



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES

“EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE PENETRACIÓN EN
MATERIALES MEDIANTE PARÁMETROS DE POTENCIA EN LA
BANDA DE 1 A 20 GHZ PARA ONDAS MILIMÉTRICAS”

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICO

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES Y
REDES

AUTORA: GÉNESIS ALONDRA ALDAS SAMANIEGO

TUTOR: Ing. JEFFERSON RIBADENERIA RAMÍREZ, PhD.

Riobamba – Ecuador

2019

©2019, Génesis Alondra Aldas Samaniego

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, TELECOMUNICACIONES
Y REDES**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de investigación: Tipo Propuesta Tecnológica “**EVALUACIÓN DE PÉRDIDAS DE PENETRACIÓN EN MATERIALES MEDIANTE PARÁMETROS DE POTENCIA EN LA BANDA DE 1 A 20 GHZ PARA ONDAS MILIMÉTRICAS**”, de responsabilidad de la señorita GÉNESIS ALONDRA ALDAS SAMANIEGO, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

FIRMA

FECHA

Dr. Washington Luna

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

Ing. Patricio Romero

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

Ing. Jefferson Ribadeneria Ph.D.

**TUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

MSc. Diego Veloz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, GÉNESIS ALONDRA ALDAS SAMANIEGO, soy responsable por las ideas, criterios, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo y el patrimonio del Trabajo de Titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Génesis Alondra Aldas Samaniego

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios y a mi abuelito que desde el cielo vela por mí. A mi padre Marco por ser mi apoyo incondicional durante toda esta etapa por su amor y paciencia, a mi madre Margoth que me enseñó que con esfuerzo y sacrificio se llegan a cumplir los sueños. A mi hermana Karen por ser mi apoyo moral, por ser mi mejor amiga y cómplice. A mi pequeñita Micaela a la que le dedico mi sacrificio porque por ella fue mi principal motor para lograr esta meta. Como olvidarme de mis locas María Paz y María Emilia que con sus ocurrencias siempre me sacaron una sonrisa. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento me acompañaron en este arduo camino.

AGRADECIMIENTO

Mis más sinceros agradecimientos a la institución que me supo recibir en sus aulas, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a cada uno de los maestros que aportaron en mi educación.

Un agradecimiento especial al doctor Hugo Moreno Avilés y al doctor Jefferson Ribadeneira, por su paciencia y su conocimiento para saber encaminar el presente documento.

Al ingeniero Kevin Ortega, que durante este camino fue mi apoyo incondicional que con paciencia y cariño me enseñó que son más las personas de buen corazón.

Gracias a toda mi familia por ser mi apoyo incondicional durante esta etapa. A mis amigos Valeria, Jonathan y Carlos que fueron mis cómplices apoyándome incondicional y desinteresadamente a lo largo de este camino, sin ellos la alegría que embarga mi vida no existiría.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO	7
1.1. Estado del Arte de las Pérdidas de Penetración.....	7
1.2. Ondas Milimétricas.....	10
1.2.1. <i>Ventajas de MMW</i>	11
1.2.2. <i>Desventajas de MMW</i>	11
1.3. Pérdidas de la señal.....	11
1.3.1. <i>Pérdidas por Inserción</i>	11
1.3.2. <i>Pérdidas por Refracción</i>	12
1.3.3. <i>Pérdidas por Absorción</i>	12
1.4. Permitividad Dieléctrica.....	13
1.4.1. <i>Permitividad Absoluta</i>	13
1.4.2. <i>Permitividad Relativa</i>	14
1.5. Parámetros de Antenas.....	15
1.5.1. <i>Ancho de Banda</i>	16

1.5.2.	<i>Directividad</i>	16
1.5.3.	<i>Ganancia</i>	17
1.5.4.	<i>Anchos de Haz</i>	17
1.5.5.	<i>Impedancia</i>	18
1.5.6.	<i>Eficiencia de la antena</i>	18
1.5.7.	<i>Polarización</i>	18
1.5.8.	Intensidad de Radiación	19
1.5.9.	Diagrama de Radiación	20
1.6.	Teoría de Campos	21
1.6.1.	<i>Región de Campo Lejano</i>	21
1.6.2.	<i>Región Reactiva de Campo Cercano</i>	22
1.6.3.	Región de Radiación de Campo Cercano	22
 CAPÍTULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1.	Introducción	23
2.2.	METODOLOGÍA DE MEDICIÓN	23
2.3.	Estudio de los Equipos y Elementos del Sistema	26
2.3.1.	<i>Analizador de Espectros Anritsu MS2427C</i>	26
2.3.2.	<i>Generador de Señales Anritsu MG3690C</i>	27
2.3.3.	<i>Cámara Anecoica</i>	28
2.3.4.	<i>Antenas Tipo Corneta</i>	29
2.3.5.	<i>Antenas Log-periódica HyperLOG® 40 X</i>	30
2.3.6.	<i>Cable coaxial de 50 ohm</i>	31

2.4.	Características de Materiales.....	32
2.4.1.	<i>Madera Pino</i>.....	33
2.4.2.	<i>Madera Eucalipto</i>.....	34
2.4.3.	<i>Vidrio Templado</i>.....	34
2.4.4.	<i>Vidrio Crudo</i>.....	35
2.4.5.	<i>Concreto</i>.....	35
2.5.	Caracterización de las pérdidas de penetración basados en la permitividad	36

CAPITULO III

3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	38
3.1.	Madera Pino Seca 1,5 cm.....	38
3.2.	Madera Pino Seca 2,5 cm.....	39
3.3.	Madera Pino Húmeda 1,5 cm.....	41
3.4.	Madera Pino Húmeda 2,5 cm.....	42
3.5.	Madera Eucalipto Seca 1,5 cm.....	43
3.6.	Madera Eucalipto Seca 2,5 cm.....	45
3.7.	Madera Eucalipto Húmeda 1,5 cm	46
3.8.	Madera Eucalipto Húmeda 2,5 cm	47
3.9.	Vidrio Crudo 5 líneas.....	49
3.10.	Vidrio Crudo 10 líneas.....	50
3.11.	Vidrio Templado 5 líneas	51
3.12.	Vidrio Templado 10 líneas	53
3.13.	Concreto 10 cm.....	54
3.14.	Concreto 20 cm.....	55

DISCUSIÓN	57
CONCLUSIONES.....	58
RECOMENDACIONES.....	60
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1	Pérdidas por Refracción.....	10
Figura 2-1	Elementos del diagrama de radiación.....	16
Figura 3-1	Tipos de Polarización a) Lineal b) Circular c) Elíptica.....	18
Figura 4-1	Diagrama de radiación 2D a) Polar b) Cartesiana.....	19
Figura 5-1	Regiones de campo de una antena.....	19
Figura 1-2	Esquematzación del escenario en ambientes de laboratorio.....	22
Figura 2-2	Escenario con antenas log-periódicas.....	24
Figura 3-2	Escenario con antenas de apertura.....	24
Figura 4-2	Analizador de espectros Anritsu MS2724C.....	27
Figura 5-2	Generador de señales Anritsu MG3690C.....	27
Figura 6-2	Cámara Anecoica.....	28
Figura 7-2	Antena patrón.....	28
Figura 8-2	Funcionamiento Antena de Apertura.....	29
Figura 9-2	Antena Log-periódica HyperLOG® 40 X.....	29
Figura 10-2	Patrones de radiación de la antena log-periódica.....	30
Figura 11-2	Cable coaxial de 50 ohm.....	31
Figura 12-2	Cambio de medios.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Seco 1,5cm.....	37
Gráfico 2-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Pino Seco 1,5cm.....	38
Gráfico 3-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Seco 2,5cm.....	39
Gráfico 4-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Pino Seco 2,5cm.....	39
Gráfico 5-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Húmedo 1,5cm.....	40
Gráfico 6-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Pino Húmedo 1,5cm.....	41
Gráfico 7-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Húmedo 2,5cm.....	42
Gráfico 8-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Pino Húmedo 2,5cm.....	42
Gráfico 9-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Seco 1,5cm.....	43
Gráfico 10-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Eucalipto Seco 1,5cm.....	43
Gráfico 11-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Seco 2,5cm.....	44
Gráfico 12-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Eucalipto Seco 2,5cm.....	45
Gráfico 13-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Húmedo 1,5cm.....	45
Gráfico 14-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Eucalipto Húmedo 1,5cm.....	46
Gráfico 15-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Húmedo 2,5cm.....	47
Gráfico 16-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Eucalipto Húmedo 2,5cm.....	47
Gráfico 17-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Crudo 5 líneas.....	48
Gráfico 18-3	Frecuencia Vs Permittividad Relativa en Vidrio Crudo 5 líneas	49
Gráfico 19-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Crudo 10 líneas.....	49

Gráfico 20-3	Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Crudo 10 líneas	50
Gráfico 21-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Templado 5 líneas.....	51
Gráfico 22-3	Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Templado 5 líneas.....	51
Gráfico 23-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Templado 10 líneas.....	52
Gráfico 24-3	Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Templado 10 líneas	53
Gráfico 25-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Concreto 10 cm.....	54
Gráfico 26-3	Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Concreto 10 cm.....	54
Gráfico 27-3	Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Concreto 20 cm.....	55
Gráfico 28-3	Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Concreto 20 cm.....	56

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1	Pérdidas de inserción.....	9
Ecuación 2-1	Permitividad Dieléctrica.....	12
Ecuación 3-1	Permitividad absoluta	12
Ecuación 4-2	Ancho de Banda.....	14
Ecuación 5-1	Eficiencia de la antena.....	17
Ecuación 6-2	Intensidad de Radiación.....	18
Ecuación 7-1	Límite de la región activa.....	20
Ecuación 8-2	Límitet de la región de radiación.....	21

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A MEDICIONES DE PERDIDAS DE INSERCIÓN EN MATERIALES

ANEXO B LIMPIEZA DE DATOS

ANEXO C CARACTERIZACIÓN DE LA PARTE REAL DE LA PERMITIVIDAD DE
LOS MATERIALES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

3GPP	Proyecto de asociación de tercera generación
5G	Quinta Generación
A	Amperios
D	Mayor dimensión de la antena
dB	Decibelios
LO	Línea de vista
m	Metros
E	Campo Eléctrico
H	Campo Magnético
MMW	Ondas Milimétricas
4G	Cuarta Generación
eNB	Nodo B evolucionado
f/b	Relación Adelante- Atrás
FDTD	Tiempo - Dominio de la diferencia Finita
FNBW	Ancho de haz entre nulos
GHz	Giga Hertz
HF	Alta frecuencia
HPBW	Ancho de haz de media potencia
Hz	Hertzios

IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
IP	Protocolo de internet
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
LTE	Evolución a largo plazo
MAX	Explorador de medidas y automatización
Mbps	Mega bits por segundo
P	Potencia total radiada.
QoS	Calidad de Servicios
UHF	Ultra alta frecuencia
VHF	Muy alta frecuencia
WiFi	Fidelidad inalámbrica
λ	Longitud de onda
2D	Dos dimensiones
3D	Tres dimensiones

RESUMEN

El objetivo principal del presente trabajo de titulación fue evaluar las pérdidas de penetración en materiales mediante parámetros de potencia de 1 a 20 GHz para ondas milimétricas. Para ello se realizó el análisis del estado del arte de las pérdidas de penetración en el rango de 1 a 20 GHz, se detallaron las características específicas de los equipos utilizados para los diversos escenarios de prueba, también se definieron las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que son madera de pino seca, madera de pino húmeda, madera de eucalipto seca, madera de eucalipto húmeda, vidrio crudo, vidrio templado y concreto, las mediciones se realizaron con saltos de 100 MHz y se determinó una distancia de 50 cm de campo lejano para todo el rango de frecuencias, las medidas se realizaron sin obstáculo y con obstáculo, donde la diferencia de potencia de estas dos señales permitieron calcular las pérdidas de inserción en cada obstáculo, se calculó la parte real de la permitividad de cada material, las cuales están dentro de los valores teóricos, cabe recalcar que la madera seca debido a las técnicas de secado que utiliza, la permitividad varía entre 2 y 5, mientras que la permitividad de la madera húmeda se incrementa ya que la madera posee concentración de agua cuya permitividad es mayor a la muestra. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, en el rango de frecuencia de 1 a 14 GHz y 16 a 20 GHz la pérdida promedio de penetración en los materiales es de 8.34 dB, pero en el rango de 15 a 16 GHz se obtuvo un incremento promedio de 25.67 dB, por lo que se concluye que a este rango la pérdidas en interiores son mayores las mismas que se deben considerar para la planificación de redes celulares.

Palabras clave: <TELECOMUNICACIONES>, <ANTENAS>, <PERDIDAS DE PENETRACIÓN>, <PERMITIVIDAD RELATIVA>, <FRECUENCIA>, <MATERIALES>, <POTENCIA>, <CAMPO LEJANO>.

SUMMARY

The main objective of the present titration work was to evaluate the penetration losses in materials through power parameters of 1 to 20 GHz for millimeter waves. To this end, the state of the art analysis of the penetration losses in the range of 1 to 20 GHz was carried out, the specific characteristics of the equipment used for the various test scenarios were detailed, the physical and mechanical properties of the materials that are dry pine wood, wet pine wood, dry eucalyptus wood, wet eucalyptus wood, raw glass, tempered glass and concrete, measurements were made with 100 MHz jumps and a field distance of 50 cm was determined distant for the whole range of frequencies, the measurements were made without obstacle and with obstacle, where the power difference of these two signals allowed to calculate the insertion losses in each obstacle, the real part of the permittivity of each material was calculated, the which are within the theoretical values, it should be emphasized that the dry wood due to the drying techniques used, the permittivity varies between 2 and 5, while the permittivity of the wet wood is increased since the wood has water concentration whose permittivity is greater than the sample. The results obtained were satisfactory, in the frequency range of 1 to 14 GHz and 16 to 20 GHz the average penetration loss in the materials is 8.34 dB, but in the range of 15 to 16 GHz an average increase of 25.67 was obtained in dB, so it is concluded that at this range the losses in interiors are greater than the ones that should be considered for the planning of cellular networks.

Keywords: <TELECOMMUNICATIONS>, <ANTENNAS>, <PENETRATION LOSSES>, <RELATIVE PERMITTIVITY>, <FREQUENCY>, <MATERIALS>, <POWER>, <FAR CAMP>.

INTRODUCCIÓN

Las ondas electromagnéticas se propagan por la atmósfera terrestre con energía transferida por la fuente hacia un receptor, durante su trayectoria se tiene la presencia de fenómenos como la absorción que se da debido a la presencia de átomos y moléculas de sustancias gaseosas, líquidas y sólidas las mismas que causan pérdidas en decibelios de la potencia transmitida, existen múltiples modelos que permiten estimar las pérdidas de propagación en diversas zonas, el modelo Okumura-Hata es el más utilizado para el dimensionamiento y planificación de redes inalámbricas.

Las telecomunicaciones con el avance tecnológico, han experimentado la evolución de las comunicaciones vía radio y tecnologías como GSM o UMTS tuvieron un punto de inflexión en la demanda de banda ancha debido al desarrollo de numerosos servicios inalámbricos, permitiendo así la movilidad de los usuarios, flexibilidad, alta calidad y velocidad del servicio. Con el desarrollo de nuevos estándares en redes celulares, las telecomunicaciones suponen una clara necesidad de estudio de la propagación para altas frecuencias como la tecnología LTE que opera hasta 6 GHz.

Además, existe escasa información con respecto a las pérdidas de penetración en materiales que a altas frecuencias, por lo que será necesario un análisis de las características de los objetos de estudio y con ello los factores que pueden reflejar en la banda de 1 a 20 GHz en los diversos escenarios, los mismos que están representados por diversos tipos de obstáculos los cuales están presentes en un radio enlace, para lo cual se tomarán diferentes espesores de cada material con la finalidad de analizar cómo el valor de potencia se reduce en cada uno de ellos. Cabe recalcar que no existen estudios acerca de las pérdidas de penetración en materiales en la banda de 1 a 20 GHz en el Ecuador, por lo que la selección de materiales se ha hecho en base al impacto por ser comunes en el ámbito cotidiano en el momento que un usuario requiere conectarse a la red celular.

ANTECEDENTES

Con el avance tecnológico las comunicaciones inalámbricas se han desarrollado día a día, Harald Friis en 1940 desarrolló una herramienta, la misma que predecía y ponderaba las pérdidas de trayectoria en el espacio libre y a su vez en diversos escenarios de prueba, desde el origen los seres humanos tienen la necesidad de comunicarse debido a esto ha incrementado las mejoras en sistemas de comunicaciones, ya que la presencia de edificios y el crecimiento de ciudades la señal experimenta múltiples efectos que afectan en la potencia de recepción de la misma. (Barrios Ulloa, 2015)

Los entornos indoor se relacionan con la infraestructura de cada edificio, aquí se considera los materiales que están compuestos, para de esta manera determinar las pérdidas de potencia que sufre la señal en el instante de atravesar un obstáculo, considerando que existen señales que se transmiten y otras que son absorbidas o reflejadas por el material, ya que una señal al pasar de un medio denso a otro más denso, el índice de refracción disminuye por lo que el coeficiente de transmisión relaciona dichos medios y permite determinar cuanta potencia llega al receptor. Para el análisis del presupuesto del enlace se considera ganancia de las antenas y pérdidas generadas por los obstáculos presentes que producen atenuación en la señal. En base a estudios realizados se dice que las pérdidas de inserción tienen una relación directamente proporcional con la frecuencia. (Guerrón Mora, 2016)

Cabe recalcar que en el país no existen estudios alrededor de este rango de frecuencias, por ende se pretende analizar para materiales comunes en entornos indoor, como son concreto, madera y vidrio con diversos espesores, con la finalidad de determinar el nivel de potencia que disminuye cuando la señal atraviesa dicho obstáculo y así poder generar posibles recomendaciones a considerar en planificaciones de redes celulares.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es necesario evaluar las pérdidas de penetración en materiales mediante parámetros de potencia en la banda de 1 a 20 GHz para ondas milimétricas?

JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En la actualidad, según los datos de la ITU (International Communications Union) muestran que se ha tenido una tasa de crecimiento mundial de alrededor de 6.500 millones de conexiones móviles por año, siendo las tecnologías de banda ancha móvil el principal medio de acceso a Internet en todo el mundo. El incremento de contrataciones de banda ancha se debe a que las tecnologías de última generación como tablets o smartphones sustituyen los antiguos terminales, los cuales pretenden ofrecer un buen servicio en entornos indoor. (Guerrón Mora, 2016)

Con el transcurso del tiempo y los avances tecnológicos, el alza del servicio de banda ancha móvil, pretende mejorar las tecnologías de servicio y sus estándares. Debido al incremento de usuarios móviles, los cuales requieren conectarse a internet de banda ancha a velocidades hasta 100 Mbps, se implementa la red de cuarta generación LTE (Long-Term Evolution) creado por 3GPP (3rd Generation Partnership Project), tiene mejoras en la eficiencia espectral, mejor latencia en el plano de usuario, mayor flexibilidad en la asignación de frecuencias y reducción de costes respecto a tecnologías anteriores.

Las comunicaciones inalámbricas móviles consideran entornos outdoor prioritariamente, mientras que en entornos indoor, la disminución de potencia se ve afectada en consecuencia a la atenuación que se tiene en el interior de edificios debida a las pérdidas de penetración de paredes y suelos, ya que la cobertura en estos lugares no es suficientemente buena, obliga a las compañías a proporcionar una QoS aceptable, por lo cual se utiliza femto-celdas, que son estaciones base de menor tamaño y baja potencia, capaces de ofrecer un mejor servicio a un grupo de usuarios reducido y cercano. (Barrios Ulloa, 2015)

En enlaces inalámbrico entre el transmisor y receptor existen la presencia de obstáculos, para lo cual se debe tener en cuenta que la intensidad de la señal puede variar dependiendo del lugar donde se encuentre ubicada la antena, donde la intensidad estará en función de la distancia de la misma, se tiene la presencia de “zonas de sombra” que son lugares donde la señal no llega debido a la presencia de obstáculos que se encuentre en el medio, en entornos indoor se tiene la presencia de paredes, ventanas, puertas y personas; mientras que en entornos outdoor existen valles, colinas, árboles, edificios, túneles. Las redes de comunicación móviles son afectadas por los desastres naturales o provocados por el hombre, haciendo que sus servicios no estén disponibles parcial o totalmente, se debe considerar la situación meteorológica como es la presencia de lluvias, tormentas, truenos. Además, la disminución de la señal en dB, se ve afectada debido a un alto número de usuarios registrados en la misma antena y tipo de red.

Debida a la escasa información la presente investigación, pretende evaluar las pérdidas de penetración en materiales en base a parámetros de potencia en la banda de 1 a 20 GHz para ondas milimétricas, para lo cual se pretende utilizar antenas tipo corneta existentes en el laboratorio de comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH, con la finalidad de realizar pruebas y determinar la reducción del nivel de potencia que se obtiene durante la inserción de la señal en diversos materiales dentro de la cámara anecoica. Los resultados obtenidos durante el análisis de este proyecto pretenden servir de apoyo para próximos estudios, con la finalidad de generar impacto tecnológico y plantear recomendaciones para redes inalámbricas.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

En los últimos años el avance tecnológico en redes inalámbricas ha ofrecido múltiples servicios como la transmisión de voz y datos a altas velocidades, durante la transmisión de la señal se produce la disminución de potencia en entornos indoor, por tal motivo se vio la necesidad de analizar las pérdidas de penetración que producen los obstáculos presentes en el medio.

Para la realización de este proyecto el cual es una investigación aplicada se utilizará determinados métodos, con la finalidad de obtener mejores resultados durante el desarrollo del mismo. Se realizara principalmente un método teórico, el cual hace referencia al estado del arte de las pérdidas de penetración en materiales en la banda de 1 a 20 GHz, también los parámetros de potencia requeridos para el análisis, permitiéndonos obtener la información necesaria del objeto de estudio.

Además, el método científico, consta en la realización de pruebas, la cual nos permite tabular los resultados obtenidos con cada uno de los obstáculos dentro de la cámara anecoica para determinar como el nivel de potencia se reduce al momento de interponer un obstáculo durante la transmisión.

Se utilizará las antenas del entrenador satelital, el analizador de espectros y generador de señales, cuya frecuencia de operación de dichos equipos es de 1 a 20 GHz, los cuales se encuentran en el laboratorio de microondas y de comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH. Las antenas tipo corneta estarán ubicadas tanto en el transmisor como en el receptor, el generador de señales estará conectado a la antena transmisora mientras que el analizador de espectros en la antena receptora, este nos permitirá obtener el nivel de potencia con el que llega la señal y de esta manera medir la reducción del nivel de potencia, debido a la atenuación que experimenta la señal con la presencia de obstáculos, para lo cual se analizara la parte real de la permitividad en diversos materiales.

Debido a la extensa banda de frecuencia que se trabaja para la recolección de datos se realizarán saltos de frecuencia de 0.5 GHz obteniendo un total de 200 muestras, por cada salto de frecuencia se tendrá el nivel de potencia con el que llega la señal al receptor sin obstáculos y posteriormente con los obstáculos a analizar, con la finalidad de evaluar las pérdidas referentes a los tipos de material que se tiene en entornos indoor. Las pruebas se realizarán en enlaces de corta distancia dependiendo del espesor del material en el interior de una cámara anecoica, donde el obstáculo se interpondrá directamente entre las dos antenas, lo que permitirá realizar la caracterización de las pérdidas de penetración de la señal. Los escenarios estarán representados por diferentes tipos de obstáculos, los cuales son comunes en el ámbito cotidiano cuando un usuario requiera conectarse a un punto o red inalámbrica. Los obstáculos a analizar en interiores serán vidrio, madera fresca, madera seca y concreto, con espesores entre 4 y 20 cm dependiendo del material.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar las pérdidas de penetración en materiales mediante parámetros de potencia en la banda de 1 a 20 GHz, para ondas milimétricas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado del arte de las pérdidas de penetración de señales en frecuencias 1 a 20 GHz.
- Realizar pruebas con materiales como madera, vidrio y concreto con un espesor entre 4 y 20 cm dependiendo del material y diferentes densidades.
- Caracterizar las pérdidas de penetración basados en la parte real de la permitividad para varios materiales en condiciones de laboratorio dentro de una cámara anecoica.
- Generar una recomendación para pérdidas de penetración para diferentes materiales a frecuencias de 1 a 20 GHz que puedan ser utilizados en ondas milimétricas.

CAPÍTULO I

En este capítulo se dará a conocer múltiples definiciones a considerar para el desarrollo de este proyecto, como son ondas milimétricas, ventajas y desventajas de las mismas, además, de los tipos de pérdidas de penetración que tienen las ondas electromagnéticas, ya que la señal durante la propagación en el espacio libre se encuentra con un gran número de obstáculos, esta experimenta múltiples cambios tanto en su dirección y retardos. También se conocerá diversos métodos que se utilizan para determinar las pérdidas de inserción en diversos materiales, los cuales permiten una aproximación más exacta sobre pérdidas de inserción, además, se detallaran los parámetros más relevantes de las antenas, los mismos que permiten determinar la dirección del patrón de radiación, se considera primordial la teoría de campos y sus regiones para el cálculo de la distancia en el momento de realizar las mediciones.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Estado del Arte de las Pérdidas de Penetración de la Señal en Frecuencia de 1 a 20 GHz

Con el auge de los servicios de comunicaciones inalámbricas en la década de 1940, Harald Friis desarrolló por primera vez herramientas que permiten predecir y ponderar las pérdidas por trayectoria de una señal que se transmitía en el aire y en diferentes escenarios, mediante la variación de diferentes parámetros como frecuencia, alturas de antenas transmisoras y receptoras, mediante el avance tecnológico las necesidades de los seres humanos se han incrementado, teniendo como consecuencia el crecimiento de ciudades y por ende mayor número de construcciones, lo que permitió el desarrollo de servicios de comunicaciones inalámbricos. (Barrios Ulloa, 2015)

En la actualidad las redes inalámbricas móviles, han evolucionado de tal manera que cada generación ofrece una amplia gama de servicios como comunicación de voz, videoconferencias y altas velocidades de transmisión de datos, convirtiéndose en el área de las telecomunicaciones con más rápido crecimiento, evidenciando de esta manera la necesidad de satisfacer la demanda de dichos servicios, por lo que se considera el análisis de ondas milimétricas experimentadas por primera vez por Jagdish Chandra en el año de 1985 a partir de 1960 se desarrollaron aplicaciones en el ámbito militar y radioastronómico.

La tecnología LTE puede alcanzar velocidades hasta 1000 Mbps, siendo 10 veces mayores que tecnologías anteriores, esto se tiene debido a que usa un mayor espectro permitiendo de esta manera una mejor eficiencia espectral, rendimiento y cobertura mayor en interiores y exteriores. Aunque todavía la implantación generalizada del 4G dista de ser una realidad, los principales operadores y fabricantes ya están trabajando en la estandarización de 5G, este abre un abanico de posibilidades al internet de las cosas (IoT). La misma que pretende llegar a velocidades de 10Gbps, siendo de 10 a 100 veces mejor que las redes 4G y 4.5G, ocupa una banda 1000 veces más rápida y permite conectar 100 dispositivos por unidad de área, posee una cobertura completa tanto en interiores como exteriores, ya que tiene una latencia de 1 milisegundo en tiempo real. (RAPPAPORT, 2013)

La atribución de bandas de espectros para el uso de los servicios 5G es acordada en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de la ITU, donde se determinó las bandas de frecuencias de operación. La banda 700 MHz, permiten la extensión de cobertura y uso en interior de edificios, esta banda proporcionara servicios de banda ancha mejorada (eMBB), comunicaciones ultrafiabiles y M2M masiva, en la actualidad es usada para la difusión TDT, cuya disponibilidad está pendiente del proceso para la liberación del segundo dividendo digital el mismo que permitirá proveer prestaciones para servicios de comunicaciones electrónicas. La banda 3.4 – 3.8 GHz, es considera como la banda principal para el despliegue inicial de servicios 5G antes del 2020, ya que proporciona mejor compromiso entre cobertura y capacidad, además para los servicios de banda ancha mejorada (eMBB). Para facilitar el uso de este rango de frecuencias se realizarán de modo diferenciado sobre las sub bandas de 3.4-3.6 GHz y 3.6-3.8 GHz, dichas bandas utilizaran bloques de frecuencia de mayor tamaño que permitan mayores velocidades. (SESIA, 2018)

La banda de 26 GHz la misma que contempla (24.25 – 27.5 GHz) dicha banda es considerada como pionera para la implementación la misma que proporcionara alta capacidad de transmisión de datos para casos específicos proporcionando eMBB y una comunicación ultrafiable, esta está disponible para su uso inmediato 400 MHz en la parte baja de la banda y 500 MHz en la parte alta de la banda las mismas que poseen limitaciones, el resto de la banda está en uso por radioenlaces del servicio fijo punto a punto en redes troncales de telefonía móvil cuya finalidad es proveer experiencias piloto para analizar el potencial de utilización en servicios comerciales con el fin de realizar una futura licitación en función a una mayor cantidad de espectro contiguo. (SESIA, 2018)

La tecnología Wi-Fi 5G son bandas de frecuencia de radio, abarca 25 canales no superpuestos los mismos que permiten tener más espacio, posee menos interferencias debido a esto la conexión es más ágil, mayor velocidad de conexión, menor rango de red ya que tiene problemas para superar obstáculos, basado en el estándar 802.11ac opera únicamente en la banda de 5G, aumenta la velocidad hasta 1.300 Mbps por flujo de datos, posee canales de radio más anchos permitiendo tener más carriles disponibles en el flujo de los datos provee un ancho de banda de 80 a 160 MHz, puede funcionar como “Channel Bonding” el mismo que combina dos canales independientes, incremento del 10 % en eficiencia espectral, modulación 256 QAM, además posee MU-MIMO transmisiones simultáneas a múltiples clientes. (Aruba, 2018)

El estándar 802.11ax conocido como Wi-Fi 6 el mismo que mejora la conectividad para redes de alta densidad, además aumenta la capacidad de la red hasta 4 veces a comparación de su antecesor, consigo la evolución de MU-MIMO a la tecnología OFDMA la misma que permite entregar o recibir datos de múltiples antenas para varios usuarios al mismo tiempo, puede llegar a velocidades de 4804 Mbps, trabaja en la banda de frecuencia de 5G además de la banda de 2.4 GHz, posee mayor cantidad de canales disponibles lo que permite una mejora en su capacidad y ancho de banda. Funciona normalmente a 256 QAM ya que al aumentar los registros se incrementa la densidad de información que el dispositivo puede transmitir. (Aruba, 2018)

Por lo tanto se utilizan modelos simplificados para la predicción de pérdidas de penetración, ya que la señal durante la transmisión experimenta múltiples transformaciones debido al medio de propagación y la presencia de obstáculos, lo cual se torna difícil determinar en un punto del canal radio la potencia promedio de la señal recibida, así como la variación de potencia ante la presencia de obstáculos. (Yepez, 2015)

La propagación en interiores está relacionada por la estructura del edificio, es decir, los tipos de materiales de construcción, donde las pérdidas por penetración en interiores se encuentran en el rango entre 15 y 20 dB, mientras mayor sea la frecuencia de la banda de comunicaciones mayores serán las pérdidas por penetración. Para el presupuesto del enlace entre el transmisor y el receptor se deben considerar las ganancias y pérdidas presentes; la ganancia hace referencia a las antenas, mientras que en las pérdidas se considera la atenuación con respecto a la distancia, obstáculos presentes, pérdidas de ambiente y atenuaciones del cable (Guerrón Mora, 2016)

En la actualidad se han realizado diversos estudios sobre el análisis de las pérdidas de penetración de señales y las interferencias que existen en el trayecto, en ese contexto, estudios acerca de las Pérdidas de Inserción en Diferentes Materiales y Árboles en Redes WiFi y WiMAX, desarrollado en el Departamento de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones en la Escuela Politécnica

Superior de la Universidad Autónoma de Madrid, 2013, realizado por: Ignacio Álvarez Calvo, se tiene como resultado que las pérdidas de inserción se incrementan a altas frecuencias para lo cual se debe considerar las características de los obstáculos al momento de implementar un radioenlace. (Álvarez Calvo, 2013)

Este trabajo de titulación pretende tener un gran impacto en el aspecto tecnológico dentro de la sociedad, evidenciando de esta manera la necesidad de analizar las pérdidas de penetración en materiales en la banda de 1 a 20 GHz para ondas milimétricas, así también se busca plantear recomendaciones para planificación de redes celulares.

1.2. Ondas Milimétricas

La banda de operación de onda milimétrica MMW va desde 30 GHz a 300 GHz, cuyas longitudes de ondas se encuentran en el rango de 1 a 10 mm, cabe recalcar que este estudio se realizara de 1 a 20 GHz, el mismo que se encuentra dentro del rango de operación de ondas milimétricas. Las MMW pueden propagarse a grandes distancias como millas, además, proporciona una alta eficiencia del espectro lo que permite crear enlaces de comunicaciones para lugares sobrepoblados, con mayor grado de seguridad en la transmisión de la información y a su vez reducir el tamaño de las antenas. (Morales Ramírez, 2013)

Los factores meteorológicos como la lluvia, niebla y absorción influyen directamente en la transmisión de las MMW, pero aun así es permisible transmisión a pocos metros. Organizaciones como Wireless Gigabit Alliance y WigiG están ligadas a la alianza gigabit inalámbrica, la cual se encarga de realizar recomendaciones para para aplicaciones en la banda de operación de 60 GHz, analizando la interfaz entre el usuario y eNB en diferentes ambientes. Las MMW poseen un gran número de aplicaciones tanto para entornos indoor como outdoor, permiten también conexiones punto a punto o punto a multipunto para dispositivos portables y de escritorio. (Morales Ramírez, 2013)

En la tabla 1-1, se observa la subdivisión de conexiones en las siguientes aplicaciones:

Tabla 1-1: Subdivisión de conexiones inalámbricas.

PUNTO A PUNTO	PUNTO A MULTIPUNTO
Aplicaciones de campo	Streaming de video HD
Tx de video en HD sin compresión	Ethernet Inalámbrico Gigabit
Backhaul inalámbrico para comunicaciones móviles de 3G y 4G.	Conexiones de escritorio y estaciones de acoplamiento inalámbrico.
	Redes inalámbricas ad hoc.

Fuente: Morales Adriela, 2013, pp 32.

Realizado por: Génesis Aldas, 2019

1.2.1. Ventajas de MMW

Licencia: es una banda sin licencia la misma que es libre para su uso.

Equipo: fácil instalación de los equipos de las estaciones base eNB y menor tamaño de antenas.

Instalación y Mantenimiento: fácil mantenimiento.

Tasa de Transmisión: velocidad de datos en el orden de Gbps.

Cobertura: permite cubrir zonas con alto número de usuarios debido a su ancho de banda.

1.2.2. Desventajas de MMW

Equipo: escasas empresas fabricantes de antenas a este rango de operación, debido a esto sus altos costos.

Condiciones de propagación: las ondas milimétricas tienen altos valores de atenuación debido a condiciones meteorológicas como absorción atmosféricas y la vegetación, por estos factores operan a cortas distancias de manera direccional permitiendo un alto grado de seguridad de la información. (Morales Ramírez, 2013)

1.3. Pérdidas de la señal

En enlaces de radiofrecuencia, la señal durante su transmisión experimenta múltiples transformación debido a la presencia de obstáculos existentes en el medio de propagación como vegetación, edificios, personas, entre otros. Por lo cual se analizará los diferentes tipos de pérdidas que presenta la señal debido a la atenuación de la misma.

