

**ELABORACION DEL MANUAL DE GUIAS DE LABORATORIO DEL
MODULO MICROONDAS LAB-VOLT 8090 PARA LA UPB
BUCARAMANGA**

MARIA CATALINA BARRANTES GOMEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA**

2009

**ELABORACION DEL MANUAL DE GUIAS DE LABORATORIO DEL
MODULO MICROONDAS LAB-VOLT 8090 PARA LA UPB BUCARAMANGA**

MARIA CATALINA BARRANTES GOMEZ

**Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniera Electrónica.**

**Director de proyecto de grado
ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO
Ingeniera Electrónica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BUCARAMANGA**

2009

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, Noviembre del 2009

DEDICATORIA

A mis padres por su paciencia

A mi director de tesis por su apoyo y su paciencia

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Pontificia Bolivariana, por los conocimientos y formación recibida.

A Jorge Mario Montañez, Camilo Moncayo, Jamith Bermúdez, Miguel Villanova, Marcela Morales y a Sergio Martínez, quienes colaboraron de manera desinteresada aportando ideas y realizando las practicas de laboratorio.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	17
ABSTRACT	18
INTRODUCCION	19
OBJETIVOS	20
Glosario	21
1. MARCO TEORICO	24
1.1 Modulo de trabajo lab-volt 8090	24
1.2 Ondas electromagnéticas	25
1.3 Microondas	25
1.3.1 Guías de onda	25
1.3.2 Alimentación para oscilador de gunn (AOG)	26
1.3.3 Oscilador de gunn	27
1.3.4 Potencia en un sistema de microondas	29
1.3.4.1 Conversión de mW a dBm	30
1.3.4.1.1 Gráficamente	30
1.3.4.1.2 Matemáticamente	31
1.3.4.2 Conversión de dBw a W	31
1.3.4.3 Conversión dBw a dBm	31
1.3.5 Soporte de termistor	32
1.3.6 Detector de cristal	32
1.3.6.1 Monturas para detectores	33
1.3.6.2 Sensibilidad tangencial (tss)	34
1.3.7 Atenuación	35
1.3.7.1 Atenuadores fijos	36
1.3.7.2 Atenuadores variables	36
1.3.7.3 Pérdida por inserción	37
1.3.7.4 Métodos de medición de la atenuación	38
1.3.7.4.1 Sustitución de Rf	38
1.3.7.4.2 Relación de potencias	38

1.3.8 Relación de onda estacionaria (ROE)	39
1.3.8.1 Onda estacionaria	39
1.3.8.2 ROE	39
1.3.8.3 Coeficiente de reflexión	40
1.3.8.4 Potencia incidente sobre la carga	41
1.3.8.5 Potencia reflejada por la carga	41
1.3.8.6 Pérdida por retorno	42
1.3.8.7 Cargas	42
1.3.8.7.1 Corto circuito	43
1.3.8.7.2 Carga adaptada	43
1.3.8.7.3 Carga problema	43
1.3.9 Línea ranurada	44
1.3.10 Medidor de roe	44
1.3.11 Acoplador direccional	45
1.3.11.1 Factor de potencia	46
1.3.11.2 Directividad	47
1.3.12 Diagrama de Smith	47
1.3.12.1 Localizar cargas	48
1.3.12.2 Impedancias a partir del coeficiente de reflexión	50
1.3.12.3 Cálculo de ROE	50
1.3.12.4 Transformación de impedancias	51
1.3.12.5 Cálculo de admitancias	52
1.3.13 Discontinuidades	52
1.3.13.1 Iris	52
1.3.14 Antenas	53
1.3.14.1 Antena de bocina piramidal	53
1.3.14.2 Diagrama de radiación	54
1.3.14.3 Radiador isotrópico	54
1.3.14.4 pérdida por inserción	54
1.3.14.5 Pérdida por propagación	55
1.3.14.6 Atenuación	55
1.3.14.7 Ganancia directiva	56

