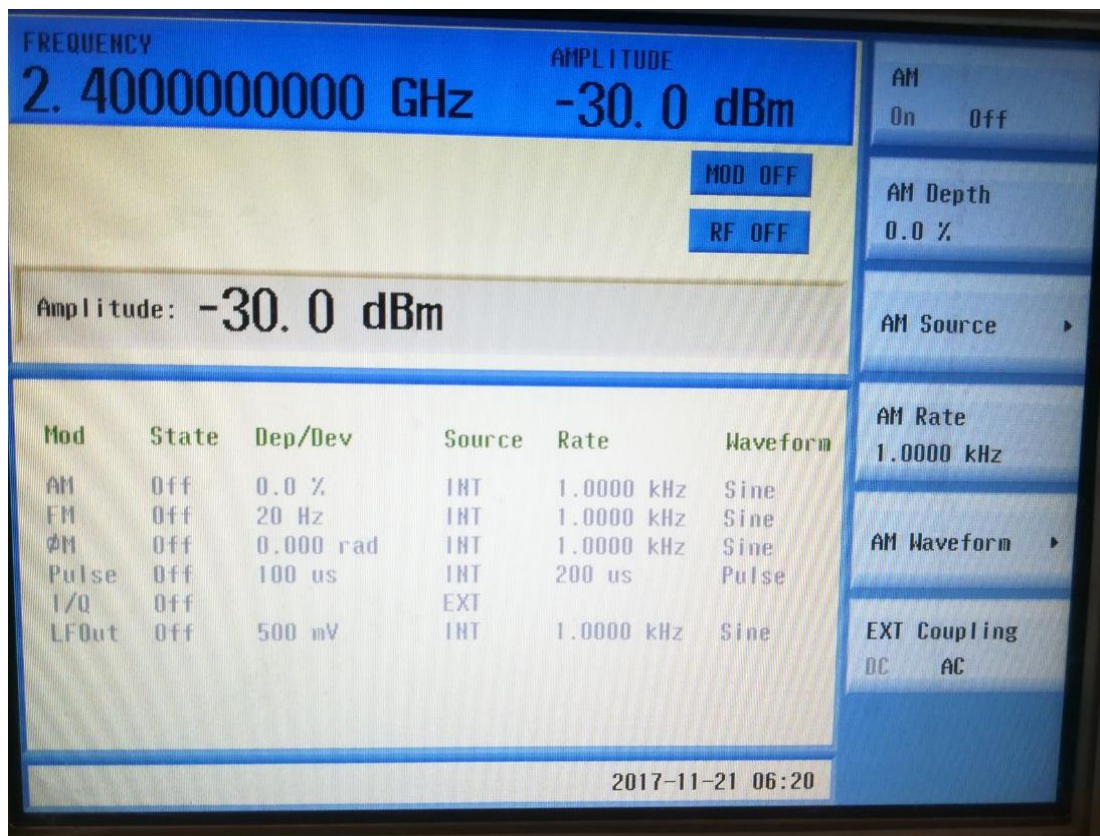


Figura 189: Amplitud de -30dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 190 en forma gráfica y en la tabla 51 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

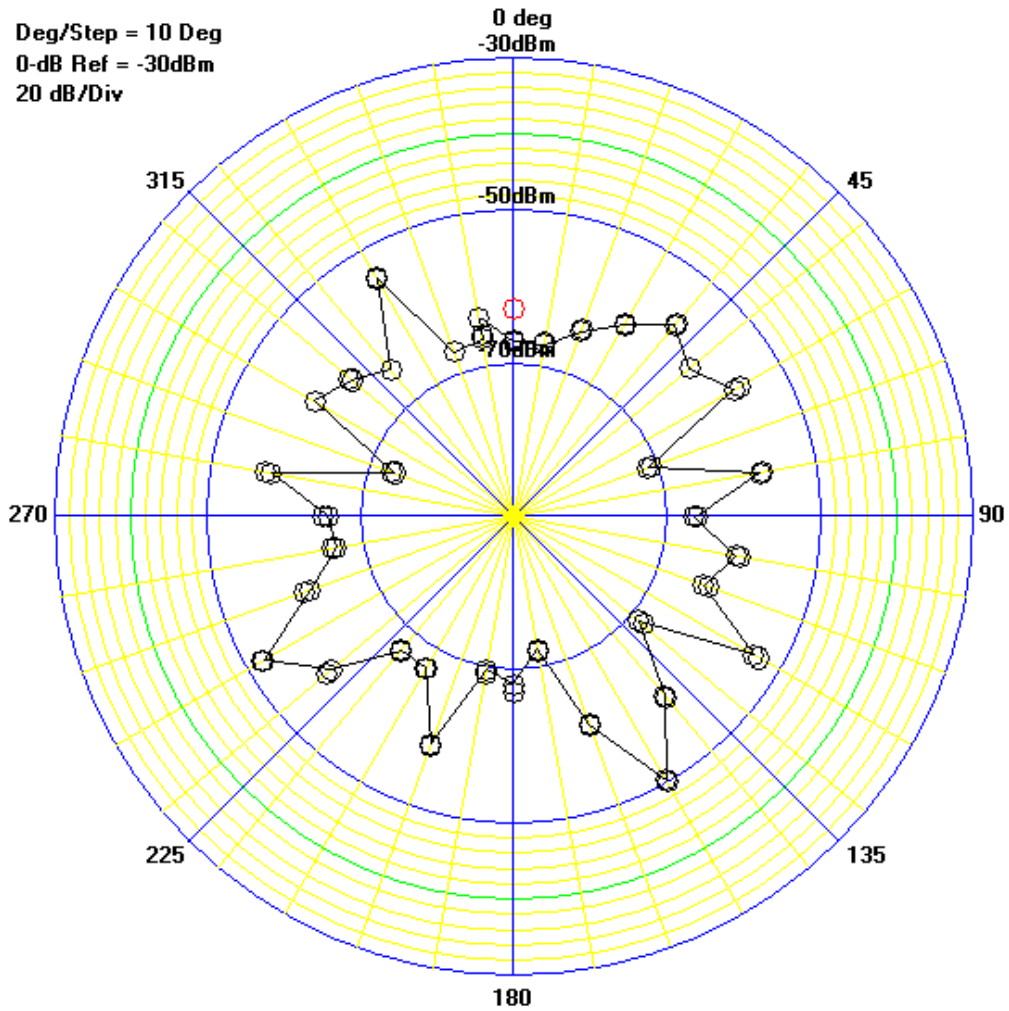


Figura 190: Patrón de radiación -30 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 51 la mejor transmisión que es de -50.20dBm hasta -61.15 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 51.

Patrón de radiación -30 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -67,21 |
| 0001 | 0010 | -67,21 |
| 0002 | 0020 | -64,31 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -61,15 |
| 0004 | 0040 | -57,36 |
| 0005 | 0050 | -60,00 |
| 0006 | 0060 | -56,87 |
| 0007 | 0070 | -71,45 |
| 0008 | 0080 | -57,36 |
| 0009 | 0090 | -66,45 |
| 0010 | 0100 | -60,57 |
| 0011 | 0110 | -63,64 |
| 0012 | 0120 | -53,84 |
| 0013 | 0130 | -68,81 |
| 0014 | 0140 | -59,45 |
| 0015 | 0150 | -50,20 |
| 0016 | 0160 | -61,15 |
| 0017 | 0170 | -72,40 |
| 0018 | 0180 | -67,99 |
| 0019 | 0190 | -69,65 |
| 0020 | 0200 | -58,38 |
| 0021 | 0210 | -67,21 |
| 0022 | 0220 | -67,21 |
| 0023 | 0230 | -58,91 |
| 0024 | 0240 | -52,41 |
| 0025 | 0250 | -61,75 |
| 0026 | 0260 | -66,45 |
| 0027 | 0270 | -65,71 |
| 0028 | 0280 | -57,86 |
| 0029 | 0290 | -73,40 |
| 0030 | 0300 | -60,00 |
| 0031 | 0310 | -62,36 |
| 0032 | 0320 | -65,00 |
| 0033 | 0330 | -54,16 |
| 0034 | 0340 | -67,21 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -66,45 |
| 0036 | 0360 | -63,64 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 191 en forma gráfica y en la tabla 52 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

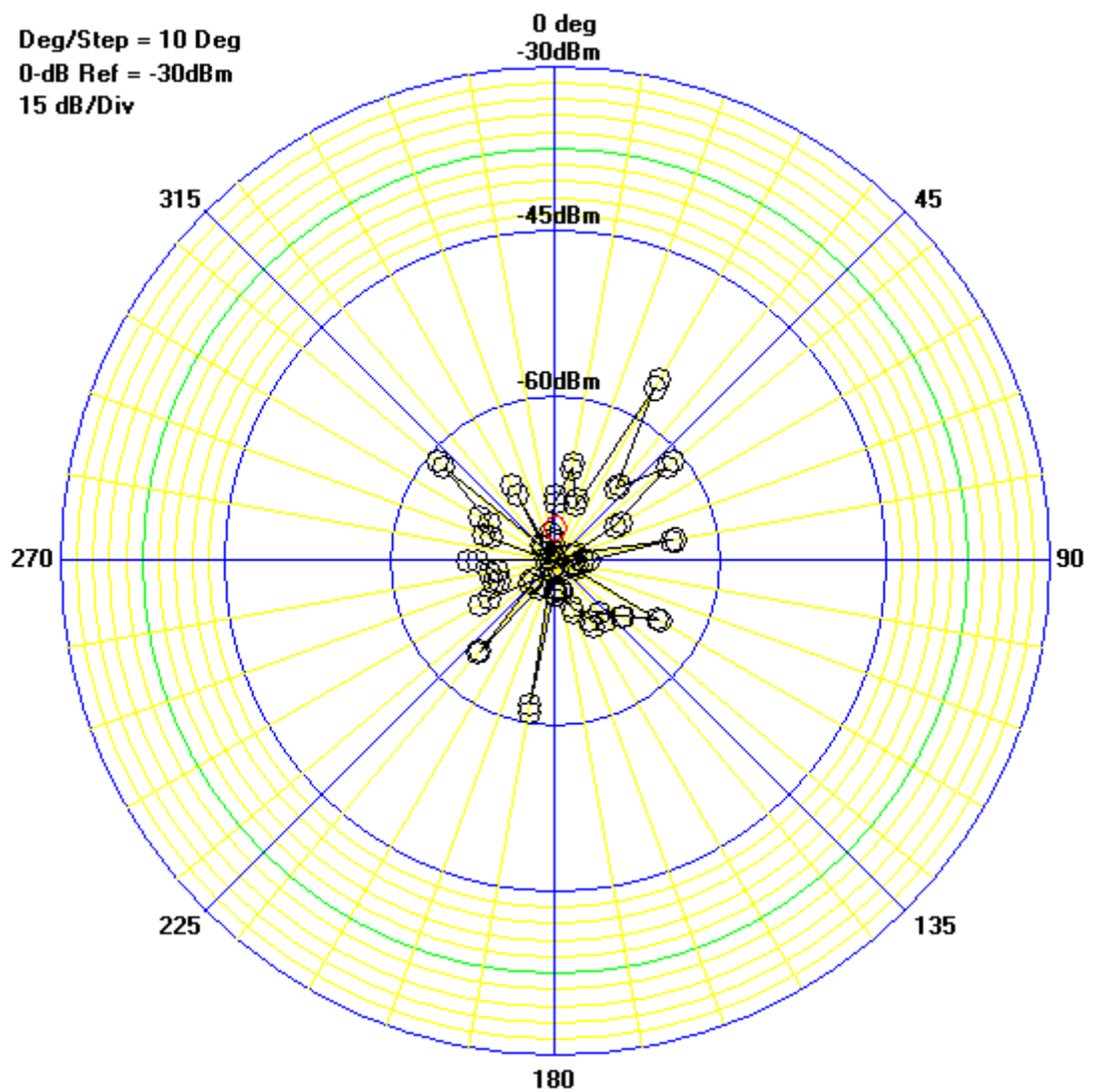


Figura 191: Patrón de radiación -30 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 52 la mejor transmisión que es de -64.31dBm hasta -69.65 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 52.

Patrón de radiación -30 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -69,65 |
| 0001 | 0010 | -66,45 |
| 0002 | 0020 | -69,65 |
| 0003 | 0030 | -56,87 |
| 0004 | 0040 | -66,45 |
| 0005 | 0050 | -61,75 |
| 0006 | 0060 | -68,81 |
| 0007 | 0070 | -73,40 |
| 0008 | 0080 | -64,31 |
| 0009 | 0090 | -72,40 |
| 0010 | 0100 | -73,40 |
| 0011 | 0110 | -73,40 |
| 0012 | 0120 | -64,31 |
| 0013 | 0130 | -67,21 |
| 0014 | 0140 | -68,81 |
| 0015 | 0150 | -68,81 |
| 0016 | 0160 | -70,53 |
| 0017 | 0170 | -72,40 |
| 0018 | 0180 | -72,40 |
| 0019 | 0190 | -61,75 |
| 0020 | 0200 | -74,44 |
| 0021 | 0210 | -72,40 |
| 0022 | 0220 | -64,31 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0023 | 0230 | -72,40 |
| 0024 | 0240 | -67,99 |
| 0025 | 0250 | -69,65 |
| 0026 | 0260 | -69,65 |
| 0027 | 0270 | -67,99 |
| 0028 | 0280 | -74,44 |
| 0029 | 0290 | -68,81 |
| 0030 | 0300 | -67,99 |
| 0031 | 0310 | -61,75 |
| 0032 | 0320 | -73,40 |
| 0033 | 0330 | -67,99 |
| 0034 | 0340 | -74,44 |
| 0035 | 0350 | -73,40 |
| 0036 | 0360 | -72,40 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 192 en forma gráfica y en la tabla 53 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

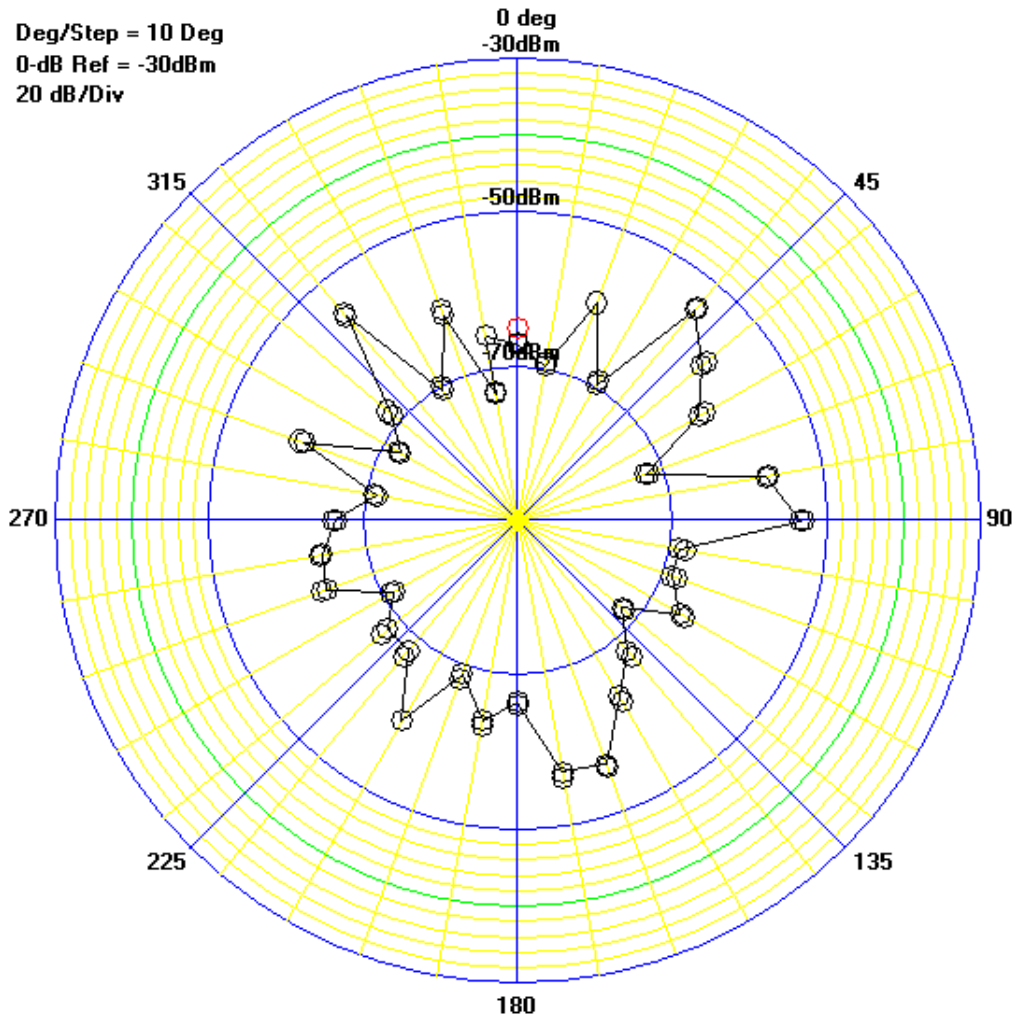


Figura 192: Patrón de radiación -20 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 53 la mejor transmisión que es de -60.00dBm hasta -67.99 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 53.