1.3.1. Pérdidas por Inserción

Durante la transmisión de la señal de radiofrecuencia existen pérdidas de inserción, las cuales se dan debido a la atenuación que presenta la señal al atravesar un material o componente pasivo, esta relaciona la potencia de salida con respecto a la potencia de entrada, permitiéndonos determinar la cantidad de potencia perdida durante la trayectoria de la señal, tiene como unidad de medida el decibel (dB), por lo que se desea tener un pequeño valor en dichas pérdidas. (Toscano Hoyos, 2016)

$$IL = 10 \log\left(\frac{P_{out}}{P_{in}}\right)$$

Ecuación 1-1: Pérdidas de Inserción

En donde:

IL= pérdidas de inserción [dB]

Pout = potencia de salida

Pin = potencia de entrada

1.3.2. Pérdidas por Refracción

Este fenómeno consta en el desvío de dirección de la onda en el momento que está atravesando un medio más denso a otro medio menos denso, ya que el ángulo refractado se forma entre la normal y la onda de refracción, mientras que el ángulo incidente está constituido por la normal y la onda incidente, por lo que se produce el cambio en la dirección y velocidad de la misma. Se debe considerar que en redes de largo alcance este fenómeno es más relevante, este efecto se puede observar en la figura 1-1 que se presenta a continuación. (Álvarez Calvo, 2013)

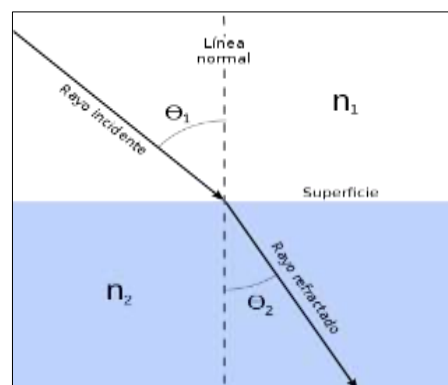


Figura 1-1: Pérdidas por Refracción.
Realizado por: Génesis Aldas, 2019

1.3.3. Pérdidas por Absorción

Dichas pérdidas se producen cuando la onda al atravesar un material se atenúa, es decir el nivel de potencia se reduce de forma exponencial en función del tipo de material y a la frecuencia de operación. El agua y los materiales con composición química similar a las del metal son considerados como perfectos absorbentes, los cuales no serán atravesados, además la energía absorbida se transforma en calor. En la madera la cantidad de absorción de energía depende de componentes propios de la madera y de la cantidad de agua, mientras que en materiales de plásticos la cantidad de absorción de energía es menor. Además, en la absorción se considera a los seres humanos, ya que están constituidos por tres cuartos de agua. En la tabla 2-1, se observa el nivel de absorción que tienen distintos materiales. (Álvarez Calvo, 2013)

Tabla 2-1: Niveles de absorción de energía en distintos materiales.

MATERIAL	EJEMPLO	INTERFERENCIA
Madera	Tabiques	Baja
Vidrio	Ventanas	Baja
Amianto	Techos	Baja
Yeso	Paredes Interiores	Baja
Ladrillo	Paredes Interiores y Exteriores	Media
Hojas	Árboles y Plantas	Media
Agua	Lluvia	Alta
Cerámica	Tejas	Alta
Papel	Rollos de papel	Alta
Vidrio con alto contenido de plomo	Ventanas	Alta
Metal	Vigas y Armarios	Muy Alta

Fuente: Álvarez Ignacio, 2013, pág 48.

Realizado por: Génesis Aldas, 2019

1.4. Permittividad Dieléctrica

Se denomina también “constante dieléctrica”, es la relación entre la intensidad y desplazamiento de campo eléctrico, cabe recalcar que la constante cambia de manera inversamente proporcional a la frecuencia, es decir a altas frecuencias deja de ser contante y está relacionada de manera directa con la susceptibilidad eléctrica.

Además, describe la polarización que tiene un material debido a la presencia de campo eléctrico, logrando anular de forma parcial el campo eléctrico interno que posee el material, ya que se analiza como un campo eléctrico es afectado y afecta a un medio.

La permitividad puede variar en función de la frecuencia, posición, humedad y temperatura del medio, además en medios no líneas está en función de la magnitud E. (Flores Vidal, 2013)

$$D = \varepsilon . E$$

Ecuación 2-1: Permittividad Dieléctrica

En donde:

D = desplazamiento eléctrico [C/m^2]

E = campo eléctrico [V/m]

ε = permitividad

1.4.1. Permittividad Absoluta

La permitividad absoluta es la multiplicación de la permitividad del vacío con la permitividad relativa. En la tabla 3-1, se muestra la permitividad absoluta de múltiples materiales dieléctricos.

$$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = (1 + X_\varepsilon) \varepsilon_0$$

Ecuación 3-1: Permitividad absoluta

En donde:

X_ε = susceptibilidad eléctrica que posee el material

ε_r = permitividad relativa

ε_0 = permitividad del vacío

Tabla 3-1: Permitividad absoluta de materiales dieléctricos

MATERIAL	ε (pF/m)
Aceite mineral	19,5
Acetona	191
Aire	8,84
Agua destilada	81
Baquelita	50 – 80
Caucho	20 – 50
Madera	10 – 60
Papel duro	49,5
PVC	30 – 40
Vidrio	40 – 60

Fuente: Sierra María, 2013, pp. 18

Realizado por: Génesis Aldas, 2019

1.4.2. Permitividad Relativa

La permitividad relativa que posee un material está relacionado directamente con la permitividad del vacío y en la tabla 4-1 se muestra la permitividad relativa de determinados materiales dieléctricos.

Tabla 4-1: Permitividad relativa de materiales dieléctricos

MATERIAL	ϵ_r
Papel seco	2.0 – 3.5
Caucho	2.2
Cuarzo fundido	2.7 – 3.0
Madera	3.0
Papel impregnado	3.0 – 4.0
Porcelana	4.9
Mica	5.4
Vidrios	4.0 – 10.0

Fuente: Vivero Hernan, pág 98.

Realizado por: Génesis Aldas, 2019

1.5. Parámetros de Antenas

Los sistemas de telecomunicaciones están formados por antenas tanto transmisoras como receptoras, las cuales permiten la radiación y recepción de ondas electromagnéticas en el espacio libre y surgen con la aparición de las ecuaciones de Maxwell en 1854, lo cual trajo consigo el desarrollo de los primeros radioenlaces en 1897, a partir de esto con los avances tecnológicos el diseño de antenas y rango de operación de las mismas se han incrementado. Las antenas funcionan en base a la direccionalidad y al valor de potencia con la que va a radiar, además, la longitud de onda y la dimensión que posee la antena permiten determinar los parámetros de radiación de la misma. (Aznar, y otros, 2004)

En función de la dimensión de la antena y longitud de onda, existen tres grupos de antenas que son: antena resonante, antena directiva y antenas elementales. Debido al principio de reciprocidad, menciona que el patrón de radiación de una antena será el mismo, si es radiado tanto por la antena receptora como la transmisora, ya que ambas trabajan con ondas electromagnéticas y están basadas en la propiedad que tiene el canal radio. (Murillo Fuentes, 2013 págs. 35-36).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ha dividido al espectro electromagnético en diversos rangos de frecuencias cada uno de estos con aplicaciones determinadas. En la tabla 5-1, se observa la división del espectro radioeléctrico estandarizado por la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) en base a la norma IEEE 521-1984, (Microwaves101, 2008)

Tabla 5-1: Bandas de frecuencias de la IEEE 521-198

Banda	Frec. mínima	Frec. Máxima	λ máxima	λ mínima
L	1 GHz	2 GHz	30 cm	15 cm
S	2 GHz	4 GHz	15 cm	7,5 cm
C	4 GHz	8 GHz	7,5 cm	3,75 cm
X	8 GHz	12,4 GHz	3,75 cm	2,42 cm
Ku	12,4 GHz	18 GHz	2,42 cm	1,66 cm
K	18 GHz	26,5 GHz	1,66 cm	11,1 mm
Ka	26,5 GHz	40 GHz	11,1 mm	7,5 mm
Mm	40 GHz	300 GHz	7,5 cm	1 mm

Fuente: Microwaves101, 2008

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

1.5.1. Ancho de Banda

Este valor esta dado en función de la cantidad de porcentaje de la frecuencia central, en la ecuación 4-1, se muestra la fórmula para obtener el ancho de banda en función a la f_c . (Emilio Monachesi, 2013)

$$BW [\%] = 100 * \frac{f_H - f_L}{f_C}$$

Ecuación 4-1: Ancho de Banda

En donde:

BW = ancho de banda

f_H = frecuencia más alta existente en la banda

f_L = frecuencia más baja existente en la banda

f_C = frecuencia central de la banda

1.5.2. Directividad

Es la propiedad de irradiar energía a una determinada dirección, por medio de las antenas transmisoras y receptoras, este valor se puede obtener en función del patrón de radiación, en el plano horizontal se tiene los lóbulos principales que representa el “azimut” de la antena, mientras que en el plano vertical esta “ángulo de elevación”, estos parámetros permite tener una elevada concentración de energía en lugares donde existe mayor cantidad de usuarios, con la finalidad de ofrecer alta calidad de servicios. (Huidrobo, 2013)

1.5.3. Ganancia

La ganancia tiene un valor adimensional el cual puede ser igual o diferente a la unidad, además, este valor medido está en función de la potencia máxima que radia la antena a una dirección y distancia R determinada con respecto a la antena receptora, la ganancia y la directividad permiten determinar la eficiencia que posee la antena. (Huidrobo, 2013)

1.5.4. Anchos de Haz

HPBW (Half Power Beamwidth)

El ancho del haz a media potencia está relacionado directamente con el diagrama de radiación, el cual hace referencia a la separación angular de las múltiples direcciones del patrón de radiación, las mismas que toman valores de la mitad del máximo de potencia que es a -3dB. (Huidrobo, 2013)

FNBW (First Null Beamwidth)

Ancho de haz entre nullos, hace referencia a la separación angular existente en las diversas direcciones que tiene el patrón de radiación en el espacio, cuyo valor del lóbulo principal es mínimo, el mismo que sirve como base para la obtención de la resolución de Rayleigh que considera el $FNBW/2$. (Aznar, y otros, 2004). La figura 2-1 muestra los anchos de haz tanto HPBW y FNBW existentes en el diagrama de radiación.

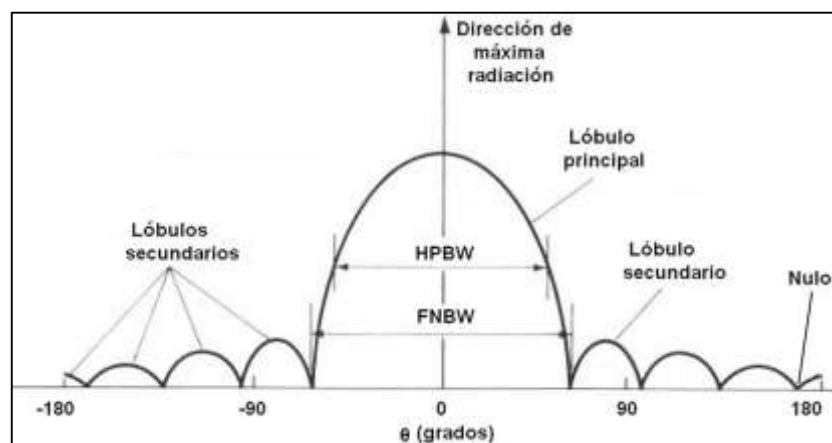


Figura 2-1: Elementos del diagrama de radiación.
Fuente: Huidrobo José, 2013. Pp. 7

1.5.5. Impedancia

Para analizar la impedancia total de la antena se tiene dos tipos que son:

Impedancia Característica (Z₀): considera características primarias de las antenas como son: frecuencia de operación, diámetro y longitud del material que sirve como conductor. La antena debe estar perfectamente acoplada al cable de 50 ohmios, para que irradie toda la energía.

Impedancia de Entrada (Z_{in}): es la relación entre el voltaje de entrada (V_{in}) y la corriente de entrada (I_{in}), que se aplica a las terminales de la antena. Está compuesta por una parte resistiva y una reactiva. La componente reactiva no se considera, si la alimentación de la antena tiene un máximo valor de corriente, debido a esto la (Z_{in}) estará compuesta por la parte resistiva y esta a su vez es igual a la suma de la resistencia de pérdidas y radiación. Una antena es resonante cuando la impedancia de entrada está compuesta únicamente por su parte resistiva a una determinada fc. (Emilio Monachesi, 2013)

1.5.6. Eficiencia de la antena

Relaciona la potencia de radiación de la antena con el total de potencia que entrega la misma, a una determinada frecuencia de trabajo, la eficiencia con la que trabaja la antena se expresa en valores de porcentaje. Además, la resistencia total está compuesta por dos resistencias las cuales se encuentran en serie, siendo R la resistencia de radiación y r la resistencia de disipación, la eficiencia de la antena será directamente proporcional R/r, en la ecuación 5-1 se muestra la fórmula para determinar la eficiencia de las antenas.

$$\eta = 100 * \frac{R}{R + r}$$

Ecuación 5-1: Eficiencia de la antena

En donde:

η = eficiencia de la antena

R = resistencia de radiación

r = resistencia de disipación

1.5.7. Polarización

Es la disposición del campo eléctrico de una onda electromagnética que se propaga en el espacio libre a una determinada dirección, es la figura geométrica generada por el vector de campo

eléctrico que está en función del tiempo. Existen varios tipos de polarización las cuales son lineal, circular y elíptica.

Polarización elíptica: es denominada radiación electromagnética ya que está compuesta por E_x y E_y , las mismas que están desfasadas a una determinada magnitud. La punta del vector describe una elipse a la dirección en un plano normal o fijo a la propagación de la onda electromagnética. La polarización vertical u horizontal de las ondas son casos especiales de esta polarización.

Polarización Circular: es la dirección de propagación de la onda electromagnética, el vector de campo eléctrico posee un movimiento circular el mismo que puede ser a la derecha o izquierda, ya que por cada ciclo de radio frecuencia permite generar una vuelta completa.

Polarización Lineal: en el plano de la antena el vector de campo eléctrico (E) se mantiene todo el tiempo, el mismo que define a la antena con orientación vertical u horizontal. En la polarización vertical las reflexiones generadas por las interferencias existentes en el medio no afectan directamente a la intensidad de señal. En la polarización horizontal la intensidad de señal recibida es afectada por las múltiples variaciones en consecuencia de las reflexiones. En la figura 3-1, se observa los múltiples tipos de polarización que poseen las ondas electromagnéticas.

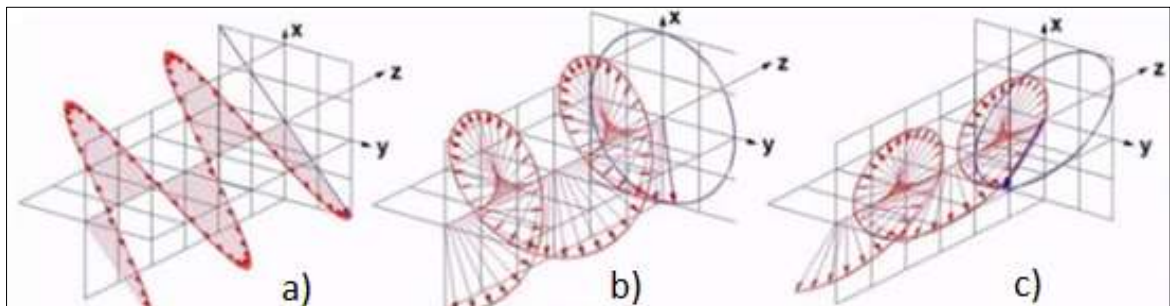


Figura 3-1: Tipos de Polarización a) Lineal b) Circular c) Elíptica

Fuente: Monachesi E, y otros, 2013, pp. 12

1.5.8. Intensidad de Radiación

Es la radiación de energía que emite una antena hacia una determinada dirección, técnicamente es “La cantidad de potencia emitida por unidad de ángulo sólido” (Balanis, 2005 pág. 40), el ángulo espacial es aquel que cubre una cantidad determinada de superficie sobre el patrón de

radiación, la cual está definida por líneas proyectantes que se originan desde la antena hacia el observador. (Zurita Montesdeoca, 2017 pág. 18).

La ecuación 6-1, muestra la intensidad de radiación:

$$U = r^2 * W_{rad} [W/m^2]$$

Ecuación 6-1: Intensidad de Radiación.

En donde:

W_{rad} = densidad de radiación con unidad de medida de [W/steradian].

1.5.9. Diagrama de Radiación

La energía electromagnética radiada por la antena es representada de forma gráfica, este patrón se puede obtener mediante la utilización de antenas fijas o la rotación de la antena, ya que permite observar la dirección a la cual está irradiando la antena, el nivel de potencia que tiene y a su vez nos muestra la intensidad de campos radiados los cuales dependen de la distancia fija y dirección angular. Está representado por lóbulos principal los mismos que están rodeados por menores amplitudes de radiación que son lóbulos secundarios, una antena es considerada directiva si el lóbulo principal tiene una magnitud mayor con respecto a los lóbulos secundarios. (Murillo Fuentes, 2013)

La figura 4-1, muestra el diagrama de radiación 2D en coordenadas polares y cartesianas, donde las coordenadas polares poseen un ángulo que está relacionado por la dirección y radio de amplitud del campo eléctrico, las coordenadas cartesianas consideran el plano (x) el cual representa al ángulo que irradia energía la antena y en el plano (y) la amplitud de la misma.

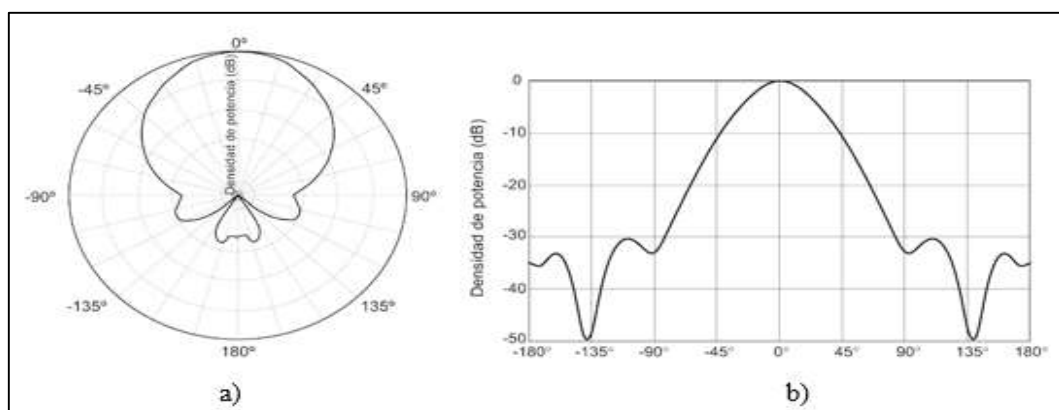


Figura 4-1: Diagrama de radiación 2D a) Coordenada Polar b) Coordenada Cartesiana
Fuente: Aznar y otros, 2004, pp. 21.

El diagrama de radiación 3D se representa mediante coordenadas esféricas, aquí el comportamiento del diagrama depende del plano H y E, donde el plano H que es el vector de campo magnético se encuentran perpendiculares entre sí, mientras que el plano E vector de campo eléctrico está en función de la máxima dirección que irradia la antena, ya que las ondas electromagnéticas se forman por las radiaciones del plano E y H. (Jordan, 2001)

1.6. Teoría de Campos

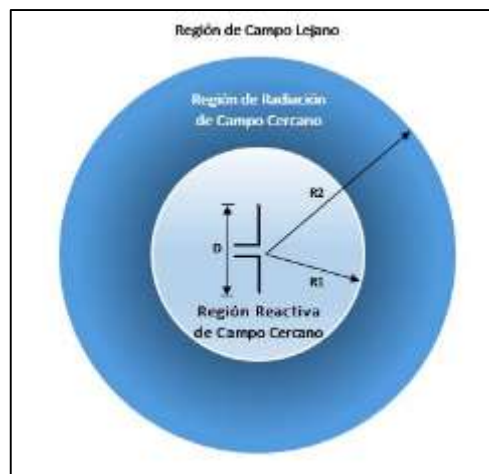


Figura 5-1: Regiones de campo de una antena.
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En la figura 5-1 se observa las regiones de campo cercano y lejano que tiene una antena, ya que al irradiar energía las ondas electromagnéticas actúan de manera distinta en tres regiones que son: región de campo lejano, las regiones de campo cercano se dividen en dos, los cuales están en función de la distancia y tipo de energía con la que irradia una antena, que son: energía radiada y reactiva. En el límite de cada campo existen pequeñas deformidades debido al cruce de estos. (Balanis, 2005 págs. 145-150)

1.6.1. Región de Campo Lejano

Denominada también como zona de Fraunhofer, en la cual la distribución de campos de una antena es independiente con respecto a la dimensión o trayectoria de la misma. Los campos electromagnéticos son independientes tanto de la distribución angular como de la distancia radial. Dicha región se encuentra en el límite superior de la zona de radiación de campo cercano.

1.6.2. Región Reactiva de Campo Cercano

Es la región de campo cercano en donde prevalece la energía reactiva, la misma que emerge y retorna hacia la antena almacenándose en la misma, la ecuación 7-1 permite determinar el límite superior de campo cercano, es decir, la región reactiva a partir de la superficie de la antena, si la dimensión de un dipolo es pequeña se determina una distancia de $\lambda/2\pi$ de la superficie de la antena. Proporciona condiciones de bordes para que se adapten los campos (Balanis, 2005 pág. 145).

$$R1 = 0.62 * \sqrt{\frac{D^3}{\lambda}}$$

Ecuación 7-1: Límite de la región de reactiva.

En donde:

D = mayor dimensión de la antena

λ = longitud de onda.

1.6.3. Región de Radiación de Campo Cercano

Denominada también como zona de Fresnel, se define como “La región de campo depende del trayecto de la antena y distribución de campo angular, está ubicada entre la región reactiva y región de campo lejano”, si la dimensión de la antena es mucho mayor con respecto a la longitud de onda esta región es despreciable (Balanis, 2005 pág. 148). La ecuación 8-1 determina el límite inferior de campo cercano, basado en el error máximo con un desfase de $\pi/8$, esta región se encuentra entre R1 y R2. (Balanis, 2005 pág. 148)

$$R2 = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Ecuación 8-1: Límite de la región de radiación.

En donde:

D = mayor dimensión de la antena

λ = longitud de onda.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Introducción

En este capítulo se detalla cada uno de los pasos que se siguió para determinar las pérdidas de penetración de materiales en frecuencias de 1 a 20 GHz, en base a parámetros de potencia para ondas milimétricas, con el propósito de cumplir con cada uno de los objetivos planteados.

Primero se realizó el análisis del estado del arte de las pérdidas de penetración en materiales como vidrio, madera y concreto a diferentes espesores, siendo estos los más utilizados en el medio a una frecuencia de operación de 1 a 20 GHz, por lo cual se utilizara una investigación descriptiva.

Posteriormente se detallará las especificaciones generales y propiedades físicas de los materiales a utilizarse, seguido de las características técnicas de los equipos que se utilizó para la realizar el escenario en ambientes de laboratorio que consta de un generador de señales, analizador de espectros, dos antenas tipo corneta directivas y la cámara anecoica, este estudio se realizará a partir de enlaces de corta distancia, el obstáculo se interpondrá entre las dos antenas, con saltos de frecuencia de 100 MHz a determinadas distancias considerando el campo lejano para cada frecuencia, de esta manera caracterizar las pérdidas de inserción de cada uno de los objetos a analizar. Una vez obtenido las pérdidas de penetración, se procede a calcular la permitividad en su parte real, para así determinar en cuanto cambia la permitividad del material en función de la frecuencia, posteriormente se realiza graficas por medio de SIGMAPLOT las mismas que mostraran como varia la señal en función de los materiales y de esta manera realizar las recomendaciones necesarias que se deben considerar en la planificación de ondas milimétricas.

2.2. METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

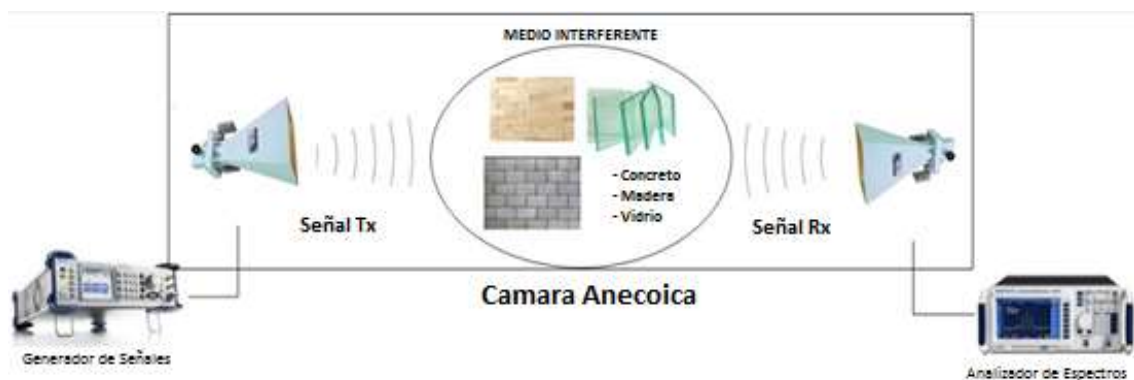


Figura 1-2: Esquematación del escenario en ambientes de laboratorio.

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

Para realizar las medidas se procede a realizar el escenario, para el cual se utilizará dos antenas log-periódicas HyperLOG® 40 X y dos antenas de apertura, cámara anecoica, el analizador de espectros Anritsu MS2427C y generador de señales Anritsu MG3690C, cuya frecuencia de operación de dichos equipos es de 1 a 20 GHz los mismos que se encuentran en base a los parámetros requeridos, dichos equipos se encuentran en el laboratorio de microondas y de comunicaciones de la Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH. Las antenas estarán ubicadas tanto en el transmisor como en el receptor, el generador de señales estará conectado a la antena transmisora mientras que el analizador de espectros en la antena receptora, este nos permitirá obtener el nivel de potencia en dBm con el que llega la señal y de esta manera medir la reducción del nivel de potencia, debido a la atenuación que experimenta la señal con la presencia de obstáculos, para lo cual se analizara la parte real de la permitividad en diversos materiales.

- Para caracterizar las pérdidas de penetración en materiales en la banda de 1 a 20 GHz, se procedió primero a calcular el campo lejano de acuerdo a cada frecuencia donde la onda ya es estacionaria, para lo cual se utilizó la ecuación 8-1.

$$L = \frac{2D^2}{\lambda}$$

Donde;

D Es la apertura de la antena tipo corneta que es igual a 0.05m.

λ Es la longitud de onda, que es la relación de la velocidad de la luz y la frecuencia de operación

La tabla 1-2, muestra los valores de campo lejano para cada frecuencia de operación.

Tabla 1-2: Valores de campo lejano

VALORES DE CAMPO LEJANO DE 1 A 20 GHz							
1 GHz	0,017	6 GHz	0,100	11 GHz	0,183	16 GHz	0,267
2 GHz	0,033	7 GHz	0,117	12 GHz	0,200	17 GHz	0,283
3 GHz	0,050	8 GHz	0,133	13 GHz	0,217	18 GHz	0,300
4 GHz	0,066	9 GHz	0,150	14 GHz	0,233	19 GHz	0,317
5 GHz	0,083	10 GHz	0,166	15 GHz	0,250	20 GHz	0,333

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

Una vez calculado cada uno de los valores de campo lejano, se procede a establecer el escenario a una distancia de 50 cm para el cálculo de todas las medidas, ya que como se observa en la tabla 1-2, esta distancia abarca el campo lejano de todo el rango de frecuencias.

- Se procede a establecer el escenario en ambiente de laboratorio, para abarcar toda la banda de frecuencias propuestas se utilizó dos tipos de antenas, ya que las antenas log-periódicas tienen un rango de operación de 100 KHz a 7 GHz, mientras que las antenas de apertura trabajan en el rango de 7 GHz a 20 GHz, ambas antenas son directivas y poseen una ganancia de 25 dB, estos escenarios se pueden observar en la figura 2-2 en la cual se utiliza antenas log-periódicas y en la figura 3-2 se utiliza dos antenas tipo corneta.



Figura 2-2: Escenario con antenas log-periódicas

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

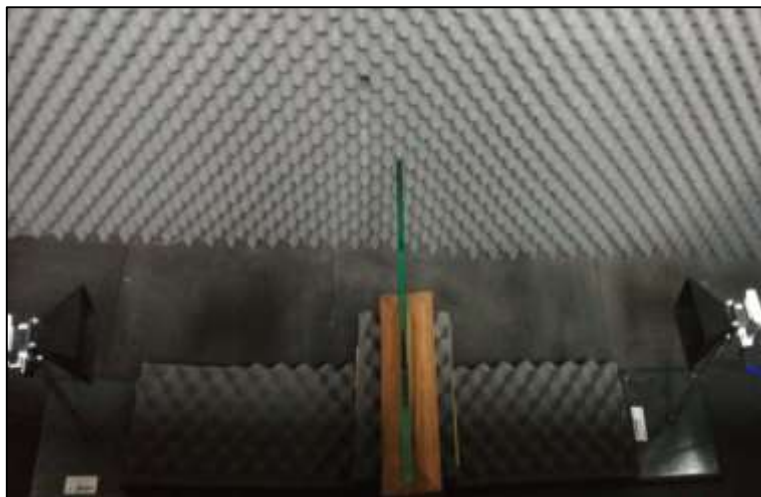


Figura 3-2: Escenario con antenas de apertura

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

Debido a la extensa banda de frecuencia que se trabaja, para la recolección de datos se realizara saltos de frecuencia de 100 MHz, por cada salto de frecuencia se tendrá el nivel de potencia con el que llega la señal al receptor, se procede a realizar las medidas sin obstáculos y posteriormente con los obstáculos a analizar, con la finalidad de evaluar las pérdidas referentes a los tipos de

material que se tiene en entornos indoor, los obstáculos se interpondrán directamente entre las dos antenas, lo que permitirá realizar la caracterización de las pérdidas de penetración de la señal.

Una vez implementado el escenario se procedió a realizar las medidas de potencia con cada uno de los materiales y la medida de potencia sin obstáculo a la cual se determinó como potencia de referencia, dichas mediciones fueron realizadas dos veces para cada uno de los materiales, por lo que se determinó el promedio de estos valores ya que a partir de estos datos se inició el análisis para la caracterización de las pérdidas de penetración. Para determinar las pérdidas para cada uno de los materiales se efectuó la resta entre la potencia de referencia con la potencia de cada obstáculo, en dichos resultados existieron valores negativos los mismos que se deben a causas mecánicas o técnicas producidas en el instante de la medición, para constatar que a determinadas frecuencias se obtuvo ganancia en vez de pérdidas, se realizaron dos veces más las mediciones en esas frecuencias donde se evidencio que efectivamente existen ganancias debido a las reflexiones que presentó la señal, estos valores obtenidos para cada frecuencia se encuentran en el Anexo A. Posteriormente se realizó la limpieza de datos la misma que consiste en la eliminación de valores negativos, ya que estos nuevos valores sirven de base para la elaboración de las gráficas Frecuencia Vs Perdidas de Inserción, además las tablas de valores se evidencian en la Anexo B.

Posteriormente se procederá a caracterizar la permitividad del material, para lo cual se utiliza la ecuación 1-2, la misma que nos muestra como la permitividad varia con respecto a cada salto de frecuencia, estas tablas de valores se pueden observar en el Anexo C, lo cual sirve de base para la elaboración de las gráficas Frecuencia Vs Permitividad Relativa, que se muestra a continuación con respecto a cada material.

2.3. Estudio de los Equipos y Elementos del Sistema

Para la caracterización de las pérdidas de penetración de la señal se emplean distintos equipos y materiales que son imprescindibles para el correcto funcionamiento del sistema, los cuales se detallará a continuación junto con las características y requerimientos de cada uno.

2.3.1. *Analizador de Espectros Anritsu MS2427C*

En la figura 4-2 se observa el dispositivo electrónico el cual permite la medición del espectro de frecuencias, en su pantalla se puede visualizar diversos rangos de frecuencias, en el cual el eje de las ordenadas especifica el parámetro de potencia a una escala de dBm, mientras que en el eje de las abscisas representa la frecuencia en función de la separación temporal de muestras obtenidas,

este dispositivo puede medir ondas de tipo eléctricas, acústicas y ópticas. El datasheet del equipo descrito se puede revisar en el anexo C.

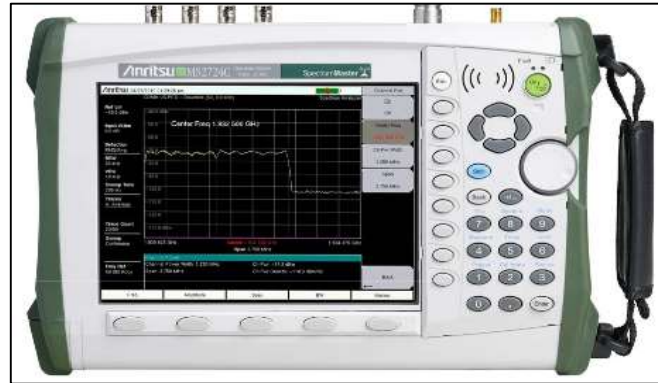


Figura 4-2: Analizador de espectros Anritsu MS2724C
Fuente: Anritsu, 2013

En este estudio se utilizara el analizador de espectros Anritsu MS2724C, el cual cumple con los parámetros requeridos para el desarrollo. En la tabla 2-2, se detallan las características de este equipo. (Anritsu, 2013)

Tabla 2-2: Características del Anritsu MS2724C

Características del Anritsu MS2724C	
Rango de Operación	9 KHz a 20 GHz
Modos de Barrido	Horizontal y Vertical
Resolución del Ancho de Banda	1 Hz a 10 MHz
Sensibilidad	20 dBm
Detección de Ráfagas	200 us
Analizadores de señales	3GPP

Fuente: Anritsu, 2013
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.3.2. *Generador de Señales Anritsu MG3690C*

Este equipo posee una banda ancha que opera en el rango de frecuencias de 0,1 KHz a 20 GHz, además, tiene una salida coaxial directa y puede llegar a 500 GHz con la utilización de multiplicadores externos, cuenta con una interfaz de usuario y mediante la conectividad Ethernet se puede realizar un control remoto, el mismo que se puede observar en la figura 5-2. Mientras que en la tabla 3-2, se detallan las características de este equipo. El datasheet del dispositivo se puede revisar en el anexo C. (Anritsu, 2013)

Tabla 3-2: Características del Anritsu MG3690C

Características del Anritsu MG3690C	
Rango de Operación	0,1 KHz a 20 GHz
Ruido de Fase	Alta
Modulación de Pulso	Alta
Velocidad de Conmutación	Alta
Configurabilidad	Alta
Potencia de Salida	Alta

Fuente: Anritsu, 2013

Realizado por: Genesis Aldas, 2019



Figura 5-2: Generador de señales Anritsu MG3690C

Fuente: Anritsu, 2013

2.3.3. Cámara Anecoica

Una cámara anecoica es un espacio cerrado cuya función es absorber la energía que incide en sus paredes, está constituida por una jaula de Faraday y un material absorbente de ondas electromagnéticas con un estructura piramidal, la misma que hace que la impedancia intrínseca varíe de manera gradual en función del recubrimiento y modifique la impedancia de campo a partir del valor del aire hasta el del material. Se denomina “anecoica” ya que la señal al llegar a las paredes se absorbe y no produce ecos, este efecto es esenciales para la obtención del diagrama de radiación de determinadas antenas. (Arzola, y otros, 2017 pág. 12)

Dichas cámaras pueden tener diversos tamaños y múltiples materiales de recubrimiento, en función a los requerimientos para cada tipo de radiación, en la figura 6-2 se puede observar la cámara anecoica. (Arzola, y otros, 2017 pág. 22)



Figura 6-2: Cámara Anecoica.

Fuente: Suarez y Samiento, 2018.

2.3.4. Antenas Tipo Corneta

Se denominan también antenas Horn o de apertura, poseen una superficie la cual permite concentrar la emisión y recepción, ya que está formada por guías de ondas donde el área de una determinada sección se incrementa continuamente y así obtener su apertura, poseen un patrón de radiación directivo con 25 dBm de potencia, tienen un valor de pérdida muy bajo a pesar de operar a altas frecuencias.