1.3.15 Óptica	56
1.3.15.1 Índice de refracción	57
1.3.15.2 Reflexión	58
1.3.15.3 Refracción	58
2. Equipos empleados, simbología e imágenes	59
3. FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO	59
3.1 Tornillos de cierre rápido	63
3.2 Alimentación de oscilador de Gunn	64
3.3 Atenuador variable	65
3.4 Soporte de termistor	66
3.5 Medida de potencia en un vatímetro	67
3.6 Medidor de ROE	69
3.6.1 Procedimiento para medición de ROE adimensional y en dB	71
3.6.2 Escalas del medidor de roe	71
3.6.3 Medidas de ROE en dB.	71
3.7 Línea ranurada	72
3.8 Diagrama de Smith	73
3.8.1 Características de carta de Smith para impedancias reactivas	74
4. PRACTICAS DE LABORATORIO	78
4.1 practica 1	78
4.2 practica 2	88
4.3 practica 3	105
4.4 practica 4	120
4.5 practica 5	132
4.6 practica 6	148
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	162
BIBLIOGRAFIA	164
ANEXO	166

LISTA DE IMÁGENES

	Pág.
FIGURA 1.1 GUIA DE ONDA RECTANGULAR	26
FIGURA 1.2 CURVA CARACTERISTICA DE VOLTAJE PARA UN DIODO GUNN	27
FIGURA 1.3 MONTURA DE UN OSCILADOR DE GUNN PARA MICROONDAS	28
FIGURA 1.4 OSCILADOR DE GUNN DEL MODULO LAB-VOLT 8090	29
FIGURA 1.5 GRAFICO PARA CONVERTIR mW EN dBm.	30
FIGURA 1.6 CURVA DE SENSIBILIDAD TIPICA DE UN DETECTOR DE CRISTAL	32
FIGURA 1.7 MONTURA PARA UN DETECTOR DE CRISTAL	34
FIGURA 1.8 CIRCUITO PARA DETECTAR SENSIBILIDAD TANGENCIAL	36
FIGURA 1.9 VISUALIZACION DEL PULSO DE LA SENSIBILIDAD TANGENCIAL	38
FIGURA 1.10 ATENUADOR VARIABLE MORENO	40
FIGURA 1.11 COMPORTAMIENTO DE UNA ONDA ESTACIONARIA	40
FIGURA 1.12 ROE	41
FIGURA 1.13 LINEA RANURADA DE MEDIDA	44
FIGURA 1.14 ACOPLADOR DIRECCIONAL	46
FIGURA 1.15 DIAGRAMA DE SMITH	49
FIGURA 1.16 ANTENADE BOCINA PIRAMIDAL, A LA SALIDA SU DIAGRAMA DE RADIACION.	53
FIGURA 1.17 REFLEXION	57
FIGURA 1.18 REFRACCION	58

FIGURA 3.1 MODO DE EMPLEO DE LOS TORNILLOS DE CIERRE RAPIDO	64
FIGURA 3.2 ALIMENTADOR PARA OSCILADOR DE GUNN	65
FIGURA 3.3 LECTURA DE UN MICROMETRO	66
FIGURA 3.4 SOPORTE DE TERMISTOR	67
FIGURA 3.5 VATIMETRO	68
FIGURA 3.6 MEDIDOR DE ROE	70
FIGURA 3.7 LINEA RANURADA DE MEDIDA	73
FIGURA 1A.1 MONTAJE DE MODULOS PARA LA PRACTICA 1	79
FIGURA 1A.2 INSTALACION DE MICROONDAS PARA LA PRACTICA 1	80
FIGURA 2A.1 MONTAJE DE MODULOS PARA LA PRACTCA 2	89
FIGURA 2A.2 INSTALACION PARA DETERMINAR LA CARACTERISTICA DE UN OSCILADOR DE GUNN	90
FIGURA 2A.3 CURVA DE CORRIENTE EN FUNCION DEL VOLTAJE DEL OSCILADOR DE GUNN	92
FIGURA 2A.4 POTENCIA DE MICROONDAS ENTREGADA PARA EL OSCILADOR Y EFICIENCIA EN FUNCION DEL VOLTAJE SUMINISTRADO	93
FIGURA 2B.1 INSTALACION PARA CALIBRAR EL ATENUADOR VARIABLE	94
FIGURA 2B.2 CURVA DE CALIBRACION DEL ATENUADOR VARIABLE	96
FIGURA 2C.1 INSTALACION PARA DETERMINAR LA CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR DE CRISTAL	97
FIGURA 2C.2 INSTALACION PARA DETERMINAR LA CURVA DE SENSIBILIDAD PARA ATENUACIONES > 30Db.	98
FIGURA 2C.3 CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR.	106
FIGURA 3A.1 MONTAJE DE MODULOS PARA PRACTICA 3	107