Patrón de radiación -30 dBm y distancia 3 metros

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -67,21 |
| 0001 | 0010 | -69,65 |
| 0002 | 0020 | -60,00 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -69,65 |
| 0004 | 0040 | -54,32 |
| 0005 | 0050 | -58,91 |
| 0006 | 0060 | -62,99 |
| 0007 | 0070 | -72,40 |
| 0008 | 0080 | -57,36 |
| 0009 | 0090 | -53,39 |
| 0010 | 0100 | -68,81 |
| 0011 | 0110 | -68,81 |
| 0012 | 0120 | -65,71 |
| 0013 | 0130 | -72,40 |
| 0014 | 0140 | -67,99 |
| 0015 | 0150 | -63,64 |
| 0016 | 0160 | -56,39 |
| 0017 | 0170 | -56,87 |
| 0018 | 0180 | -66,45 |
| 0019 | 0190 | -63,64 |
| 0020 | 0200 | -68,81 |
| 0021 | 0210 | -60,00 |
| 0022 | 0220 | -67,99 |
| 0023 | 0230 | -67,99 |
| 0024 | 0240 | -71,45 |
| 0025 | 0250 | -63,64 |
| 0026 | 0260 | -64,31 |
| 0027 | 0270 | -66,45 |
| 0028 | 0280 | -71,45 |
| 0029 | 0290 | -60,57 |
| 0030 | 0300 | -72,40 |
| 0031 | 0310 | -68,81 |
| 0032 | 0320 | -55,45 |
| 0033 | 0330 | -70,53 |
| 0034 | 0340 | -61,75 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -73,40 |
| 0036 | 0360 | -65,71 |

Cuarta prueba con amplitud -40dBm

Para la primera prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 193.

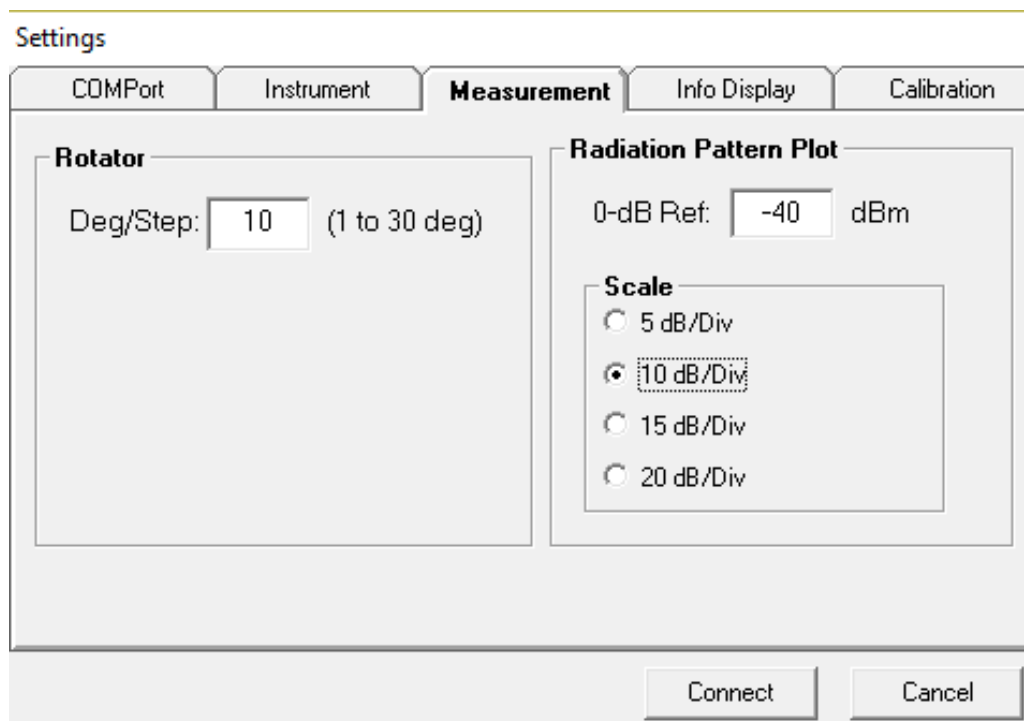




Figura 193: Parámetros con el patrón de radiación de -40dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -40 dBm como se observa en la figura 194, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón “RF on/off”  y apagar el modo en el botón “MOD on/off” .

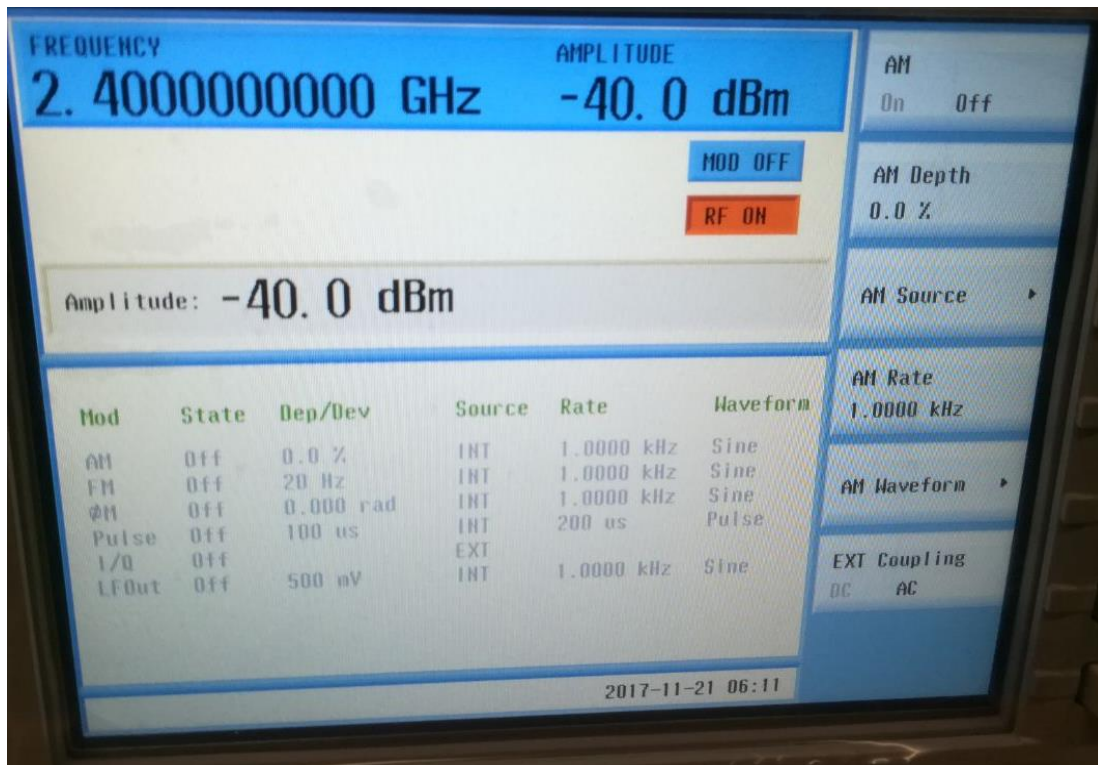


Figura 194: Amplitud de -40dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 195 en forma gráfica y en la tabla 54 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

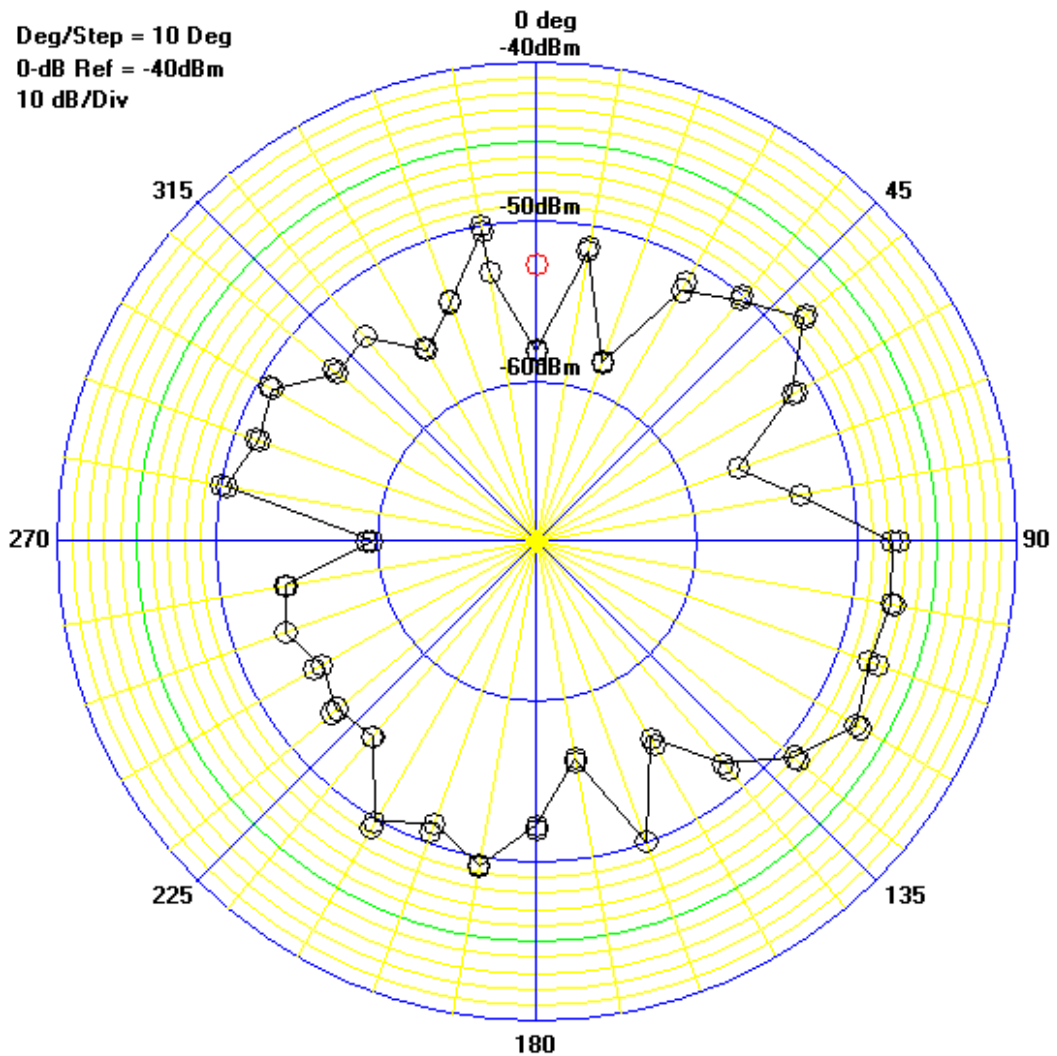


Figura 195: Patrón de radiación -40 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 54 la mejor transmisión que es de -51.29dBm hasta -60.57 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 54.

Patrón de radiación -40 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -67,21 |
| 0001 | 0010 | -57,36 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0002 | 0020 | -67,21 |
| 0003 | 0030 | -57,86 |
| 0004 | 0040 | -55,45 |
| 0005 | 0050 | -52,41 |
| 0006 | 0060 | -57,36 |
| 0007 | 0070 | -65,00 |
| 0008 | 0080 | -60,00 |
| 0009 | 0090 | -51,77 |
| 0010 | 0100 | -51,29 |
| 0011 | 0110 | -51,90 |
| 0012 | 0120 | -50,51 |
| 0013 | 0130 | -53,54 |
| 0014 | 0140 | -57,86 |
| 0015 | 0150 | -63,64 |
| 0016 | 0160 | -55,00 |
| 0017 | 0170 | -64,31 |
| 0018 | 0180 | -58,38 |
| 0019 | 0190 | -54,16 |
| 0020 | 0200 | -56,87 |
| 0021 | 0210 | -54,65 |
| 0022 | 0220 | -61,15 |
| 0023 | 0230 | -60,57 |
| 0024 | 0240 | -61,75 |
| 0025 | 0250 | -60,00 |
| 0026 | 0260 | -61,15 |
| 0027 | 0270 | -69,65 |
| 0028 | 0280 | -55,45 |
| 0029 | 0290 | -57,36 |
| 0030 | 0300 | -56,39 |
| 0031 | 0310 | -60,57 |
| 0032 | 0320 | -60,00 |
| 0033 | 0330 | -64,31 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0034 | 0340 | -61,15 |
| 0035 | 0350 | -55,45 |
| 0036 | 0360 | -59,45 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 196 en forma gráfica y en la tabla 55 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

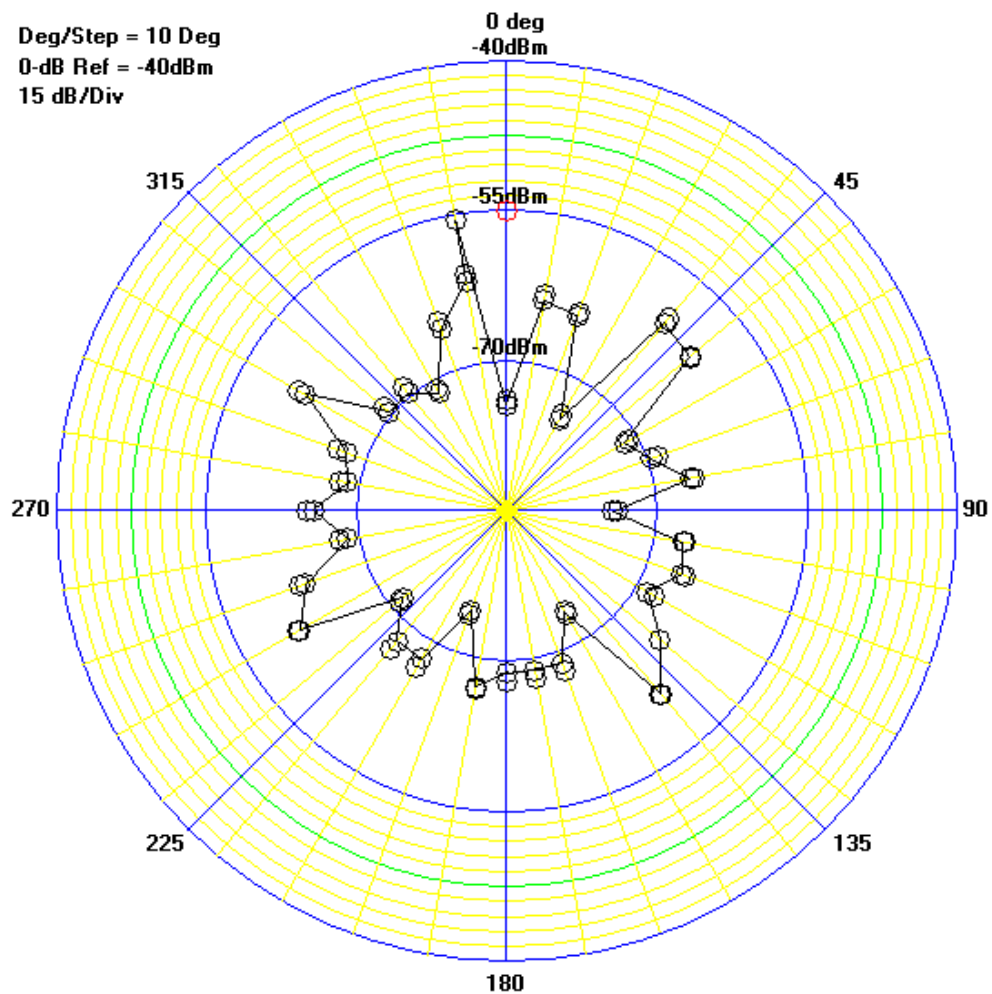


Figura 196: Patrón de radiación -40 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrarán los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 55 la mejor transmisión que es de -55.45dBm hasta -64.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 55.