Estas antenas son alimentadas por medio de una guía de onda, donde las antenas de tipo circular operan en el modo fundamental TE₁₁, mientras que las antenas de tipo rectangular y piramidal operan en el modo fundamental TE₁₀. En la figura 7-2 se observa la antena de tipo corneta. (Suarez, 2018)



Figura 7-2: Antena patrón.

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En la figura 8-2 se observa el ancho de banda de las antenas de apertura que es de 7 a 20 GHz, la antena tiene un correcto funcionamiento debajo de los 10 dBm, en los mismos que se pudo observar que en las frecuencias de 11.5 GHz y 14.3 GHz no poseen un funcionamiento óptimo.

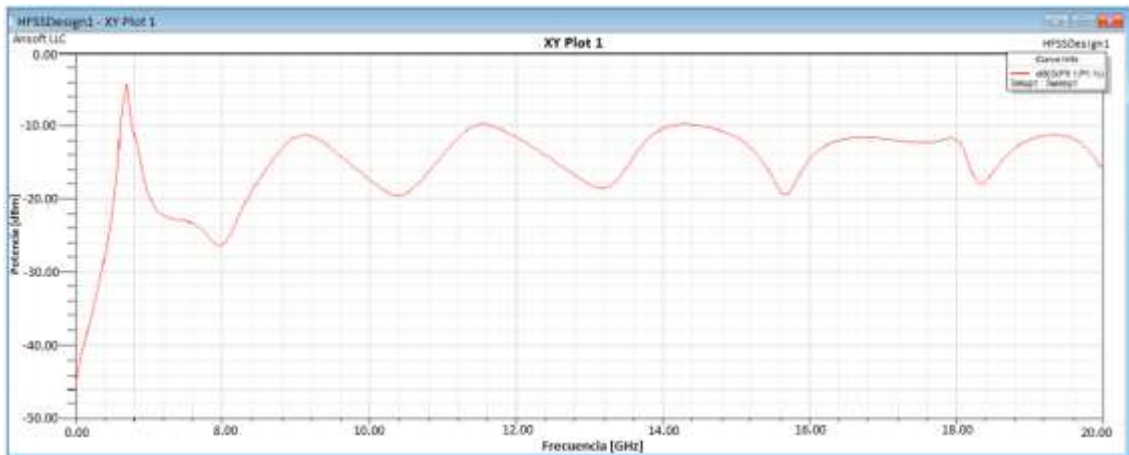


Figura 8-2: Funcionamiento Antena de Apertura
Fuente: Suarez y Sarmiento, 2018

2.3.5. Antenas Log-periódica HyperLOG® 40 X

Son antenas radiogoniométricas de banda extremadamente ancha, la misma que establece estándares de ganancia, sensibilidad y funcionalidad, esto permite la detección de cualquier tipo de señal aunque esta sea demasiado débil, los datos para su calibración pueden leerse por medio de la interfaz USB, se caracterizan por tener una atenuación mínima., ya que está diseñada con una mejor protección contra pérdidas mecánicas y medioambientales sin influir en su alta potencia. En la figura 9-2, se observa la antena log-periódica, mientras que en la figura 10-2, se observa el patrón de radiación vertical y horizontal que posee la antena, la misma que nos permite ver la dirección de radiación.



Figura 9-2: Antena Log-periódica HyperLOG® 40 X
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

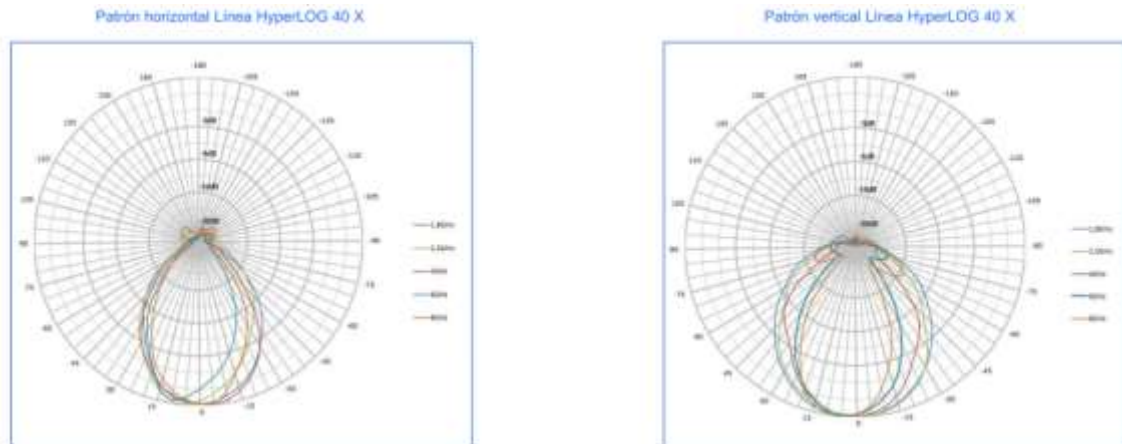


Figura 10-2: Patrones de radiación de la antena log-periódica.

Fuente: Aaronia, 2013.

En la tabla 4-2 se detallan las características de este equipo. El datasheet del dispositivo se puede revisar en el anexo C.

Tabla 4-2: Características de la Antena Log-periódica

Características Log-periódica HyperLOG® 40 X	
Rango de Frecuencia	400 MHz – 6GHz
Impedancia Nominal	50 ohm
Relación de ondas estacionarias	<1:2
Ganancia	45 dBi
Puntos de Calibración	561
Dimensión	(640 x 360x 30) mm
Conexión de trípode	1 / 4“
Interfaz	USB
Ruido del Preamplificador	3,5 dB – 4,5 dB
Preamplificador	35 dB – 40 dB

Fuente: Aarona, 2013.

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.3.6. Cable coaxial de 50 ohm

Este cable está formado por tres partes, la primera es el centro conocido como *conductor* fabricado como alambre trenzado, comúnmente es la combinación de cobre y aluminio. La segunda parte es conocida como dieléctrico, el mismo que aísla el centro conductor que puede ser de plástico y espuma.

El blindaje es la parte externa, el mismo que es la combinación de malla trenzada y aluminio, el mismo que está cubierto por PVC y protege de agresiones externas, en la figura 11-2 se observa el cable coaxial de altas frecuencias. (Gipuzkoa, 2016)



Figura 11-2: Cable coaxial de 50 ohm.
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En la tabla 5-2 se detallan las componentes estructurales del cable coaxial de 50 ohm.

Tabla 5-2: Características del cable coaxial de 50 ohm

Características del Cable Coaxial 50 ohm	
Impedancia	50 ohm
Capacidad	101 pF/m
Velocidad nominal	66%
Tensión máxima	1,9 Kv
Conductor Central	0,91 mm
Dieléctrico	3 mm
Blindaje	0,15 mm
Cubierta Exterior	5,1 mm
Maracación Indentificadora	20 cm

Fuente: Gipuskoa, 2016
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.4. Características de Materiales

Los escenarios estarán representados por diferentes tipos de obstáculos, los cuales son comunes en el ámbito cotidiano como vidrio, concreto, madera seca y húmeda, con espesores entre 1 y 20 cm dependiendo del material, en la tabla 6-2 se observa las características de cada uno de los materiales analizados.

Los tipos de maderas escogidos para el análisis se basaron en estudios realizados en el Ecuador, considerando el 29.6% madera de Pino y 27.2% madera de Eucalipto, siendo estos los más utilizados debido a su precio, dureza y calidad, los mismos que cumplen con los requerimientos técnicos necesarios para considerarlos elementos estructurales. (Espinoza, 2014)

Tabla 6-2: Características de materiales utilizados

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES			
MATERIAL	PERMITIVIDAD	DIMENSIÓN	ESPESOR
Vidrio Crudo	4 a 6	20 x 20 cm	5 mm
			10 mm
Vidrio Templado	5 a 7	20 x 20 cm	5 mm
			10 mm
Madera Pino seca	2 a 4	20 x 20 cm	1,5 cm
			2,5 cm
Madera Pino húmeda	2 a 8	20 x 20 cm	1,5 cm
			2,5 cm
Madera Eucalipto seca	2 a 6	20 x 20 cm	1,5 cm
			2,5 cm
Madera Eucalipto húmeda	2 a 8	20 x 20 cm	1,5 cm
			2,5 cm
Concreto	9 a 15	20 x 20 cm	10 cm
			20 cm

Fuente: Vivero Ramos, 2013

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.4.1. Madera Pino

Tabla 7-2: Descripción Anatómica del Pino

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA	
Nombre Científico	Pinus Radiata D.Don
Nombres Comunes	Pino Insigne y Pino Monterrey
Poros	Ausentes
Parénquima	No es visible ni con lupa de 10x
Radios	Finos y presencia de conductos resiníferos
Usos	Fabricación de muebles, envases, tableros, instrumentos musicales
Distribución Geográfica	Introducido y cultivado en Galápagos, distribuido en Cañar, Cotopaxi y Loja.

Fuente: Propiedades Anatómicas, Físicas y Mecánicas de Especies Forestales, 2014

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

Tabla 8-2: Propiedades Físicas y Mecánicas del Pino

PROPIEDADES FÍSICAS			
Densidad (g/cm^2)	En verde	Básica	Seca al aire
		1.04	0.39
Contracción Normal %	Radial	Tangencial	Volumétrica
	3.0	5.2	1.73
PROPIEDADES MECÁNICAS			
	MOE $\times 10^3$	MOR	ELP
Flexión Estática (kg/cm^2)	110.2	793	555
Comprensión Paralela (kg/cm^2)	107.8	434	299
Comprensión Perpendicular (kg/cm^2)		136	74

Fuente: Propiedades Anatómicas, Físicas y Mecánicas de Especies Forestales, 2014

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.4.2. Madera Eucalipto

Tabla 9-2: Descripción Anatómica del Eucalipto

DESCRIPCIÓN ANATÓMICA	
Nombre Científico	Eucalyptus globulus Labill
Nombres Comunes	Eucalipto, eucalipto plomo, eucalipto aromático y eucalipto tierno.
Visibilidad de Poros	Visibles a simple vista
Tipos de Poros	Abundantes, agrupados en hileras oblicuas y radiales escasas
Visibilidad de Parénquima	Visible a simple vista rodeando a los poros en forma de corona, confluyente.
Visibilidad de Radios	Visible con lupa de 10x, finos y abundantes
Usos	Postes, soporte de entablados, techos y puntales en la construcción
Distribución Geográfica	Introducido y cultivado en la Costa y Andes, distribuido en Chimborazo, Cotopaxi, Guayas, Pichincha e Imbabura.

Fuente: Propiedades Anatómicas, Físicas y Mecánicas de Especies Forestales, 2014

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

Tabla 10-2: Propiedades Físicas y Mecánicas del Eucalipto

PROPIEDADES FÍSICAS			
Densidad (g/cm^2)	En verde	Básica	Seca al aire
		1.16	0.55
PROPIEDADES MECÁNICAS			
Flexión Estática (kg/cm^2)		En verde	Seca al aire
	MOE $\times 10^3$	104	138
	MOR	702	1068
Compresión Paralela (kg/cm^2)	ELP	383	509
	MOR	288	470
	ELP	232	337
Compresión Perpendicular (kg/cm^2)	MOR	288	470
	ELP	58	80

Fuente: Propiedades Anatómicas, Físicas y Mecánicas de Especies Forestales, 2014

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.4.3. Vidrio Templado

Tabla 11-2: Propiedades Físicas y Mecánicas del Vidrio Templado

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad Relativa	2.60
Índice de Refracción	1.52
Masa (kg)	0,56
Punto de ablandamiento	730 °C
Constante Dieléctrica	5mm a 19°C - 10mm a 30°C
Resistencia de compresión	248 MPa (248 x 106 Pa)
Resistencia de tracción	19.3 – 28.4 MPa

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Densidad	2.5 (g/cm ³)
Dureza	4.5 – 6.0 MOHS
Módulo de elasticidad	71.7 GPa
Coefficiente de Poisson	0.22

Fuente: EUROGLAS pp. 1-3, 2016
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.4.4. Vidrio Crudo

Tabla 12-2: Propiedades Físicas y Mecánicas del Vidrio Crudo

PROPIEDADES FÍSICAS	
Densidad Relativa	2500 kg/m ³
Índice de Refracción	400 daN/cm ²
Conductividad Térmica	1.05 W/mk
Punto de ablandamiento	730 °C
Constante Dieléctrica	5mm a 16°C - 10mm a 28°C
Resistencia de compresión	10.000 kg/cm ²
Resistencia de tracción	400 kg/cm ²
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Densidad	2.5 (g/cm ³)
Dureza	2.5 MOHS
Coefficiente de Poisson	0.2
Módulo de Young	2500 daN/cm ²

Fuente: CAVIPLAN pp. 10-12, 2017
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.4.5. Concreto

Tabla 13-2: Características del Concreto

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO	
Dimensiones	Largo: 20 cm
	Ancho: 20 cm
	Alto: 20 cm
Resistencia	40 kg/cm ²
Absorción de agua	11%
Cemento Gris	Finura Blaine: 280 m ² /kg
	Tiempo fraguado inicial: 45min
	Tiempo fraguado final: 8 horas
	Expansión autoclave: 0.8%
	Cantidad de MgO: 7%
	Cantidad de SO ₃ : 3.5%

Fuente: Especificaciones Técnicas para la Construcción, 2016
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

2.5. Caracterización de las pérdidas de penetración basados en la parte real de la permitividad

Una vez realizadas las medidas se procede a calcular la permitividad de cada material en función de la frecuencia, en la figura 12-2 se puede observar como la señal atraviesa el material y para el cálculo de la permitividad se utiliza la ecuación 2-1, la misma que analiza el coeficiente de transmisión (T_{12}) antes y después de atravesar el material.

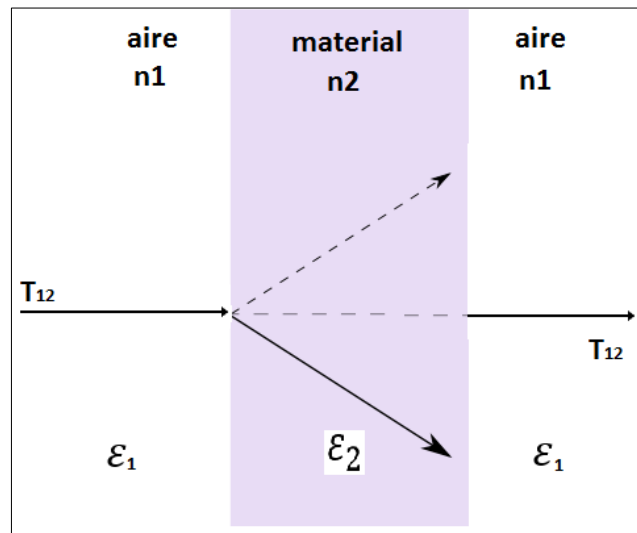


Figura 12-2: Cambio de Medios

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

$$T_{12} = P_{\sin mat} - P_{\cos mat} = \frac{4 * \sqrt{\epsilon_{r2}}}{(\sqrt{\epsilon_{r2}} + 1)^2}$$

$$\epsilon_{r2} = \frac{-(2 T_{12} - 4) + \sqrt{(2 T_{12} - 4)^2 - 4 T_{12}^2}}{2 * T_{12}}$$

Ecuación 1-2: Permitividad Relativa del Material

En donde:

ϵ_{r2}	Permitividad Relativa del material
T_{12}	Coefficiente de Transmisión
$P_{\sin mat}$	Potencia de transmisión sin material
$P_{\cos mat}$	Potencia de transmisión con material

En la madera se debe considerar que, la permitividad dieléctrica de la madera que es secada en horno tiene una variación de entre 2 a 5 debido a la temperatura ambiente, la misma que es inversamente proporcional a la frecuencia que se aplicada. Mientras que en maderas húmedas la cantidad de agua aumenta en la matriz de la madera, debido a que la permitividad del agua es mayor a la de la madera, se tiene un incremento de la misma. (Galve C.)

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para determinar las pérdidas de inserción se realizó múltiples pruebas con la finalidad de obtener el valor de potencia en que disminuye la señal en cada uno de los materiales, en el Anexo A se puede observar la relación pérdidas de inserción y frecuencia de cada uno de los materiales utilizados, los mismos que están detallados en una tabla de valores con un rango de operación de 1 a 20 GHz con saltos de 100 MHz.

3.1. Madera Pino Seca 1,5 cm

En el gráfico 1-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 12.3 dB y en el rango de frecuencia de 15,3 a 16,2 GHz se tiene un incremento de 28 dB, lo cual se considera que a este rango de frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.01 y una desviación estándar de $\sigma = 26.60$, con un grado de variabilidad $C_v = 1.03$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

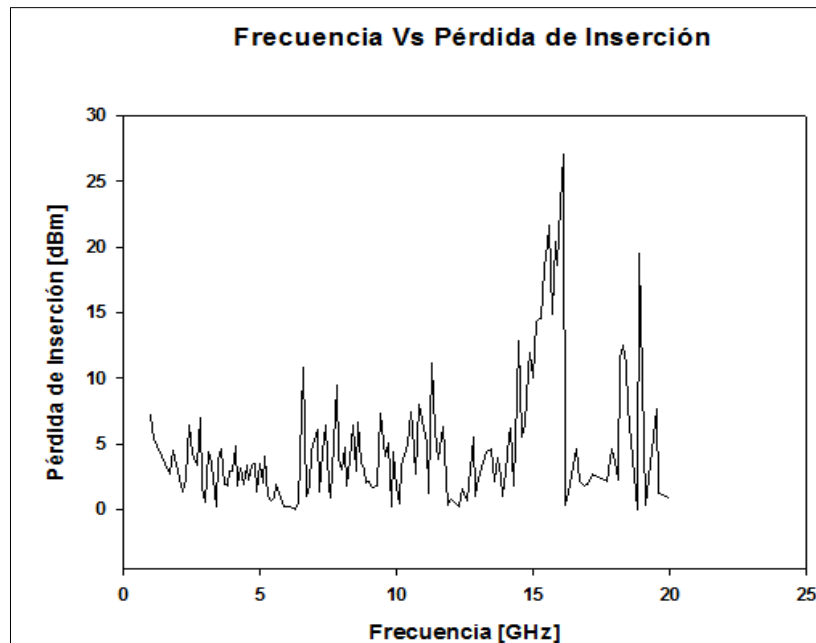


Gráfico 1-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Seco 1,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 2-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 1.7 a 4.5 esta variación se tiene debido al espesor y a las múltiples técnicas de secado que pasa la madera donde su permitividad varia de 2 a 5, donde la permitividad medida está dentro la permitividad teórica que es 2 a 4 .Además, se tiene una media de 3.21 y una desviación estándar de $\sigma = 0.75$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.27$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

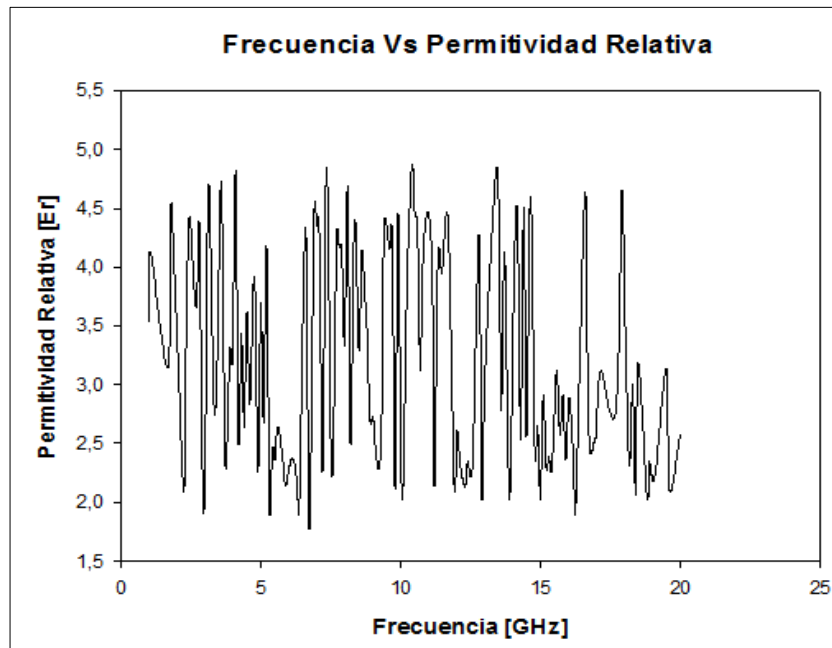


Gráfico 2-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Pino Seco 1,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.2. Madera Pino Seca 2,5 cm

En el gráfico 3-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 13.4 dB y en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 29,5 dB, lo cual se considera que a esta frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.08 y una desviación estándar de $\sigma = 29.59$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.07$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

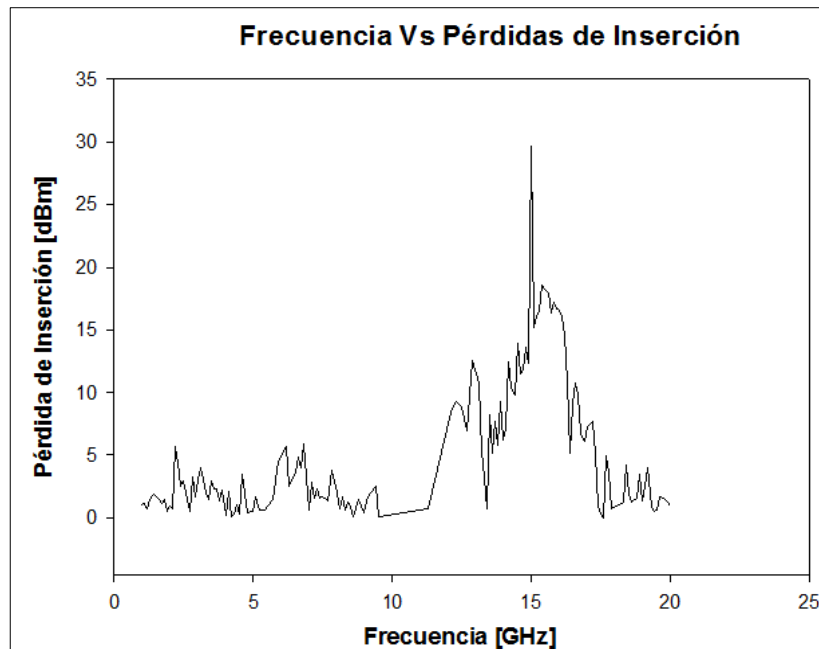


Gráfico 3-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Seco 2,5cm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 4-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 2 a 5 esta variación se tiene debido al espesor y a las múltiples técnicas de secado que pasa la madera donde su permitividad varia de 2 a 5, donde la permitividad medida está dentro la permitividad teórica que es 2 a 4 .Además, se tiene una media de 3.04 y una desviación estándar de $\sigma = 0.57$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.25$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

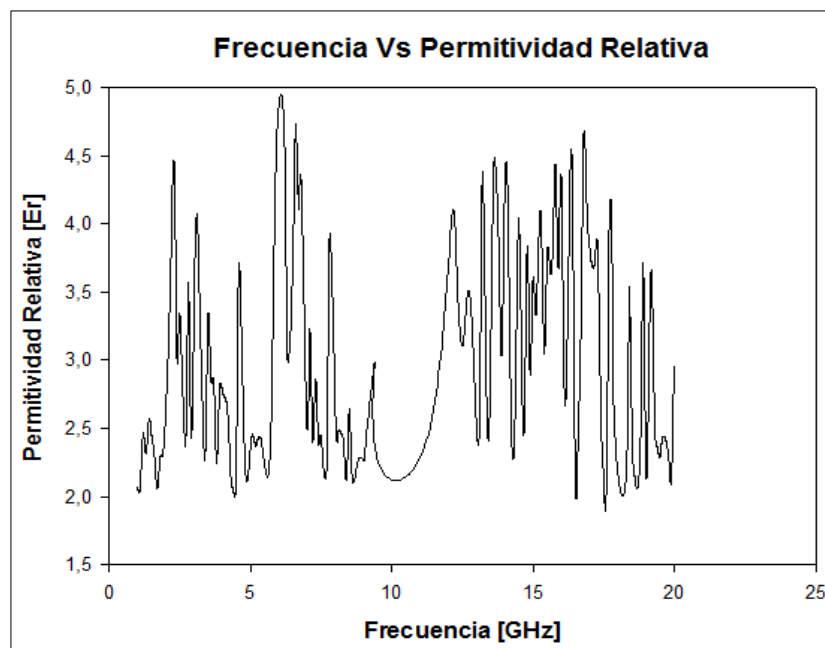


Gráfico 4-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Pino Seco 2,5cm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.3. Madera Pino Húmeda 1,5 cm

En el gráfico 5-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 18.4 dB y en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 33.2 dB, lo cual se considera que a esta frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 8.20 y una desviación estándar de $\sigma = 29.33$ con un grado de variabilidad $C_v = 0.66$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

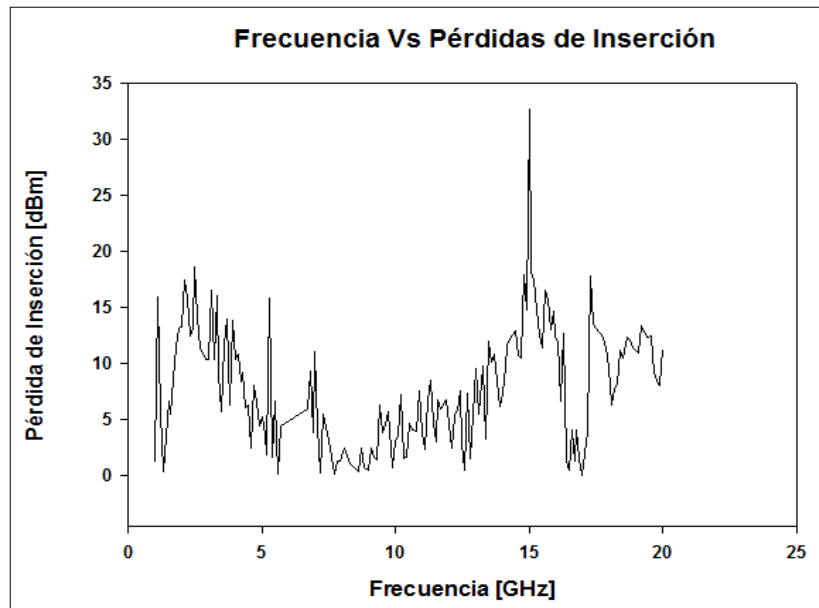


Gráfico 5-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Húmedo 1,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 6-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 3.5 a 6.3 esta variación se tiene debido al espesor de la muestra, cabe recalcar que la permitividad se ha incrementado ya que la madera al estar húmeda en su interior se encuentra una determinada cantidad de agua, para lo cual se debe considerar que la permitividad del agua es mayor a la madera, determinando así que la permitividad calculada está dentro de la permitividad teórica que es 2 a 8. Además, se tiene una media de 4.79 y una desviación estándar de $\sigma = 0.35$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.12$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

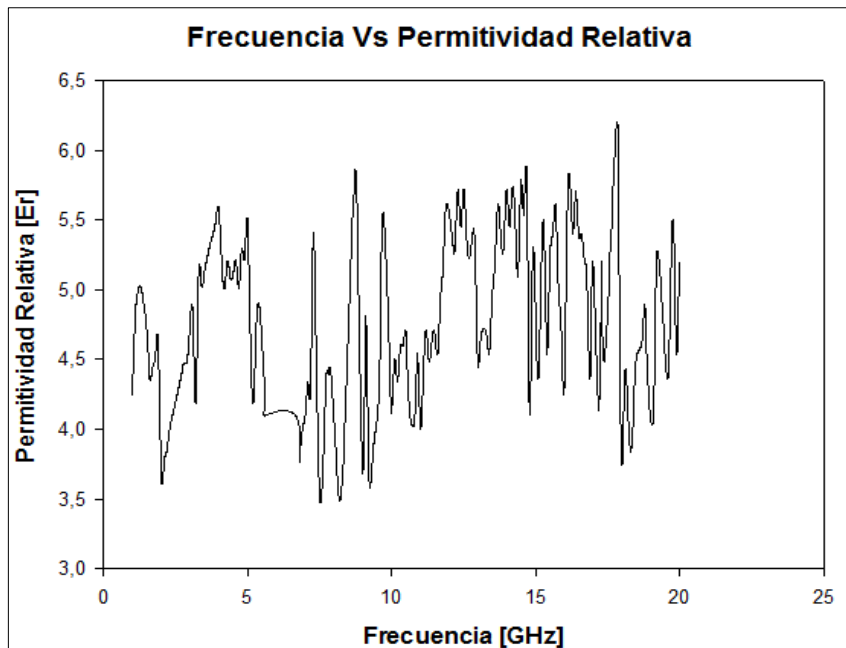


Gráfico 6-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Pino Húmedo 1,5cm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.4. Madera Pino Húmeda 2,5 cm

En el gráfico 7-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 13.2 dB y en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 30.02 dB, lo cual se considera que a esta frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.25 y una desviación estándar de $\sigma = 29.60$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.04$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

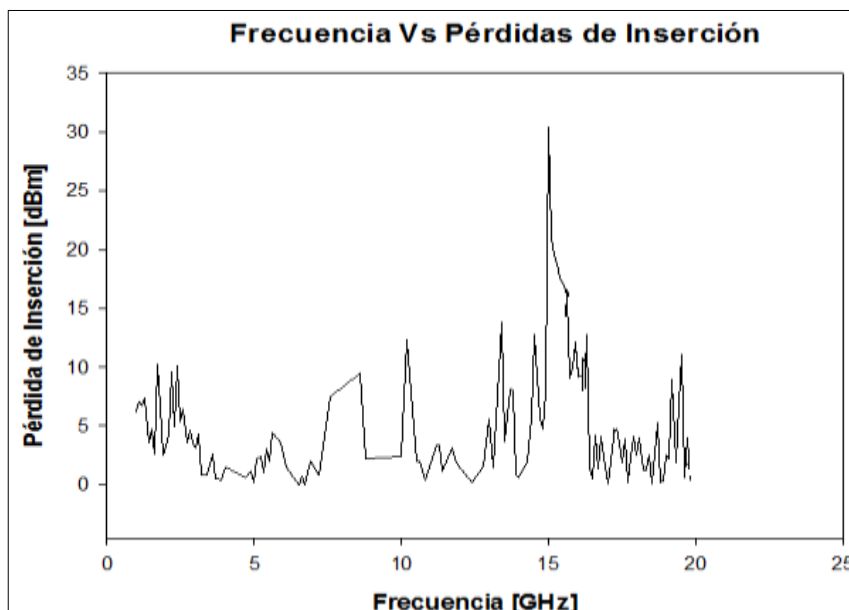


Gráfico 7-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Pino Húmedo 2,5cm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 8-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 2 a 6.8 esta variación se tiene debido al espesor de la muestra, cabe recalcar que la permitividad se ha incrementado ya que la madera al estar húmeda en su interior se encuentra una determinada cantidad de agua, para lo cual se debe considerar que la permitividad del agua es mayor a la madera, determinando así que la permitividad calculada está dentro de la permitividad teórica que es 2 a 8. Además, se tiene una media de 4.00 y una desviación estándar de $\sigma = 2.64$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.41$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

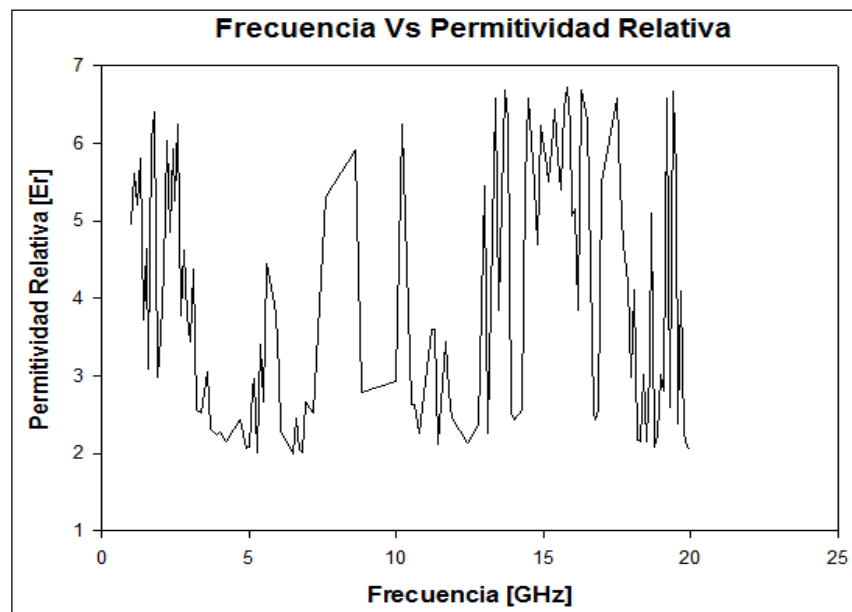


Gráfico 8-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Pino Húmedo 2,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.5. Madera Eucalipto Seca 1,5 cm

En el gráfico 9-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 15.65 dB y en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 42,12 dB, mientras que a 16,2 GHz se tiene un pico de frecuencia de 31,87 dB, los cuales se consideran que a estas frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 7.41 y una desviación estándar de $\sigma = 40.05$ con un grado de variabilidad $C_v = 0.85$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

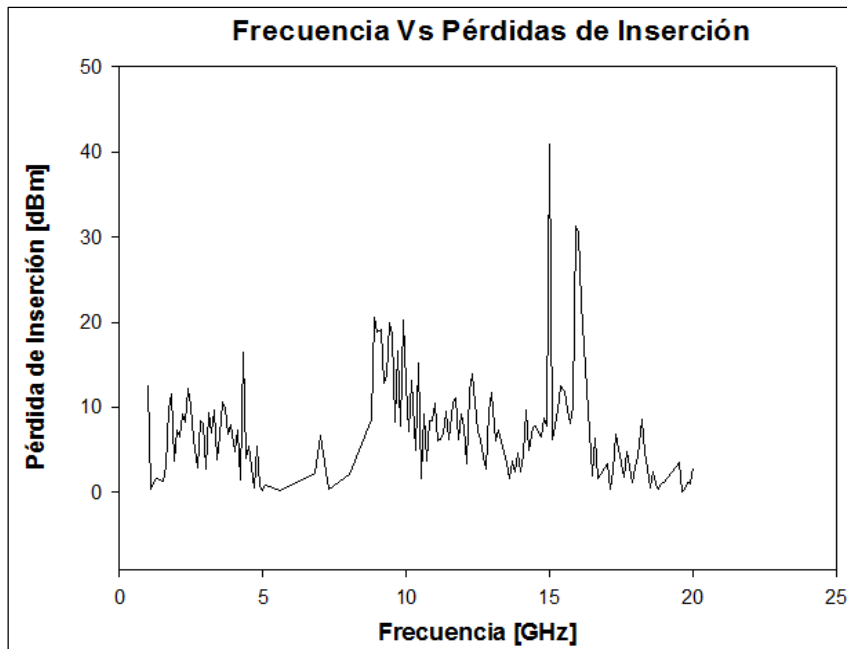


Gráfico 9-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Seco 1,5cm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 10-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 3 a 5.5 esta variación se tiene debido al espesor y a las múltiples técnicas de secado que pasa la madera donde su permitividad varia de 2 a 5, donde la permitividad medida está dentro la permitividad teórica que es 4 a 6 .Además, se tiene una media de 4.06 y una desviación estándar de $\sigma = 0.44$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.16$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