Patrón de radiación -40 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -74,44 |
| 0001 | 0010 | -63,64 |
| 0002 | 0020 | -64,31 |
| 0003 | 0030 | -74,44 |
| 0004 | 0040 | -60,57 |
| 0005 | 0050 | -61,15 |
| 0006 | 0060 | -71,45 |
| 0007 | 0070 | -69,65 |
| 0008 | 0080 | -66,45 |
| 0009 | 0090 | -74,44 |
| 0010 | 0100 | -67,21 |
| 0011 | 0110 | -66,45 |
| 0012 | 0120 | -68,81 |
| 0013 | 0130 | -65,00 |
| 0014 | 0140 | -61,15 |
| 0015 | 0150 | -73,40 |
| 0016 | 0160 | -68,81 |
| 0017 | 0170 | -68,81 |
| 0018 | 0180 | -68,81 |
| 0019 | 0190 | -67,21 |
| 0020 | 0200 | -74,44 |
| 0021 | 0210 | -67,99 |
| 0022 | 0220 | -67,99 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0023 | 0230 | -71,45 |
| 0024 | 0240 | -61,15 |
| 0025 | 0250 | -63,64 |
| 0026 | 0260 | -68,81 |
| 0027 | 0270 | -65,71 |
| 0028 | 0280 | -68,81 |
| 0029 | 0290 | -67,99 |
| 0030 | 0300 | -61,75 |
| 0031 | 0310 | -69,65 |
| 0032 | 0320 | -69,65 |
| 0033 | 0330 | -71,45 |
| 0034 | 0340 | -65,71 |
| 0035 | 0350 | -61,75 |
| 0036 | 0360 | -55,45 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 197 en forma gráfica y en la tabla 56 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

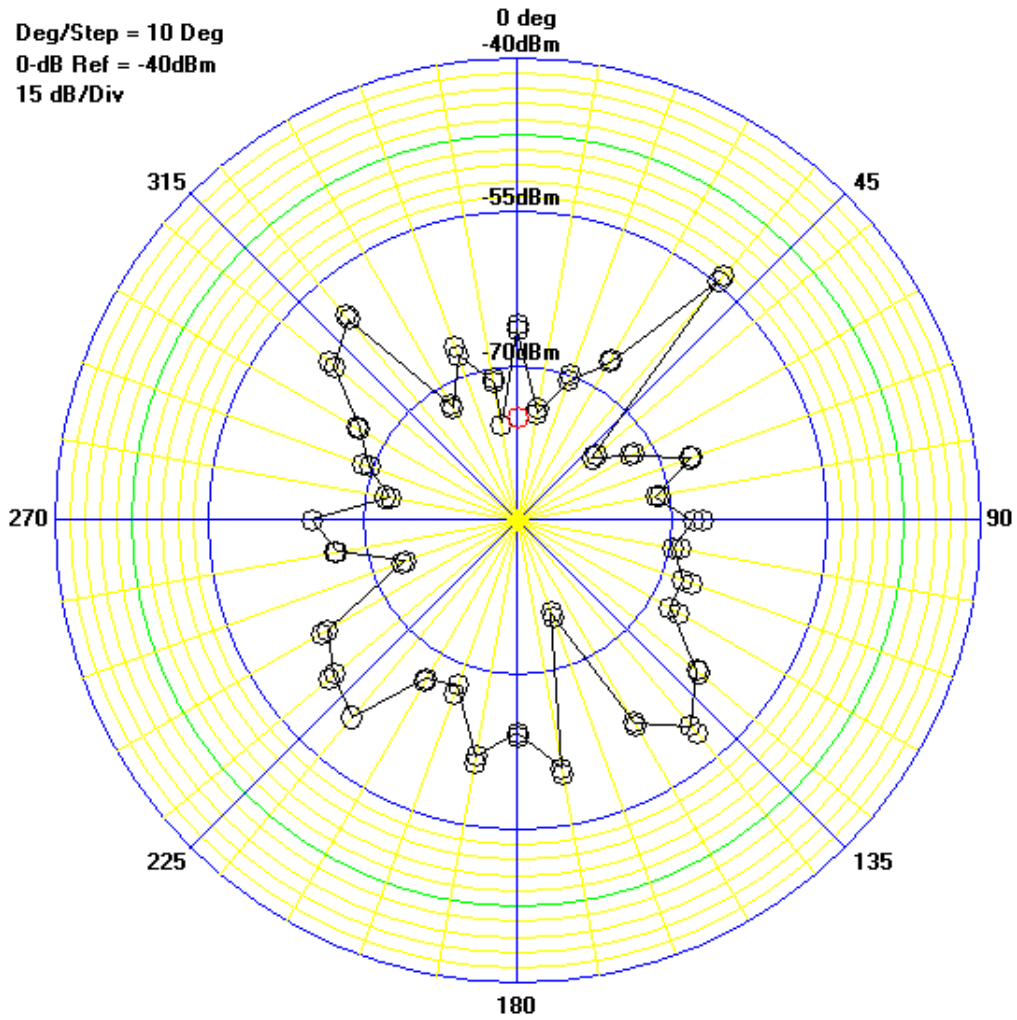


Figura 197: Patrón de radiación -40 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 56 la mejor transmisión que es de -54.65dBm hasta -64.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 56.

Patrón de radiación -40 dBm y distancia 3 metros

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -66,45 |
| 0001 | 0010 | -74,44 |
| 0002 | 0020 | -70,53 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -67,21 |
| 0004 | 0040 | -54,65 |
| 0005 | 0050 | -75,53 |
| 0006 | 0060 | -72,40 |
| 0007 | 0070 | -67,21 |
| 0008 | 0080 | -71,45 |
| 0009 | 0090 | -67,99 |
| 0010 | 0100 | -69,65 |
| 0011 | 0110 | -67,99 |
| 0012 | 0120 | -67,99 |
| 0013 | 0130 | -62,36 |
| 0014 | 0140 | -58,91 |
| 0015 | 0150 | -62,36 |
| 0016 | 0160 | -75,53 |
| 0017 | 0170 | -60,57 |
| 0018 | 0180 | -64,31 |
| 0019 | 0190 | -61,75 |
| 0020 | 0200 | -67,99 |
| 0021 | 0210 | -67,21 |
| 0022 | 0220 | -60,00 |
| 0023 | 0230 | -61,75 |
| 0024 | 0240 | -63,64 |
| 0025 | 0250 | -73,40 |
| 0026 | 0260 | -67,21 |
| 0027 | 0270 | -65,00 |
| 0028 | 0280 | -72,40 |
| 0029 | 0290 | -69,65 |
| 0030 | 0300 | -67,21 |
| 0031 | 0310 | -61,75 |
| 0032 | 0320 | -59,45 |
| 0033 | 0330 | -72,40 |
| 0034 | 0340 | -67,99 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -71,45 |
| 0036 | 0360 | -75,53 |

Quinta prueba con amplitud -50dBm

Para la quinta prueba se configura el RadPat, comprobando el puerto y la pestaña de medición con los parámetros que se muestran en la figura 198.

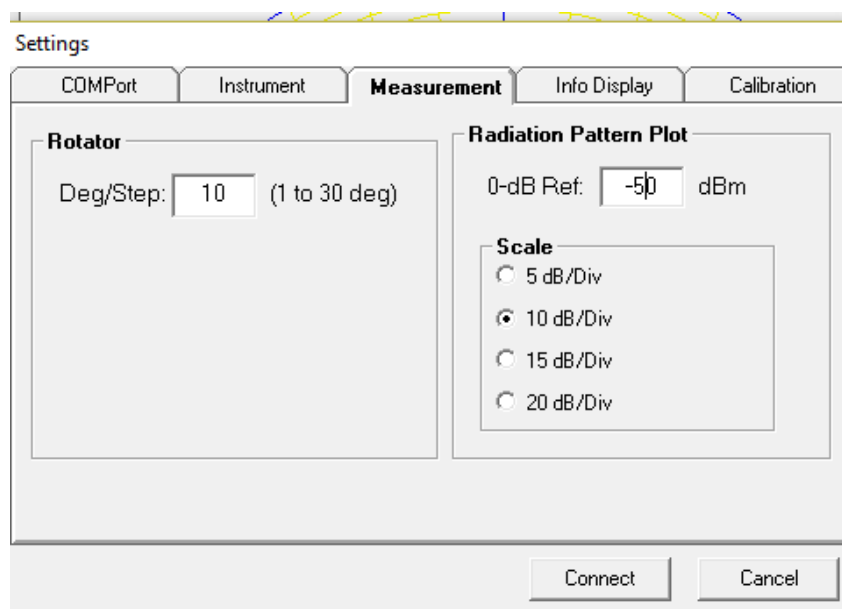




Figura 198: Parámetros con el patrón de radiación de -50dBm.

Se debe cambiar la amplitud en el generador de señal la amplitud a -50 dBm como se observa en la figura 199, además encender la radio frecuencia haciendo click en el botón “RF on/off”  y apagar el modo en el botón “MOD on/off” .

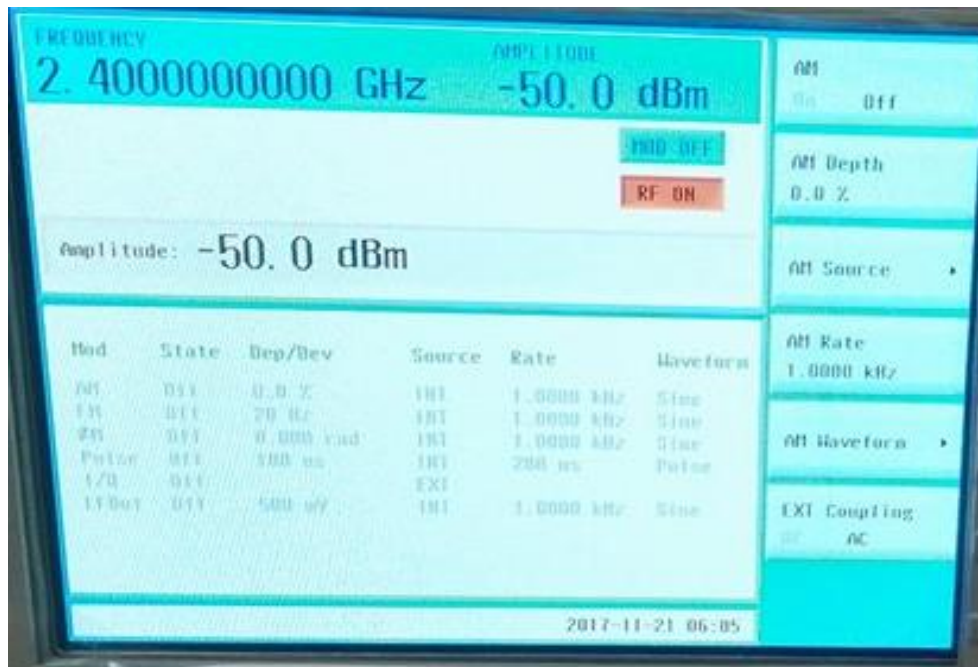


Figura 199: Amplitud de -50dBm a una frecuencia 2400Mhz mediante el generador de señal N9310A RF.

- **Distancia 1 metro**

Para la distancia de 1 metro y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 200 en forma gráfica y en la tabla 57 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

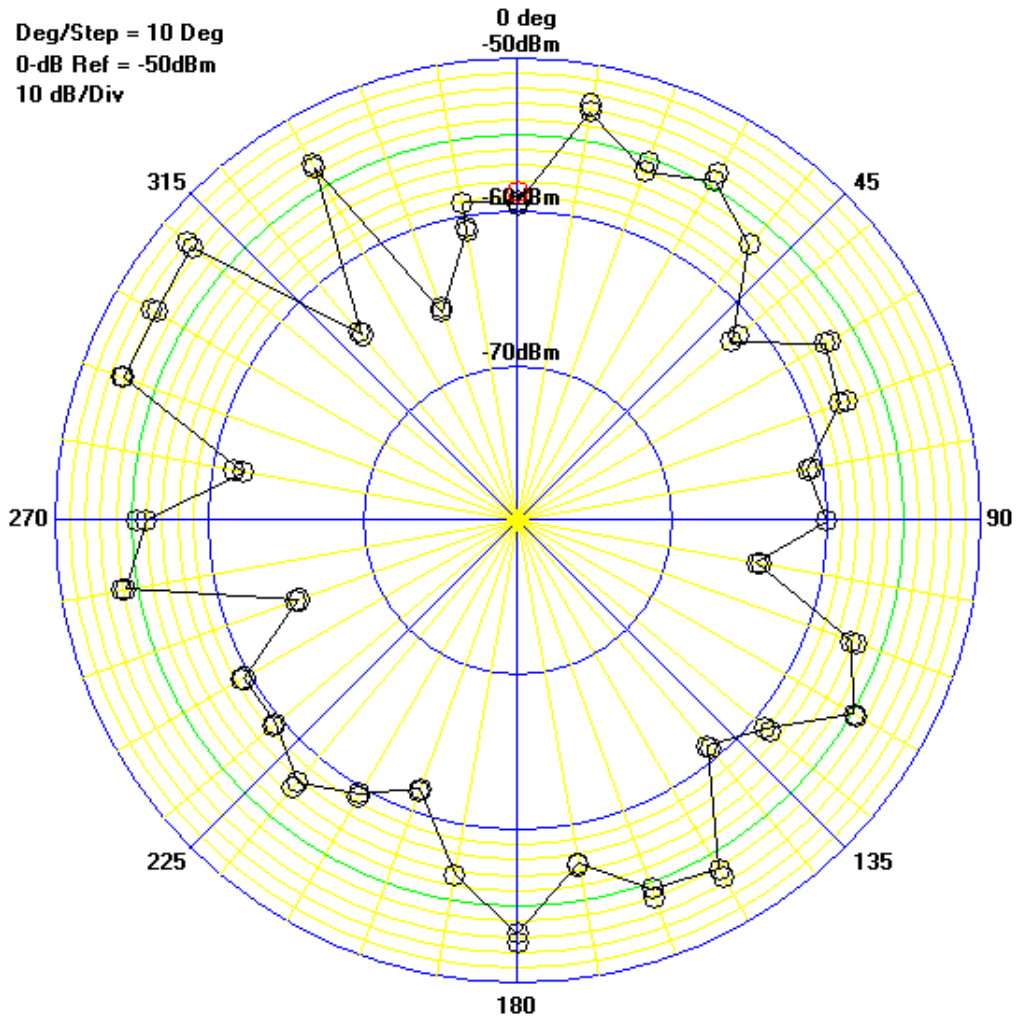


Figura 200: Patrón de radiación -50 dBm y 1 metro.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 57 la mejor transmisión que es de -54.65 dBm hasta -64.31 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 57.

Patrón de radiación -50 dBm y distancia 1 metro.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -64,31 |
| 0001 | 0010 | -54,65 |
| 0002 | 0020 | -58,91 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -56,87 |
| 0004 | 0040 | -60,00 |
| 0005 | 0050 | -67,99 |
| 0006 | 0060 | -60,57 |
| 0007 | 0070 | -61,75 |
| 0008 | 0080 | -66,45 |
| 0009 | 0090 | -65,00 |
| 0010 | 0100 | -71,45 |
| 0011 | 0110 | -60,57 |
| 0012 | 0120 | -57,36 |
| 0013 | 0130 | -63,64 |
| 0014 | 0140 | -66,45 |
| 0015 | 0150 | -55,91 |
| 0016 | 0160 | -56,87 |
| 0017 | 0170 | -61,15 |
| 0018 | 0180 | -54,82 |
| 0019 | 0190 | -60,00 |
| 0020 | 0200 | -67,21 |
| 0021 | 0210 | -64,31 |
| 0022 | 0220 | -61,75 |
| 0023 | 0230 | -64,31 |
| 0024 | 0240 | -64,31 |
| 0025 | 0250 | -72,40 |
| 0026 | 0260 | -56,39 |
| 0027 | 0270 | -58,91 |
| 0028 | 0280 | -67,99 |
| 0029 | 0290 | -54,32 |
| 0030 | 0300 | -54,48 |
| 0031 | 0310 | -53,69 |
| 0032 | 0320 | -71,45 |
| 0033 | 0330 | -55,45 |
| 0034 | 0340 | -73,40 |

| | | |
|------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -66,45 |
| 0036 | 0360 | -63,64 |

- **Distancia 2 metros.**

Para la distancia de 2 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 201 en forma gráfica y en la tabla 58 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

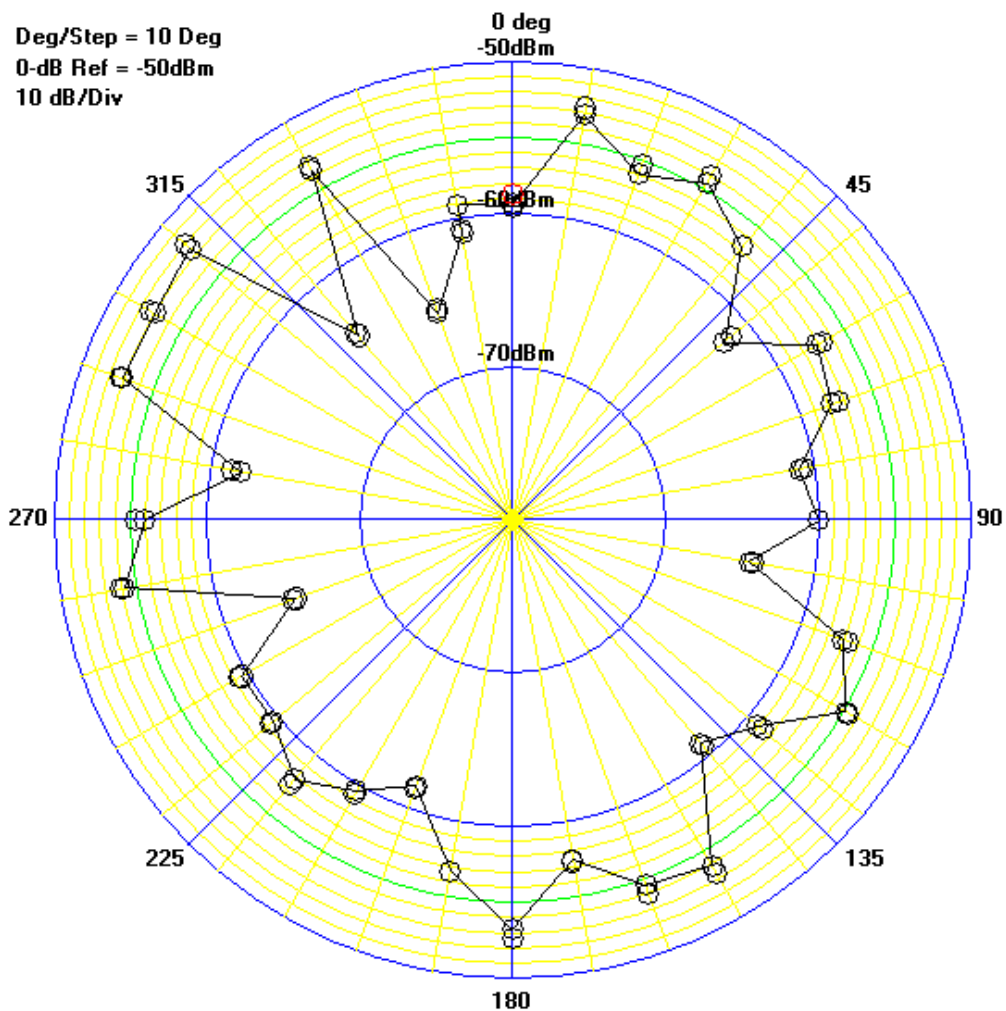


Figura 201: Patrón de radiación -50 dBm y 2 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se

observa en la tabla 58 la mejor transmisión que es de -57.86dBm hasta -67.21 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 58.

Patrón de radiación -50 dBm y distancia 2 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -67,99 |
| 0001 | 0010 | -61,15 |
| 0002 | 0020 | -63,64 |
| 0003 | 0030 | -61,75 |
| 0004 | 0040 | -71,45 |
| 0005 | 0050 | -72,40 |
| 0006 | 0060 | -69,65 |
| 0007 | 0070 | -73,40 |
| 0008 | 0080 | -74,44 |
| 0009 | 0090 | -73,40 |
| 0010 | 0100 | -72,40 |
| 0011 | 0110 | -63,64 |
| 0012 | 0120 | -71,45 |
| 0013 | 0130 | -70,53 |
| 0014 | 0140 | -70,53 |
| 0015 | 0150 | -75,53 |
| 0016 | 0160 | -67,21 |
| 0017 | 0170 | -68,81 |
| 0018 | 0180 | -62,99 |
| 0019 | 0190 | -62,36 |
| 0020 | 0200 | -68,81 |
| 0021 | 0210 | -75,53 |
| 0022 | 0220 | -70,53 |
| 0023 | 0230 | -72,40 |
| 0024 | 0240 | -67,21 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0025 | 0250 | -74,44 |
| 0026 | 0260 | -64,31 |
| 0027 | 0270 | -57,86 |
| 0028 | 0280 | -61,75 |
| 0029 | 0290 | -54,82 |
| 0030 | 0300 | -69,65 |
| 0031 | 0310 | -65,71 |
| 0032 | 0320 | -67,21 |
| 0033 | 0330 | -69,65 |
| 0034 | 0340 | -75,53 |
| 0035 | 0350 | -63,64 |
| 0036 | 0360 | -66,45 |

- **Distancia 3 metros.**

Para la distancia de 3 metros y luego de configurar el RadPat se obtuvieron resultados los cuales se muestran en la figura 202 en forma gráfica y en la tabla 59 se muestran los resultados en forma numérica en donde describe la intensidad relativa del campo radiado en varias direcciones.

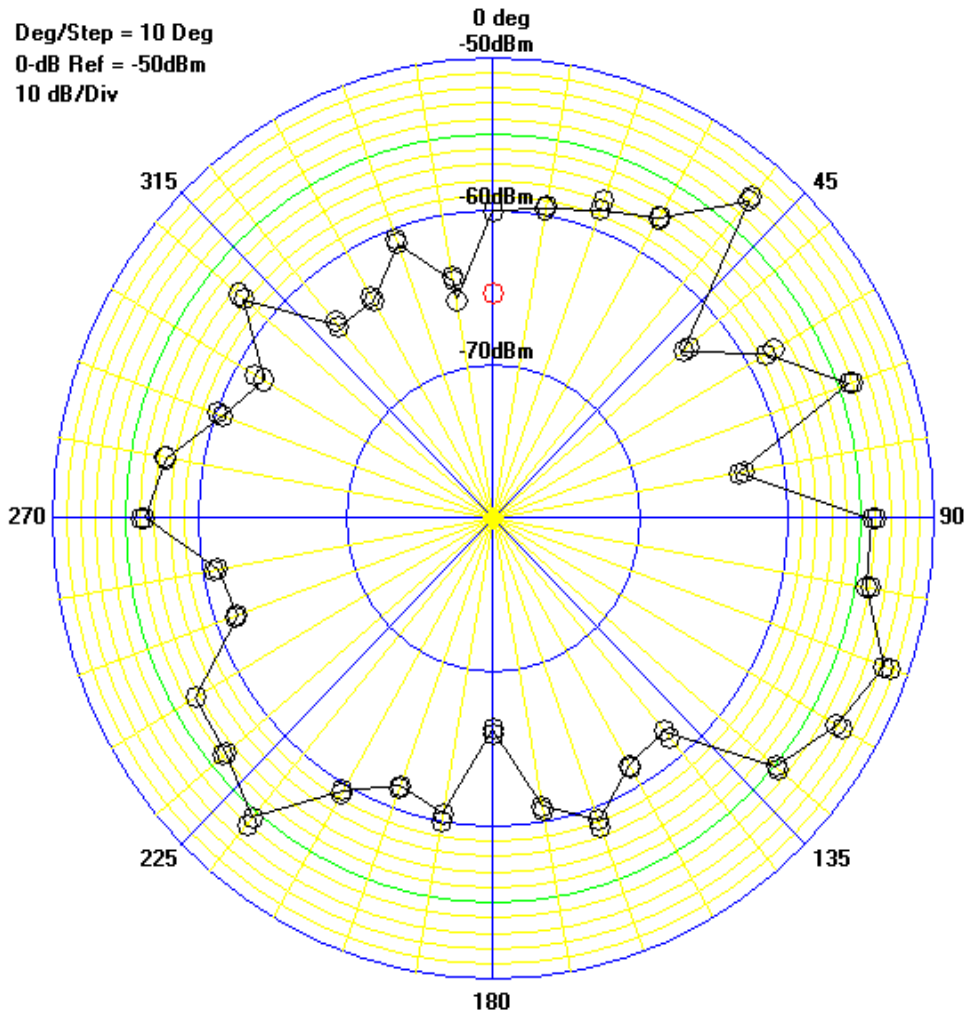


Figura 202: Patrón de radiación -50 dBm y 3 metros.

A continuación, se mostrará los valores que extrae el software RadPat en los 36 pasos hasta realizar los 365 grados dando una frecuencia en dBm, en la cual se observa en la tabla 59 la mejor transmisión que es de -52.68dBm hasta -63.04 dBm y los valores superiores a estos son cuando no existe transmisión directa o está apuntando hacia la pared.

Tabla 59.

Patrón de radiación -50 dBm y distancia 3 metros.

| Step No. | Angle | RF(dBm) |
|-------------|-------|---------|
| 0000 | 0000 | -65,00 |
| 0001 | 0010 | -64,31 |
| 0002 | 0020 | -62,99 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0003 | 0030 | -61,15 |
| 0004 | 0040 | -54,48 |
| 0005 | 0050 | -69,65 |
| 0006 | 0060 | -62,99 |
| 0007 | 0070 | -56,39 |
| 0008 | 0080 | -69,65 |
| 0009 | 0090 | -56,39 |
| 0010 | 0100 | -56,39 |
| 0011 | 0110 | -52,68 |
| 0012 | 0120 | -54,65 |
| 0013 | 0130 | -57,36 |
| 0014 | 0140 | -67,99 |
| 0015 | 0150 | -67,21 |
| 0016 | 0160 | -63,64 |
| 0017 | 0170 | -66,45 |
| 0018 | 0180 | -74,44 |
| 0019 | 0190 | -65,71 |
| 0020 | 0200 | -67,21 |
| 0021 | 0210 | -64,31 |
| 0022 | 0220 | -56,87 |
| 0023 | 0230 | -59,45 |
| 0024 | 0240 | -60,00 |
| 0025 | 0250 | -67,21 |
| 0026 | 0260 | -66,45 |
| 0027 | 0270 | -59,45 |
| 0028 | 0280 | -61,15 |
| 0029 | 0290 | -65,71 |
| 0030 | 0300 | -67,99 |
| 0031 | 0310 | -61,75 |
| 0032 | 0320 | -70,53 |
| 0033 | 0330 | -70,53 |
| 0034 | 0340 | -66,45 |

| | | |
|-------------|------|--------|
| 0035 | 0350 | -71,45 |
| 0036 | 0360 | -73,40 |

Como se pudo observar en los resultados anteriores, el material anecoico atenúa las señales que se encuentran emitiendo, cabe recalcar que se trabajó con antenas dipolo de 2400 MHz cada una, en los resultados algunas señales como las del celular, entre otras interferían con la señal, pero se obtuvieron resultados adecuados. Los resultados que se obtuvieron sin el material anecoico cambiaron con el material anecoico, estos nos reflejaron resultados con una pérdida de potencia alrededor de 4 a 7 dBm en cada una de las señales.

En los 360 grados del patrón de azimuth de la antena cilíndrica se tomará en cuenta la ganancia más alta en cada grado, todas las pruebas a diferentes distancias se pueden observar en la tabla 60, cual es la señal más fuerte en los distintos grados que nos da el patrón de radiación, así permitiendo observar que a menor distancia con el material se obtiene una mejor señal y a mayor distancia la señal es totalmente baja.

Tabla 60:

Tabla comparativa de las distancias y amplitudes tomando el promedio.

| Distancia | 0 a 45 grados | 45 a 90 grados | 90 a 135 grados | 135 a 180 grados | 180 a 255 grados | 225 a 270 grados | 270 a 315 grados | 315 a 360 grados |
|-----------|------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 m | -67 dBm | -68 dBm | -69 dBm | -66 dBm | -67 dBm | -67 dBm | -65 dBm | -63 dBm |
| 2 m | -68 dBm | -67 dBm | -68 dBm | -65 dBm | -66 dBm | -67 dBm | -65 dBm | -64 dBm |
| 3 m | -60 dBm | -58 dBm | -65 dBm | -68 dBm | -66 dBm | -69 dBm | -70 dBm | -69 dBm |

Anexo B

- Factura del costo del material anecoico.

El costo del material anecoico con él envío desde los Estados Unidos es de \$355,00 dólares estadounidenses.