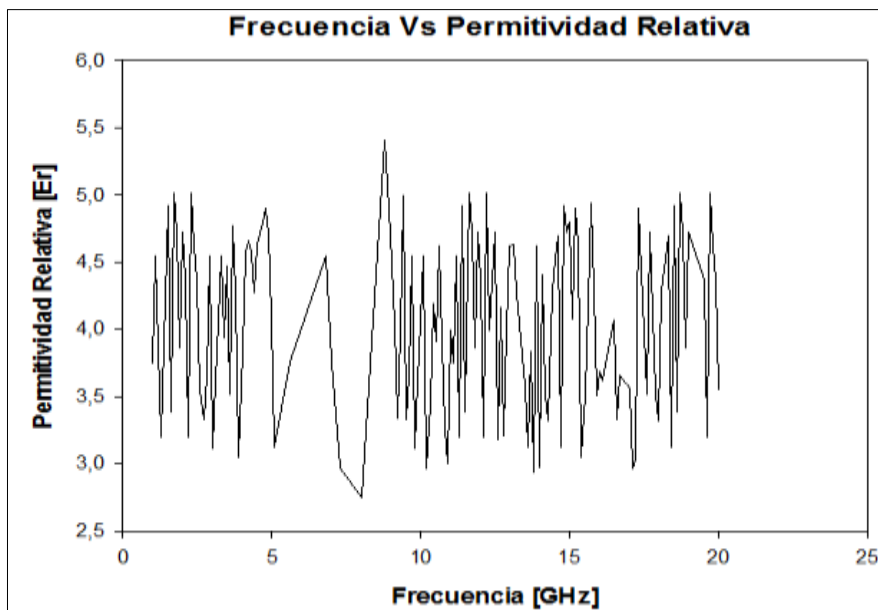


Gráfico 10-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Eucalipto Seco 1,5cm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.6. Madera Eucalipto Seca 2,5 cm

En el gráfico 11-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 11.04 dB, en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 27.76 dB y en el rango de frecuencias de 12.6 a 16.4 GHz se tiene un pico elevado de potencia de 20 dB, lo cual se considera que a estas frecuencias las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 7.31 y una desviación estándar de $\sigma = 32.26$ con un grado de variabilidad $C_v = 0.77$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

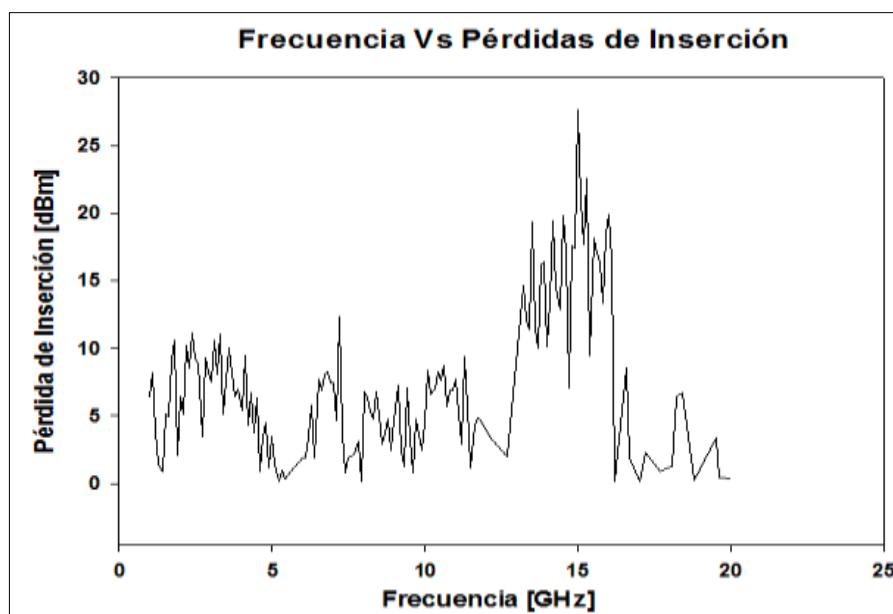


Gráfico 11-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Seco 2,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 12-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 3 a 6.5 esta variación se tiene debido al espesor y a las múltiples técnicas de secado que pasa la madera donde su permitividad varía de 2 a 5, donde la permitividad medida está dentro la permitividad teórica que es 4 a 6. Además, se tiene una media de 4.58 y una desviación estándar de $\sigma = 1.13$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.23$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

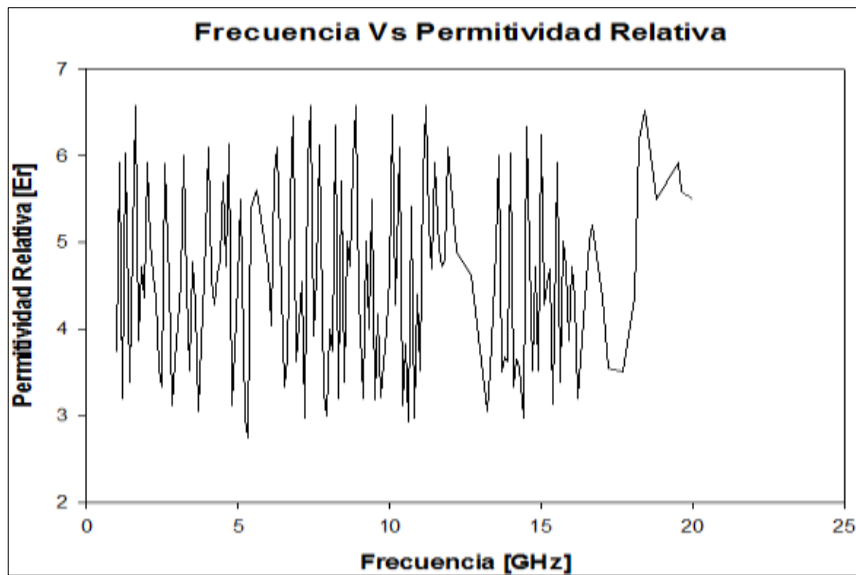


Gráfico 12-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Eucalipto Seco 2,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.7. Madera Eucalipto Húmeda 1,5 cm

En el gráfico 13-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 10.3 dB y en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 28.04 dB, lo cual se considera que a esta frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 6.13 y una desviación estándar de $\sigma = 26.17$ con un grado de variabilidad $C_v = 0.83$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

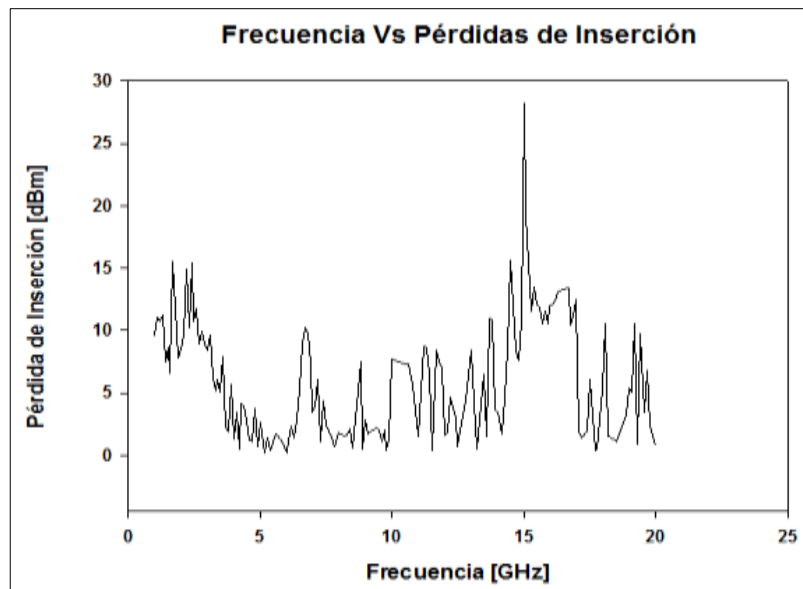


Gráfico 13-3: Frecuencia Vs Pérdida de Inserción en Eucalipto Húmedo 1,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 14-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 2 a 7 esta variación se tiene debido al espesor de la muestra y al tipo de madera, cabe recalcar que la permitividad se ha incrementado ya que la madera al estar húmeda en su interior se encuentra una determinada cantidad de agua, para lo cual se debe considerar que la permitividad del agua es mayor a la madera, determinando así que la permitividad calculada está dentro de la permitividad teórica que es 2 a 8. Además, se tiene una media de 4.85 y una desviación estándar de $\sigma = 1.33$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.24$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

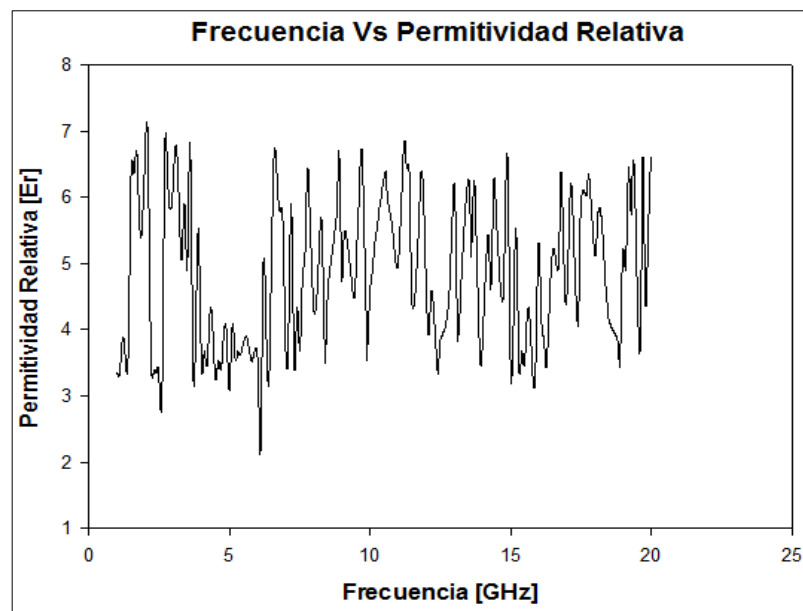


Gráfico 14-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Eucalipto Húmedo 1,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.8. Madera Eucalipto Húmeda 2,5 cm

En el gráfico 15-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 12.31 dB y en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 36.28 dB, lo cual se considera que a esta frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.89 y una desviación estándar de $\sigma = 34.66$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.00$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

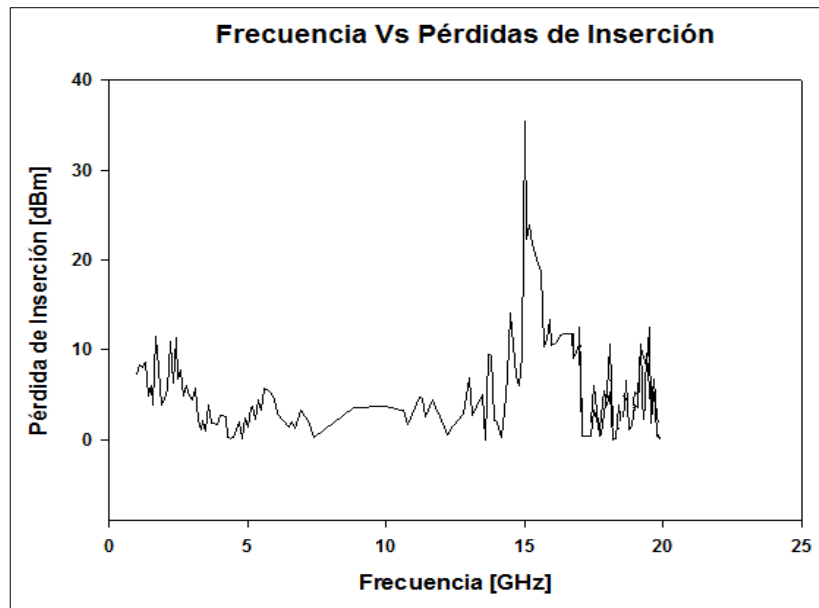


Gráfico 15-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Eucalipto Húmedo 2,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 16-3, se observa la permitividad relativa de la madera de pino, la cual se encuentra alrededor de 3 a 8 esta variación se tiene debido al espesor de la muestra y al tipo de madera, cabe recalcar que la permitividad se ha incrementado ya que la madera al estar húmeda en su interior se encuentra una determinada concentración de agua, para lo cual se debe considerar que la permitividad del agua es mayor a la madera, determinando así que la permitividad calculada está dentro de la permitividad teórica que es 2 a 8. Además, se tiene una media de 5.48 y una desviación estándar de $\sigma = 1.69$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.24$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

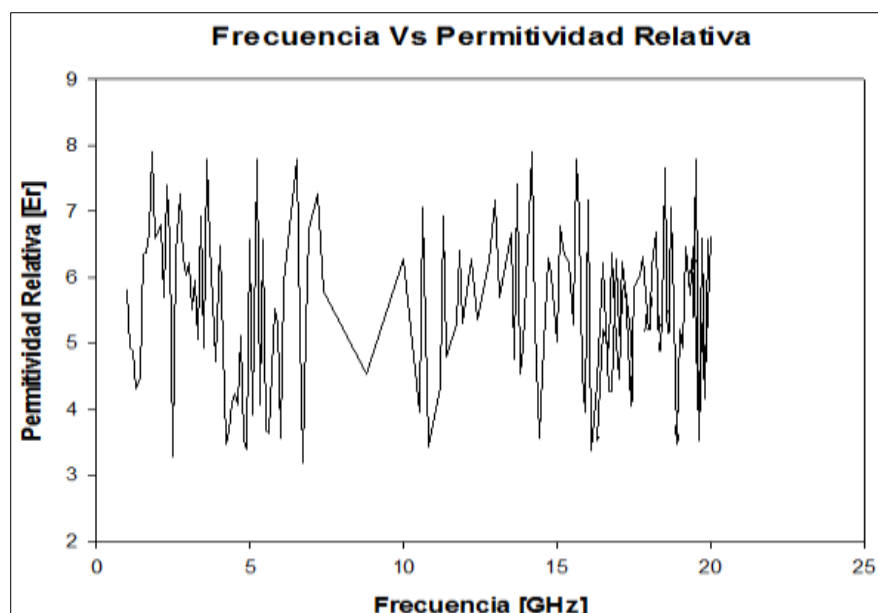


Gráfico 16-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Eucalipto Húmedo 2,5cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.9. Vidrio Crudo 5 líneas

En el gráfico 17-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 8.56 dB, en el rango de frecuencias de 15.2 a 16.3 GHz se tiene un incremento de 34.12 dB, lo cual se considera que a estas frecuencias las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.89 y una desviación estándar de $\sigma = 45.56$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.15$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

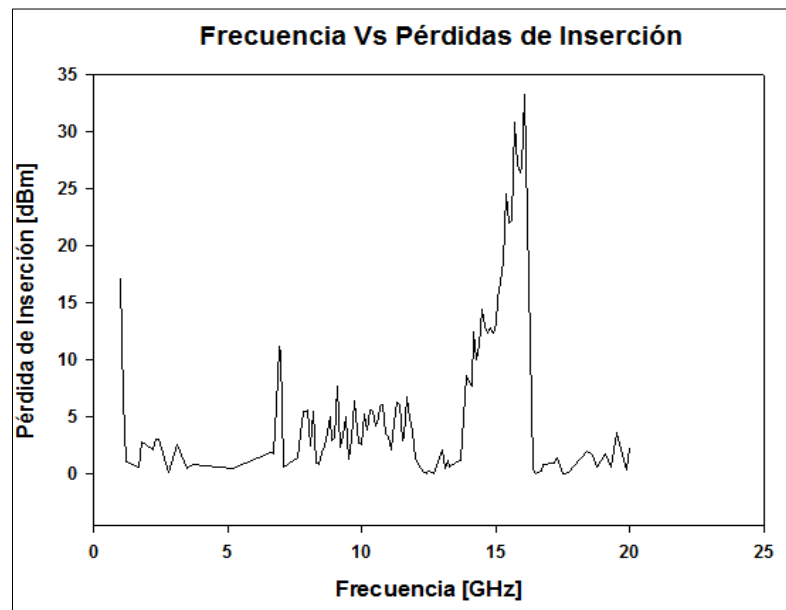


Gráfico 17-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Crudo 5 líneas

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 18-3, se observa la permitividad relativa del vidrio de 5mm se encuentra alrededor de 4.1 a 5.7 esta variación se tiene debido al espesor que posee la muestra, como se puede observar permitividad calculada está dentro la permitividad teórica que es 4 a 6 .Además, se tiene una media de 4.80 y una desviación estándar de $\sigma = 0.19$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.09$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

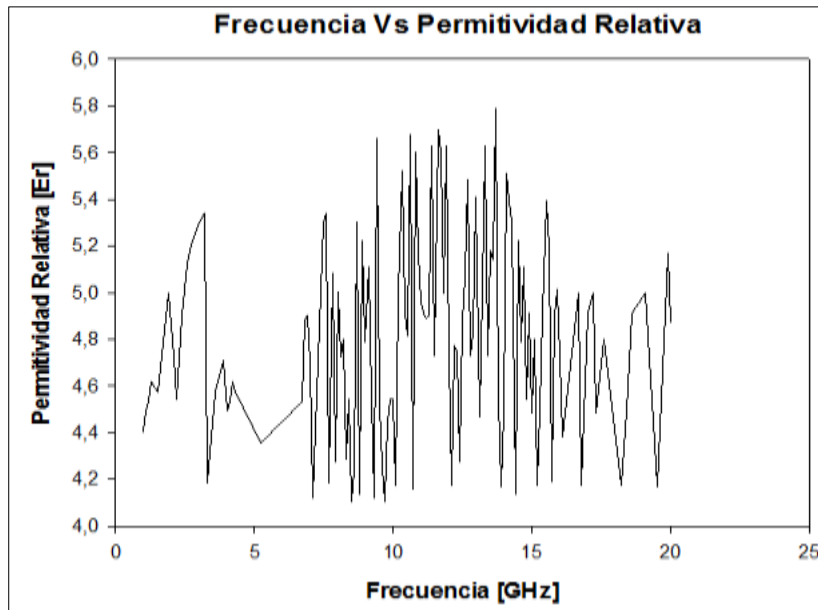


Gráfico 18-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Crudo 5 mm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.10. Vidrio Crudo 10 líneas

En el gráfico 19-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 10.45 dB, en el rango de frecuencias de 14.9 a 16.2 GHz se tiene un incremento de 33.76 dB, lo cual se considera que a estas frecuencias las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.73 y una desviación estándar de $\sigma = 41.46$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.36$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

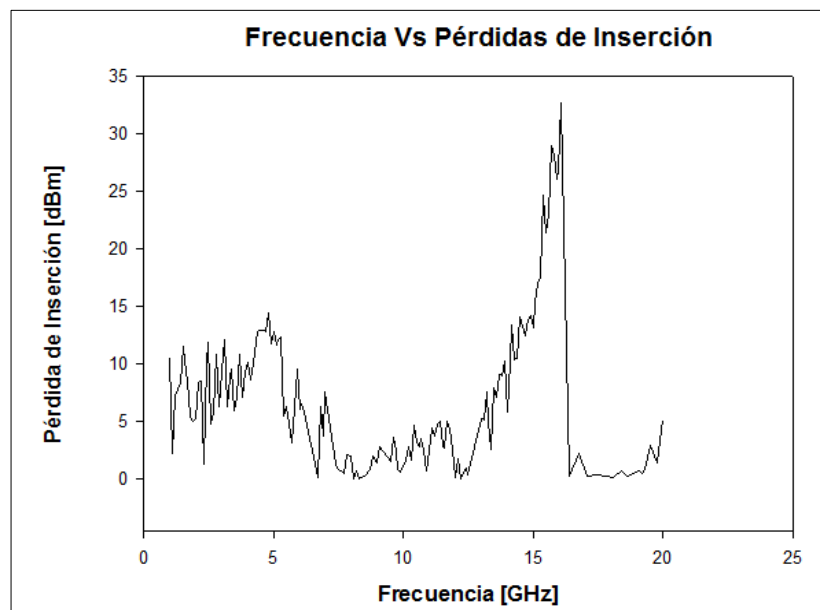


Gráfico 19-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Crudo 10 mm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 20-3, se observa la permitividad relativa del vidrio de 10 mm se encuentra alrededor de 4 a 6.3 esta variación se tiene debido al espesor que posee la muestra, como se puede observar permitividad calculada está dentro la permitividad teórica que es 4 a 6 .Además, se tiene una media de 5.10 y una desviación estándar de $\sigma = 0.50$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.13$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

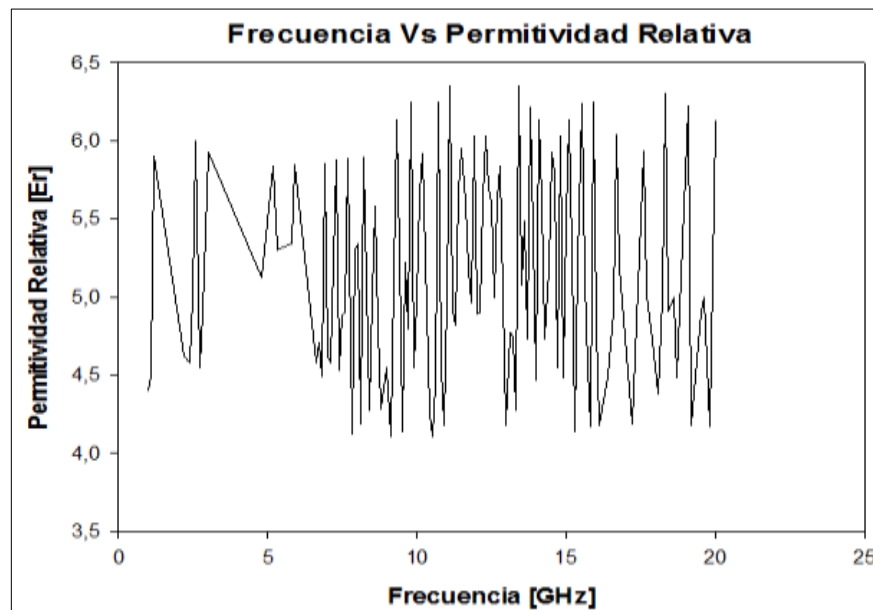


Gráfico 20-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Crudo 10 mm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.11. Vidrio Templado 5 líneas

En el gráfico 21-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 9.04 dB, en el rango de frecuencias de 14.9 a 17.4 GHz se tiene un pico de potencia de 35 dB, lo cual se considera que a estas frecuencias las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.83 y una desviación estándar de $\sigma = 40.87$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.23$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

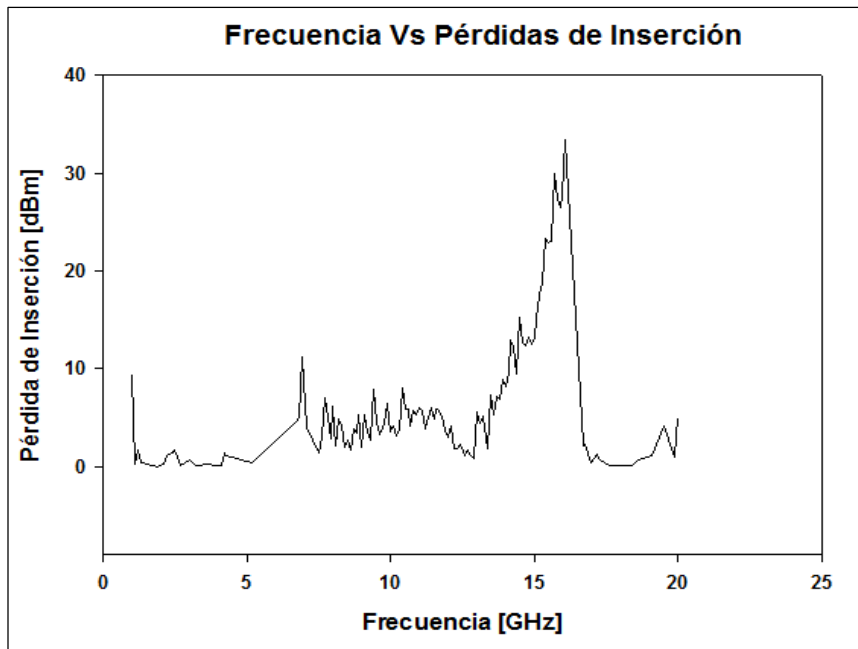


Gráfico 21-3: Frecuencia Vs Pérdida de Inserción en Vidrio Templado 5 mm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 22-3, se observa la permitividad relativa del vidrio templado se encuentra alrededor de 5 a 6.7 esta variación se tiene debido al espesor que posee la muestra, como se puede observar permitividad calculada está dentro la permitividad teórica que es 5 a 7 .Además, se tiene una media de 5.44 y una desviación estándar de $\sigma = 0.31$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.10$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

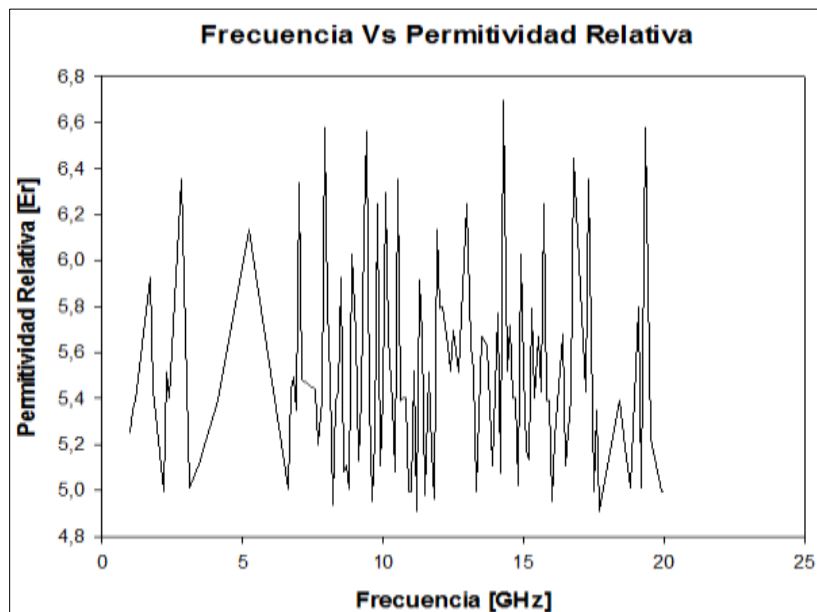


Gráfico 22-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Templado 5 mm
 Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.12. Vidrio Templado 10 líneas

En el gráfico 23-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 11.04 dB, en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 8.76 dB y en el rango de frecuencias de 15 a 16.3 GHz se tiene un pico elevado de potencia de 47.3 dB, lo cual se considera que a estas frecuencias las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 7.20 y una desviación estándar de $\sigma = 42.43$ con un grado de variabilidad $C_v = 0.90$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

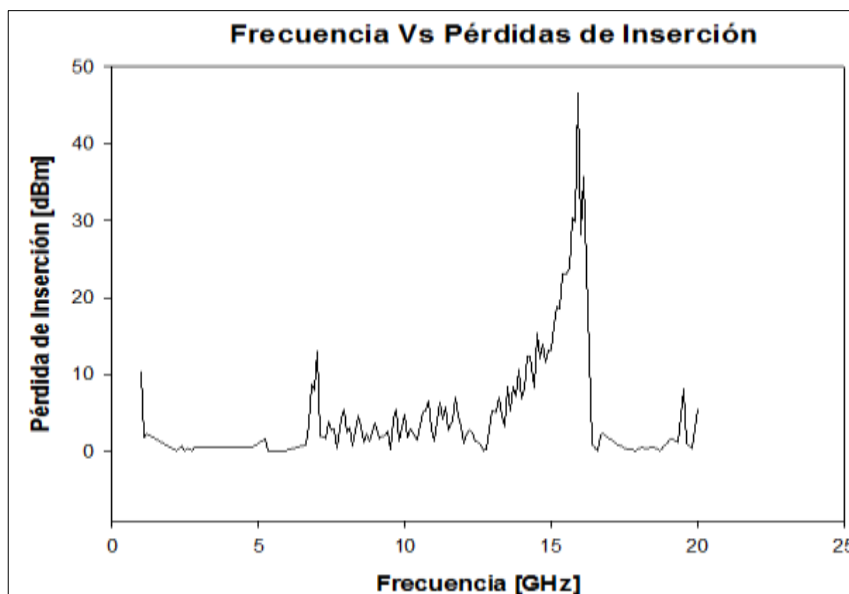


Gráfico 23-3: Frecuencia Vs Perdida de Inserción en Vidrio Templado 10 mm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 24-3, se observa la permitividad relativa del vidrio templado de 10mm se encuentra alrededor de 5.5 a 6.8 esta variación se tiene debido al espesor que posee la muestra, como se puede observar permitividad calculada está dentro la permitividad teórica que es 5 a 7 .Además, se tiene una media de 6.12 y una desviación estándar de $\sigma = 0.33$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.094$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

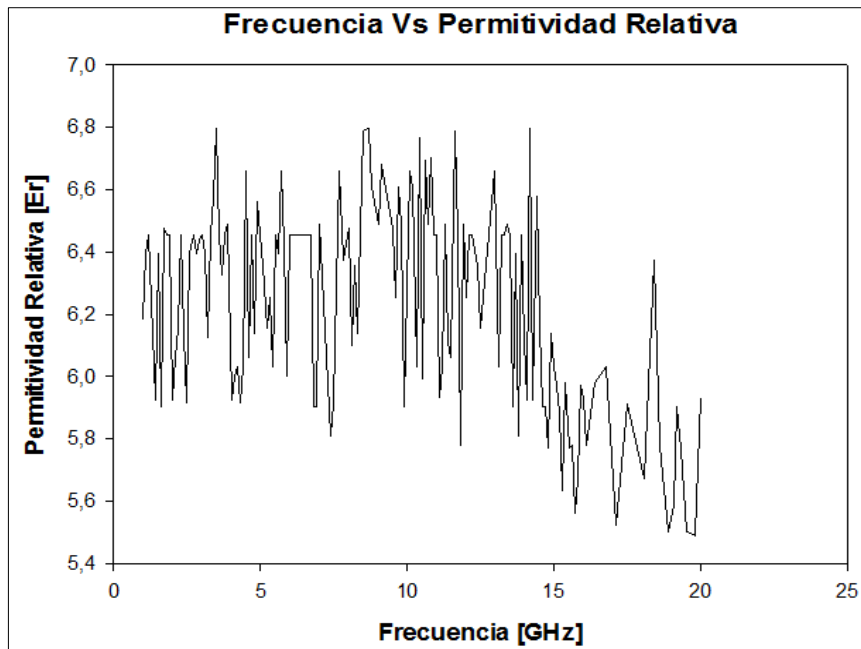


Gráfico 24-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Vidrio Templado 10 mm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.13. Concreto 10 cm

En el gráfico 25-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 10.14 dB, en el rango de frecuencias de 15 a 15.9 GHz se tiene un pico de potencia de 48 dB, lo cual se considera que a estas frecuencias las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.65 y una desviación estándar de $\sigma = 44.40$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.34$.

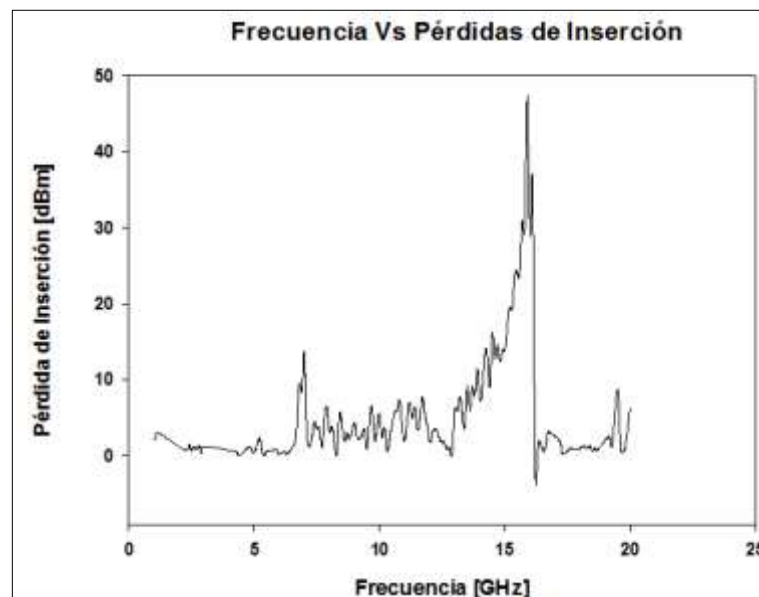


Gráfico 25-3: Frecuencia Vs Pérdida de Inserción en Concreto 10 cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 26-3, se observa la permitividad relativa del concreto de 10 cm la misma que se encuentra alrededor de 6 a 9.8 esta variación se tiene debido al espesor que posee la muestra, se debe acotar que no existe una permitividad teórica de un bloque de dichas dimensiones, se considera la permitividad del cemento, agua y tierra que nos da una aproximación de 90 para columnas de 1m, por lo tanto se hace una relación y se tendría una permitividad de 9. Además, se tiene una media de 6.81 y una desviación estándar de $\sigma = 0.98$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.15$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

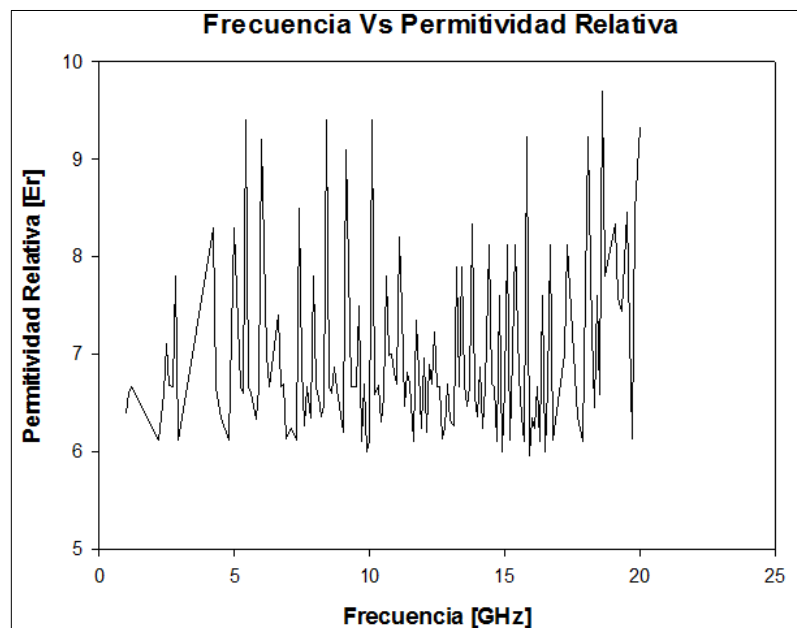


Gráfico 26-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Concreto 10 cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

3.14. Concreto 20 cm

En el gráfico 27-3, se puede observar una pérdida promedio de potencia de 13.31 dB, en la frecuencia de 15 GHz se tiene un incremento de 30.46 dB, lo cual se considera que a esta frecuencia las pérdidas de inserción en materiales son mayores con respecto a todo el rango de operación. Además, se tiene una media de 5.65 y una desviación estándar de $\sigma = 47.43$ con un grado de variabilidad $C_v = 1.34$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

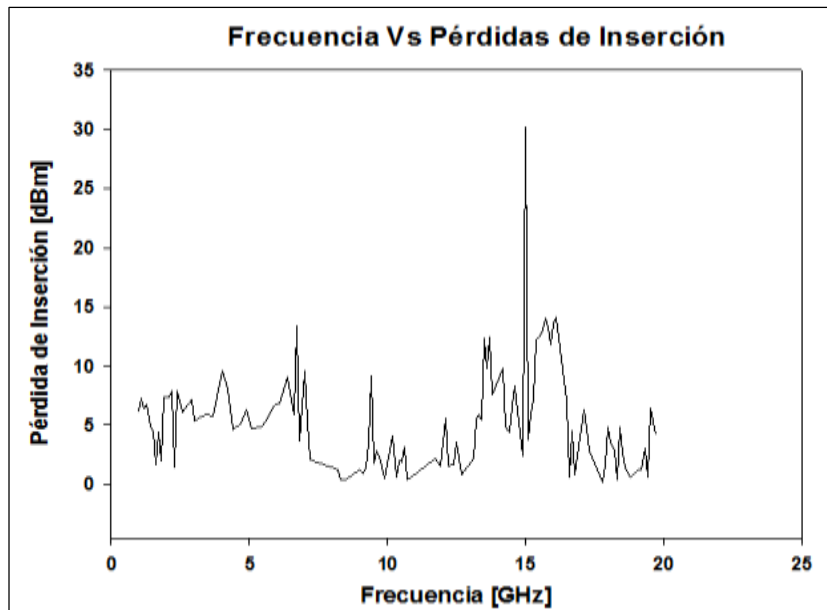


Gráfico 27-3: Frecuencia Vs Pérdida de Inserción en Concreto 20 cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

En el gráfico 28-3, se observa la permitividad relativa del concreto de 20 cm la misma que se encuentra alrededor de 5 a 14 esta variación se tiene debido al espesor que posee la muestra, se debe acotar que no existe una permitividad teórica de un bloque de dichas dimensiones, se considera la permitividad del cemento, agua y tierra que nos da una aproximación de 90 para columnas de 1m, por lo tanto se hace una relación y se tendría una permitividad de 15. Además, se tiene una media de 10.54 y una desviación estándar de $\sigma = 1.08$, con un grado de variabilidad $C_v = 0.27$, que nos muestra la dispersión de los datos entorno a la media.

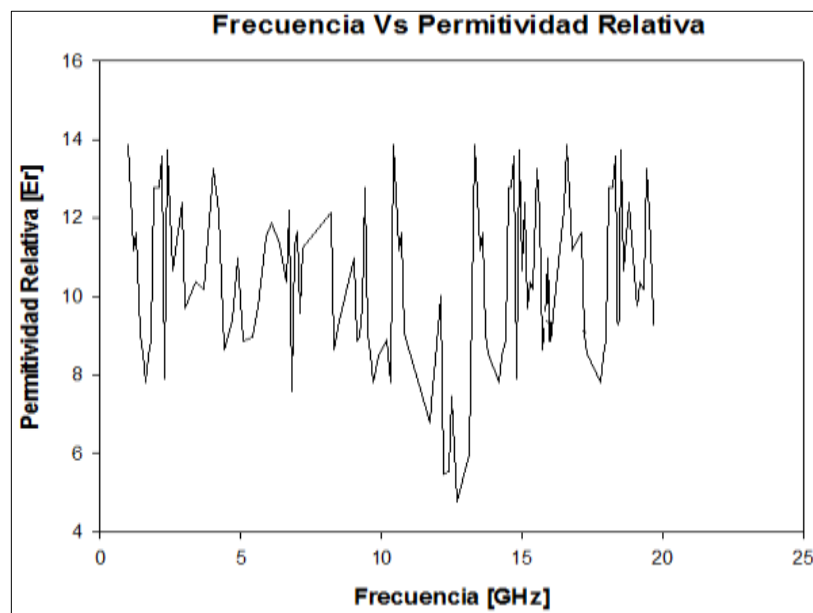


Gráfico 28-3: Frecuencia Vs Permitividad Relativa en Concreto 20 cm
Realizado por: Genesis Aldas, 2019

DISCUSIÓN

La madera seca tiene una pérdida de inserción promedio de 12.95 dB, cuyo valor varía dependiendo del espesor de la muestra y del tipo de madera que se ocupe, cabe mencionar que entre la madera de pino y la de eucalipto existe una diferencia de pérdidas de 0.56 dB, debido a las técnicas de secado que se utilizan antes de ingresar al horno se tiene una variación en la permitividad de 2 a 5, eso se puede evidenciar en el análisis anterior. Además, en la madera húmeda las pérdidas de inserción se incrementan debido a la concentración de agua que existe en las muestras y la señal al atravesar el obstáculo tiene un mayor número de reflexiones cuyo promedio de pérdidas es 31.89 dB, como se puede observar en entornos indoor la madera húmeda tiene mayores pérdidas con respecto a la madera seca, ya que por cada centímetro se tiene una variación de 1.6 dB aproximadamente. La permitividad del vidrio también está en función de los procesos que se utilizan para obtener los diversos tipos de vidrio, para este análisis se utilizó una muestra de vidrio crudo el mismo que no pasa por ningún proceso y una muestra de vidrio templado el cual debe pasar por un varios procesos para la obtención del mismo, entre los dos existe una diferencia de 2.54 dB que evidencian los procesos que pasaron, la permitividad calculada se encuentra dentro de la permitividad teórica con una diferencia de 0.6.

En el concreto se tiene una pérdida promedio de inserción de 11.72 dB, los mismos que varían aproximadamente en 3.56 de acuerdo a la cantidad de compuestos que se añadan en el momento de la fabricación del mismo, dichos factores influyen directamente en la permitividad del concreto ya que como es un compuesto de agua, cemento, arena y grava, los mismo que tiene su propia permitividad y al estar unidos esta incrementa por lo que la permitividad va hacer variable en función de la cantidad de cada uno de estos. Cabe recalcar que para todas las muestras realizadas en el rango de frecuencia de 15 a 16 GHz se tiene un incremento en las pérdidas de inserción promedio de 35.17 dB, lo que nos muestra que a estas frecuencias en entornos indoor se va a tener mayores pérdidas.

CONCLUSIONES

- La madera de Pino seca en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 12,85 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 28.75 dB. Además, la madera de Pino Húmeda en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 15.8 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 31.61 dB.
- La madera de Eucalipto seca en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 13,34 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 34.88 dB. Además, la madera de Eucalipto Húmeda en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 11.30 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 32.16 dB.
- El vidrio crudo en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 7.5 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 33.94 dB.
- El vidrio templado en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 10.04 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 21.88 dB.
- El concreto en el rango de operación de 1 a 20 GHz tiene una pérdida de inserción promedio de 11.72 dB, mientras que en el rango de frecuencias de 15 a 16 GHz existe una pérdida de inserción de 39.23 dB.
- La diferencia de 1 cm de espesor en la madera de pino produce una pérdida de inserción de 1,6 dB con una varianza promedio de 2.79 en función de la frecuencia, mientras que en La diferencia de 1 cm de espesor en la madera de eucalipto produce unas pérdidas de inserción de 2.33 dB con una varianza promedio de 6.28, la diferencia de 5mm en el vidrio crudo produce una pérdida promedio de 3,56 dB con una varianza de 3.84, mientras que la diferencia de 5mm en el vidrio templado produce una pérdida de 2.01 dB con una varianza de 1.45, finalmente la diferencia de 10 cm en el concreto produce unas pérdida de inserción promedio de 2.89 dB y una varianza de 3.57.
- En entornos indoor para rangos de frecuencias de 15 a 16 GHz se tendrá un mayor incremento de pérdidas de inserción en base a las mediciones realizadas, por lo que se debe considerar para la planificación de redes celulares

- Las permitividades calculadas en función de cada salto de frecuencia de las muestras analizadas, están dentro del valor de referencia lo que nos permite demostrar que las mediciones realizadas fueron correctas.

RECOMENDACIONES

- Realizar las mediciones con saltos de frecuencias más pequeños, para de esta manera determinar con más exactitud las pérdidas de inserción y la permitividad de los materiales, por lo que sería útil automatizar tanto el generador de señales como el analizador de espectros para obtener valores precisos.
- Para futuras pruebas se recomienda utilizar mayor cantidad de materiales a diferentes espesores para así observar con más precisión como los materiales atenúan la señal y de igual manera abarcar mayor rango de frecuencia para la planificación de redes celulares.
- Calibrar los equipos de medición como generador de señales, analizador de espectros, antenas tipo corneta, cámara anecoica, antena log-periódica para obtener datos correctos.
- Se recomienda realizar dichas mediciones en entornos outdoor, para de esta manera determinar la diferencia que existe entre entornos indoor y outdoor.
- Se recomienda utilizar un analizador de espectros con mayor piso de ruido para de esta manera determinar la potencia de materiales con mayores espesores.
- Se recomienda realizar más de 2 veces las mediciones para de esta manera determinar con mayor precisión las pérdidas de penetración en los materiales analizados.

BIBLIOGRAFÍA

ARUBA. Desarrollo de Wi-Fi. 2018. pp 14-17. [Consulta: 12 junio 2019]. Disponible en: https://www.arubanetworks.com/assets/_es/so/SO_80211ax.pdf

ÁLVAREZ CALVO I., Pérdidas de Inserción en diferentes tipos de materiales y árboles [En línea] (tesis). (Pregrado) Universidad Autónoma de Madrid, España. 2013. pp 120-140. [Consulta: 28 noviembre 2018]. Disponible en: <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20130423IgnacioAlvarezCalvo.pdf>

AZNAR A., y otros. *Antenas* [en línea]. Segunda. Universidad Politecnica de Catalunya, Catalunya – España: Edicions UPC, 2004. [Consulta: 30 noviembre 2018]. Disponible EN: <HTTPS://UPCOMMONS.UPC.EDU/HANDLE/2099.3/36797>

BALANIS C. *Antenna Theory Analysis and Design*. Segunda. New Jersey : Wiley, 2005. pp. 145-150.

BARRIOS ULLOA, A., Análisis comparativo de modelos de propagación para el enlace descendente en redes HSPA+ en áreas urbanas y sub-urbanas [En línea] (tesis). (Maestría). Universidad de Bolivar, Colombia. 2015. pp. 50-60. [Consultado: 2018-11-10]. Disponible en: <http://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0068812.pdf>

ESPINOZA OJEDA, Raiza Mishell. El fomento de plantaciones forestales comerciales en el Ecuador en el período 2006-2012. Propuesta de un nuevo sistema de cofinanciamiento a las Plantaciones Forestales [En línea] (tesis). (Pregrado). Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2014. pp. 25-27. [Consulta: 2019-06-01]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6904/7.36.000577.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

FISICALAB. *Principio de Huygens* [blog]. [Consulta: 30 noviembre 2018]. Disponible en: <https://www.fiscalab.com/apartado/principio-huygens#contenidos>

FLORES VIDAL M. Reflectividad en estructura compuesto-metal. [En línea] (tesis). (Doctoral) Universidad Complutense de Madrid, Madrid. 2013. pp.15. [Consulta: 6 diciembre 2018]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/22285/1/T34606.pdf>

GUERRÓN MORA, S. P., & ROMERO GONZÁLEZ, L. A. Diseño y simulación de una red LTE (Long Term Evolution) para el norte de la ciudad de Quito mediante el software ICS-DESIGNER [En línea] (tesis). (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 2016. pp. 80-85 [Consulta: 25 noviembre 2018]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16717/1/CD-7315.pdf>

HUIDROBO, J. “Antenas de Telecomunicaciones”. *ACTA* [En línea]. 2013. Pp. 15-25. [Consulta: 23 diciembre 2018]. Disponible en: https://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/020001.pdf

JORDAN, Edward. *Ondas electromagnéticas y sistemas radiantes* [En línea]. Tercera. Madrid – España: Paraninfo, 2001. p. 41. [Consulta: 18 enero 2019]. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-ondas-electromagneticas-y-sistemas-radiantes/9788428309677/274094>

MICROWAVES101. *Citizendium* [En línea]. 25 de abril de 2008. Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE). [Consulta: 13 diciembre 2018]. Disponible en: http://en.citizendium.org/wiki/IEEE_frequency_bands

MONACHESI E, FRENZEL A, CHAILE G., CARRASCO A. & GÓMEZ F. *Conceptos Generales de Antenas* [en línea]. Tucumán, Universidad Tecnológica Nacional. [Consulta: 20 diciembre 2018]. Disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/wlan_frt/antenas.pdf

MORALES RAMIREZ A. Propuesta de arquitectura para ondas milimétricas basadas en LTE – Advanced y radio sobre fibra. [En línea] (Tesis). (Maestría) Instituto Politécnico Nacional, México. 2013. pp. 60-80. [Consulta: 30 noviembre 2018]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20587/Propuesta%20de%20arquitectura%20>

MURILLO FUENTES, Juan José. *Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación*. Segunda. Sevilla - España. 2013. pp. 35-36. [Consulta: 26 enero 2019]. Disponible en: <https://personal.us.es/murillo/docente/Libros/FundRadiacionyRadiocom.pdf>

SECRETARÍA DE ESTADO PARA LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN Y LA AGENDA DIGITAL. Plan Nacional de 5G 2018 – 2020 [en línea]. España. Europa. [Consulta: 11 junio 2019]. Disponible en: https://avancedigital.gob.es/5G/Documents/plan_nacional_5g.pdf

RAPPAPORT, T. S., SUN, S., MAYZUS, R., ZHAO, H., AZAR, Y., WANG, K., & GUTIERREZ, F. *Millimeter wave mobile communications for 5G celular* [En línea], 2013, (1), pp. 335-349. [Consulta: 12 noviembre 2018]. ISSN 2169-3536. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6515173>

TOSCANO HOYOS J., *Pérdidas por inserción y de retorno en componentes pasivos de radiofrecuencia*. España. 2016. [Consulta: 4 diciembre 2018]. Disponible en: <http://www.telecomtm.com.mx/Perdidas%20por%20insercion%20y%20de%20retorno%20en%20componentes%20pasivos%20de%20radiofrecuencia.pdf>

YEPEZ, L., GRAGIRENA, M., VICE, U. A. J. D. S., & ORDAZ, R. P. *Corroboración del modelo de propagación “indoor” Log-Normal Shadowing Path Loss Model y caracterización de los edificios de Eléctrica/Electrónica y de Aulas*. [blog]. [Consulta: 15 noviembre 2018]. Disponible en: http://www.usfx.bo/nueva/vicerrectorado/citas/TECNOLOGICAS_20/Ingenieria%20Electrica/78.pdf

ZURITA MONTESDEOCA, Erika. Diseño e implementación de un antena microstrip de banda ancha para la frecuencia de 2.4 GHz mediante el algoritmo Slot-loaded (Tesis) (Pregrado). Facultad de Informática y Electrónica, Ingeniería en Electrónica, Telecomunicaciones y Redes Riobamba – Ecuador. 2017. p. 24. [Consulta: 23 febrero 2019]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6866/1/98T00145.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: MEDICIONES DE PERDIDAS DE INSERCIÓN EN MATERIALES

- **MADERA DE PINO SECA 1,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA PINO SECA 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	5,26	4,9	3,48	8,7	3,1	12,5	-0,3	16,3	1,35
1,1	5,39	5	1,4	8,8	2,05	12,6	0,72	16,4	-4
1,2	-2,08	5,1	3,48	8,9	2,1	12,7	-2,94	16,5	-0,74
1,3	-2,45	5,2	2,03	9	1,69	12,8	5,54	16,6	4,68
1,4	-5,95	5,3	4,11	9,1	-2,1	12,9	1,07	16,7	2,19
1,5	-2,32	5,4	1,05	9,2	1,8	13	2,41	16,8	-1,74
1,6	-1,32	5,5	0,65	9,3	7,34	13,1	-13,24	16,9	1,77
1,7	2,72	5,6	0,95	9,4	-1,15	13,2	-0,12	17	1,95
1,8	4,56	5,7	1,97	9,5	4,07	13,3	4,39	17,1	-1,34
1,9	-1,5	5,8	-1,72	9,6	5,07	13,4	-2,36	17,2	2,66
2	-2,14	5,9	0,58	9,7	0,18	13,5	4,65	17,3	-3,11
2,1	-3,12	6	0,24	9,8	4,44	13,6	2,18	17,4	-1,37
2,2	1,37	6,1	-1,36	9,9	1,68	13,7	4	17,5	-0,68
2,3	2,39	6,2	0,27	10	0,43	13,8	2,64	17,6	-2,88
2,4	6,48	6,3	-1,01	10,1	3,34	13,9	1,05	17,7	2,19
2,5	4,29	6,4	0,02	10,2	-1,27	14	2,8	17,8	-0,09
2,6	-3,76	6,5	0,44	10,3	4,94	14,1	5,68	17,9	4,62
2,7	3,44	6,6	-5,52	10,4	7,46	14,2	6,18	18	3,72
2,8	7	6,7	10,88	10,5	6,34	14,3	1,81	18,1	2,28
2,9	1,68	6,8	1,06	10,6	2,67	14,4	8,52	18,2	11,5
3	0,54	6,9	1,82	10,7	7,99	14,5	12,86	18,3	12,49
3,1	4,45	7	4,42	10,8	-11,5	14,6	5,5	18,4	11,11
3,2	4,19	7,1	5,33	10,9	-7,42	14,7	6,43	18,5	7,76
3,3	2,48	7,2	6,07	11	5,06	14,8	10,63	18,6	-11,64
3,4	0,23	7,3	1,4	11,1	1,22	14,9	11,98	18,7	-4,52
3,5	3,81	7,4	4,37	11,2	11,23	15	10,05	18,8	-3,45
3,6	4,68	7,5	6,44	11,3	6,02	15,1	14,37	18,9	16,03
3,7	1,88	7,6	1,78	11,4	3,89	15,2	14,47	19	-9,29
3,8	1,84	7,7	0,91	11,5	-1,62	15,3	14,6	19,1	-3,14
3,9	2,95	7,8	5,12	11,6	6,33	15,4	18,4	19,2	-9,34
4	2,96	7,9	9,52	11,7	-5,75	15,5	20,14	19,3	-7,66
4,1	4,88	8	4	11,8	0,32	15,6	21,66	19,4	-4,5
4,2	1,79	8,1	3,01	11,9	0,85	15,7	14,86	19,5	4,19
4,3	3,12	8,2	4,73	12	0,57	15,8	20,36	19,6	-2,3
4,4	1,96	8,3	1,79	12,1	-4,53	15,9	18,56	19,7	-4,46
4,5	3,37	8,4	3,79	12,2	0,21	16	23,24	19,8	-6,7
4,6	2,26	8,5	6,42	12,3	1,54	16,1	27,071	19,9	-6,81
4,7	3,34	8,6	2,92	12,4	3,1	16,2	0,31	20	-4,08

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE PINO SECA 2,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA PINO SECA 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	2,81	4,9	-1,69	8,7	-1,41	12,5	8,9	16,3	10,8
1,1	1,15	5	0,53	8,8	1,41	12,6	-6,88	16,4	5,12
1,2	0,72	5,1	1,67	8,9	-0,97	12,7	6,9	16,5	9,11
1,3	1,48	5,2	0,57	9	0,39	12,8	-7,85	16,6	10,7
1,4	1,86	5,3	-1,55	9,1	1,7	12,9	12,56	16,7	9,82
1,5	1,68	5,4	0,61	9,2	-0,98	13	-6,4	16,8	6,78
1,6	1,47	5,5	-0,94	9,3	-1,85	13,1	10,7	16,9	6,08
1,7	1,11	5,6	-1	9,4	2,47	13,2	5,27	17	7,28
1,8	1,43	5,7	1,5	9,5	0,04	13,3	3,29	17,1	7,47
1,9	0,48	5,8	-1,2	9,6	-1,1	13,4	0,69	17,2	7,64
2	0,96	5,9	4,5	9,7	-0,23	13,5	8,18	17,3	5
2,1	0,7	6	-2,5	9,8	-1,94	13,6	5,1	17,4	0,95
2,2	5,71	6,1	-1,89	9,9	-0,31	13,7	7,7	17,5	0,26
2,3	4,41	6,2	5,7	10	-0,25	13,8	5,76	17,6	0,01
2,4	2,49	6,3	2,56	10,1	-1,37	13,9	9,25	17,7	4,94
2,5	2,99	6,4	-2,44	10,2	-1,95	14	6,2	17,8	3,53
2,6	-1,94	6,5	3,54	10,3	-4,07	14,1	7,18	17,9	0,77
2,7	0,56	6,6	4,79	10,4	-2,58	14,2	12,42	18	-2,17
2,8	3,3	6,7	4,02	10,5	-1,97	14,3	10,43	18,1	-4,34
2,9	1,67	6,8	5,93	10,6	-0,44	14,4	9,84	18,2	-0,48
3	3,04	6,9	-0,04	10,7	-0,89	14,5	13,93	18,3	1,25
3,1	3,97	7	0,65	10,8	-0,38	14,6	11,51	18,4	4,26
3,2	3,08	7,1	2,83	10,9	-2,58	14,7	11,84	18,5	1,87
3,3	2,04	7,2	1,62	11	-3,21	14,8	13,66	18,6	1,24
3,4	1,48	7,3	2,3	11,1	-2,37	14,9	12,34	18,7	-0,02
3,5	2,98	7,4	1,59	11,2	-6,19	15	29,71	18,8	1,52
3,6	2,29	7,5	1,67	11,3	0,73	15,1	15,15	18,9	3,5
3,7	2,28	7,6	-0,67	11,4	-0,38	15,2	16,11	19	1,3
3,8	1,38	7,7	1,4	11,5	-5,35	15,3	16,43	19,1	2,54
3,9	2,15	7,8	3,79	11,6	-1,6	15,4	18,6	19,2	4,05
4	0,17	7,9	-0,39	11,7	-0,17	15,5	18,1	19,3	0,95
4,1	2,09	8	1,98	11,8	-3,45	15,6	17,98	19,4	0,56
4,2	0,09	8,1	0,73	11,9	-4,63	15,7	16,34	19,5	0,11
4,3	0,25	8,2	1,7	12	-8,18	15,8	17,23	19,6	1,67
4,4	1,09	8,3	0,58	12,1	8,4	15,9	16,67	19,7	-5,82
4,5	0,28	8,4	1,22	12,2	-6,28	16	16,56	19,8	1,45
4,6	3,5	8,5	0,98	12,3	9,3	16,1	16,02	19,9	0,2
4,7	-1,67	8,6	0,08	12,4	-6,03	16,2	14,6	20	0,78

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE PINO HÚMEDA 1,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA PINO HÚMEDA 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	6,39	4,9	4,46	8,7	2,52	12,5	2,91	16,3	12,74
1,1	1,95	5	5,29	8,8	0,77	12,6	0,57	16,4	1,47
1,2	5,67	5,1	3,61	8,9	-0,98	12,7	7,37	16,5	0,53
1,3	0,45	5,2	1,88	9	0,49	12,8	1,52	16,6	4,16
1,4	-0,24	5,3	15,87	9,1	2,46	12,9	5,47	16,7	1,36
1,5	6,72	5,4	1,69	9,2	1,68	13	9,56	16,8	4,14
1,6	5,49	5,5	6,68	9,3	1,47	13,1	5,47	16,9	1,51
1,7	8,7	5,6	0,22	9,4	6,27	13,2	-0,71	17	0,04
1,8	11,51	5,7	4,46	9,5	3,88	13,3	9,82	17,1	-2,9
1,9	13,15	5,8	-4,88	9,6	4,62	13,4	3,35	17,2	4,05
2	13,28	5,9	-0,63	9,7	5,73	13,5	11,97	17,3	17,87
2,1	17,45	6	-5,06	9,8	-0,32	13,6	10,11	17,4	13,5
2,2	15,84	6,1	-4,87	9,9	0,75	13,7	10,81	17,5	-7,08
2,3	12,52	6,2	-4	10	3,02	13,8	8,57	17,6	-6,5
2,4	13,16	6,3	-3,68	10,1	3,51	13,9	6,19	17,7	-9,31
2,5	18,66	6,4	-1,05	10,2	7,31	14	7,36	17,8	12,34
2,6	14,19	6,5	-7,79	10,3	1,62	14,1	9,68	17,9	11,45
2,7	11,46	6,6	-5,5	10,4	1,68	14,2	11,72	18	9,65
2,8	10,96	6,7	6,01	10,5	4,74	14,3	12,24	18,1	6,34
2,9	10,33	6,8	9,38	10,6	4,13	14,4	12,59	18,2	7,86
3	10,39	6,9	3,86	10,7	-0,02	14,5	12,95	18,3	8,23
3,1	16,55	7	11,12	10,8	3,97	14,6	10,71	18,4	11,23
3,2	10,37	7,1	4,31	10,9	7,56	14,7	10,52	18,5	10,56
3,3	16,15	7,2	0,32	11	3,89	14,8	17,95	18,6	-10,87
3,4	9,08	7,3	5,55	11,1	2,38	14,9	14,79	18,7	12,34
3,5	5,79	7,4	-1,77	11,2	6,77	15	32,71	18,8	12,18
3,6	11,69	7,5	3,24	11,3	8,49	15,1	18,16	18,9	11,45
3,7	14,05	7,6	-1,65	11,4	4,69	15,2	17,52	19	-11,85
3,8	6,27	7,7	0,21	11,5	3,03	15,3	14,84	19,1	10,98
3,9	13,83	7,8	1,37	11,6	6,73	15,4	12,64	19,2	13,45
4	10,39	7,9	1,36	11,7	6,03	15,5	11,45	19,3	-14,22
4,1	10,81	8	-2,36	11,8	6,34	15,6	16,56	19,4	12,34
4,2	8,44	8,1	2,49	11,9	6,79	15,7	15,78	19,5	-15,81
4,3	9,25	8,2	-2,47	12	-1,47	15,8	13,04	19,6	12,44
4,4	6,08	8,3	1,07	12,1	2,52	15,9	14,67	19,7	9,23
4,5	6,33	8,4	-0,26	12,2	5,45	16	12,48	19,8	8,56
4,6	2,45	8,5	-0,84	12,3	5,9	16,1	12,03	19,9	8,12
4,7	8,04	8,6	0,4	12,4	7,62	16,2	6,65	20	16,26

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE PINO HÚMEDA 2,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA PINO HÚMEDA 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	3,32	4,9	-3,43	8,7	-2,58	12,5	1,38	16,3	-19,46
1,1	1,16	5	-2,3	8,8	-9,51	12,6	-1,41	16,4	-6,12
1,2	2,15	5,1	3,94	8,9	-20,38	12,7	-1,18	16,5	-6,55
1,3	4,9	5,2	-8,57	9	-17,74	12,8	4,18	16,6	-8,72
1,4	4,7	5,3	-5,57	9,1	-6,36	12,9	-7,58	16,7	-7,59
1,5	11,3	5,4	-18,39	9,2	-2,51	13	4,23	16,8	-7,9
1,6	5,75	5,5	-10,32	9,3	-3,51	13,1	-22,43	16,9	-9,77
1,7	6,72	5,6	-9,98	9,4	-8,42	13,2	0,53	17	-2,35
1,8	9,68	5,7	4,46	9,5	-1,69	13,3	-1,07	17,1	-13,46
1,9	9,55	5,8	-4,88	9,6	-7,07	13,4	4,5	17,2	-3,8
2	8,53	5,9	-0,63	9,7	-8,65	13,5	-1,49	17,3	-9,63
2,1	9,65	6	-5,06	9,8	-13	13,6	4,31	17,4	-11,87
2,2	14,91	6,1	-4,87	9,9	-2,19	13,7	3,49	17,5	-14,69
2,3	10,24	6,2	-4	10	2,69	13,8	3,06	17,6	-17,06
2,4	15,38	6,3	-3,68	10,1	-4,09	13,9	1,14	17,7	-25,04
2,5	10,7	6,4	-1,05	10,2	-5,92	14	0,03	17,8	-11,24
2,6	11,76	6,5	-7,79	10,3	-6,8	14,1	1,47	17,9	-21,17
2,7	8,89	6,6	-9,25	10,4	2,13	14,2	6,79	18	-16,23
2,8	9,97	6,7	-2,55	10,5	-9,4	14,3	10,56	18,1	-17,95
2,9	8,89	6,8	1,12	10,6	1,02	14,4	2,54	18,2	-5,8
3	10,39	6,9	-1,47	10,7	-7,46	14,5	9,13	18,3	-7,96
3,1	16,55	7	4,05	10,8	-0,11	14,6	-34,81	18,4	-11,21
3,2	10,37	7,1	-20,51	10,9	-2,15	14,7	0,88	18,5	-10,33
3,3	16,15	7,2	-3,61	11	1,16	14,8	16,43	18,6	-7,13
3,4	9,08	7,3	-5,07	11,1	-16,19	14,9	7,07	18,7	-12,6
3,5	5,79	7,4	0,79	11,2	-9,39	15	9,67	18,8	-12,14
3,6	11,69	7,5	-4,69	11,3	0,37	15,1	17,17	18,9	-13,29
3,7	14,05	7,6	-9,64	11,4	-2,72	15,2	8,31	19	-13,91
3,8	6,27	7,7	-5,73	11,5	-3,25	15,3	6,9	19,1	-29,23
3,9	13,83	7,8	-10,04	11,6	-0,51	15,4	13,27	19,2	-28,18
4	10,39	7,9	-4,04	11,7	5,13	15,5	10,48	19,3	-11,95
4,1	10,81	8	-2,93	11,8	4,52	15,6	14,5	19,4	-29,72
4,2	8,44	8,1	-2,03	11,9	2,43	15,7	3,86	19,5	-15,68
4,3	0,01	8,2	-4,78	12	-3,42	15,8	3,24	19,6	31,2
4,4	-3,16	8,3	-5,17	12,1	-3,74	15,9	17,71	19,7	30,44
4,5	-2,45	8,4	-8,45	12,2	-6,05	16	21,69	19,8	-26,96
4,6	-10,45	8,5	-7,44	12,3	-10,69	16,1	16,68	19,9	-12,46
4,7	-8,86	8,6	-0,72	12,4	1,24	16,2	-15,63	20	-18,18

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE EUCALIPTO SECA 1,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA EUCALIPTO SECA 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,54	4,9	-6,37	8,7	-4,9	12,5	-13,4	16,3	-34,67
1,1	2,37	5	-6,84	8,8	-12,04	12,6	-14,46	16,4	-27,55
1,2	-7,97	5,1	-6,08	8,9	-0,05	12,7	-16,51	16,5	-18,64
1,3	-5,36	5,2	-8,66	9	-1,69	12,8	-17,81	16,6	-14,25
1,4	-7,64	5,3	-7,33	9,1	-1,37	12,9	-11,02	16,7	-18,89
1,5	-5,69	5,4	-7,85	9,2	-7,78	13	-8,93	16,8	-24,2
1,6	-3,95	5,5	-11,53	9,3	-6,76	13,1	-14,6	16,9	-23
1,7	2,85	5,6	-6,74	9,4	-0,6	13,2	7,3	17	-17,31
1,8	4,57	5,7	-18,55	9,5	-2	13,3	-1,63	17,1	-20,23
1,9	-3,31	5,8	-13,44	9,6	-12,36	13,4	-1,85	17,2	-8,06
2	0,38	5,9	-13,04	9,7	-4,03	13,5	3,3	17,3	-3,77
2,1	-0,51	6	-15,5	9,8	-12,8	13,6	1,57	17,4	-14,42
2,2	2,25	6,1	-11,47	9,9	-0,27	13,7	3,65	17,5	-15,2
2,3	1,27	6,2	-13,26	10	-7,74	13,8	2,4	17,6	-8,87
2,4	5,21	6,3	-9,18	10,1	-13,52	13,9	4,66	17,7	-3,82
2,5	3,17	6,4	-7,79	10,2	-7,39	14	2,46	17,8	-4,92
2,6	-0,74	6,5	-7,11	10,3	-15,58	14,1	4,39	17,9	-1,37
2,7	-4,04	6,6	-4,16	10,4	-5,35	14,2	9,72	18	0,35
2,8	1,42	6,7	-0,81	10,5	-18,99	14,3	4,9	18,1	1,64
2,9	1,06	6,8	4,23	10,6	-5,8	14,4	7,57	18,2	5,98
3	-4,34	6,9	-14,19	10,7	-11,24	14,5	7,83	18,3	2,15
3,1	2,37	7	8,7	10,8	-6,66	14,6	7,07	18,4	-1,32
3,2	-0,06	7,1	-0,15	10,9	-6,5	14,7	6,48	18,5	-4,54
3,3	2,73	7,2	0,84	11	-4,51	14,8	8,73	18,6	-2,6
3,4	-3,21	7,3	2,44	11,1	-9	14,9	7,79	18,7	-3,91
3,5	-0,31	7,4	-5,33	11,2	-8,84	15	1,77	18,8	-6,2
3,6	3,68	7,5	0,28	11,3	-8,21	15,1	6,26	18,9	-5,51
3,7	2,83	7,6	-1,31	11,4	-5,53	15,2	7,71	19	-5,4
3,8	-0,22	7,7	-4,94	11,5	-8,72	15,3	9,66	19,1	-7,34
3,9	0,88	7,8	1,81	11,6	-4,58	15,4	12,57	19,2	-8,61
4	-2,22	7,9	-1,8	11,7	-3,83	15,5	11,88	19,3	-10,06
4,1	0,3	8	4,13	11,8	-8,79	15,6	9,74	19,4	-15,5
4,2	-5,59	8,1	-5,41	11,9	-5,82	15,7	8,18	19,5	-2,99
4,3	9,47	8,2	-2,18	12	-7,37	15,8	10,16	19,6	-7,07
4,4	-2,97	8,3	1,83	12,1	-17,15	15,9	13,65	19,7	-9,79
4,5	-1,63	8,4	-4,49	12,2	-8,79	16	15,31	19,8	-13,82
4,6	-8,64	8,5	-5,2	12,3	-6,73	16,1	20,36	19,9	-6,5
4,7	-6,5	8,6	-2,24	12,4	-23,74	16,2	-19,88	20	-2,149

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE EUCALIPTO SECA 2,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA EUCALIPTO SECA 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	8,7	4,9	-13,87	8,7	-4,36	12,5	-15,05	16,3	-19,57
1,1	-6,86	5	-11,54	8,8	-3,25	12,6	-18,66	16,4	-29,87
1,2	-11,16	5,1	-13,52	8,9	-5,56	12,7	-12,96	16,5	-28,04
1,3	-13,58	5,2	-14,82	9	-3,36	12,8	-15,18	16,6	-10,2
1,4	-14,11	5,3	-14	9,1	-0,76	12,9	-21,09	16,7	-16,88
1,5	-9,9	5,4	-14,7	9,2	-5,54	13	-15,5	16,8	-27,64
1,6	-10,04	5,5	-15,53	9,3	-6,74	13,1	-19	16,9	-22,75
1,7	-5,95	5,6	-14,07	9,4	-0,92	13,2	-0,4	17	-18,62
1,8	-4,46	5,7	-19,97	9,5	-4,65	13,3	-2,81	17,1	1,71
1,9	-12,89	5,8	-18,5	9,6	-7,16	13,4	-3,58	17,2	5,5
2	-8,58	5,9	-17,76	9,7	-3,23	13,5	4,33	17,3	-1,23
2,1	-9,85	6	-23,08	9,8	-8,16	13,6	-3,51	17,4	1,89
2,2	-4,77	6,1	-23,13	9,9	-5,56	13,7	-4,95	17,5	-9,24
2,3	-6,49	6,2	-21,54	10	-3,5	13,8	1,24	17,6	2,89
2,4	-3,83	6,3	-19,19	10,1	-6,64	13,9	1,41	17,7	4,18
2,5	-5,78	6,4	-23,11	10,2	-8,39	14	-4,85	17,8	0,99
2,6	-6,11	6,5	-17,32	10,3	-8	14,1	-1,58	17,9	2,29
2,7	-11,5	6,6	-8,11	10,4	-6,75	14,2	4,39	18	2,7
2,8	-5,74	6,7	-1,91	10,5	-7,42	14,3	-0,54	18,1	4,54
2,9	-6,77	6,8	-1,71	10,6	-6,31	14,4	-2,11	18,2	9,63
3	-7,51	6,9	-2,6	10,7	-9,3	14,5	4,78	18,3	1,93
3,1	-4,42	7	-2,61	10,8	-8,16	14,6	2,16	18,4	9,22
3,2	-6,92	7,1	-5,35	10,9	-8,11	14,7	-7,91	18,5	-1,18
3,3	-3,92	7,2	-2,69	11	-7,33	14,8	2,55	18,6	-1,23
3,4	-9,87	7,3	-0,58	11,1	-9,77	14,9	2,38	18,7	-2,88
3,5	-7,35	7,4	-0,76	11,2	-12,05	15	3,87	18,8	2,78
3,6	-5,01	7,5	-2,66	11,3	-5,65	15,1	5,91	18,9	-6,32
3,7	-6,79	7,6	-3,27	11,4	-9,33	15,2	2,73	19	-7,47
3,8	-8,57	7,7	-2,39	11,5	-13,82	15,3	7,58	19,1	-2,77
3,9	-8,06	7,8	1,41	11,6	-10,66	15,4	-0,52	19,2	-3,21
4	-9,6	7,9	-2,98	11,7	-10,11	15,5	8,16	19,3	-18,55
4,1	-5,54	8	-1,19	11,8	-10,37	15,6	7,01	19,4	-6,27
4,2	-10,68	8,1	-1,71	11,9	-10,67	15,7	11,36	19,5	5,9
4,3	-8,35	8,2	-2,66	12	-21,57	15,8	8,39	19,6	2,9
4,4	-11,26	8,3	-3,22	12,1	-16,07	15,9	15,42	19,7	2,24
4,5	-8,64	8,4	-1,17	12,2	-11,84	16	14,87	19,8	1,99
4,6	-14,13	8,5	-2,96	12,3	-22,22	16,1	11,57	19,9	-1,47
4,7	-11,56	8,6	-5,1	12,4	-15,28	16,2	-18,57	20	2,87