Detalles de pago

Comprado a: Express Test Services
Id. de recibo: 0108-2598-7532-1971

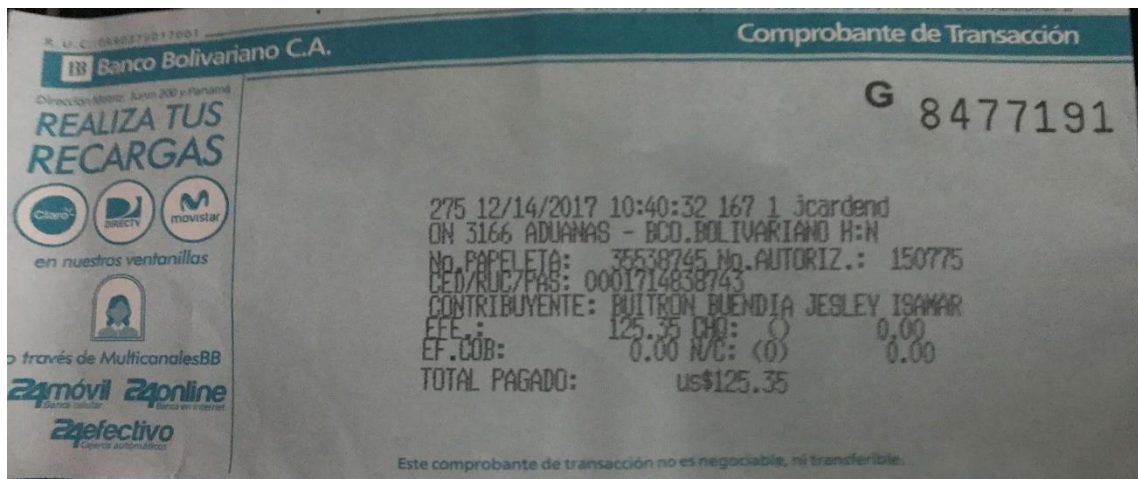
| N.º de artículo | Cantidad | Precio | Subtotal |
|---|----------|---------|-------------|
| 381203088959 | 1 | \$55.00 | \$55.00 USD |
| Broadband Foam Absorbers - 24X24X11, Anechoic Chamber foam wedges | | USD | |

Envío y manejo: \$300.00
(incluye las comisiones por manejo del vendedor) USD

Seguro de envío (no ofrecido): --

Total: \$355.00
USD

- Comprobante de pago de impuestos por la traída del material anecoico. El valor de impuestos fue de \$125,35.



Anexo C

En este anexo se adjunta cada uno de los datasheet utilizados en el proyecto.



ME1300 Antenna and Propagation Courseware
Out-of-Box Teaching Solution for Antenna and Propagation

Quick Start Guide

revision 3.01

Printed on 6 January 2015



NOTE:

This product has been tested and found to conform to the following EMC standards. The limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a laboratory installation.

| | | |
|----------------|---------------------------|------------------|
| EMC: | Standard | Limit |
| | CISPR11:1990/EN55011:1991 | Group 1, Class A |
| | IEC61010-1:1990+A1 | |
| Safety: | | |

This product complies with the requirements of the Low Voltage Directive 73/23/EEC and EMC Directive 89/336/EEC, and carries the CE-marking.

CAUTION – ESD!

THIS PRODUCT CONTAINS ELECTRONIC COMPONENTS SENSITIVE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE.

An electrostatic discharge generated by a person or an object coming in contact with the electrical components may damage or destroy the product. To avoid the risk of electrostatic discharge, please observe the handling precautions and recommendations contained in the EN100015-1 standard. Do not connect or disconnect the device while it is being energized.

WARNING:

CHANGES OR MODIFICATIONS NOT EXPRESSLY APPROVED BY THE PARTY RESPONSIBLE FOR COMPLIANCE WITH THE EMC RULES COULD VOID THE USER'S AUTHORITY TO OPERATE THE PRODUCT.

<http://dreamcatcher.asia/cw> cw.enquiry@dreamcatcher.asia

Table of Contents

| | |
|---|-----|
| 1. Quick Setup and Verification with RF Analyzer..... | 162 |
| 2. Quick Setup and Verification with Signal Generator | 179 |

1. Quick Setup and Verification with RF Analyzer

Note: If an RF signal generator is used, go to section 5.

1.1 The following steps demonstrate a basic setup of the ME1300 training kit together with an RF analyzer:

Step 1: Setting Up the Device Connections

Step 2: Configuring the N9912A FieldFox RF Analyzer

Step 3: Configuring the PC Connection Settings

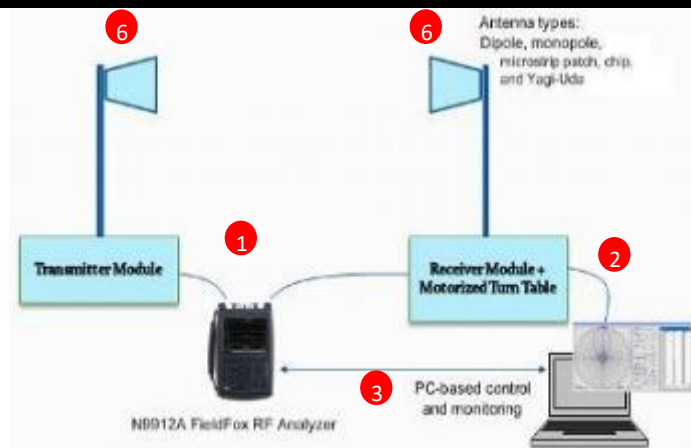
IMPORTANT

- *The training kit can be damaged by excessive power levels from instruments. Please adhere strictly to the power levels recommended in the instructions.*
- *Turn off the training kit when not in use.*

Step 1: Setting Up the Device Connections

1. Connect the RF IN connector of the transmitter module (TX) to the RF OUT connector of the N9912A FieldFox RF Analyzer with a coaxial cable. Connect the RF OUT connector on the receiver module (RX) to the RF IN connector of the N9912A using a coaxial cable.

2. Connect the Type B connector



end of a USB cable to the receiver module and the Type A connector end to the PC. The PC will be used to control the rotation of the rotator

3. Connect the N9912A to the PC with an RJ-45 cable. The PC will be used to control the N9912A.

4. Supply a 5 V input voltage to the receiver module to power it up.

5. Make sure all devices are properly connected before proceeding.

Step 1: Setting Up Device Connections (cont'd)

6. Mount an antenna each at the top of the transmitter and receiver modules. By default, the

| | |
|---|--|
| dipole antenna will be used for testing. | |
| 7. You can orientate the two antennas at different directions but make sure that they are of the same height. | |
| 8. The distance between both antennas must be at least 0.5 m to perform the measurement in the farfield region. | |

Step 2: Configuring the N9912A FieldFox RF Analyzer

1. Power on the N9912A and wait for system loading to complete.
2. On the N9912A front panel, press **Meas Setup** (button #4); select **HIGH** for the **Output Power** by pressing the corresponding softkey.
3. Press **System** (button #7) on the front panel, then press the corresponding softkey to select **System Configuration > LAN**.
4. Select **Obtain IP** using the knob and press the corresponding softkey **Edit** followed by **Obtain IP Static DHCP**. Select **Static** and press the **Done Edit** softkey.
5. Select **Static IP Address** and press the corresponding softkey **Edit**. Set the IP address of the N9912A (192.168.0.1 by default). Press the **Done** softkey to complete this step.
6. Select **Static Subnet Mask** using the knob and press the corresponding softkey **Edit**. Set the static subnet mask value of the N9912A (255.255.248.0 by default). Press the **Done** softkey to complete this step.
7. Select **Apply Settings** using the knob and press the corresponding softkey **Edit** followed by **Apply Settings Now PowerUp**. Select **PowerUp**

and press the **Done Edit** softkey. The configuration for N9912A is shown below.

| Setting | Value |
|---------------------|----------------|
| Current IP Address | 192.168.0.1 |
| Current Subnet Mask | 255.255.248.0 |
| Current Gateway | 0.0.0.0 |
| Hostname | A-N9912A-00000 |
| Obtain IP | Static |
| Static IP | 192.168.0.1 |
| Static Subnet Mask | 255.255.248.0 |
| Static Gateway | 0.0.0.0 |
| Apply Settings | PowerUp |

8. Press the **Done** softkey to exit
9. Restart the N9912A. After restarting, return to the **LAN** settings and confirm the **Current IP Address** and **Subnet Mask** match what you defined earlier.

Step 3: Configuring the PC Connection Settings

Selecting the COM Port

1. Right-click **My Computer** and select **Properties** (or select **System** in the Control Panel).
2. For Windows XP, select the Hardware tab and click **Device Manager**. For Windows Vista, select the Device Manager in the Tasks Panel on the left column of the window.
3. Proceed to Step 7 if the FT232R USB UART Driver is already installed in the PC. If the UART driver is not installed in the PC, a **Found New Hardware** message for FT232R USB UART will appear.
4. Right-click **FT232R USB UART** under **Device Manager** and click **Update Driver**. Select **Install from a list or specific location (Advanced)** in the **Found New Hardware Wizard** and click **Next**.

5. Select **Search for the best driver in these locations** and browse for **C:\DreamCatcher\ME1300\Courseware Material\Misc\FT232R USB UART Driver** folder. Once the file path has been entered in the box, click **Next** to proceed.
6. Windows should then display a message indicating that the installation was successful. Click **Finish** to complete the installation for the first port of the device.
7. Under **Ports (COM & LPT)**, right-click **USB Serial Port (COM4)** (this will only appear if the FT232R USB UART Driver is successfully installed), then select **Properties** as shown below.

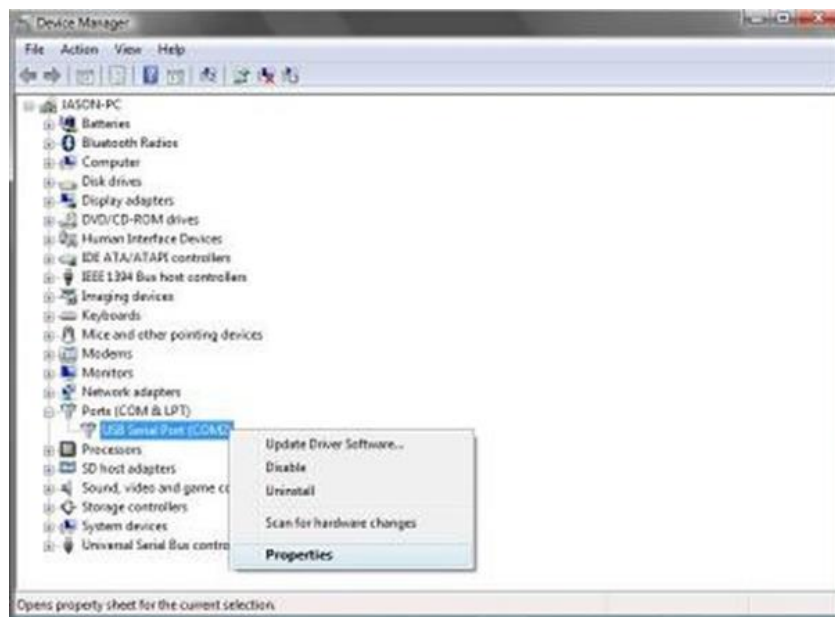


Figure 1 – Device Manager

8. Select the Port Settings tab and click **Advanced...** as shown below.

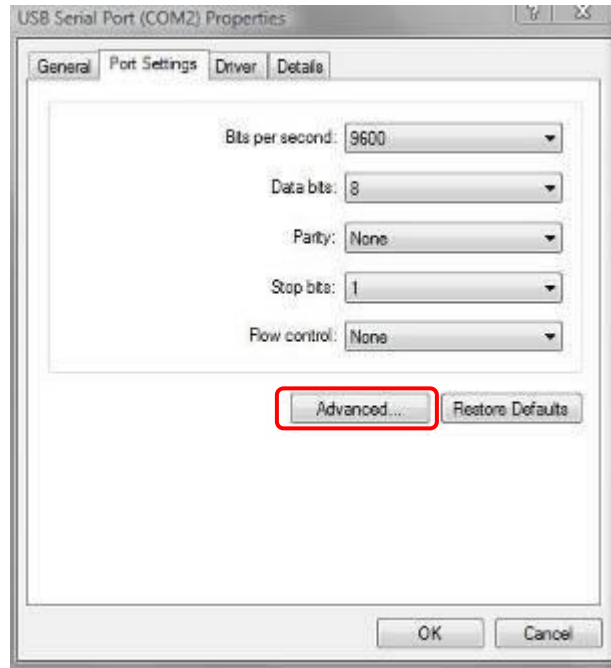


Figure 2 – Port Settings

9. Select the desired **COM Port Number** (COM2 is selected by default), as shown below. The selected COM port must match the COM port selection on the RadPat software (this is discussed later in Section 4.3).

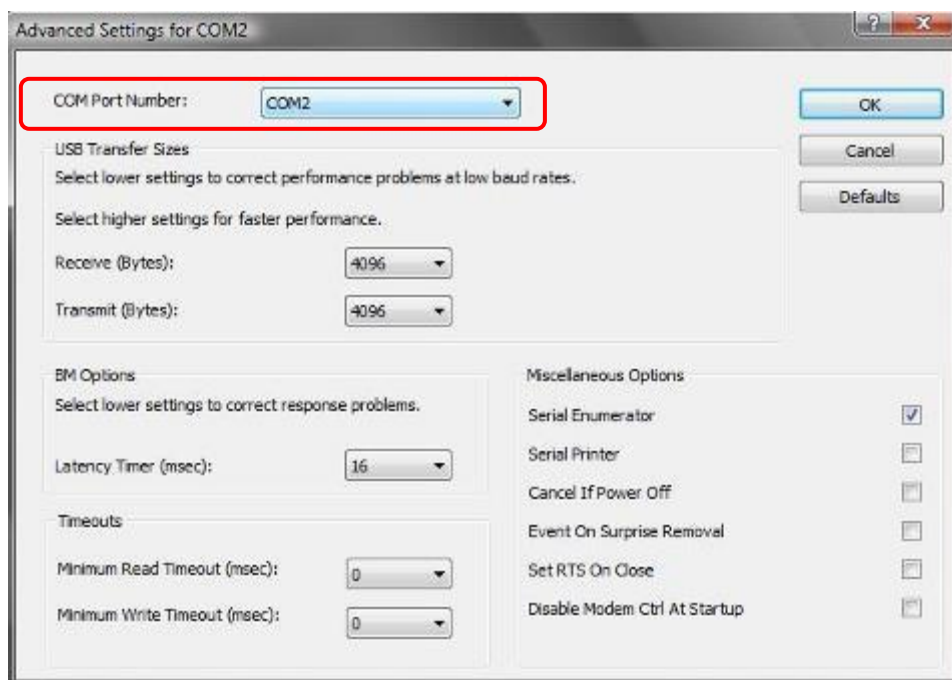


Figure 3 – COM Port Selection

Setting the LAN Connection

1. For Windows XP, select **Network Connections** in the Control Panel. For Windows Vista, select **Network and Sharing Center**, followed by **Manage Network Connections**.
2. Right-click **Local Area Connection** and select **Properties**.
3. Go to the Networking tab, select **Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4)** then click **Properties** as shown below.