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE EUCALIPTO HÚMEDA 1,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA EUCALIPTO HÚMEDA 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	2,01	4,9	0,71	8,7	-0,31	12,5	0,68	16,3	13,12
1,1	1,02	5	2,62	8,8	7,49	12,6	-3,84	16,4	-5,89
1,2	1,72	5,1	0,98	8,9	0,45	12,7	-7,11	16,5	13,28
1,3	1,28	5,2	0,16	9	2,82	12,8	4,38	16,6	-7,68
1,4	7,48	5,3	1,44	9,1	1,7	12,9	-7,64	16,7	13,34
1,5	8,64	5,4	0,38	9,2	-1,5	13	8,42	16,8	10,48
1,6	6,57	5,5	-0,69	9,3	-0,16	13,1	4,22	16,9	11,12
1,7	15,5	5,6	1,75	9,4	2,23	13,2	0,52	17	12,47
1,8	11,91	5,7	-4,52	9,5	2,04	13,3	-1,95	17,1	1,96
1,9	7,79	5,8	1,23	9,6	1,11	13,4	-11,04	17,2	0
2	8,53	5,9	-0,92	9,7	2,02	13,5	6,49	17,3	-2,34
2,1	9,65	6	0,15	9,8	0,44	13,6	1,51	17,4	1,93
2,2	14,91	6,1	1,23	9,9	1,29	13,7	10,97	17,5	6,05
2,3	10,24	6,2	2,34	10	7,69	13,8	10,81	17,6	-0,81
2,4	15,38	6,3	1,4	10,1	-0,76	13,9	3,6	17,7	0,35
2,5	10,7	6,4	2,78	10,2	-8	14	3,48	17,8	0,52
2,6	11,76	6,5	5,34	10,3	-0,13	14,1	-6,39	17,9	-6,09
2,7	8,89	6,6	8,93	10,4	-0,67	14,2	1,74	18	5,28
2,8	9,97	6,7	10,23	10,5	7,27	14,3	4,65	18,1	10,56
2,9	8,89	6,8	9,87	10,6	7,26	14,4	8,46	18,2	1,53
3	8,43	6,9	7,32	10,7	-0,84	14,5	15,6	18,3	1,45
3,1	9,66	7	3,48	10,8	5,7	14,6	-2,36	18,4	-2,32
3,2	6,15	7,1	3,82	10,9	-2,31	14,7	8,45	18,5	1,09
3,3	5,18	7,2	6,1	11	1,52	14,8	7,56	18,6	-2,43
3,4	6,11	7,3	1,12	11,1	-3,02	14,9	10,76	18,7	-5,5
3,5	5,02	7,4	4,3	11,2	8,66	15	28,23	18,8	2,67
3,6	7,89	7,5	2,45	11,3	8,65	15,1	19,23	18,9	3,24
3,7	2,21	7,6	1,87	11,4	6,5	15,2	15,45	19	5,34
3,8	1,89	7,7	1,41	11,5	0,35	15,3	11,6	19,1	5,02
3,9	5,68	7,8	0,71	11,6	-3,12	15,4	13,45	19,2	10,56
4	1,26	7,9	-3,53	11,7	8,43	15,5	12,1	19,3	0,92
4,1	3,44	8	1,79	11,8	7,52	15,6	11,9	19,4	9,67
4,2	0,46	8,1	-0,89	11,9	7,01	15,7	10,5	19,5	-7,51
4,3	4,19	8,2	1,49	12	1,56	15,8	11,56	19,6	3,4
4,4	3,96	8,3	1,61	12,1	1,81	15,9	10,56	19,7	6,8
4,5	2,87	8,4	2,14	12,2	4,61	16	11,98	19,8	2,4
4,6	1,24	8,5	0,64	12,3	-0,55	16,1	12,09	19,9	1,66
4,7	1,07	8,6	-2,99	12,4	3,02	16,2	12,34	20	0,83

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA DE EUCALIPTO HÚMEDA 2,5 cm**

PRUEBAS CON MADERA EUCALIPTO HÚMEDA 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	6,36	4,9	2,43	8,7	-4,31	12,5	-0,82	16,3	11,62
1,1	8,37	5	1,45	8,8	3,49	12,6	-5,34	16,4	-7,39
1,2	8,07	5,1	3,56	8,9	-3,55	12,7	-8,61	16,5	11,78
1,3	8,63	5,2	3,76	9	-1,18	12,8	2,88	16,6	-9,18
1,4	4,83	5,3	2,34	9,1	-2,3	12,9	-9,14	16,7	11,84
1,5	5,99	5,4	4,38	9,2	-5,5	13	6,92	16,8	8,98
1,6	3,92	5,5	3,31	9,3	-4,16	13,1	2,72	16,9	9,62
1,7	11,5	5,6	5,75	9,4	-1,77	13,2	-0,98	17	10,97
1,8	7,91	5,7	-0,52	9,5	-1,96	13,3	-3,45	17,1	0,46
1,9	3,79	5,8	5,23	9,6	-2,89	13,4	-12,54	17,2	-1,5
2	4,53	5,9	4,92	9,7	-1,98	13,5	4,99	17,3	-3,84
2,1	5,65	6	3,85	9,8	-3,56	13,6	0,01	17,4	0,43
2,2	10,91	6,1	2,77	9,9	-2,71	13,7	9,47	17,5	3,23
2,3	6,24	6,2	-1,66	10	3,69	13,8	9,31	17,6	-2,31
2,4	11,38	6,3	-2,6	10,1	-4,76	13,9	2,1	17,7	1,15
2,5	6,7	6,4	-1,22	10,2	-12	14	1,98	17,8	-0,98
2,6	7,76	6,5	1,34	10,3	-4,13	14,1	-7,89	17,9	5,45
2,7	4,89	6,6	2,01	10,4	-4,67	14,2	0,24	18	3,78
2,8	5,97	6,7	1,32	10,5	3,27	14,3	3,15	18,1	5,34
2,9	4,89	6,8	2,34	10,6	3,26	14,4	6,96	18,2	0,03
3	4,43	6,9	3,32	10,7	-4,84	14,5	14,1	18,3	0,08
3,1	5,66	7	-0,52	10,8	1,7	14,6	-3,86	18,4	3,82
3,2	2,15	7,1	-0,18	10,9	-6,31	14,7	6,95	18,5	1,41
3,3	1,18	7,2	2,1	11	-2,48	14,8	6,06	18,6	3,93
3,4	2,11	7,3	-2,88	11,1	-7,02	14,9	9,26	18,7	6,54
3,5	1,02	7,4	0,3	11,2	4,66	15	35,45	18,8	1,17
3,6	3,89	7,5	-1,55	11,3	4,65	15,1	22,34	18,9	1,56
3,7	1,79	7,6	-2,13	11,4	2,5	15,2	23,87	19	3,84
3,8	-2,11	7,7	-2,59	11,5	-3,65	15,3	21,78	19,1	3,52
3,9	1,68	7,8	-3,29	11,6	-7,12	15,4	20,78	19,2	10,23
4	2,74	7,9	-7,53	11,7	4,43	15,5	19,56	19,3	-0,58
4,1	-0,56	8	-2,21	11,8	3,52	15,6	18,67	19,4	8,17
4,2	2,56	8,1	-4,89	11,9	3,01	15,7	10,34	19,5	12,45
4,3	0,19	8,2	-2,51	12	-2,44	15,8	11,23	19,6	1,9
4,4	0,04	8,3	-2,39	12,1	-2,19	15,9	13,45	19,7	5,3
4,5	0,22	8,4	-1,86	12,2	0,61	16	10,48	19,8	0,9
4,6	1,13	8,5	-3,36	12,3	-2,05	16,1	10,59	19,9	0,16
4,7	1,98	8,6	-6,99	12,4	1,52	16,2	10,84	20	-0,67

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

• VIDRIO CRUDO 5 LÍNEAS

PRUEBAS CON VIDRIO CRUDO 5 LÍNEAS									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,16	4,9	-0,52	8,7	3,62	12,5	0,28	16,3	-1,59
1,1	6,57	5	-1,87	8,8	5,06	12,6	-1,91	16,4	0,48
1,2	1,16	5,1	-0,77	8,9	2,97	12,7	0,11	16,5	0,05
1,3	-1,68	5,2	0,51	9	3,19	12,8	-0,96	16,6	-1,93
1,4	-4,67	5,3	-2,04	9,1	7,7	12,9	-1,3	16,7	0,31
1,5	-2	5,4	-3,98	9,2	2,4	13	2,16	16,8	0,85
1,6	-4,04	5,5	-0,49	9,3	3,46	13,1	0,56	16,9	0,07
1,7	0,67	5,6	-4,51	9,4	4,99	13,2	1,24	17	-1,63
1,8	2,87	5,7	-1,83	9,5	1,29	13,3	0,68	17,1	-2,07
1,9	-3,79	5,8	-1,05	9,6	3,13	13,4	-1,89	17,2	0,99
2	-2,06	5,9	-3,33	9,7	6,39	13,5	1,03	17,3	1,49
2,1	-0,83	6	-2,16	9,8	5,2	13,6	-1,15	17,4	-0,56
2,2	2,19	6,1	-2,14	9,9	2,74	13,7	1,22	17,5	0,02
2,3	3,09	6,2	-3,41	10	2,65	13,8	-0,16	17,6	0,05
2,4	3,08	6,3	-1,65	10,1	5,26	13,9	8,68	17,7	0,2
2,5	-0,31	6,4	-1,25	10,2	3,83	14	-1,16	17,8	-2,09
2,6	-0,62	6,5	-5,05	10,3	5,6	14,1	7,77	17,9	-1,8
2,7	-1	6,6	1,93	10,4	5,51	14,2	12,53	18	-2,05
2,8	0,18	6,7	1,78	10,5	4,22	14,3	10	18,1	-1,39
2,9	-4,92	6,8	6,02	10,6	4,97	14,4	11,31	18,2	-0,62
3	-2,94	6,9	11,25	10,7	5,99	14,5	14,5	18,3	-2
3,1	2,6	7	10,63	10,8	6,13	14,6	12,96	18,4	2,04
3,2	-0,87	7,1	0,6	10,9	3,53	14,7	12,31	18,5	-0,01
3,3	-2,18	7,2	-14,52	11	3,27	14,8	12,8	18,6	1,72
3,4	-2,72	7,3	-6,64	11,1	2,11	14,9	12,39	18,7	-2,04
3,5	0,49	7,4	-1,51	11,2	4,45	15	13,2	18,8	0,68
3,6	-0,06	7,5	-1,71	11,3	6,38	15,1	15,37	18,9	-1,51
3,7	0,85	7,6	1,39	11,4	6,14	15,2	16,9	19	-0,95
3,8	-2,12	7,7	3,53	11,5	3	15,3	18,65	19,1	1,77
3,9	-0,5	7,8	5,55	11,6	3,34	15,4	24,58	19,2	1,23
4	-1,46	7,9	5,56	11,7	6,74	15,5	22,07	19,3	0,59
4,1	0,71	8	5,6	11,8	4,94	15,6	22,28	19,4	-6,17
4,2	-1,53	8,1	2,52	11,9	3,74	15,7	30,82	19,5	3,67
4,3	-3,21	8,2	5,48	12	1,46	15,8	27,1	19,6	-7,34
4,4	-0,74	8,3	1,04	12,1	0,89	15,9	26,46	19,7	-4,17
4,5	-2,31	8,4	0,88	12,2	-0,7	16	26,93	19,8	-4,42
4,6	-3,36	8,5	1,91	12,3	0,12	16,1	33,33	19,9	0,44
4,7	-3,24	8,6	2,55	12,4	0,11	16,2	-1,47	20	2,4

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO CRUDO 10 LINEAS

PRUEBAS CON MADERA VIDRIO CRUDO 10 LINEAS									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,56	4,9	11,82	8,7	0,88	12,5	0,41	16,3	-2,47
1,1	2,29	5	12,8	8,8	1,99	12,6	-1,51	16,4	0,25
1,2	7,26	5,1	11,72	8,9	-1,26	12,7	-0,95	16,5	-1,43
1,3	-3,02	5,2	12,18	9	1,47	12,8	-1,11	16,6	-1,93
1,4	8,38	5,3	12,32	9,1	2,82	12,9	-0,77	16,7	-0,17
1,5	11,5	5,4	5,56	9,2	-3,92	13	5,3	16,8	2,27
1,6	10,32	5,5	6,31	9,3	-1,27	13,1	5,2	16,9	-2,15
1,7	8,48	5,6	4,8	9,4	-0,4	13,2	7,63	17	-0,25
1,8	5,49	5,7	3,24	9,5	1,62	13,3	5,05	17,1	0,3
1,9	5,04	5,8	6,2	9,6	3,7	13,4	2,58	17,2	-0,15
2	5,28	5,9	9,58	9,7	2,51	13,5	7,96	17,3	-0,18
2,1	8,45	6	6,08	9,8	0,92	13,6	7,15	17,4	-1,18
2,2	8,48	6,1	6,6	9,9	0,69	13,7	9,12	17,5	0,4
2,3	1,3	6,2	5,86	10	-1,74	13,8	8,95	17,6	-1,2
2,4	10,14	6,3	-2,01	10,1	1,68	13,9	10,29	17,7	-0,75
2,5	11,88	6,4	-1,05	10,2	2,83	14	5,85	17,8	-2,03
2,6	4,79	6,5	-5,53	10,3	1,67	14,1	10,3	17,9	-1,95
2,7	5,76	6,6	-4,5	10,4	4,68	14,2	13,47	18	-2,09
2,8	10,84	6,7	0,14	10,5	3,24	14,3	10,42	18,1	0,18
2,9	6,33	6,8	6,28	10,6	2,89	14,4	10,48	18,2	-0,17
3	9,3	6,9	3,74	10,7	3,57	14,5	14,16	18,3	-0,18
3,1	12,11	7	7,59	10,8	2,44	14,6	13,31	18,4	0,8
3,2	6,36	7,1	-1,02	10,9	0,73	14,7	12,5	18,5	-0,55
3,3	8,91	7,2	-7,75	11	2,47	14,8	13,95	18,6	0,3
3,4	9,59	7,3	-0,34	11,1	4,52	14,9	14,29	18,7	-2
3,5	6,01	7,4	1,33	11,2	3,76	15	13,23	18,8	-0,1
3,6	7,1	7,5	0,9	11,3	4,8	15,1	15,42	18,9	0,56
3,7	10,83	7,6	-1,5	11,4	5,06	15,2	17,01	19	-1,83
3,8	7,1	7,7	0,5	11,5	2,91	15,3	17,62	19,1	0,75
3,9	9,39	7,8	2,12	11,6	2,76	15,4	24,67	19,2	0,47
4	10,12	7,9	-2,05	11,7	5,02	15,5	21,49	19,3	0,9
4,1	8,7	8	1,98	11,8	4,4	15,6	23,1	19,4	-1,27
4,2	10,04	8,1	0,01	11,9	2,59	15,7	28,93	19,5	2,98
4,3	11,14	8,2	0,7	12	0,13	15,8	28,22	19,6	-7,73
4,4	12,86	8,3	0,07	12,1	1,75	15,9	26,04	19,7	-6,72
4,5	12,89	8,4	-1,43	12,2	0,06	16	26,77	19,8	1,49
4,6	12,92	8,5	0,34	12,3	-0,18	16,1	32,72	19,9	-0,12
4,7	12,82	8,6	-1,7	12,4	1,04	16,2	-0,64	20	5,13

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO TEMPLADO 5 LINEAS

PRUEBAS CON VIDRIO TEMPLADO 5 LÍNEAS									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	9,29	4,9	-0,87	8,7	3,92	12,5	1,95	16,3	-1,4
1,1	0,28	5	-1,53	8,8	3,38	12,6	1,19	16,4	-0,04
1,2	1,72	5,1	-1,02	8,9	5,36	12,7	1,65	16,5	-1,99
1,3	0,37	5,2	0,33	9	1,99	12,8	1,06	16,6	-1,69
1,4	-1,27	5,3	-3,94	9,1	5,23	12,9	0,9	16,7	2,09
1,5	0,19	5,4	-4,64	9,2	3,56	13	5,57	16,8	2,29
1,6	-1,26	5,5	-1,07	9,3	2,75	13,1	4,47	16,9	-1,87
1,7	-0,53	5,6	-4,56	9,4	7,84	13,2	5,13	17	0,35
1,8	-0,03	5,7	-2,38	9,5	4,53	13,3	3,96	17,1	-1,89
1,9	0,01	5,8	-1,75	9,6	3,2	13,4	1,86	17,2	1,31
2	-0,75	5,9	-2,81	9,7	4,01	13,5	7,31	17,3	0,73
2,1	0,29	6	-2,5	9,8	4,44	13,6	5,27	17,4	-2,31
2,2	1,19	6,1	-1,94	9,9	6,42	13,7	7,22	17,5	-0,31
2,3	-0,05	6,2	-2,52	10	3,54	13,8	6,86	17,6	0,08
2,4	1,42	6,3	-1,95	10,1	4,1	13,9	8,92	17,7	-1,9
2,5	1,75	6,4	-1,45	10,2	3,1	14	8,22	17,8	-2,08
2,6	0,99	6,5	-7,49	10,3	3,69	14,1	9,68	17,9	-1,1
2,7	0,09	6,6	-1,84	10,4	8	14,2	12,93	18	-0,96
2,8	-0,64	6,7	4,55	10,5	5,89	14,3	12,16	18,1	-1,88
2,9	-0,11	6,8	4,97	10,6	5,86	14,4	9,46	18,2	0,14
3	0,63	6,9	11,16	10,7	4,08	14,5	15,21	18,3	-0,53
3,1	-0,44	7	8,75	10,8	5,78	14,6	12,65	18,4	0,07
3,2	0,08	7,1	4,03	10,9	5,3	14,7	12,3	18,5	-0,55
3,3	0,11	7,2	-12,63	11	6,06	14,8	13,18	18,6	0,7
3,4	-1,31	7,3	-3,06	11,1	5,76	14,9	12,49	18,7	-0,25
3,5	-1,56	7,4	-0,53	11,2	3,9	15	13,13	18,8	-1,43
3,6	0,25	7,5	1,37	11,3	4,99	15,1	15,04	18,9	-1,49
3,7	-0,86	7,6	2,94	11,4	6,07	15,2	17,58	19	-0,68
3,8	-1,2	7,7	7	11,5	4,79	15,3	18,68	19,1	1,12
3,9	0,08	7,8	5,05	11,6	5,88	15,4	23,34	19,2	-0,47
4	0,08	7,9	2,78	11,7	5,78	15,5	22,95	19,3	-0,07
4,1	0,18	8	6,11	11,8	5,1	15,6	23	19,4	-0,72
4,2	1,43	8,1	2,1	11,9	3,75	15,7	29,92	19,5	4,09
4,3	1,07	8,2	4,87	12	3,04	15,8	27,41	19,6	-9,61
4,4	-1,08	8,3	4,24	12,1	4,1	15,9	26,45	19,7	-3,67
4,5	-2,42	8,4	2,03	12,2	1,84	16	27,6	19,8	-4,43
4,6	-3,65	8,5	2,69	12,3	1,81	16,1	33,36	19,9	0,98
4,7	-3,54	8,6	1,64	12,4	2,22	16,2	-1,74	20	4,95

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO TEMPLADO 10 LINEAS

PRUEBAS CON VIDRIO TEMPLADO 10 LÍNEAS									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,24	4,9	-0,9	8,7	2,27	12,5	1,13	16,3	-0,73
1,1	1,73	5	-0,34	8,8	1,35	12,6	0,89	16,4	0,86
1,2	2,25	5,1	-1,66	8,9	-2,17	12,7	0,11	16,5	-0,06
1,3	-3,7	5,2	1,6	9	3,63	12,8	0,23	16,6	0,12
1,4	-4,88	5,3	0,01	9,1	1,64	12,9	-0,44	16,7	2,06
1,5	-1,46	5,4	-0,61	9,2	-1,75	13	5,29	16,8	2,29
1,6	-5,41	5,5	-0,17	9,3	2,05	13,1	5,1	16,9	-1,33
1,7	-1,55	5,6	-0,08	9,4	2,61	13,2	7	17	-1,65
1,8	-1,02	5,7	-0,75	9,5	0,16	13,3	4,64	17,1	-2,25
1,9	-1,44	5,8	0,03	9,6	4,14	13,4	3,19	17,2	1,09
2	-1,05	5,9	0,08	9,7	5,43	13,5	8,39	17,3	-0,51
2,1	-1,41	6	-0,55	9,8	1,38	13,6	5,2	17,4	-1,2
2,2	0,06	6,1	-0,83	9,9	3,09	13,7	8,37	17,5	-1,91
2,3	-1,89	6,2	-0,16	10	4,76	13,8	7,12	17,6	0,17
2,4	0,71	6,3	-0,55	10,1	1,73	13,9	10,69	17,7	0,18
2,5	0,02	6,4	-1,25	10,2	2,86	14	6,82	17,8	-1,25
2,6	0,37	6,5	-0,92	10,3	-0,17	14,1	8,07	17,9	0,07
2,7	0,04	6,6	0,79	10,4	1,52	14,2	12,4	18	-2,13
2,8	0,49	6,7	3,53	10,5	3,37	14,3	12,42	18,1	0,47
2,9	-0,36	6,8	8,76	10,6	5,04	14,4	8,3	18,2	0,41
3	0,46	6,9	7,89	10,7	5,24	14,5	15,41	18,3	0,34
3,1	-1,07	7	12,95	10,8	6,55	14,6	11,99	18,4	0,48
3,2	-4,16	7,1	1,99	10,9	2,94	14,7	13,92	18,5	-0,08
3,3	-2,58	7,2	-7,77	11	1,29	14,8	11,57	18,6	0,32
3,4	-2,56	7,3	1,69	11,1	4,02	14,9	13,11	18,7	0,05
3,5	-2,22	7,4	3,78	11,2	6,3	15	13,07	18,8	-0,78
3,6	-1,53	7,5	2,71	11,3	4,18	15,1	16,4	18,9	-0,89
3,7	-1,42	7,6	2,88	11,4	5,69	15,2	18,88	19	-1,31
3,8	-2,27	7,7	0,37	11,5	2,82	15,3	18,6	19,1	1,64
3,9	-1,97	7,8	4,28	11,6	3,96	15,4	23,17	19,2	1,46
4	-1,46	7,9	5,48	11,7	7,02	15,5	23,08	19,3	1,14
4,1	-1,24	8	2,44	11,8	4,69	15,6	23,69	19,4	-1,5
4,2	-0,2	8,1	3,09	11,9	3,23	15,7	30,3	19,5	8,05
4,3	-0,4	8,2	0,67	12	0,99	15,8	29,87	19,6	1,08
4,4	-1,44	8,3	-0,23	12,1	2,2	15,9	46,6	19,7	-0,21
4,5	-0,58	8,4	4,66	12,2	2,76	16	28,21	19,8	0,36
4,6	-1,06	8,5	3,26	12,3	2,42	16,1	35,7	19,9	-3,81
4,7	-1,44	8,6	1,16	12,4	1,29	16,2	-0,61	20	5,56

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **CONCRETO 10 cm**

PRUEBAS CON CONCRETO 10 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	5,24	4,9	-1,6	8,7	2,27	12,5	1,13	16,3	-14,73
1,1	10,73	5	-1,04	8,8	1,35	12,6	0,89	16,4	-13,14
1,2	11,25	5,1	-2,36	8,9	-2,17	12,7	0,11	16,5	10,94
1,3	5,3	5,2	0,9	9	3,63	12,8	0,23	16,6	11,12
1,4	4,12	5,3	-0,69	9,1	1,64	12,9	-0,44	16,7	13,06
1,5	7,54	5,4	8,39	9,2	-1,75	13	5,29	16,8	13,29
1,6	3,59	5,5	5,18	9,3	2,05	13,1	5,1	16,9	9,67
1,7	7,45	5,6	5,27	9,4	2,61	13,2	7	17	9,35
1,8	7,98	5,7	4,6	9,5	0,16	13,3	4,64	17,1	8,75
1,9	7,56	5,8	5,38	9,6	4,14	13,4	3,19	17,2	12,09
2	7,95	5,9	5,43	9,7	5,43	13,5	8,39	17,3	10,49
2,1	7,59	6	4,8	9,8	1,38	13,6	5,2	17,4	9,8
2,2	-0,64	6,1	4,52	9,9	3,09	13,7	8,37	17,5	9,09
2,3	-2,59	6,2	5,19	10	4,76	13,8	7,12	17,6	11,17
2,4	0,01	6,3	4,8	10,1	1,73	13,9	10,69	17,7	11,18
2,5	-0,68	6,4	4,1	10,2	2,86	14	6,82	17,8	9,75
2,6	-0,33	6,5	4,43	10,3	-0,17	14,1	8,07	17,9	11,07
2,7	-0,66	6,6	6,14	10,4	1,52	14,2	12,4	18	8,87
2,8	-0,21	6,7	8,88	10,5	3,37	14,3	12,42	18,1	11,47
2,9	-1,06	6,8	14,11	10,6	5,04	14,4	8,3	18,2	-2,59
3	-0,24	6,9	13,24	10,7	5,24	14,5	15,41	18,3	-2,66
3,1	-1,77	7	18,3	10,8	6,55	14,6	11,99	18,4	-2,52
3,2	-4,86	7,1	7,34	10,9	2,94	14,7	13,92	18,5	8,92
3,3	-3,28	7,2	-2,42	11	1,29	14,8	11,57	18,6	9,32
3,4	-3,26	7,3	10,69	11,1	4,02	14,9	13,11	18,7	9,05
3,5	-2,92	7,4	12,78	11,2	6,3	15	30,78	18,8	8,22
3,6	7,47	7,5	11,71	11,3	4,18	15,1	13,4	18,9	8,11
3,7	7,58	7,6	11,88	11,4	5,69	15,2	15,88	19	7,69
3,8	6,73	7,7	0,37	11,5	2,82	15,3	15,6	19,1	10,64
3,9	7,03	7,8	4,28	11,6	3,96	15,4	9,17	19,2	10,46
4	7,54	7,9	5,48	11,7	7,02	15,5	9,08	19,3	10,14
4,1	7,76	8	2,44	11,8	4,69	15,6	9,69	19,4	7,5
4,2	8,8	8,1	3,09	11,9	3,23	15,7	16,3	19,5	17,05
4,3	8,6	8,2	0,67	12	0,99	15,8	15,87	19,6	10,08
4,4	-2,14	8,3	-0,23	12,1	2,2	15,9	32,6	19,7	8,79
4,5	-1,28	8,4	4,66	12,2	2,76	16	14,21	19,8	9,36
4,6	-1,76	8,5	3,26	12,3	2,42	16,1	21,7	19,9	5,19
4,7	-2,14	8,6	1,16	12,4	1,29	16,2	-14,61	20	14,56

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **CONCRETO 20 cm**

PRUEBAS CON CONCRETO 20 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	5,6	4,9	-6,72	8,7	-12,13	12,5	-4,41	16,3	-0,47
1,1	3,05	5	-11,74	8,8	-11,75	12,6	-7,04	16,4	13,1
1,2	2,17	5,1	-7,39	8,9	-10,33	12,7	-7,18	16,5	7,07
1,3	3,58	5,2	-9,2	9	-6,79	12,8	-11,56	16,6	0,63
1,4	3,33	5,3	59,61	9,1	-7,08	12,9	-12,3	16,7	4,51
1,5	7,55	5,4	-11,24	9,2	-6,32	13	-8,96	16,8	0,78
1,6	5,44	5,5	-11,44	9,3	-4,52	13,1	-5,83	16,9	-2,15
1,7	5,77	5,6	-5,05	9,4	1,21	13,2	-2,56	17	-7,97
1,8	5,73	5,7	-9,27	9,5	-6,27	13,3	-2,08	17,1	6,26
1,9	3,68	5,8	-22,03	9,6	-5,19	13,4	-2,09	17,2	4,71
2	0,25	5,9	-13,75	9,7	-5,57	13,5	4,34	17,3	2,8
2,1	5,62	6	-9,62	9,8	-10,11	13,6	-0,45	17,4	-0,75
2,2	0,35	6,1	-14,72	9,9	-7,44	13,7	4,39	17,5	-0,58
2,3	5,25	6,2	-14,44	10	-8,26	13,8	-9,98	17,6	-2,88
2,4	-0,34	6,3	-13,08	10,1	-9,33	13,9	-10,04	17,7	-2,17
2,5	-4,82	6,4	-14,95	10,2	-3,88	14	-14,13	17,8	0,15
2,6	-5,26	6,5	-9,66	10,3	-7,37	14,1	-11,51	17,9	1,7
2,7	-0,28	6,6	-11,35	10,4	-5,98	14,2	1,25	18	4,8
2,8	-11,32	6,7	-19,7	10,5	-6,12	14,3	-3,16	18,1	3,45
2,9	-5,07	6,8	9,14	10,6	-4,85	14,4	-7,59	18,2	2,92
3	-7,09	6,9	-2,68	10,7	-7,59	14,5	-1,39	18,3	0,36
3,1	-2,67	7	-1,52	10,8	-7,32	14,6	-0,95	18,4	-0,14
3,2	-1,13	7,1	1,6	10,9	-10,07	14,7	-1,82	18,5	-2,22
3,3	-11,71	7,2	-2,69	11	-13,28	14,8	-3,04	18,6	-3,65
3,4	-2,32	7,3	-5,77	11,1	-11,41	14,9	-5,62	18,7	-6,04
3,5	-15,17	7,4	-8,18	11,2	-11,24	15	-12,2	18,8	-4,43
3,6	-5,78	7,5	-15,1	11,3	-9,61	15,1	-4,21	18,9	-5,49
3,7	0,22	7,6	-15,47	11,4	-12,34	15,2	-1,47	19	-6,25
3,8	-6,28	7,7	-14,12	11,5	-12,24	15,3	-0,87	19,1	-3,73
3,9	-2,1	7,8	-10,35	11,6	-8,92	15,4	6,43	19,2	-3,76
4	-9,3	7,9	-8,3	11,7	-5,79	15,5	7,57	19,3	-2
4,1	-5,83	8	-12,69	11,8	-6,36	15,6	8,73	19,4	-4,41
4,2	-7,44	8,1	-10,56	11,9	-6,48	15,7	22,08	19,5	1,46
4,3	-3,3	8,2	-11,47	12	-8,14	15,8	11,13	19,6	-8,5
4,4	-5,55	8,3	-6,73	12,1	-2,38	15,9	8,77	19,7	-0,79
4,5	-3,63	8,4	-7,54	12,2	-6,05	16	15,64	19,8	-10,2
4,6	-13,72	8,5	-8,74	12,3	-9,34	16,1	19,1	19,9	-8,98
4,7	-10,85	8,6	-7,6	12,4	-3,61	16,2	-20,47	20	-7,36

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

ANEXO B: LIMPIEZA DE DATOS

- **MADERA PINO SECA 1,5 cm**

Limpeza de Datos Madera Pino Seca 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	7,26	4,8	3,48	8,1	4,73	11,5	3,89	15,2	14,47
1,1	5,39	4,9	1,4	8,2	1,79	11,7	6,33	15,3	14,6
1,7	2,72	5	3,48	8,3	3,79	11,9	0,32	15,4	18,4
1,8	4,56	5,1	2,03	8,4	6,42	12	0,85	15,5	20,14
2,2	1,37	5,2	4,11	8,5	2,92	12,1	0,57	15,6	21,66
2,3	2,39	5,3	1,05	8,6	6,65	12,3	0,21	15,7	14,86
2,4	6,48	5,4	0,65	8,7	3,65	12,4	1,54	15,8	20,36
2,5	4,29	5,5	0,95	8,8	3,1	12,6	0,72	15,9	18,56
2,7	3,44	5,6	1,97	8,9	2,05	12,8	5,54	16	23,24
2,8	7	5,8	0,58	9	2,1	12,9	1,07	16,1	27,071
2,9	1,68	5,9	0,24	9,1	1,69	13	2,41	16,2	0,31
3	0,54	6,1	0,27	9,3	1,8	13,3	4,39	16,3	1,35
3,1	4,45	6,3	0,02	9,4	7,34	13,5	4,65	16,6	4,68
3,2	4,19	6,4	0,44	9,6	4,07	13,6	2,18	16,7	2,19
3,3	2,48	6,6	10,88	9,7	5,07	13,7	4	16,9	1,77
3,4	0,23	6,7	1,06	9,8	0,18	13,8	2,64	17	1,95
3,5	3,81	6,8	1,82	9,9	4,44	13,9	1,05	17,2	2,66
3,6	4,68	6,9	4,42	10	1,68	14	2,8	17,7	2,19
3,7	1,88	7	5,33	10,1	0,43	14,1	5,68	17,9	4,62
3,8	1,84	7,1	6,07	10,2	3,34	14,2	6,18	18	3,72
3,9	2,95	7,2	1,4	10,4	4,94	14,3	1,81	18,1	2,28
4	2,96	7,3	4,37	10,5	7,46	14,4	8,52	18,2	11,5
4,1	4,88	7,4	6,44	10,6	6,34	14,5	12,86	18,3	12,49
4,2	1,79	7,5	1,78	10,7	2,67	14,6	5,5	18,4	11,11
4,3	3,12	7,6	0,91	10,8	7,99	14,7	6,43	18,5	7,76
4,4	1,96	7,7	5,12	11,1	5,06	14,8	10,63	18,8	0,05
4,5	3,37	7,8	9,52	11,2	1,22	14,9	11,98	19,3	19,53
4,6	2,26	7,9	4	11,3	11,23	15	10,05	19,6	1,2
4,7	3,34	8	3,01	11,4	6,02	15,1	14,37	20	0,89

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA PINO SECA 2,5 cm**

Limpieza de Datos Madera Pino Seca 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	2,81	3,9	2,15	7,8	3,79	14	6,2	16,8	6,78
1,1	1,15	4	0,17	8	1,98	14,1	7,18	16,9	6,08
1,2	0,72	4,1	2,09	8,1	0,73	14,2	12,42	17	7,28
1,3	1,48	4,2	0,09	8,2	1,7	14,3	10,43	17,1	7,47
1,4	1,86	4,3	0,25	8,3	0,58	14,4	9,84	17,2	7,64
1,5	1,68	4,4	1,09	8,4	1,22	14,5	13,93	17,3	5
1,6	1,47	4,5	0,28	8,5	0,98	14,6	11,51	17,4	0,95
1,7	1,11	4,6	3,5	8,6	0,08	14,7	11,84	17,5	0,26
1,8	1,43	4,8	0,41	8,8	1,41	14,8	13,66	17,6	0,01
1,9	0,48	5	0,53	9	0,39	14,9	12,34	17,7	4,94
2	0,96	5,1	1,67	9,1	1,7	15	29,71	17,8	3,53
2,1	0,7	5,2	0,57	9,4	2,47	15,1	15,15	17,9	0,77
2,2	5,71	5,4	0,61	9,5	0,04	15,2	16,11	18,3	1,25
2,3	4,41	5,7	1,5	11,3	0,73	15,3	16,43	18,4	4,26
2,4	2,49	5,9	4,5	12,1	8,4	15,4	18,6	18,5	1,87
2,5	2,99	6,2	5,7	12,3	9,3	15,5	18,1	18,6	1,24
2,7	0,56	6,3	2,56	12,5	8,9	15,6	17,98	18,8	1,52
2,8	3,3	6,5	3,54	12,7	6,9	15,7	16,34	18,9	3,5
2,9	1,67	6,6	4,79	12,9	12,56	15,8	17,23	19	1,3
3	3,04	6,7	4,02	13,1	10,7	15,9	16,67	19,1	2,54
3,1	3,97	6,8	5,93	13,2	5,27	16	16,56	19,2	4,05
3,2	3,08	7	0,65	13,3	3,29	16,1	16,02	19,3	0,95
3,3	2,04	7,1	2,83	13,4	0,69	16,2	14,6	19,4	0,56
3,4	1,48	7,2	1,62	13,5	8,18	16,3	10,8	19,5	0,67
3,5	2,98	7,3	2,3	13,6	5,1	16,4	5,12	19,6	1,67
3,6	2,29	7,4	1,59	13,7	7,7	16,5	9,11	19,8	1,45
3,7	2,28	7,5	1,67	13,8	5,76	16,6	10,7	19,9	1,2
3,8	1,38	7,7	1,4	13,9	9,25	16,7	9,82	20	0,98

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- MADERA PINO HÚMEDA 1,5 cm

Limpieza de Datos Madera Pino Húmeda 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	6,39	4,3	9,25	9,1	2,46	12,6	0,57	15,9	14,67
1,1	15,95	4,4	6,08	9,2	1,68	12,7	7,37	16	12,48
1,2	5,67	4,5	6,33	9,3	1,47	12,8	1,52	16,1	12,03
1,3	0,45	4,6	2,45	9,4	6,27	12,9	5,47	16,2	6,65
1,5	6,72	4,7	8,04	9,5	3,88	13	9,56	16,3	12,74
1,6	5,49	4,8	6,61	9,6	4,62	13,1	5,47	16,4	1,47
1,7	8,7	4,9	4,46	9,7	5,73	13,3	9,82	16,5	0,53
1,8	11,51	5	5,29	9,9	0,75	13,4	3,35	16,6	4,16
1,9	13,15	5,1	3,61	10	3,02	13,5	11,97	16,7	1,36
2	13,28	5,2	1,88	10,1	3,51	13,6	10,11	16,8	4,14
2,1	17,45	5,3	15,87	10,2	7,31	13,7	10,81	16,9	1,51
2,2	15,84	5,4	1,69	10,3	1,62	13,8	8,57	17	0,04
2,3	12,52	5,5	6,68	10,4	1,68	13,9	6,19	17,2	4,05
2,4	13,16	5,6	0,22	10,5	4,74	14	7,36	17,3	17,87
2,5	18,66	5,7	4,46	10,6	4,13	14,1	9,68	17,4	13,5
2,6	14,19	6,7	6,01	10,8	3,97	14,2	11,72	17,8	12,34
2,7	11,46	6,8	9,38	10,9	7,56	14,3	12,24	17,9	11,45
2,8	10,96	6,9	3,86	11	3,89	14,4	12,59	18	9,65
2,9	10,33	7	11,12	11,1	2,38	14,5	12,95	18,1	6,34
3	10,39	7,1	4,31	11,2	6,77	14,6	10,71	18,2	7,86
3,1	16,55	7,2	0,32	11,3	8,49	14,7	10,52	18,3	8,23
3,2	10,37	7,3	5,55	11,4	4,69	14,8	17,95	18,4	11,23
3,3	16,15	7,5	3,24	11,5	3,03	14,9	14,79	18,5	10,56
3,4	9,08	7,7	0,21	11,6	6,73	15	32,71	18,7	12,34
3,5	5,79	7,8	1,37	11,7	6,03	15,1	18,16	18,8	12,18
3,6	11,69	7,9	1,36	11,8	6,34	15,2	17,52	18,9	11,45
3,7	14,05	8,1	2,49	11,9	6,79	15,3	14,84	19,1	10,98
3,8	6,27	8,3	1,07	12,1	2,52	15,4	12,64	19,6	12,44
3,9	13,83	8,6	0,4	12,2	5,45	15,5	11,45	19,7	9,23
4	10,39	8,7	2,52	12,3	5,9	15,6	16,56	19,8	8,56
4,1	10,81	8,8	0,77	12,4	7,62	15,7	15,78	19,9	8,12
4,2	8,44	9	0,49	12,5	2,91	15,8	13,04	20	11,34

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA PINO HÚMEDA 2,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Pino Húmeda 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	2,05	3,7	0,48	8,8	2,18	14,7	5,64	17,8	2,29
1,1	7,06	3,9	0,37	10	2,38	14,8	4,75	17,9	4,14
1,2	6,76	4	1,43	10,2	12,34	14,9	7,95	18	2,47
1,3	7,32	4,2	1,25	10,5	1,96	15	30,43	18,1	4,03
1,4	3,52	4,7	0,67	10,6	1,95	15,1	21,03	18,2	1,28
1,5	4,68	4,9	1,12	10,8	0,39	15,2	19,56	18,3	1,23
1,6	2,61	5	0,14	11,2	3,35	15,3	18,76	18,4	2,51
1,7	10,19	5,1	2,25	11,3	3,34	15,4	17,65	18,5	0,1
1,8	6,6	5,2	2,45	11,4	1,19	15,5	16,98	18,6	2,62
1,9	2,48	5,3	1,03	11,7	3,12	15,6	16,03	18,7	5,23
2	3,22	5,4	3,07	11,8	2,21	15,7	9,03	18,8	0,14
2,1	4,34	5,5	2	11,9	1,7	15,8	9,92	18,9	0,25
2,2	9,6	5,6	4,44	12,4	0,21	15,9	12,14	19	2,53
2,3	4,93	5,8	3,92	12,8	1,57	16	9,17	19,1	2,21
2,4	10,07	5,9	3,61	13	5,61	16,1	9,28	19,2	8,92
2,5	5,39	6	2,54	13,1	1,41	16,2	9,53	19,3	1,89
2,6	6,45	6,1	1,46	13,4	13,83	16,3	10,31	19,4	6,86
2,7	3,58	6,5	0,03	13,5	3,68	16,5	10,47	19,5	11,14
2,8	4,66	6,6	0,7	13,7	8,16	16,7	10,53	19,6	0,59
2,9	3,58	6,7	0,01	13,8	8	16,8	7,67	19,7	3,99
3	3,12	6,8	1,03	13,9	0,79	16,9	8,31	19,8	0,41
3,1	4,35	6,9	2,01	14	0,67	17	9,66	19,9	1,15
3,2	0,84	7,2	0,79	14,3	1,84	17,5	1,92	20	1,08
3,4	0,8	7,6	7,45	14,4	5,65	17,6	3,92		
3,6	2,58	8,6	9,45	14,5	12,79	17,7	0,16		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO SECA 1,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Seca 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	2,54	4	4,78	10	12,86	12,9	9,58	15,9	31,23
1,1	0,37	4,1	7,3	10,1	7,08	13	11,67	16	30,45
1,3	1,64	4,2	1,41	10,2	13,21	13,1	6	16,1	22,37
1,5	1,31	4,3	16,47	10,3	5,02	13,2	7,3	16,5	1,96
1,6	3,05	4,4	4,03	10,4	15,25	13,5	3,3	16,6	6,35
1,7	9,85	4,5	5,37	10,5	1,61	13,6	1,57	16,7	1,71
1,8	11,57	4,7	0,5	10,6	9,2	13,7	3,65	17	3,29
1,9	3,69	4,8	5,37	10,7	3,76	13,8	2,4	17,1	0,37
2	7,38	4,9	0,63	10,8	8,34	13,9	4,66	17,2	2,54
2,1	6,49	5	0,16	10,9	8,5	14	2,46	17,3	6,83
2,2	9,25	5,1	0,92	11	10,49	14,1	4,39	17,6	1,73
2,3	8,27	5,6	0,26	11,1	6	14,2	9,72	17,7	4,78
2,4	12,21	6,8	2,23	11,2	6,16	14,3	4,9	17,9	1,23
2,5	10,17	7	6,7	11,3	6,79	14,4	7,57	18	2,95
2,6	6,26	7,3	0,44	11,4	9,47	14,5	7,83	18,1	4,24
2,7	2,96	8	2,13	11,5	6,28	14,6	7,07	18,2	8,58
2,8	8,42	8,8	8,56	11,6	10,42	14,7	6,48	18,3	4,75
2,9	8,06	8,9	20,55	11,7	11,17	14,8	8,73	18,4	2,68
3	2,66	9	18,91	11,8	6,21	14,9	7,79	18,5	0,46
3,1	9,37	9,1	19,23	11,9	9,18	15	40,96	18,6	2,4
3,2	6,94	9,2	12,82	12	7,63	15,1	6,26	18,7	1,09
3,3	9,73	9,3	13,84	12,1	3,45	15,2	7,71	18,8	0,3
3,4	3,79	9,4	20	12,2	11,81	15,3	9,66	18,9	0,99
3,5	6,69	9,5	18,6	12,3	13,87	15,4	12,57	19	1,1
3,6	10,68	9,6	8,24	12,5	7,2	15,5	11,88	19,5	3,51
3,7	9,83	9,7	16,57	12,6	6,14	15,6	9,74	19,6	0,08
3,8	6,78	9,8	7,8	12,7	4,09	15,7	8,18	19,9	0,97
3,9	7,88	9,9	20,33	12,8	2,79	15,8	10,16	20	2,851

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO SECA 2,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Seca 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	3,7	4	5,4	7,4	0,78	10,6	8,69	14,6	17,16
1,1	8,14	4,1	9,46	7,5	1,9	10,7	5,7	14,7	7,09
1,2	3,84	4,2	4,32	7,6	1,97	10,8	6,84	14,8	17,55
1,3	1,42	4,3	6,65	7,7	2,2	10,9	6,89	14,9	17,38
1,4	0,89	4,4	3,74	7,8	3,14	11	7,67	15	27,68
1,5	5,1	4,5	6,36	7,9	0,18	11,1	5,23	15,1	20,91
1,6	4,96	4,6	0,87	8	6,81	11,2	2,95	15,2	17,73
1,7	9,05	4,7	3,44	8,1	6,29	11,3	9,35	15,3	22,58
1,8	10,54	4,8	4,5	8,2	5,34	11,4	5,67	15,4	9,48
1,9	2,11	4,9	1,13	8,3	4,78	11,5	1,18	15,5	18,16
2	6,42	5	3,46	8,4	6,83	11,6	4,34	15,6	17,01
2,1	5,15	5,1	1,48	8,5	5,04	11,7	4,89	15,7	16,36
2,2	10,23	5,2	0,18	8,6	2,9	11,8	4,63	15,8	13,39
2,3	8,51	5,3	1	8,7	3,64	11,9	4,33	15,9	18,42
2,4	11,17	5,4	0,3	8,8	4,75	12,2	3,16	16	19,87
2,5	9,22	5,6	0,93	8,9	2,44	12,7	2,04	16,1	16,57
2,6	8,89	6	1,92	9	4,64	13,2	14,6	16,2	0,18
2,7	3,5	6,1	1,87	9,1	7,24	13,3	12,19	16,6	8,55
2,8	9,26	6,2	3,46	9,2	2,46	13,4	11,42	16,7	1,87
2,9	8,23	6,3	5,81	9,3	1,26	13,5	19,33	17	0,13
3	7,49	6,4	1,89	9,4	7,08	13,6	11,49	17,2	2,25
3,1	10,58	6,5	7,68	9,5	3,35	13,7	10,05	17,7	0,93
3,2	8,08	6,6	6,89	9,6	0,84	13,8	16,24	18,1	1,29
3,3	11,08	6,7	8,09	9,7	4,77	13,9	16,41	18,2	6,38
3,4	5,13	6,8	8,29	9,9	2,44	14	10,15	18,4	6,72
3,5	7,65	6,9	7,4	10	4,5	14,1	13,42	18,8	0,28
3,6	9,99	7	7,39	10,1	8,36	14,2	19,39	19,5	3,4
3,7	8,21	7,1	4,65	10,2	6,61	14,3	14,46	19,6	0,4
3,8	6,43	7,2	12,31	10,3	7	14,4	12,89	20	0,37
3,9	6,94	7,3	3,77	10,4	8,25	14,5	19,78		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO HÚMEDA 1,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Húmeda 1,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	9,01	4,1	3,44	7,5	2,45	12	1,56	15,9	10,56
1,1	11,02	4,2	0,46	7,6	1,87	12,1	1,81	16	11,98
1,2	10,72	4,3	4,19	7,7	1,41	12,2	4,61	16,1	12,09
1,3	11,28	4,4	3,96	7,8	0,71	12,4	3,02	16,2	12,34
1,4	7,48	4,5	2,87	8	1,79	12,5	0,68	16,3	13,12
1,5	8,64	4,6	1,24	8,2	1,49	12,8	4,38	16,5	13,28
1,6	6,57	4,7	1,07	8,3	1,61	13	8,42	16,7	13,34
1,7	15,5	4,8	3,78	8,4	2,14	13,1	4,22	16,8	10,48
1,8	11,91	4,9	0,71	8,5	0,64	13,2	0,52	16,9	11,12
1,9	7,79	5	2,62	8,8	7,49	13,5	6,49	17	12,47
2	8,53	5,1	0,98	8,9	0,45	13,6	1,51	17,1	1,96
2,1	9,65	5,2	0,16	9	2,82	13,7	10,97	17,2	1,45
2,2	14,91	5,3	1,44	9,1	1,7	13,8	10,81	17,4	1,93
2,3	10,24	5,4	0,38	9,4	2,23	13,9	3,6	17,5	6,05
2,4	15,38	5,6	1,75	9,5	2,04	14	3,48	17,7	0,35
2,5	10,7	5,8	1,23	9,6	1,11	14,2	1,74	17,8	0,52
2,6	11,76	6	0,15	9,7	2,02	14,3	4,65	18	5,28
2,7	8,89	6,1	1,23	9,8	0,44	14,4	8,46	18,1	10,56
2,8	9,97	6,2	2,34	9,9	1,29	14,5	15,6	18,2	1,53
2,9	8,89	6,3	1,4	10	7,69	14,7	8,45	18,3	1,45
3	8,43	6,4	2,78	10,5	7,27	14,8	7,56	18,5	1,09
3,1	9,66	6,5	5,34	10,6	7,26	14,9	10,76	18,8	2,67
3,2	6,15	6,6	8,93	10,8	5,7	15	28,23	18,9	3,24
3,3	5,18	6,7	10,23	11	1,52	15,1	19,23	19	5,34
3,4	6,11	6,8	9,87	11,2	8,66	15,2	15,45	19,1	5,02
3,5	5,02	6,9	7,32	11,3	8,65	15,3	11,6	19,2	10,56
3,6	7,89	7	3,48	11,4	6,5	15,4	13,45	19,3	0,92
3,7	2,21	7,1	3,82	11,5	0,35	15,5	12,1	19,6	9,67
3,8	1,89	7,2	6,1	11,7	8,43	15,6	11,9	19,8	3,4
3,9	5,68	7,3	1,12	11,8	7,52	15,7	10,5	19,9	1,66
4	1,26	7,4	4,3	11,9	7,01	15,8	11,56	20	0,83

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO HÚMEDA 2,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Húmeda 2,5 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	6,36	3,5	1,02	6,6	2,01	13,8	9,31	16,7	11,84
1,1	8,37	3,6	3,89	6,7	1,32	13,9	2,1	16,8	8,98
1,2	8,07	3,7	1,79	6,8	2,34	14	1,98	16,9	9,62
1,3	8,63	3,9	1,68	6,9	3,32	14,2	0,24	17	10,97
1,4	4,83	4	2,74	7,2	2,1	14,3	3,15	17,1	0,46
1,5	5,99	4,2	2,56	7,4	0,3	14,4	6,96	17,4	0,43
1,6	3,92	4,3	0,19	8,8	3,49	14,5	14,1	17,5	3,23
1,7	11,5	4,4	0,04	10	3,69	14,7	6,95	17,7	1,15
1,8	7,91	4,5	0,22	10,5	3,27	14,8	6,06	17,9	5,45
1,9	3,79	4,6	1,13	10,6	3,26	14,9	9,26	18	3,78
2	4,53	4,7	1,98	10,8	1,7	15	35,45	18,1	5,34
2,1	5,65	4,8	0,12	11,2	4,66	15,1	22,34	18,2	0,03
2,2	10,91	4,9	2,43	11,3	4,65	15,2	23,87	18,3	0,08
2,3	6,24	5	1,45	11,4	2,5	15,3	21,78	18,4	3,82
2,4	11,38	5,1	3,56	11,7	4,43	15,4	20,78	18,5	1,41
2,5	6,7	5,2	3,76	11,8	3,52	15,5	19,56	18,6	3,93
2,6	7,76	5,3	2,34	11,9	3,01	15,6	18,67	18,7	6,54
2,7	4,89	5,4	4,38	12,2	0,61	15,7	10,34	18,8	1,17
2,8	5,97	5,5	3,31	12,4	1,52	15,8	11,23	18,9	1,56
2,9	4,89	5,6	5,75	12,8	2,88	15,9	13,45	19	3,84
3	4,43	5,8	5,23	13	6,92	16	10,48	19,1	3,52
3,1	5,66	5,9	4,92	13,1	2,72	16,1	10,59	19,2	10,23
3,2	2,15	6	3,85	13,5	4,99	16,2	10,84	19,4	8,17
3,3	1,18	6,1	2,77	13,6	0,01	16,3	11,62	19,7	12,45
3,4	2,11	6,5	1,34	13,7	9,47	16,5	11,78	19,9	1,9

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **VIDRIO CRUDO 5 LÍNEAS**

Limpieza de Datos Vidrio Crudo 5 líneas									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,16	8	5,6	10,4	5,51	13,2	1,24	16	26,93
1,1	6,57	8,1	2,52	10,5	4,22	13,3	0,68	16,1	33,33
1,2	1,16	8,2	5,48	10,6	4,97	13,5	1,03	16,4	0,48
1,7	0,67	8,3	1,04	10,7	5,99	13,7	1,22	16,5	0,05
1,8	2,87	8,4	0,88	10,8	6,13	13,9	8,68	16,7	0,31
2,2	2,19	8,5	1,91	10,9	3,53	14,1	7,77	16,8	0,85
2,3	3,09	8,6	2,55	11	3,27	14,2	12,53	17,2	0,99
2,4	3,08	8,7	3,62	11,1	2,11	14,3	10	17,3	1,49
2,8	0,18	8,8	5,06	11,2	4,45	14,4	11,31	17,5	0,02
3,1	2,6	8,9	2,97	11,3	6,38	14,5	14,5	17,6	0,05
3,5	0,49	9	3,19	11,4	6,14	14,6	12,96	17,7	0,2
3,7	0,85	9,1	7,7	11,5	3	14,7	12,31	18,4	2,04
4,1	0,71	9,2	2,4	11,6	3,34	14,8	12,8	18,6	1,72
5,2	0,51	9,3	3,46	11,7	6,74	14,9	12,39	18,8	0,68
6,6	1,93	9,4	4,99	11,8	4,94	15	13,2	19,1	1,77
6,7	1,78	9,5	1,29	11,9	3,74	15,1	15,37	19,2	1,23
6,8	6,02	9,6	3,13	12	1,46	15,2	16,9	19,3	0,59
6,9	11,25	9,7	6,39	12,1	0,89	15,3	18,65	19,5	3,67
7	10,63	9,8	5,2	12,3	0,12	15,4	24,58	19,9	0,44
7,1	0,6	9,9	2,74	12,4	0,11	15,5	22,07	20	2,4
7,6	1,39	10	2,65	12,5	0,28	15,6	22,28		
7,7	3,53	10,1	5,26	12,7	0,11	15,7	30,82		
7,8	5,55	10,2	3,83	13	2,16	15,8	27,1		
7,9	5,56	10,3	5,6	13,1	0,56	15,9	26,46		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO CRUDO 10 LÍNEAS

Limpieza de Datos Vidrio Crudo 10 líneas									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,56	4,1	8,7	8	1,98	11,9	2,59	15,4	24,67
1,1	2,29	4,2	10,04	8,1	0,01	12	0,13	15,5	21,49
1,2	7,26	4,3	11,14	8,2	0,7	12,1	1,75	15,6	23,1
1,4	8,38	4,4	12,86	8,3	0,07	12,2	0,06	15,7	28,93
1,5	11,5	4,5	12,89	8,5	0,34	12,4	1,04	15,8	28,22
1,6	10,32	4,6	12,92	8,7	0,88	12,5	0,41	15,9	26,04
1,7	8,48	4,7	12,82	8,8	1,99	13	5,3	16	26,77
1,8	5,49	4,8	14,53	9	1,47	13,1	5,2	16,1	32,72
1,9	5,04	4,9	11,82	9,1	2,82	13,2	7,63	16,4	0,25
2	5,28	5	12,8	9,5	1,62	13,3	5,05	16,8	2,27
2,1	8,45	5,1	11,72	9,6	3,7	13,4	2,58	17,1	0,3
2,2	8,48	5,2	12,18	9,7	2,51	13,5	7,96	17,5	0,4
2,3	1,3	5,3	12,32	9,8	0,92	13,6	7,15	18,1	0,18
2,4	10,14	5,4	5,56	9,9	0,69	13,7	9,12	18,4	0,8
2,5	11,88	5,5	6,31	10,1	1,68	13,8	8,95	18,6	0,3
2,6	4,79	5,6	4,8	10,2	2,83	13,9	10,29	18,9	0,56
2,7	5,76	5,7	3,24	10,3	1,67	14	5,85	19,1	0,75
2,8	10,84	5,8	6,2	10,4	4,68	14,1	10,3	19,2	0,47
2,9	6,33	5,9	9,58	10,5	3,24	14,2	13,47	19,3	0,9
3	9,3	6	6,08	10,6	2,89	14,3	10,42	19,5	2,98
3,1	12,11	6,1	6,6	10,7	3,57	14,4	10,48	19,8	1,49
3,2	6,36	6,2	5,86	10,8	2,44	14,5	14,16	20	5,13
3,3	8,91	6,7	0,14	10,9	0,73	14,6	13,31		
3,4	9,59	6,8	6,28	11	2,47	14,7	12,5		
3,5	6,01	6,9	3,74	11,1	4,52	14,8	13,95		
3,6	7,1	7	7,59	11,2	3,76	14,9	14,29		
3,7	10,83	7,4	1,33	11,3	4,8	15	13,23		
3,8	7,1	7,5	0,9	11,4	5,06	15,1	15,42		
3,9	9,39	7,7	0,5	11,5	2,91	15,2	17,01		
4	10,12	7,8	2,12	11,6	2,76	15,3	17,62		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO TEMPLADO 5 LÍNEAS

Limpieza de Datos Vidrio Templado 5 líneas									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	9,29	7,5	1,37	10,1	4,1	12,7	1,65	15,1	15,04
1,1	0,28	7,6	2,94	10,2	3,1	12,8	1,06	15,2	17,58
1,2	1,72	7,7	7	10,3	3,69	12,9	0,9	15,3	18,68
1,3	0,37	7,8	5,05	10,4	8	13	5,57	15,4	23,34
1,5	0,19	7,9	2,78	10,5	5,89	13,1	4,47	15,5	22,95
1,9	0,01	8	6,11	10,6	5,86	13,2	5,13	15,6	23
2,1	0,29	8,1	2,1	10,7	4,08	13,3	3,96	15,7	29,92
2,2	1,19	8,2	4,87	10,8	5,78	13,4	1,86	15,8	27,41
2,4	1,42	8,3	4,24	10,9	5,3	13,5	7,31	15,9	26,45
2,5	1,75	8,4	2,03	11	6,06	13,6	5,27	16	27,6
2,6	0,99	8,5	2,69	11,1	5,76	13,7	7,22	16,1	33,36
2,7	0,09	8,6	1,64	11,2	3,9	13,8	6,86	16,7	2,09
3	0,63	8,7	3,92	11,3	4,99	13,9	8,92	16,8	2,29
3,2	0,08	8,8	3,38	11,4	6,07	14	8,22	17	0,35
3,3	0,11	8,9	5,36	11,5	4,79	14,1	9,68	17,2	1,31
3,6	0,25	9	1,99	11,6	5,88	14,2	12,93	17,3	0,73
3,9	0,08	9,1	5,23	11,7	5,78	14,3	12,16	17,6	0,08
4	0,08	9,2	3,56	11,8	5,1	14,4	1,84	18,2	0,14
4,1	0,18	9,3	2,75	11,9	3,75	14,5	1,81	18,4	0,07
4,2	1,43	9,4	7,84	12	3,04	14,6	2,22	18,6	0,7
4,3	1,07	9,5	4,53	12,1	4,1	14,7	15,21	19,1	1,12
5,2	0,33	9,6	3,2	12,2	1,84	14,8	12,65	19,5	4,09
6,7	4,55	9,7	4,01	12,3	1,81	14,9	12,3	19,9	0,98
6,8	4,97	9,8	4,44	12,4	2,22	15	13,18	20	4,95
6,9	11,16	9,9	6,42	12,5	1,95	15,1	12,49		
7,1	4,03	10	3,54	12,6	1,19	15,2	13,13		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO TEMPLADO 10 LÍNEAS

Limpieza de Datos Vidrio Templado 5 líneas									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,24	7,8	4,28	10,8	6,55	13,5	8,39	16,1	35,7
1,1	1,73	7,9	5,48	10,9	2,94	13,6	5,2	16,4	0,86
1,2	2,25	8	2,44	11	1,29	13,7	8,37	16,6	0,12
2,2	0,06	8,1	3,09	11,1	4,02	13,8	7,12	16,7	2,06
2,4	0,71	8,2	0,67	11,2	6,3	13,9	10,69	16,8	2,29
2,5	0,02	8,4	4,66	11,3	4,18	14	6,82	17,2	1,09
2,6	0,37	8,5	3,26	11,4	5,69	14,1	8,07	17,6	0,17
2,7	0,04	8,6	1,16	11,5	2,82	14,2	12,4	17,7	0,18
2,8	0,49	8,7	2,27	11,6	3,96	14,3	12,42	17,9	0,07
3	0,46	8,8	1,35	11,7	7,02	14,4	8,3	18,1	0,47
4,8	0,47	9	3,63	11,8	4,69	14,5	15,41	18,2	0,41
5,2	1,6	9,1	1,64	11,9	3,23	14,6	11,99	18,3	0,34
5,3	0,01	9,3	2,05	12	0,99	14,7	13,92	18,4	0,48
5,8	0,03	9,4	2,61	12,1	2,2	14,8	11,57	18,6	0,32
5,9	0,08	9,5	0,16	12,2	2,76	14,9	13,11	18,7	0,05
6,6	0,79	9,6	4,14	12,3	2,42	15	13,07	19,1	1,64
6,7	3,53	9,7	5,43	12,4	1,29	15,1	16,4	19,2	1,46
6,8	8,76	9,8	1,38	12,5	1,13	15,2	18,88	19,3	1,14
6,9	7,89	9,9	3,09	12,6	0,89	15,3	18,6	19,5	8,05
7	12,95	10	4,76	12,7	0,11	15,4	23,17	19,6	1,08
7,1	1,99	10,1	1,73	12,8	0,23	15,5	23,08	19,8	0,36
7,3	1,69	10,2	2,86	13	5,29	15,6	23,69	20	5,56
7,4	3,78	10,4	1,52	13,1	5,1	15,7	30,3		
7,5	2,71	10,5	3,37	13,2	7	15,8	29,87		
7,6	2,88	10,6	5,04	13,3	4,64	15,9	46,6		
7,7	0,37	10,7	5,24	13,4	3,19	16	28,21		

Realizado por: Genesis

- CONCRETO 10 CM

Limpieza de Datos Concreto 10 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,99	7	13,7	10,3	0,58	13,3	5,39	16,3	0,02
1,1	2,48	7,1	2,74	10,4	2,27	13,4	3,94	16,4	1,61
1,2	3	7,3	2,44	10,5	4,12	13,5	9,14	16,5	0,69
2,2	0,81	7,4	4,53	10,6	5,79	13,6	5,95	16,6	0,87
2,4	1,46	7,5	3,46	10,7	5,99	13,7	9,12	16,7	2,81
2,5	0,77	7,6	3,63	10,8	7,3	13,8	7,87	16,8	3,04
2,6	1,12	7,7	1,12	10,9	3,69	13,9	11,44	17,2	1,84
2,7	0,79	7,8	5,03	11	2,04	14	7,57	17,3	0,24
2,8	1,24	7,9	6,23	11,1	4,77	14,1	8,82	17,6	0,92
2,9	0,39	8	3,19	11,2	7,05	14,2	13,15	17,7	0,93
3	1,21	8,1	3,84	11,3	4,93	14,3	13,17	17,9	0,82
4,2	0,55	8,2	1,42	11,4	6,44	14,4	9,05	18,1	1,22
4,3	0,35	8,3	0,52	11,5	3,57	14,5	16,16	18,2	1,16
4,5	0,17	8,4	5,41	11,6	4,71	14,6	12,74	18,3	1,09
4,8	1,22	8,5	4,01	11,7	7,77	14,7	14,67	18,4	1,23
5	0,41	8,6	1,91	11,8	5,44	14,8	12,32	18,5	0,67
5,2	2,35	8,7	3,02	11,9	3,98	14,9	13,86	18,6	1,07
5,3	0,76	8,8	2,1	12	1,74	15	13,82	18,7	0,8
5,4	0,14	9	4,38	12,1	2,95	15,1	17,15	19,1	2,39
5,5	0,58	9,1	2,39	12,2	3,51	15,2	19,63	19,2	2,21
5,6	0,67	9,3	2,8	12,3	3,17	15,3	19,35	19,3	1,89
5,8	0,78	9,4	3,36	12,4	2,04	15,4	23,92	19,5	8,8
5,9	0,83	9,5	0,91	12,5	1,88	15,5	23,83	19,6	1,83
6	0,2	9,6	4,89	12,6	1,64	15,6	24,44	19,7	0,54
6,2	0,59	9,7	6,18	12,7	0,86	15,7	31,05	19,8	1,11
6,3	0,2	9,8	2,13	12,8	0,98	15,8	30,62	20	6,31
6,6	1,54	9,9	3,84	12,9	0,31	15,9	47,35		
6,7	4,28	10	5,51	13	6,04	16	28,96		
6,8	9,51	10,1	2,48	13,1	5,85	16,1	36,45		
6,9	8,64	10,2	3,61	13,2	7,75	16,2	0,14		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **CONCRETO 20 CM**

Limpieza de Datos Concreto 20 cm									
Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]	Fr[GHz]	P[dBm]
1	1,85	5,1	4,77	9,6	2,81	13,7	12,39	16,7	4,51
1,1	7,3	5,4	4,84	9,7	2,43	13,8	7,54	16,8	0,78
1,2	6,42	5,6	5,42	9,9	0,56	14,2	9,82	17,1	6,26
1,3	6,7	5,9	6,64	10,2	4,12	14,3	4,84	17,2	4,71
1,4	4,92	6,1	6,85	10,3	0,63	14,4	4,41	17,3	2,8
1,5	4,51	6,4	9,11	10,4	2,02	14,5	6,61	17,8	0,15
1,6	1,69	6,6	5,87	10,5	1,88	14,6	8,27	17,9	1,7
1,7	4,45	6,7	13,39	10,6	3,15	14,7	6,18	18	4,8
1,8	1,98	6,8	3,7	10,7	0,41	14,8	4,32	18,1	3,45
1,9	7,4	6,9	6,48	10,8	0,48	14,9	2,38	18,2	2,92
2,1	7,39	7	9,6	11,7	2,21	15	30,21	18,3	0,36
2,2	7,85	7,1	5,31	11,8	1,85	15,1	3,79	18,4	4,86
2,3	1,5	7,2	2,11	11,9	1,52	15,2	6,01	18,5	2,78
2,4	7,93	8,2	1,27	12,1	5,62	15,3	7,13	18,6	1,35
2,6	6,07	8,3	0,46	12,2	1,62	15,4	12,23	18,8	0,57
2,9	7,16	8,5	0,4	12,4	1,7	15,5	12,57	19,1	1,27
3	5,39	9	1,21	12,5	3,59	15,6	13,02	19,2	1,24
3,4	5,87	9,1	0,92	12,7	0,82	15,7	14,08	19,3	3
3,7	5,75	9,2	1,45	13,1	2,17	15,8	13,3	19,4	0,59
4	9,61	9,3	3,48	13,2	5,52	15,9	11,77	19,5	6,46
4,2	8,15	9,4	9,21	13,3	5,92	16	13,64	19,7	4,21
4,4	4,59	9,5	1,73	13,4	5,47	16,1	14,1		
4,7	5,15	9,6	2,81	13,5	12,34	16,5	7,07		
4,9	6,29	5,1	4,77	13,6	9,83	16,6	0,63		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE LA PERMITIVIDAD DE MATERIALES

- **MADERA PINO SECA 1,5 cm**

Limpieza de Datos Madera Pino Seca 1,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	3,5393	4,8	3,7010	8,1	4,6818	11,5	4,0104	15,2	2,1957
1,1	4,0954	4,9	2,2564	8,2	2,5183	11,7	4,3555	15,3	2,2227
1,7	3,1538	5	3,7010	8,3	3,9339	11,9	2,2025	15,4	4,6403
1,8	4,5416	5,1	2,6800	8,4	4,2521	12	2,5587	15,5	2,7884
2,2	2,2362	5,2	4,1812	8,5	3,2948	12,1	2,3707	15,6	2,5049
2,3	2,9251	5,3	2,0186	8,6	4,0954	12,3	2,1280	15,7	2,6260
2,4	4,1734	5,4	2,4243	8,7	3,8280	12,4	2,3505	15,8	3,1119
2,5	4,3235	5,5	2,3639	8,8	3,4235	12,6	2,4713	15,9	2,7884
2,7	3,6714	5,6	2,6395	8,9	2,6935	12,8	4,2758	16	4,5908
2,8	4,3635	5,8	2,3237	9	2,7274	12,9	2,1416	16,1	3,8808
2,9	2,4445	5,9	2,1416	9,1	2,4512	13	2,9388	16,2	2,8498
3	2,2160	6,1	2,3639	9,3	2,5250	13,3	4,4036	16,3	2,3237
3,1	4,4521	6,3	2,1416	9,4	4,3315	13,5	4,6155	16,6	2,9939
3,2	4,2442	6,4	2,2092	9,6	4,1499	13,6	2,7816	16,7	2,0598
3,3	2,9870	6,6	4,3315	9,7	4,1499	13,7	4,0954	16,9	3,1819
3,4	2,8908	6,7	2,0255	9,8	2,1076	13,8	3,0980	17	2,0666
3,5	3,9492	6,8	2,5385	9,9	4,4440	13,9	2,0186	17,2	2,3438
3,6	4,6403	6,9	4,4278	10	2,4445	14	3,2100	17,7	2,2295
3,7	2,5788	7	4,3555	10,1	2,2766	14,1	4,2600	17,9	3,1329
3,8	2,5519	7,1	4,1499	10,2	3,5978	14,2	4,2363	18	2,1212
3,9	3,3162	7,2	2,2564	10,4	4,8583	14,3	2,5318	18,1	2,5856
4	3,3233	7,3	4,3875	10,5	4,4521	14,4	4,5089	18,2	2,1957
4,1	4,8075	7,4	4,4440	10,6	4,2758	14,5	2,5654	18,3	2,2227
4,2	2,5183	7,5	2,5116	10,7	3,1189	14,6	4,2521	18,4	4,6403
4,3	3,4379	7,6	2,5990	10,8	4,0954	14,7	4,1890	18,5	2,7884
4,4	2,6327	7,7	4,1890	11,1	4,1421	14,8	2,4109	18,8	2,5049
4,5	3,6198	7,8	4,1734	11,2	2,1348	14,9	2,6462	19,3	2,6260
4,6	2,8361	7,9	4,0954	11,3	3,7605	15	2,0186	19,6	3,1119
4,7	3,5978	8	3,3589	11,4	4,1109	15,1	2,9114	20	2,7884