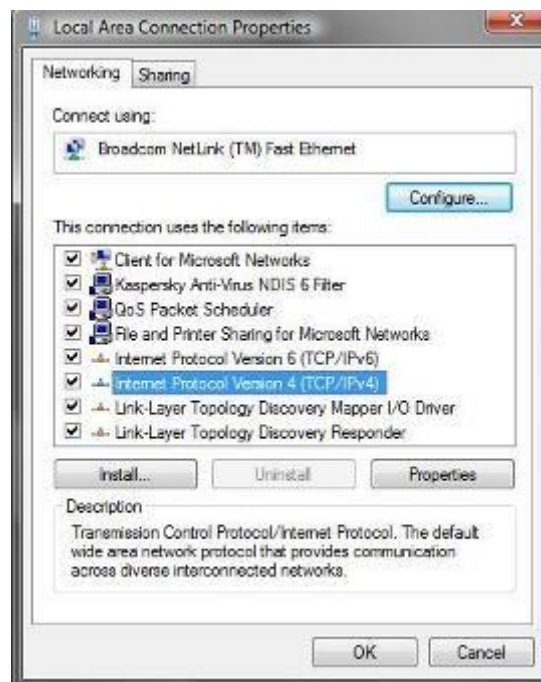


Figure 4 – Local Area Connection Properties

4. Select the **Use the following IP address** option and enter the values for the IP address and subnet mask as shown below. (By default, the IP address is 192.168.0.2 while the subnet mask is 255.255.248.0). This is to ensure that the PC has the same network as the N9912A.

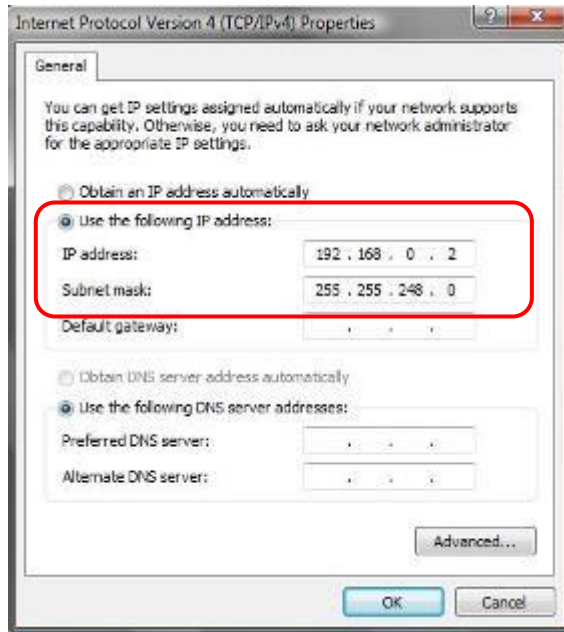


Figure 5 – IP Address and Subnet Mask Configuration

1.2 The following steps discuss the installation procedures for the RadPat software and the Keysight IO Libraries Suite:

Step 1: Installing the RadPat Software

Step 2: Installing the Keysight IO Libraries Suite.

Step 1: Installing the RadPat Software

Open the *RadPat.exe* file downloaded from DreamCatcher website to begin the installation of the RadPat software. Follow the instructions on the screen to proceed with the installation.

Step 2: Installing the Keysight IO Libraries Suite

Please download the **Keysight IO Libraries Suite** from the following website:

http://aaa.product.keysight.com/IOLibraries/Download_IO_Libraries.aspx

1. Install the downloaded **Keysight IO Libraries Suite**. Follow the instructions on the screen to proceed with the installation.

2. After the installation has completed, the Keysight IO Control icon can be seen on the Windows taskbar notification area as follows.

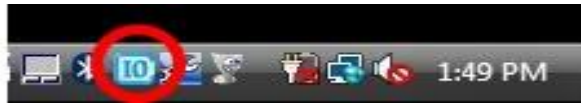


Figure 6 – IO Control Icon

3. Double-click the Keysight IO Control icon to launch the Keysight Connection Expert.
4. Click **Add Interface** to launch the **Manually Add an Interface** window. Under **Available interface types**, select **Remote GPIB (via E5810 or Remote IO Server)** and click **Add**. The **Remote (GPIB0)** will be added on **Instrument I/O on this PC**. Right-click the **Remote (GPIB0)** and click **Change Properties**. Configure the settings according to the table on the following page.

| | |
|--------------------|-------------|
| VISA interface ID | GPIB0 |
| TCPIP interface ID | TCPIP0 |
| IP address | 192.168.0.1 |

5. Click **Refresh All** under the **Instrument I/O on this PC** pane until you see the **Remote (GPIB0)** label, as shown in Figure 7. Expand the label and select **N9912A (GPIB0::19::INSTR)**.

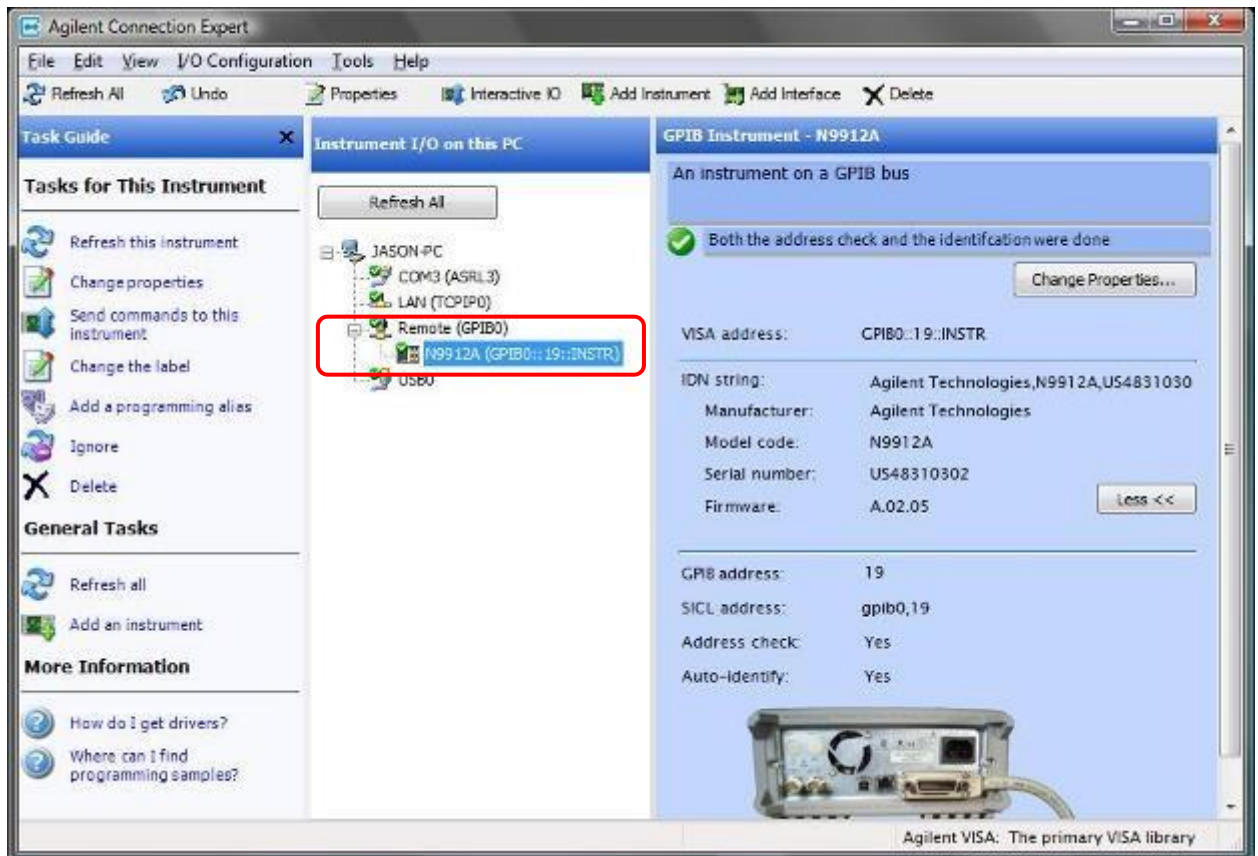


Figure 7 – Keysight Connection Expert

6. Click **Change Properties...** and select the desired **GPIB address** (19 by default) as shown below. The selected GPIB address must match the GPIB address selection on the RadPat software (this is discussed later in Section 4.3).



Figure 8 – GPIB Address Selection

1.3 The following section demonstrates the verification procedure of the ME1300 test setup.

1. Open the RadPat software. The main interface appears as shown below.

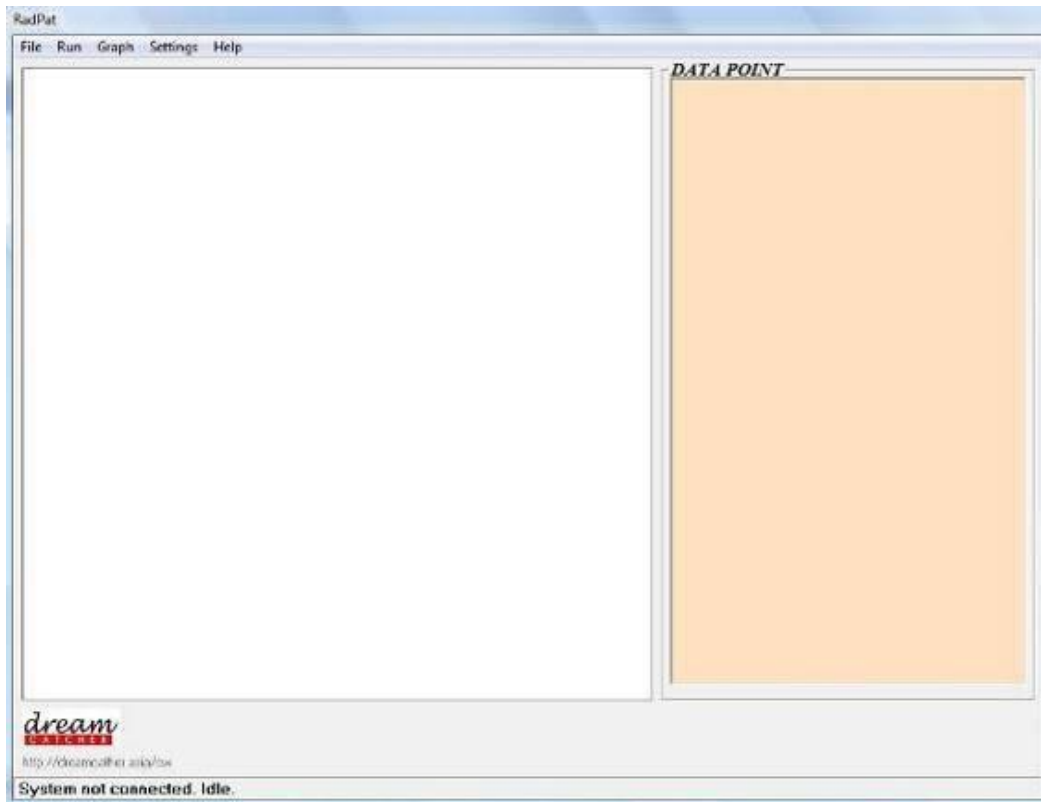


Figure 9 – RadPat Main Interface

2. Go to **Settings** at the menu bar and select **COMPort**. A dialog box as shown in Figure 10 appears.

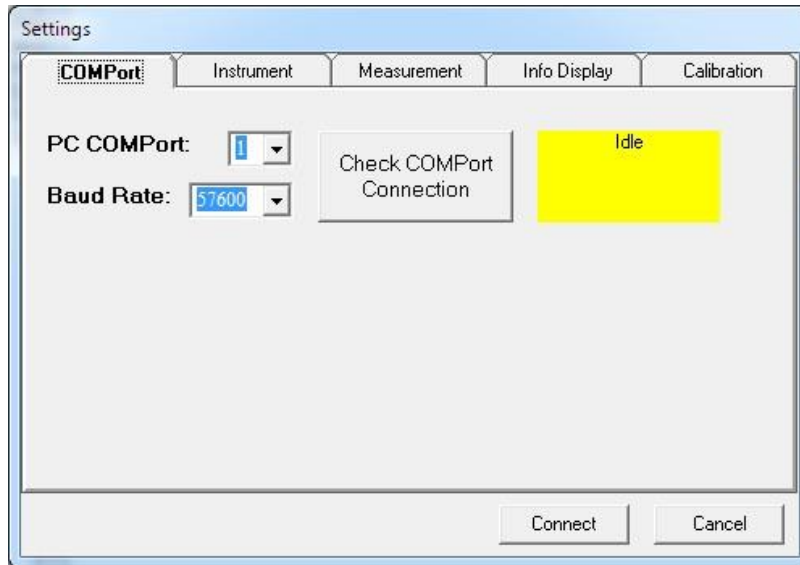


Figure 10 – COMPort Settings Tab

3. Set the **PC COMPort** according to the COM port setting set earlier (COM2) and set the **Baud Rate** to **57600**.
4. Click **Check COMPort Connection** to verify the COM port connection of the PC. The status indicator will turn green if the COM port is properly connected.
5. Click the **Instrument** tab, and the dialog box as shown in Figure 11 appears.

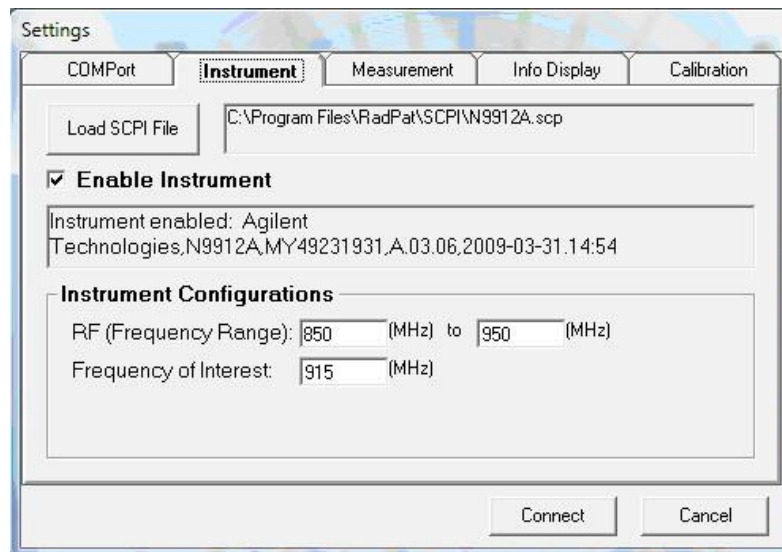


Figure 11 – Instrument Settings Tab

6. By default, the RF Detector is used for measurement. To use the N9912A, click **Load SCPI File** to select the desired Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI) file of the instrument. Load the **N9912A.scp** file in the **RadPat > SCPI** folder created during installation, and select N9912A. Select the **Enable Instrument** option.
7. The measurement data will be obtained from the N9912A. Set the **RF (Frequency Range)**:
from 850 MHz to 950 MHz and **Frequency of Interest** at 915 MHz. This is the frequency of the antenna-under-test (AUT).
8. Click the **Measurement** tab. This allows you to change the measurement parameters shown in Figure 12.

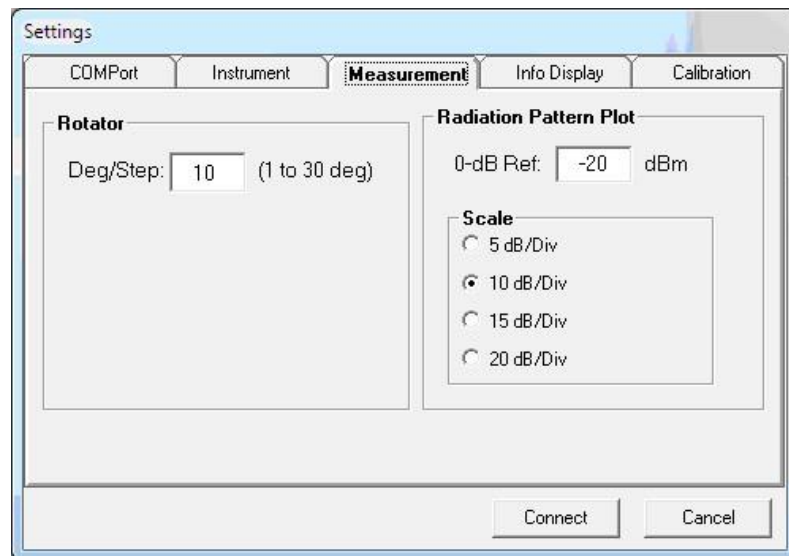


Figure 12 – Measurement Settings Tab

9. Set the desired **Deg/Step** value to **10 deg**. The program will observe and record the data accordingly for every degree defined in **Deg/Step**. The minimum and maximum values are 1 degree and 30 degrees respectively.
10. **Radiation Pattern Plot** defines the 0-dB reference value for the radiation pattern Set the **0dB Ref:** to **-20 dBm**.
11. **Scale** lets you adjust the resolution of the radiation pattern on the polar chart. Set the resolution to **10 dB/Div**.

12. Click **Connect** after configuring all the desired parameters. This will bring the rotator back to its home position and configure the settings of the N9912A.
13. The **Info Display** tab shows the information of the configured parameters and the operations of RadPat.

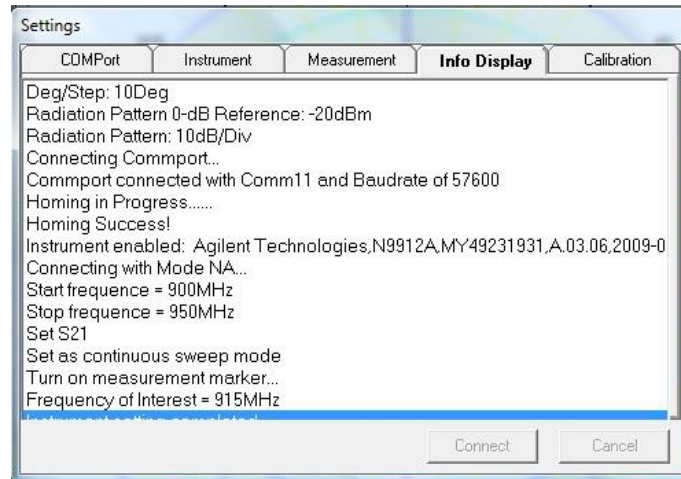


Figure 13 – Info Display Tab

14. A message **Performing Instrument Preset...** will be displayed on the screen of the N9912A. This indicates a successful communication with the N9912A. After the configuration is completed, you should see a message **-800, Operation Complete** and the settings are displayed on the screen of the N9912A.
15. After the homing process has completed, the window will return to the RadPat main interface. Click **Run** at the menu bar to perform the **Start, Pause, Stop, and Homing** operations of the rotator.

1.4 Testing with RF Analyzer (RF Analyzer NA Mode)

Note:

To get the best accuracy, you should perform calibration before making any measurements on your network analyzer. The recommended calibration kit is the Keysight 85033E. Please refer to Appendix C for the calibration procedure.

1. Use an RF coaxial cable to connect the **RF OUT** connector of the N9912A FieldFox RF analyzer to the **RF IN** connector of the transmitter module (TX).
2. Use another RF coaxial cable to connect the **RF IN** connector of the N9912A to the **RF OUT** connector on the receiver module (RX).
3. To use the N9912A: in RadPat, click **Settings** at the menu bar and select the **Instrument** tab. Click **Load SCPI File** to select the desired Standard Commands for Programmable Instruments (SCPI) file of the instrument. Load the **N9912A.scp** file in the **RadPat > SCPI** folder created during installation and select the **Enable Instrument** option. Click **Connect** to connect to the N9912A.
4. After RadPat performs the homing operation, click **Run** at the menu bar and then select **Start** (or press the keyboard shortcut F5) to start the radiation pattern plotting. Observe the antenna radiation pattern plotted in the polar chart.
5. After the plotting has completed, the rotator will turn back to its default position.
6. Figure 14 shows a sample of data obtained from the N9912A and the plotted polar chart respectively. If you obtain a similar polar plot of the antenna radiation pattern as shown in the figures below, then the test has passed. If there is no radiation pattern or the pattern is not similar to the one in the figures below, then the test has failed.

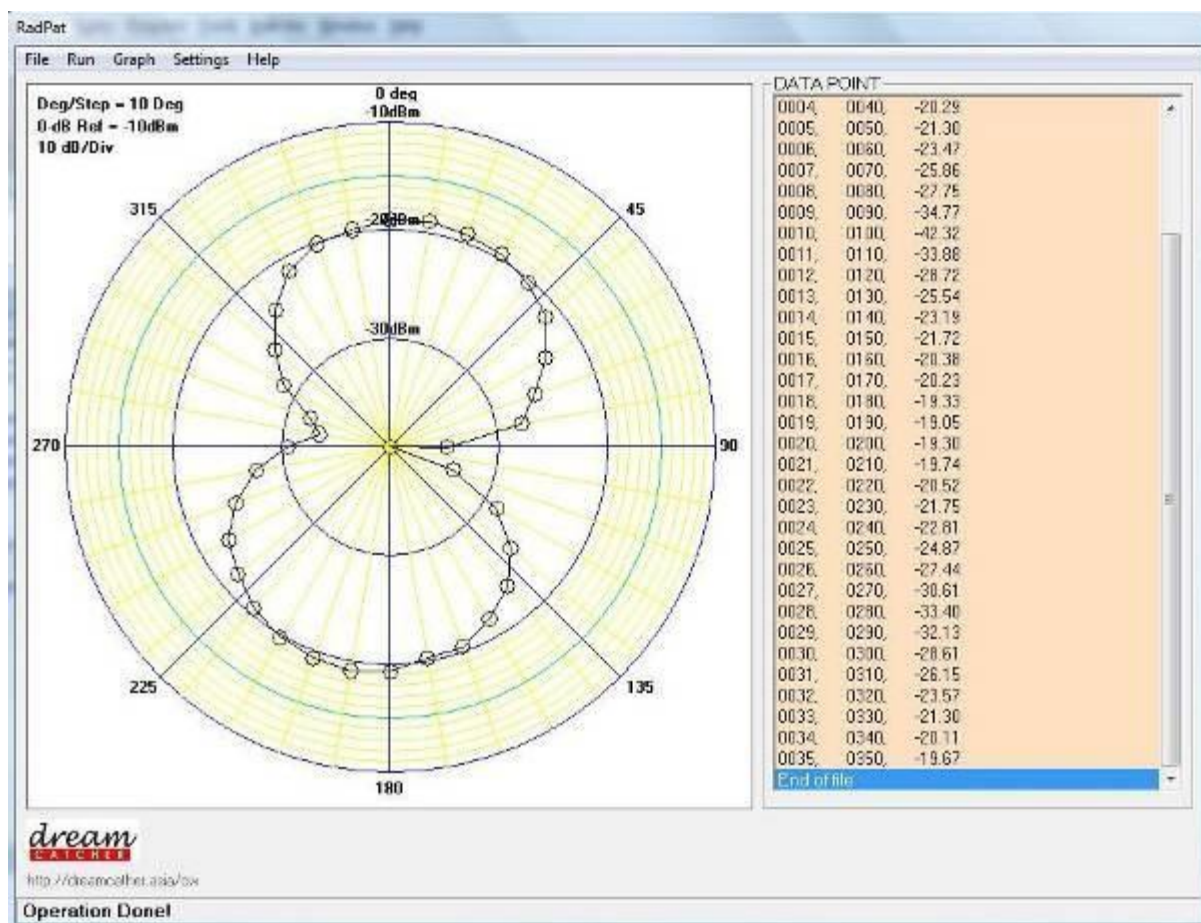


Figure 14 - Radiation Pattern Plotted by the N9912A

1.5 Save the Plotted Data

1. RadPat allows the user to save the plotted data and display the data when necessary. To save the data, click **File** at the menu bar and select **Save As**.
2. Enter the file name and select the location to save the results. Click **Save** to save the results. The results will be saved in a *.dat* file.
3. To recall the save file, click **File** at the menu bar, and then click **Open**. Select the corresponding directory to retrieve the data. Click **OK** to recall the saved result. The saved result will be shown in the RadPat main interface.

2. Quick Setup and Verification with Signal Generator

2.1 The following steps demonstrate a basic setup of the ME1300 training kit together with an RF signal generator:

Step 1: Setting Up the Device Connections

Step 2: Configuring the PC Connection Settings

IMPORTANT

- The training kit can be damaged by excessive power levels from instruments. Please adhere strictly to the power levels recommended in the instructions.*
- Turn off the training kit when not in use.*

Step 1: Setting Up the Device Connections

1. Connect the RF IN connector of the transmitter module (TX) to the RF OUT connector of the signal generator with a coaxial cable.

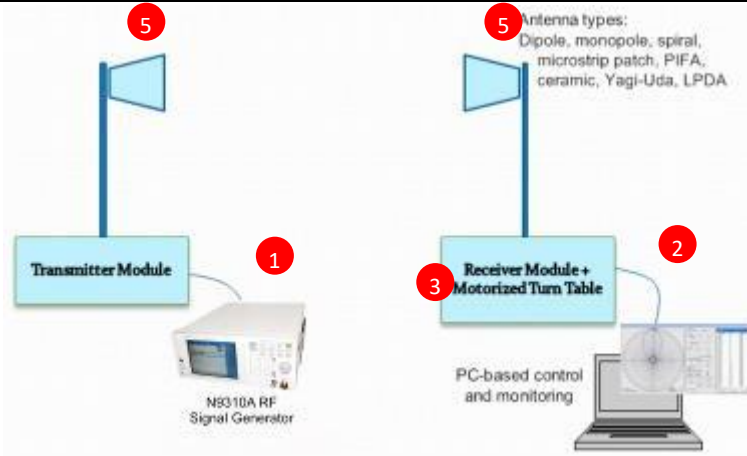
Connect the RF OUT connector and the RF IN connector with a short coaxial cable

2. Connect the Type B connector end of a USB cable to the receiver module and the Type A connector end to the PC. The PC will be used to control the rotation of the rotator.

3. Supply a 5 V input voltage to the receiver module to power it up

4. Make sure all devices are properly connected before proceeding

Mounting the antennas



| | |
|--|--|
| <p>5. Mount an antenna each at the top of the transmitter and receiver modules. By default, the dipole antenna will be used for testing.</p> | |
| <p>6. You can orientate the two antennas at different directions but make sure that they are of the same height.</p> | |
| <p>7. The distance between both antennas must be at least 0.5 m to perform the measurement in the far-field region.</p> | |

Step 2: Selecting the COM Port

1. Right-click **My Computer** and select **Properties** (or select **System** in the Control Panel).
2. For Windows XP, select the Hardware tab and click **Device Manager**. For Windows Vista, select the Device Manager in the Tasks Panel on the left column of the window.
3. Proceed to Step 7 if the FT232R USB UART Driver is already installed in the PC. If the UART driver is not installed in the PC, a **Found New Hardware** message for FT232R USB UART will appear.
4. Right-click **FT232R USB UART** under **Device Manager** and click **Update Driver**. Select **Install from a list or specific location (Advanced)** in the **Found New Hardware Wizard** and click **Next**.

5. Select **Search for the best driver in these locations** and browse for **C:\DreamCatcher\ME1300\Courseware Material\Misc\FT232R USB UART Driver** folder. Once the file path has been entered in the box, click **Next** to proceed.
6. Windows should then display a message indicating that the installation was successful. Click **Finish** to complete the installation for the first port of the device
7. Under **Ports (COM & LPT)**, right-click **USB Serial Port (COM2)** (this will only appear if the FT232R USB UART Driver is successfully installed), then select **Properties** as shown in Figure 15.

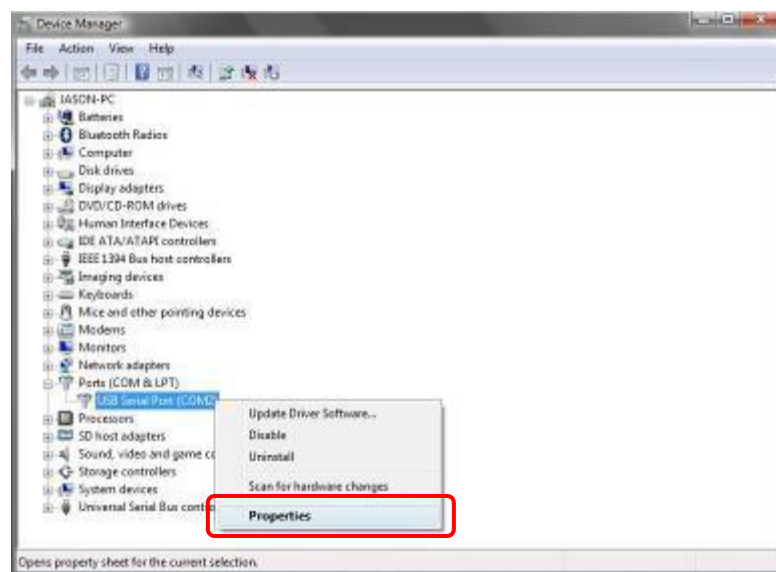


Figure 15 – Device Manager

8. Select the Port Settings tab and click **Advanced...** as shown below.

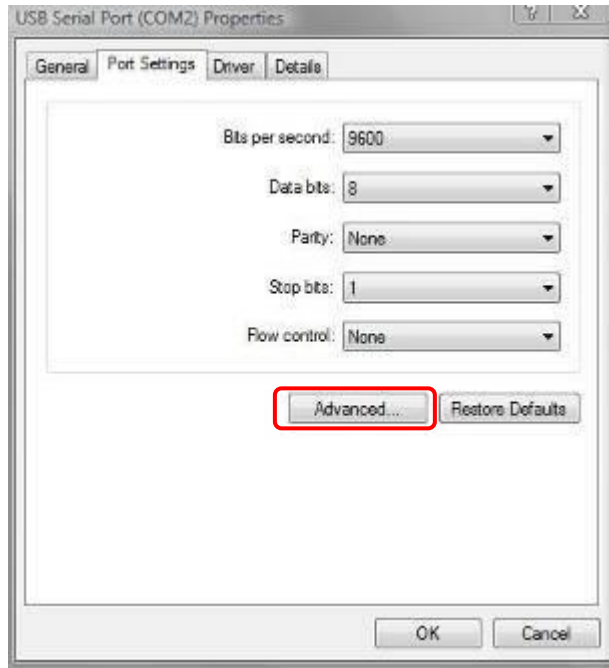


Figure 16 – Port Settings

9. Select the desired **COM Port Number** (COM2 is selected by default), as shown below. The selected COM port must match the COM port selection on the RadPat software (this is discussed later in Section 5.3).