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA PINO SECA 2,5 cm**

Limpieza de Datos Madera Pino Seca 2,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	2,0673	3,9	2,7613	7,8	3,9339	14	4,1734	16,8	4,6569
1,1	2,0871	4	2,7749	8	2,6462	14,1	4,2758	16,9	4,1734
1,2	2,4713	4,1	2,7206	8,1	2,4780	14,2	2,9457	17	3,8506
1,3	2,3102	4,2	2,5923	8,2	2,4579	14,3	2,2766	17,1	3,6936
1,4	2,5654	4,3	2,1551	8,3	2,3774	14,4	2,9664	17,2	3,7456
1,5	2,4445	4,4	2,0461	8,4	2,1348	14,5	4,0412	17,3	3,7904
1,6	2,3035	4,5	2,2900	8,5	2,6462	14,6	3,0147	17,4	2,6260
1,7	2,0598	4,6	3,7158	8,6	2,1280	14,7	2,5519	17,5	2,1619
1,8	2,2766	4,8	2,2631	8,8	2,2631	14,8	3,8355	17,6	2,0666
1,9	2,3102	5	2,3639	9	2,2699	14,9	2,8908	17,7	3,9874
2	2,6327	5,1	2,4378	9,1	2,4579	15	3,5978	17,8	3,7381
2,1	3,1398	5,2	2,3707	9,4	2,9801	15,1	3,3375	17,9	2,4579
2,2	3,8732	5,4	2,3975	9,5	2,2564	15,2	3,8430	18,3	2,1551
2,3	4,4197	5,7	2,3237	11,3	2,4579	15,3	3,9951	18,4	3,5393
2,4	2,9939	5,9	4,4926	12,1	4,0104	15,4	3,0424	18,5	2,5721
2,5	3,3447	6,2	4,6569	12,3	3,6788	15,5	3,7605	18,6	2,1483
2,7	2,3639	6,3	3,0424	12,5	3,1049	15,6	3,6788	18,8	2,3371
2,8	3,5685	6,5	3,7456	12,7	3,4957	15,7	3,8054	18,9	3,7158
2,9	2,4378	6,6	4,7319	12,9	3,0424	15,8	4,4359	19	2,1890
3	3,3804	6,7	4,1109	13,1	2,4579	15,9	3,6788	19,1	2,9664
3,1	4,0721	6,8	4,2758	13,2	4,3076	16	4,3635	19,2	3,6418
3,2	3,4091	7	2,4982	13,3	3,5612	16,1	2,8908	19,3	2,6260
3,3	2,6867	7,1	3,2312	13,4	2,4512	16,2	2,9664	19,4	2,3639
3,4	2,3102	7,2	2,4042	13,5	2,9664	16,3	4,1734	19,5	2,2900
3,5	3,3375	7,3	2,8634	13,6	4,3315	16,4	4,2758	19,6	2,4378
3,6	2,8566	7,4	2,3841	13,7	4,3315	16,5	2,1212	19,8	2,2900
3,7	2,8498	7,5	2,4378	13,8	3,7605	16,6	2,4579	19,9	2,1212
3,8	2,2429	7,7	2,2564	13,9	3,0424	16,7	3,2241	20	2,9664

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA PINO HÚMEDA 1,5 cm**

Limpieza de Datos Madera Pino Húmeda 1,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	4,2521	4,3	5,2049	9,1	4,8160	12,6	5,4107	15,9	4,7068
1,1	4,8244	4,4	5,0908	9,2	3,7605	12,7	5,2315	16	4,2758
1,2	4,9953	4,5	5,1170	9,3	3,6862	12,8	5,3656	16,1	5,4689
1,3	5,0126	4,6	5,2049	9,4	3,9263	12,9	5,3207	16,2	5,7994
1,5	4,7152	4,7	5,0126	9,5	4,0799	13	4,4845	16,3	5,4017
1,6	4,3635	4,8	5,3028	9,6	4,5908	13,1	4,6486	16,4	5,7053
1,7	4,4440	4,9	5,2315	9,7	5,5568	13,3	4,6818	16,5	5,4017
1,8	4,5252	5	5,5018	9,9	4,6985	13,4	4,5416	16,6	5,4017
1,9	4,6073	5,1	4,6321	10	4,1109	13,5	4,9523	16,7	5,2227
2	3,6788	5,2	4,1890	10,1	4,5008	13,6	5,2049	16,8	5,0074
2,1	3,7605	5,3	4,7235	10,2	4,3395	13,7	5,6122	16,9	4,3635
2,2	3,8430	5,4	4,8924	10,3	4,5908	13,8	5,3836	17	5,2049
2,3	4,0104	5,5	4,6155	10,4	4,6073	13,9	5,3028	17,2	4,1343
2,4	4,1032	5,6	4,1890	10,5	4,6901	14	5,7147	17,3	5,2049
2,5	4,1969	5,7	4,1032	10,6	4,1969	14,1	5,4561	17,4	4,4926
2,6	4,2917	6,7	4,0876	10,8	4,0721	14,2	5,7241	17,8	6,1367
2,7	4,3875	6,8	3,7605	10,9	4,5416	14,3	5,5018	17,9	5,3028
2,8	4,4764	6,9	3,9874	11	4,0104	14,4	5,1082	18	3,7605
2,9	4,4926	7	4,0876	11,1	4,3956	14,5	5,7900	18,1	4,3635
3	4,7402	7,1	4,3395	11,2	4,7152	14,6	5,5384	18,2	4,1890
3,1	4,8244	7,2	4,3475	11,3	4,4845	14,7	5,7994	18,3	3,8430
3,2	4,1890	7,3	5,3927	11,4	4,6486	14,8	4,1109	18,4	4,0876
3,3	5,1082	7,5	3,5247	11,5	4,6818	14,9	5,2049	18,5	4,5089
3,4	5,0299	7,7	4,2600	11,6	4,5416	15	4,9009	18,7	4,6321
3,5	5,1257	7,8	4,3875	11,7	4,9523	15,1	4,3635	18,8	4,8924
3,6	5,2315	7,9	4,3795	11,8	5,2049	15,2	5,1082	18,9	4,3635
3,7	5,3296	8,1	3,7084	11,9	5,6122	15,3	5,4380	19,1	4,1109
3,8	5,4017	8,3	3,6788	12,1	5,3836	15,4	4,5416	19,6	5,2049
3,9	5,5018	8,6	5,3028	12,2	5,3028	15,5	5,2049	19,7	4,9009
4	5,5845	8,7	5,7053	12,3	5,7147	15,6	5,4017	19,8	4,3635
4,1	5,2085	8,8	5,6030	12,4	5,4561	15,7	5,6030	19,9	5,1082
4,2	5,0126	9	3,6788	12,5	5,7241	15,8	5,0126	20	5,4380

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- MADERA PINO HÚMEDA 2,5 CM

Limpieza de Datos Madera Pino Húmeda 2,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	4,95	3,7	2,31	8,8	2,78	14,7	5,47	17,8	7,86
1,1	5,60	3,9	2,24	10	2,92	14,8	4,70	17,9	4,20
1,2	5,20	4	2,28	10,2	6,25	14,9	6,24	18	2,98
1,3	5,80	4,2	2,16	10,5	2,63	15	5,92	18,1	4,12
1,4	3,73	4,7	2,44	10,6	2,63	15,1	5,84	18,2	2,18
1,5	4,64	4,9	2,07	10,8	2,25	15,2	5,50	18,3	2,14
1,6	3,08	5	2,08	11,2	3,61	15,3	5,92	18,4	3,01
1,7	6,03	5,1	2,83	11,3	3,60	15,4	6,45	18,5	2,14
1,8	6,40	5,2	2,97	11,4	2,11	15,5	5,80	18,6	3,08
1,9	2,99	5,3	2,00	11,7	3,44	15,6	5,41	18,7	5,11
2	3,51	5,4	3,40	11,8	2,80	15,7	6,47	18,8	2,08
2,1	4,36	5,5	2,66	11,9	2,46	15,8	6,72	18,9	2,22
2,2	6,03	5,6	4,44	12,4	2,13	15,9	6,25	19	3,02
2,3	4,85	5,8	4,03	12,8	2,37	16	5,06	19,1	2,80
2,4	5,92	5,9	3,80	13	5,45	16,1	5,15	19,2	6,58
2,5	5,25	6	3,03	13,1	2,26	16,2	3,85	19,3	2,59
2,6	6,25	6,1	2,30	13,4	6,58	16,3	6,68	19,4	6,66
2,7	3,78	6,5	2,00	13,5	3,85	16,5	6,30	19,5	5,60
2,8	4,62	6,6	2,46	13,7	6,68	16,7	2,52	19,6	2,38
2,9	3,78	6,7	2,05	13,8	6,30	16,8	2,44	19,7	4,09
3	3,44	6,8	2,00	13,9	2,52	16,9	2,55	19,8	2,26
3,1	4,37	6,9	2,67	14	2,44	17	5,48	19,9	2,09
3,2	2,55	7,2	2,52	14,3	2,55	17,5	6,58	20	2,04
3,4	2,53	7,6	5,30	14,4	5,48	17,6	5,47		
3,6	3,06	8,6	5,92	14,5	6,58	17,7	4,70		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO SECA 1,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Seca 1,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	3,75	4	3,84	10	4,06	12,9	4,00	15,9	3,50
1,1	4,54	4,1	4,57	10,1	4,54	13	4,62	16	3,68
1,3	3,20	4,2	4,66	10,2	2,97	13,1	4,63	16,1	3,62
1,5	4,92	4,3	4,57	10,3	3,44	13,2	4,28	16,5	4,06
1,6	3,39	4,4	4,28	10,4	4,19	13,5	3,57	16,6	3,32
1,7	5,01	4,5	4,63	10,5	3,91	13,6	3,12	16,7	3,66
1,8	4,72	4,7	4,80	10,6	4,62	13,7	3,83	17	3,56
1,9	3,86	4,8	4,90	10,7	3,91	13,8	2,93	17,1	2,97
2	4,72	4,9	4,72	10,8	3,26	13,9	4,62	17,2	3,03
2,1	4,36	5	4,09	10,9	3,00	14	2,97	17,3	4,90
2,2	3,20	5,1	3,12	11	4,00	14,1	4,40	17,6	3,52
2,3	5,01	5,6	3,76	11,1	3,75	14,2	3,52	17,7	4,72
2,4	4,62	6,8	4,54	11,2	4,54	14,3	3,32	17,9	3,52
2,5	4,36	7	3,76	11,3	3,20	14,4	4,28	18	3,32
2,6	3,54	7,3	2,97	11,4	4,92	14,5	4,53	18,1	4,28
2,7	3,32	8	2,75	11,5	3,39	14,6	4,70	18,2	4,53
2,8	3,66	8,8	5,40	11,6	5,01	14,7	3,13	18,3	4,70
2,9	4,54	8,9	5,08	11,7	4,72	14,8	4,92	18,4	3,13
3	3,11	9	4,71	11,8	3,86	14,9	4,72	18,5	4,92
3,1	3,62	9,1	4,04	11,9	4,72	15	4,80	18,6	3,39
3,2	4,06	9,2	3,34	12	4,36	15,1	4,08	18,7	5,01
3,3	4,54	9,3	3,97	12,1	3,20	15,2	4,90	18,8	4,72
3,4	3,93	9,4	5,00	12,2	5,01	15,3	4,63	18,9	3,86
3,5	4,47	9,5	3,32	12,3	4,00	15,4	3,05	19	4,72
3,6	3,52	9,6	3,66	12,5	4,72	15,5	3,52	19,5	4,36
3,7	4,77	9,7	4,54	12,6	3,18	15,6	4,19	19,6	3,20
3,8	4,28	9,8	3,11	12,7	4,17	15,7	4,94	19,9	5,01
3,9	3,04	9,9	3,62	12,8	3,20	15,8	4,30	20	4,62

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO SECA 2,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Seca 2,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	3,75	4	6,10	7,4	6,58	10,6	3,83	14,6	4,90
1,1	5,92	4,1	4,57	7,5	3,91	10,7	2,93	14,7	3,52
1,2	3,20	4,2	4,28	7,6	4,62	10,8	5,41	14,8	4,72
1,3	6,03	4,3	4,63	7,7	6,13	10,9	2,97	14,9	3,52
1,4	3,39	4,4	4,80	7,8	3,26	11	4,40	15	6,25
1,5	5,01	4,5	5,70	7,9	3,00	11,1	3,52	15,1	4,28
1,6	6,58	4,6	4,72	8	4,00	11,2	5,76	15,2	4,53
1,7	3,86	4,7	6,14	8,1	3,75	11,3	6,58	15,3	4,70
1,8	4,72	4,8	3,12	8,2	6,36	11,4	5,20	15,4	3,13
1,9	4,36	4,9	3,76	8,3	3,20	11,5	4,70	15,5	5,92
2	5,92	5	4,54	8,4	5,71	11,6	5,92	15,6	3,39
2,1	5,01	5,1	5,49	8,5	3,39	11,7	4,92	15,7	5,01
2,2	4,62	5,2	2,97	8,6	5,01	11,8	4,72	15,8	4,72
2,3	4,36	5,3	2,75	8,7	4,72	11,9	4,80	15,9	3,86
2,4	3,54	5,4	5,40	8,8	5,92	12,2	6,10	16	4,72
2,5	3,32	5,6	5,60	8,9	6,58	12,7	4,90	16,1	4,36
2,6	5,90	6	4,71	9	4,36	13,2	4,63	16,2	3,20
2,7	4,54	6,1	4,04	9,1	3,20	13,3	3,05	16,6	5,01
2,8	3,11	6,2	5,79	9,2	5,01	13,4	3,52	16,7	5,20
2,9	3,62	6,3	6,10	9,3	4,00	13,5	4,19	17	4,36
3	4,06	6,4	5,00	9,4	5,50	13,6	4,94	17,2	3,54
3,1	4,54	6,5	3,32	9,5	3,18	13,7	6,00	17,7	3,50
3,2	6,00	6,6	3,66	9,6	4,17	13,8	3,50	18,1	4,36
3,3	4,47	6,7	5,50	9,7	3,20	13,9	3,68	18,2	6,18
3,4	3,52	6,8	6,46	9,9	4,00	14	3,62	18,4	6,52
3,5	4,77	6,9	3,62	10	4,62	14,1	6,03	18,8	5,50
3,6	4,28	7	4,06	10,1	6,47	14,2	3,32	19,5	5,92
3,7	3,04	7,1	4,54	10,2	4,28	14,3	3,66	19,6	5,58
3,8	3,84	7,2	2,97	10,3	6,10	14,4	3,56	20	5,50
3,9	4,57	7,3	5,92	10,4	3,12	14,5	2,97		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

• **MADERA EUCALIPTO HÚMEDA 1,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Húmeda 1,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	3,3589	4,1	3,6714	7,5	3,6788	12	4,5416	15,9	3,5247
1,1	3,3661	4,2	3,4523	7,6	4,7991	12,1	3,9492	16	5,3028
1,2	3,8808	4,3	4,2442	7,7	5,2760	12,2	4,5826	16,1	4,1655
1,3	3,5539	4,4	4,0644	7,8	6,4056	12,4	3,3661	16,2	3,8430
1,4	3,7010	4,5	3,2594	8	4,2758	12,5	3,8506	16,3	3,5247
1,5	6,3552	4,6	3,5247	8,2	5,3386	12,8	4,3956	16,5	5,2049
1,6	6,3653	4,7	3,4019	8,3	5,3566	13	6,2156	16,7	4,9265
1,7	6,6928	4,8	3,9263	8,4	3,5175	13,1	4,2679	16,8	6,3753
1,8	5,6030	4,9	3,9263	8,5	4,6106	13,2	4,2758	16,9	5,0126
1,9	5,6122	5	3,0840	8,8	5,7053	13,5	6,2851	17	4,4602
2	6,6928	5,1	4,0721	8,9	6,6720	13,6	5,1108	17,1	5,7711
2,1	6,7975	5,2	3,5758	9	4,7570	13,7	6,2453	17,2	5,9233
2,2	3,7605	5,3	3,6714	9,1	5,5018	13,8	5,1082	17,4	4,0412
2,3	3,3589	5,4	3,6271	9,4	4,5416	13,9	3,7904	17,5	5,8564
2,4	3,3447	5,6	3,9035	9,5	4,9437	14	3,7010	17,7	6,0294
2,5	3,2736	5,8	3,5175	9,6	5,9233	14,2	5,4380	17,8	6,3151
2,6	3,0424	6	3,5685	9,7	6,7241	14,3	4,6155	18	5,1521
2,7	6,6928	6,1	2,1416	9,8	5,2938	14,4	6,1564	18,1	5,6866
2,8	6,3051	6,2	4,9094	9,9	3,5612	14,5	5,7053	18,2	5,7900
2,9	5,8279	6,3	4,0954	10	4,5416	14,7	4,4521	18,3	5,3028
3	6,2255	6,4	3,1959	10,5	6,2951	14,8	5,4017	18,5	4,1655
3,1	6,7975	6,5	5,2049	10,6	6,0585	14,9	6,5584	18,8	3,8430
3,2	5,9521	6,6	6,7345	10,8	5,5292	15	3,5029	18,9	3,5247
3,3	5,0646	6,7	6,2255	11	5,0126	15,1	4,0104	19	5,2049
3,4	5,9137	6,8	5,7900	11,2	6,7869	15,2	5,5109	19,1	4,9265
3,5	4,9265	6,9	5,6030	11,3	6,4461	15,3	3,4667	19,2	6,4664
3,6	6,8185	7	3,7010	11,4	6,2951	15,4	3,6714	19,3	5,7335
3,7	3,5029	7,1	3,9568	11,5	4,3715	15,5	3,4523	19,6	6,4664
3,8	4,0104	7,2	5,9041	11,7	5,2849	15,6	4,2442	19,8	3,6418
3,9	5,5109	7,3	3,4379	11,8	6,3151	15,7	4,0644	19,9	6,5995
4	3,4667	7,4	4,3315	11,9	6,0294	15,8	3,2594	20	4,4440

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **MADERA EUCALIPTO HÚMEDA 2,5 CM**

Limpieza de Datos Madera Eucalipto Húmeda 2,5 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	5,82	3,5	4,93	6,6	5,21	13,8	4,54	16,7	4,27
1,1	4,93	3,6	7,79	6,7	3,20	13,9	4,94	16,8	4,28
1,2	4,89	3,7	6,54	6,8	5,20	14	5,92	16,9	6,29
1,3	4,32	3,9	4,72	6,9	6,73	14,2	7,91	17	5,11
1,4	4,48	4	6,48	7,2	7,27	14,3	5,29	17,1	6,25
1,5	6,36	4,2	3,47	7,4	5,79	14,4	3,56	17,4	5,11
1,6	6,37	4,3	3,67	8,8	4,54	14,5	4,54	17,5	3,79
1,7	6,69	4,4	4,10	10	6,28	14,7	6,30	17,7	3,70
1,8	7,91	4,5	4,24	10,5	3,96	14,8	6,06	17,9	5,44
1,9	6,59	4,6	4,06	10,6	7,05	14,9	5,53	18	4,62
2	6,69	4,7	5,11	10,8	3,44	15	5,01	18,1	6,16
2,1	6,80	4,8	3,52	11,2	4,33	15,1	6,79	18,2	6,69
2,2	5,71	4,9	3,40	11,3	6,94	15,2	6,45	18,3	4,45
2,3	7,39	5	6,58	11,4	4,80	15,3	6,30	18,4	5,40
2,4	6,58	5,1	3,93	11,7	5,28	15,4	6,25	18,5	7,67
2,5	3,27	5,2	7,79	11,8	6,41	15,5	5,28	18,6	4,54
2,6	6,36	5,3	4,07	11,9	5,30	15,6	7,79	18,7	7,05
2,7	7,27	5,4	6,58	12,2	6,29	15,7	6,94	18,8	5,51
2,8	6,31	5,5	3,67	12,4	5,36	15,8	4,54	18,9	3,47
2,9	6,03	5,6	3,63	12,8	6,25	15,9	3,95	19	3,67
3	6,23	5,8	5,53	13	7,17	16	7,17	19,1	3,45
3,1	5,50	5,9	5,30	13,1	5,71	16,1	3,37	19,2	4,24
3,2	5,95	6	3,57	13,5	6,67	16,2	3,85	19,4	5,50
3,3	5,06	6,1	5,92	13,6	4,76	16,3	4,40	19,7	7,79
3,4	6,92	6,5	7,79	13,7	7,42	16,5	6,22	19,9	3,52

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **VIDRIO CRUDO 5 LÍNEAS**

Limpieza de Datos Vidrio Crudo 5 líneas									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	4,4036	8	5,0039	10,4	4,9094	13,2	5,0212	16	4,7235
1,1	4,4926	8,1	4,7235	10,5	4,8160	13,3	5,6308	16,1	4,3795
1,2	4,5334	8,2	4,7991	10,6	5,6773	13,5	4,7319	16,7	4,9094
1,7	4,6155	8,3	4,2837	10,7	4,1577	13,7	5,1785	16,8	4,9953
1,8	4,5744	8,4	4,5416	10,8	5,6030	13,9	5,1433	17,2	4,4845
2,2	4,9953	8,5	4,1032	10,9	5,1697	14,1	5,7900	17,3	4,7991
2,3	4,7235	8,6	4,2300	11	4,9608	14,2	4,5416	17,6	4,1734
2,4	4,5416	8,7	5,3028	11,1	4,9094	14,3	4,1700	18,2	4,4926
2,8	4,9009	8,8	4,1343	11,2	4,8924	14,4	4,4845	18,4	4,9094
3,1	5,0126	8,9	5,2227	11,3	4,9009	14,5	5,5109	18,6	4,9953
3,5	5,1257	9	4,7906	11,4	5,6308	14,6	5,3927	19,1	4,1655
3,7	5,2049	9,1	5,1082	11,5	4,7319	14,7	5,3028	19,5	5,1697
4,1	5,3028	9,2	4,5416	11,6	5,6960	14,8	4,1343	19,9	4,8668
5,2	5,3386	9,3	4,1200	11,7	5,6030	14,9	5,2227	20,0	4,8668
6,6	4,1828	9,4	5,6587	11,8	4,9953	15	4,7906		
6,7	4,5744	9,5	4,5171	11,9	5,6308	15,1	5,1082		
6,8	4,7068	9,6	4,2521	12	4,7319	15,2	4,5416		
6,9	4,4926	9,7	4,1032	12,1	4,1734	15,3	4,9100		
7	4,5334	9,8	4,4440	12,3	4,7738	15,4	4,4845		
7,1	4,6155	9,9	4,5416	12,4	4,7486	15,5	4,7991		
7,6	4,5744	10	4,5416	12,5	4,2758	15,6	4,1734		
7,7	4,3555	10,1	4,1734	12,7	4,8753	15,7	4,4926		
7,8	4,5334	10,2	4,9953	13	5,0733	15,8	4,9094		
7,9	4,8838	10,3	5,5201	13,1	5,4835	15,9	5,3927		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO CRUDO 10 LÍNEAS

Limpieza de Datos Vidrio Crudo 10 líneas									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	6,19	4,1	6,00	8	6,48	11,9	6,46	15,4	5,11
1,1	6,40	4,2	6,03	8,1	6,10	12	3,11	15,5	5,77
1,2	6,46	4,3	5,91	8,2	6,36	12,1	6,49	15,6	5,07
1,4	5,92	4,4	6,03	8,3	6,14	12,2	6,26	15,7	6,69
1,5	6,40	4,5	6,66	8,5	6,79	12,4	6,46	15,8	5,52
1,6	5,90	4,6	6,06	8,7	6,80	12,5	6,46	15,9	5,71
1,7	6,48	4,7	6,46	8,8	6,61	13	6,36	16	5,40
1,8	6,46	4,8	6,14	9	6,49	13,1	6,16	16,1	5,40
1,9	6,46	4,9	2,43	9,1	6,68	13,2	6,66	16,4	5,02
2	5,92	5	6,46	9,5	6,48	13,3	6,03	16,8	6,03
2,1	6,06	5,1	6,36	9,6	6,26	13,4	6,46	17,1	5,52
2,2	6,16	5,2	6,16	9,7	6,61	13,5	6,46	17,5	5,18
2,3	6,46	5,3	6,26	9,8	6,49	13,6	6,49	18,1	5,13
2,4	6,14	5,4	6,03	9,9	5,90	13,7	6,46	18,4	6,38
2,5	5,92	5,5	6,46	10,1	6,66	13,8	5,90	18,6	5,22
2,6	6,40	5,6	6,40	10,2	6,61	13,9	6,40	18,9	5,50
2,7	6,46	5,7	6,66	10,3	6,03	14	5,81	19,1	5,58
2,8	6,40	5,8	6,43	10,4	6,77	14,1	6,46	19,2	5,32
2,9	6,44	5,9	6,00	10,5	5,99	14,2	6,12	19,3	5,77
3	6,46	6	6,46	10,6	6,69	14,3	5,92	19,5	5,50
3,1	6,40	6,1	6,46	10,7	6,49	14,4	6,80	19,8	5,49
3,2	6,13	6,2	6,46	10,8	6,70	14,5	5,92	20	5,93
3,3	6,46	6,7	6,46	10,9	6,46	14,6	6,58		
3,4	6,58	6,8	5,90	11	6,46	14,7	6,16		
3,5	6,80	6,9	5,90	11,1	5,93	14,8	5,90		
3,6	6,46	7	6,12	11,2	6,03	14,9	5,90		
3,7	6,33	7,4	5,81	11,3	6,49	15	5,77		
3,8	6,46	7,5	5,91	11,4	6,11	15,1	6,14		
3,9	6,49	7,7	6,66	11,5	6,06	15,2	6,03		
4	5,93	7,8	6,38	11,6	6,79	15,3	5,28		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO TEMPLADO 5 LÍNEAS

Limpieza de Datos Vidrio Templado 5 líneas									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	5,25	7,5	5,44	10,1	6,30	12,7	6,25	15,1	5,18
1,1	5,35	7,6	5,20	10,2	5,67	12,8	5,63	15,2	5,13
1,2	5,39	7,7	5,39	10,3	5,37	12,9	5,52	15,3	5,79
1,3	5,92	7,8	6,58	10,4	5,08	13	5,00	15,4	5,40
1,5	5,44	7,9	5,80	10,5	6,36	13,1	5,67	15,5	3,10
1,9	5,00	8	5,48	10,6	5,39	13,2	5,63	15,6	5,43
2,1	5,51	8,1	4,94	10,7	5,40	13,3	5,11	15,7	6,25
2,2	5,40	8,2	5,39	10,8	5,40	13,4	5,77	15,8	5,39
2,4	6,36	8,3	5,43	10,9	5,00	13,5	5,07	15,9	5,39
2,5	5,01	8,4	5,93	11	5,00	13,6	6,69	16	4,95
2,6	5,13	8,5	5,08	11,1	5,52	13,7	5,52	16,1	5,22
2,7	5,21	8,6	5,11	11,2	4,91	13,8	5,71	16,7	5,68
3	5,39	8,7	5,00	11,3	5,91	13,9	5,40	16,8	5,11
3,2	6,14	8,8	6,03	11,4	5,68	14	5,40	17	5,40
3,3	5,01	8,9	5,68	11,5	4,98	14,1	5,02	17,2	6,45
3,6	5,44	9	5,13	11,6	5,51	14,2	6,03	17,3	5,43
3,9	5,49	9,1	5,40	11,7	5,17	14,3	5,52	17,6	6,36
4	5,35	9,2	6,14	11,8	4,96	12,2	6,25	18,2	5,00
4,1	6,34	9,3	2,42	11,9	6,14	12,3	5,63	18,4	5,35
4,2	5,48	9,4	5,39	12	5,79	12,4	5,52	18,6	4,91
4,3	5,25	9,5	4,95	12,1	5,80	14,5	5,00	19,1	5,39
5,2	5,35	9,6	5,22	12,2	5,63	14,6	5,47	19,5	5,19
6,7	5,39	9,7	6,25	12,3	5,52	14,7	5,53	19,9	5,01
6,8	5,92	9,8	5,11	12,4	5,70	14,8	6,11	20	5,80
6,9	5,44	9,9	5,40	12,5	5,51	14,9	5,07		
7,1	5,00	10	5,31	12,6	6,23	15	5,12		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- VIDRIO TEMPLADO 10 LÍNEAS

Limpieza de Datos Vidrio Templado 5 líneas									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	4,40	7,8	4,12	10,8	4,54	13,5	5,07	16,1	4,17
1,1	4,49	7,9	5,30	10,9	4,17	13,6	5,48	16,4	4,49
1,2	5,90	8	5,34	11	5,00	13,7	4,73	16,6	4,91
2,2	4,62	8,1	4,18	11,1	6,36	13,8	6,22	16,7	6,04
2,4	4,57	8,2	5,89	11,2	4,91	13,9	5,41	16,8	5,19
2,5	5,00	8,4	4,28	11,3	4,82	14	4,47	17,2	4,19
2,6	6,00	8,5	5,00	11,4	5,68	14,1	6,14	17,6	5,93
2,7	4,54	8,6	5,58	11,5	5,95	14,2	5,63	17,7	5,01
2,8	4,90	8,7	4,80	11,6	5,60	14,3	4,73	17,9	4,72
3	5,92	8,8	4,28	11,7	5,17	14,4	5,18	18,1	4,38
4,8	5,13	9	4,54	11,8	4,96	14,5	5,92	18,2	5,00
5,2	5,84	9,1	4,10	11,9	6,03	14,6	5,79	18,3	6,31
5,3	5,30	9,3	6,14	12	4,89	14,7	4,54	18,4	4,91
5,8	5,34	9,4	5,30	12,1	4,90	14,8	6,03	18,6	5,00
5,9	5,85	9,5	4,13	12,2	5,63	14,9	4,48	18,7	4,48
6,6	4,57	9,6	5,22	12,3	6,03	15	5,51	19,1	6,23
6,7	4,71	9,7	4,79	12,4	5,70	15,1	6,14	19,2	4,17
6,8	4,49	9,8	6,25	12,5	5,60	15,2	5,30	19,3	4,49
6,9	5,86	9,9	4,54	12,6	5,00	15,3	4,13	19,5	4,91
7	4,62	10	3,17	12,7	5,63	15,4	5,22	19,6	5,00
7,1	4,57	10,1	5,66	12,8	5,84	15,5	6,24	19,8	4,17
7,3	5,88	10,2	5,92	13	4,17	15,6	5,11	20	6,14
7,4	4,53	10,4	4,25	13,1	4,77	15,7	4,54		
7,5	4,88	10,5	4,10	13,2	4,75	15,8	3,17		
7,6	4,90	10,6	4,44	13,3	4,28	15,9	6,25		
7,7	5,88	10,7	6,25	13,4	6,36	16	4,80		

Realizado por: Genesis

- CONCRETO 10 CM

Limpieza de Datos Concreto 10 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	10,99	7	13,7	10,3	0,58	13,3	5,39	16,3	0,02
1,1	2,48	7,1	2,74	10,4	2,27	13,4	3,94	16,4	1,61
1,2	3	7,3	2,44	10,5	4,12	13,5	9,14	16,5	0,69
2,2	0,81	7,4	4,53	10,6	5,79	13,6	5,95	16,6	0,87
2,4	1,46	7,5	3,46	10,7	5,99	13,7	9,12	16,7	2,81
2,5	0,77	7,6	3,63	10,8	7,3	13,8	7,87	16,8	3,04
2,6	1,12	7,7	1,12	10,9	3,69	13,9	11,44	17,2	1,84
2,7	0,79	7,8	5,03	11	2,04	14	7,57	17,3	0,24
2,8	1,24	7,9	6,23	11,1	4,77	14,1	8,82	17,6	0,92
2,9	0,39	8	3,19	11,2	7,05	14,2	13,15	17,7	0,93
3	1,21	8,1	3,84	11,3	4,93	14,3	13,17	17,9	0,82
4,2	0,55	8,2	1,42	11,4	6,44	14,4	9,05	18,1	1,22
4,3	0,35	8,3	0,52	11,5	3,57	14,5	16,16	18,2	1,16
4,5	0,17	8,4	5,41	11,6	4,71	14,6	12,74	18,3	1,09
4,8	1,22	8,5	4,01	11,7	7,77	14,7	14,67	18,4	1,23
5	0,41	8,6	1,91	11,8	5,44	14,8	12,32	18,5	0,67
5,2	2,35	8,7	3,02	11,9	3,98	14,9	13,86	18,6	1,07
5,3	0,76	8,8	2,1	12	1,74	15	13,82	18,7	0,8
5,4	0,14	9	4,38	12,1	2,95	15,1	17,15	19,1	2,39
5,5	0,58	9,1	2,39	12,2	3,51	15,2	19,63	19,2	2,21
5,6	0,67	9,3	2,8	12,3	3,17	15,3	19,35	19,3	1,89
5,8	0,78	9,4	3,36	12,4	2,04	15,4	23,92	19,5	8,8
5,9	0,83	9,5	0,91	12,5	1,88	15,5	23,83	19,6	1,83
6	0,2	9,6	4,89	12,6	1,64	15,6	24,44	19,7	0,54
6,2	0,59	9,7	6,18	12,7	0,86	15,7	31,05	19,8	1,11
6,3	0,2	9,8	2,13	12,8	0,98	15,8	30,62	20	6,31
6,6	1,54	9,9	3,84	12,9	0,31	15,9	47,35		
6,7	4,28	10	5,51	13	6,04	16	28,96		
6,8	9,51	10,1	2,48	13,1	5,85	16,1	36,45		
6,9	8,64	10,2	3,61	13,2	7,75	16,2	0,14		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019

- **CONCRETO 20 CM**

Limpeza de Dados Concreto 20 cm									
Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r	Fr[GHz]	ϵ_r
1	19,85	5,1	4,77	9,6	2,81	13,7	12,39	16,7	4,51
1,1	7,3	5,4	4,84	9,7	2,43	13,8	7,54	16,8	0,78
1,2	6,42	5,6	5,42	9,9	0,56	14,2	9,82	17,1	6,26
1,3	6,7	5,9	6,64	10,2	4,12	14,3	4,84	17,2	4,71
1,4	4,92	6,1	6,85	10,3	0,63	14,4	4,41	17,3	2,8
1,5	4,51	6,4	9,11	10,4	2,02	14,5	6,61	17,8	0,15
1,6	1,69	6,6	5,87	10,5	1,88	14,6	8,27	17,9	1,7
1,7	4,45	6,7	13,39	10,6	3,15	14,7	6,18	18	4,8
1,8	1,98	6,8	3,7	10,7	0,41	14,8	4,32	18,1	3,45
1,9	7,4	6,9	6,48	10,8	0,48	14,9	2,38	18,2	2,92
2,1	7,39	7	9,6	11,7	2,21	15	30,21	18,3	0,36
2,2	7,85	7,1	5,31	11,8	1,85	15,1	3,79	18,4	4,86
2,3	1,5	7,2	2,11	11,9	1,52	15,2	6,01	18,5	2,78
2,4	7,93	8,2	1,27	12,1	5,62	15,3	7,13	18,6	1,35
2,6	6,07	8,3	0,46	12,2	1,62	15,4	12,23	18,8	0,57
2,9	7,16	8,5	0,4	12,4	1,7	15,5	12,57	19,1	1,27
3	5,39	9	1,21	12,5	3,59	15,6	13,02	19,2	1,24
3,4	5,87	9,1	0,92	12,7	0,82	15,7	14,08	19,3	3
3,7	5,75	9,2	1,45	13,1	2,17	15,8	13,3	19,4	0,59
4	9,61	9,3	3,48	13,2	5,52	15,9	11,77	19,5	6,46
4,2	8,15	9,4	9,21	13,3	5,92	16	13,64	19,7	4,21
4,4	4,59	9,5	1,73	13,4	5,47	16,1	14,1		
4,7	5,15	9,6	2,81	13,5	12,34	16,5	7,07		
4,9	6,29	5,1	4,77	13,6	9,83	16,6	0,63		

Realizado por: Genesis Aldas, 2019