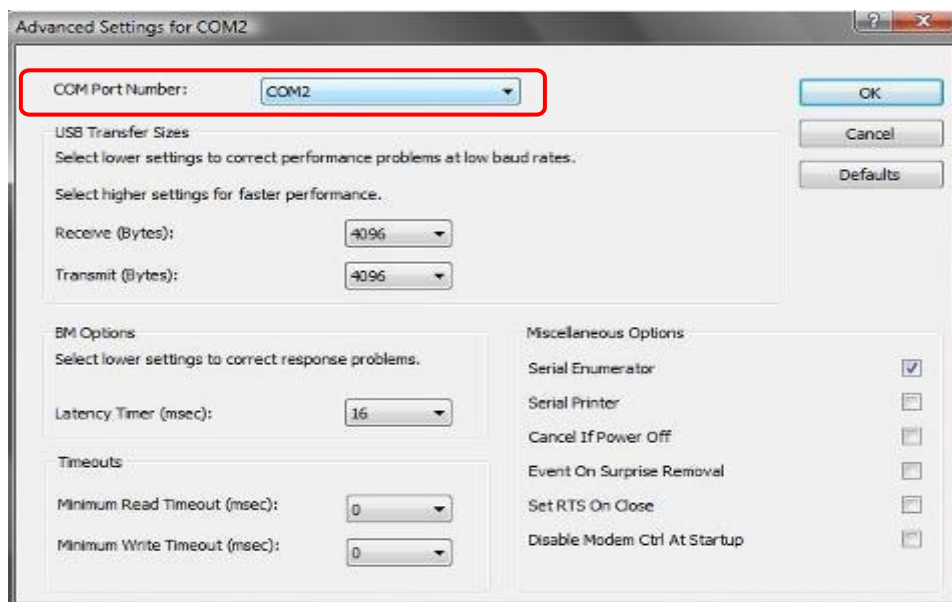


Figure 17 – COM Port Selection

2.2 The following section demonstrates the verification procedure of the ME1300 test setup.

1. Open the RadPat software. The main interface appears as shown below.

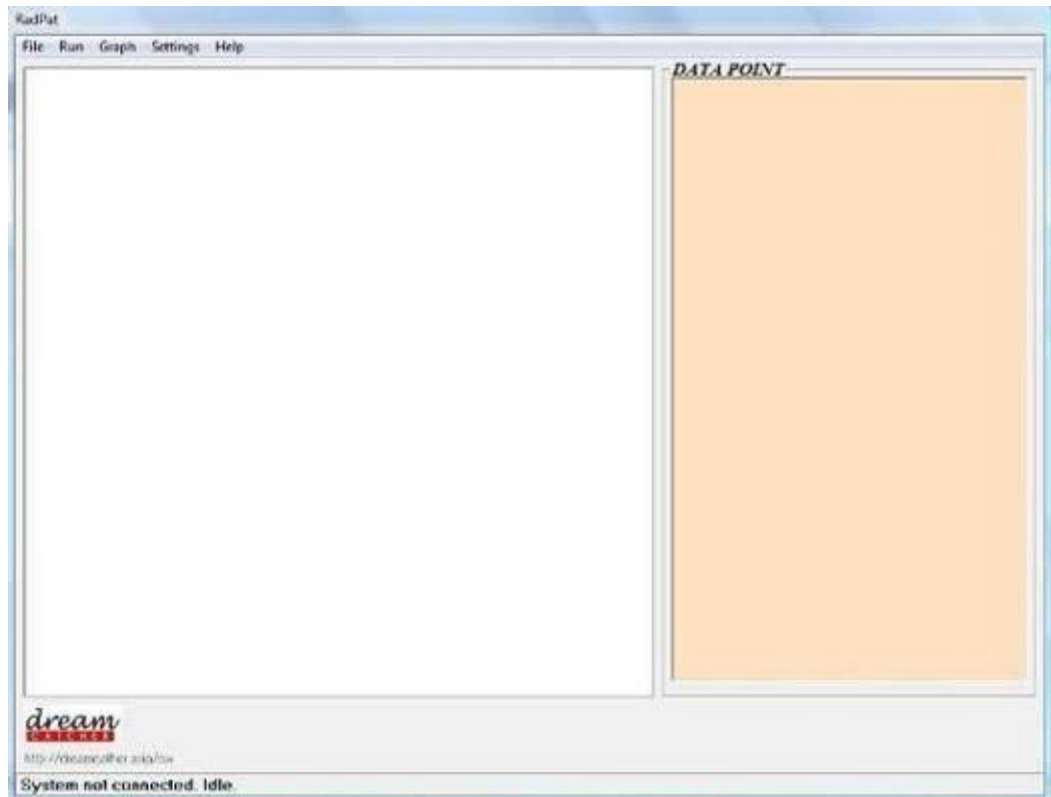


Figure 18 – RadPat Main Interface

2. Go to **Settings** at the menu bar and select **COMPort**. A dialog box as shown in Figure 19 appears.

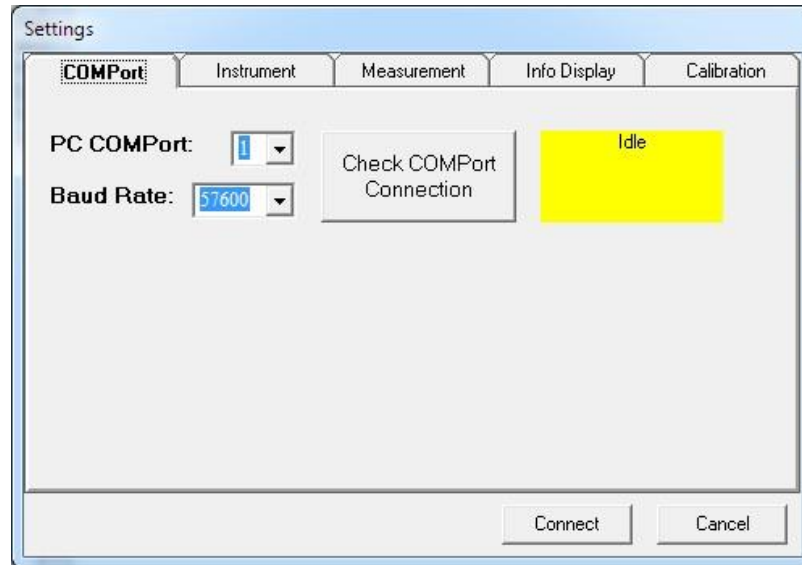


Figure 19 – COM Port Setting Tab

3. Set the **PC COMPort** according to the COM port setting set earlier (COM2) and set the **Baud Rate** to **57600**.
4. Click **Check COMPort Connection** to verify the COM port connection of the PC. The status indicator will turn green if the COM port is properly connected.
5. Click the **Instrument** tab, and the dialog box as shown in Figure 20 appears.

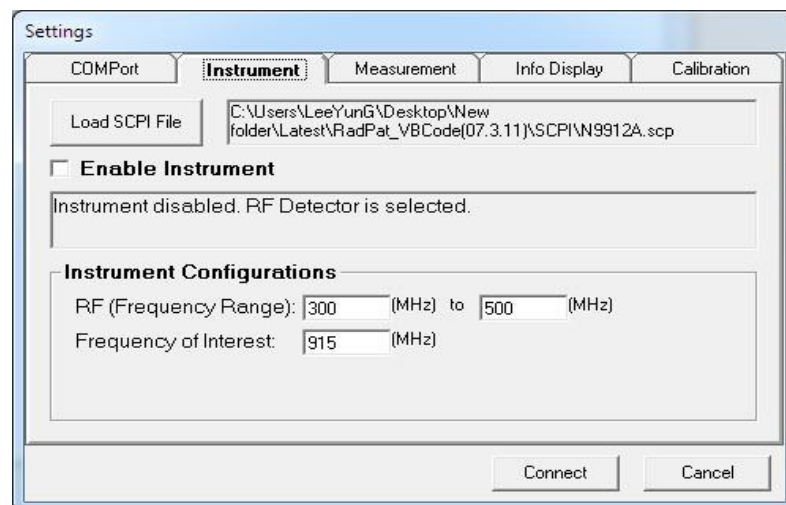


Figure 20 – Instrument Setting Tab

6. To use the RF detector, unselect the **Enable Instrument** option; the measurement data will be obtained from the build-in RF Detector.
7. Click the **Calibration** tab; perform the calibration as described in Appendix D.
8. Load the calibration file after the calibration.
9. Click the **Measurement** tab; the dialog box as shown in Figure 21 appears

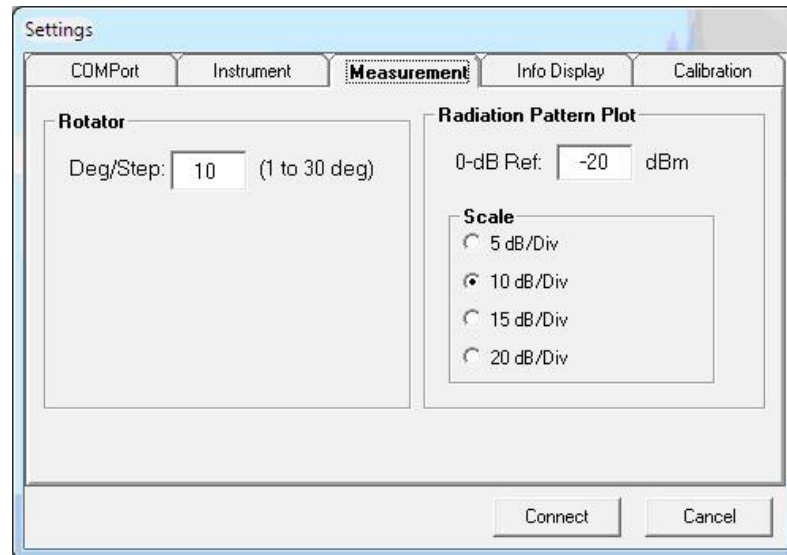


Figure 21 – Measurement Setting Tab

10. Set the desired **Deg/Step** value to **10 deg**. The program will observe and record the data accordingly for every degree defined in **Deg/Step**. The minimum and maximum values are 1 degree and 30 degrees respectively.
11. **Radiation Pattern Plot** defines the 0-dB reference value for the radiation pattern Set the **0dB Ref:** to **-20 dBm**.
12. **Scale** lets you adjust the resolution of the radiation pattern on the polar chart. Set the resolution to **10 dB/Div**.
13. Click **Connect** after configuring all the desired parameters. This will bring the rotator back to its home position.
14. The **Info Display** tab shows the information of the configured parameters and the operations of RadPat.

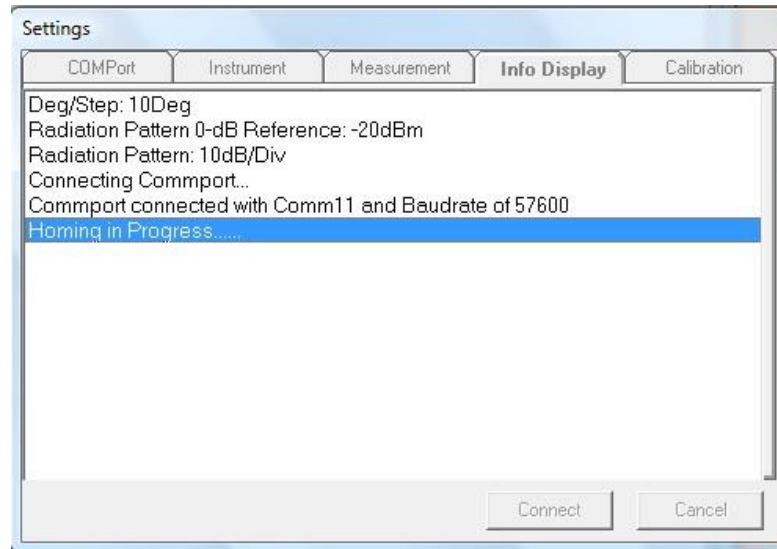


Figure 22 – Info Display Tab

15. After the homing process has completed, the window will return to the RadPat main interface. Click **Run** at the menu bar to perform the **Start**, **Pause**, **Stop**, and **Homing** operations of the rotator.

2.3 RF Detector Testing

1. Set the frequency of the RF signal generator to 915 MHz and the amplitude to +5 dBm.
2. Connect the signal generator output to the **RF IN** connector of the transmitter module (TX)
3. To use the RF Detector: In the RadPat software, click **Settings** at the menu bar and select **Instrument**. At the **Instrument** tab, make sure the **Enable Instrument** option is unselected. Click **Connect** to connect to the RF Detector.
4. After RadPat performs the homing operation, at the signal generator, press **RF ON** to transmit the signal.
5. Then, click **Run** at the menu bar. Click **Start** (or press the keyboard shortcut F5) to start the radiation pattern plotting. Observe the antenna radiation pattern plotted in the polar chart.

6. After the plotting has completed, the rotator will turn back to its default position.
7. This test can be considered successful if the antenna radiation pattern is plotted correctly. Figure 23 shows the data from the RF detector and the plotted polar chart.

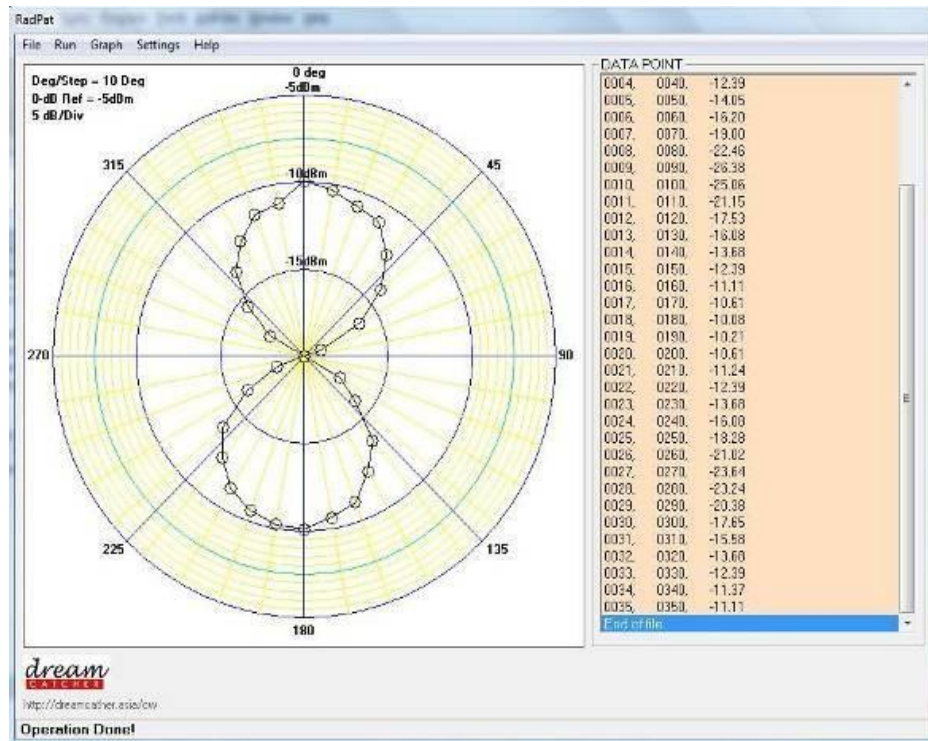


Figure 23 – Radiation Pattern Plotted by the RF Detector

2.4 Save the Plotted Data

1. RadPat allows the user to save the plotted data and display the data when necessary. To save the data, click **File** at the menu bar and select **Save As**.
2. Enter the file name and select the location to save the results. Click **Save** to save the results. The results will be saved in a *.dat* file.
3. To recall the save file, click **File** at the menu bar, and then click **Open**. Select the corresponding directory to retrieve the data. Click **OK** to recall the saved result. The saved result will be shown in the RadPat main interface.