FIGURA 3A.2	INSTALACION PARA ESTABLECER UN NIVEL DE MICROONDAS	109
FIGURA 3B.1	INSTALACION PARA TRAZAR UNA ONDA ESTACIONARIA GENERADA POR UN CORTOCIRCUITO FIJO.	112
FIGURA 3B2	ONDA ESTACIONARIA OBTENIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UN CORTO CIRCUITO FIJO.	112
FIGURA 3B.3	INSTALACION PARA TRAZAR UNA ONDA ESTACIONARIA CON UNA CARGA FORMADA POR EL ATENUADOR FIJO DE 6dB Y EL CORTOCIRCUITO FIJO.	115
FIGURA 3B.4	ONDA ESTACIONARIA OBTENIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UN ATENUADOR FIJO DE 6dB Y EL CORTOCIRCUITO FIJO.	115
FIGURA 3B.5	INSTALACION PARA TRAZAR UNA ONDA ESTACIONARIA CON UNA CARGA FORMADA POR UNA CARGA ADAPTADA.	115
FIGURA 3B.6	ONDA ESTACIONARIA OBTENIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UNA CARGA ADAPTADA	117
FIGURA 4A.1	MONTAJE DE LOS MODULO PARA PRACTICA 4	121
FIGURA 4A.2	INSTALACION PARA OBTENER UNA LECTURA REFERENCIA	122
FIGURA 4A.3	INSTALACION PARA MEDIR FACTOR DE POTENCIA	123
FIGURA 4A.4	INSTALACION PARA MEDIR LA DIRECTIVIDAD DEL ACOPLADOR DIRECCIONAL DE 10GHz	124
FIGURA 4B.1	INSTALACION PARA MEDIR LA PERDIDA POR RETORNO DE DIFERENTES CARGAS	125
FIGURA 4B.2	INSTALACION PARA MEDIR LA POTENCIA ABSORBIDA POR EL SOPORTE DE TERMISTOR	127
FIGURA 4B.3	INSTALACION PARA ESTABLECER EL NIVEL DE REFERENCIA	128

FIGURA 5A.1	MONTAJE DE LOS MODULOS	134
FIGURA 5A.2	INSTALACION PARA MEDIR LA ROE DE UNA CARGA ADAPTADA	134
FIGURA 5A.3	INSTALACION PARA MEDIR LA ROE DE UN ATENUADOR CORTOCIRCUITADO.	136
FIGURA 5A.4	INSTALACION PARA MEDIR LA ROE DE UN CORTOCIRCUITO	137
FIGURA 5B.1	INSTALACION PARA MEDIR LA IMPEDANCIA DE UN ATENUADOR CORTOCIRCUITADO	139
FIGURA 5B.2	DIAGRAMA DE SMITH PARA CALCULAR LA IMPEDANCIA DE UNA CARGA	141
FIGURA 5B.3	DIAGRAMA DE SMITH PARA CALCULAR LA IMPEDANCIA DE UNA CARGA	142
FIGURA 5C.1	INSTALACION PARA MEDIR LA REACTANCIA DEL IRIS INDUCTIVO	143
FIGURA 5C.2	DIAGRAMA DE SMITH PARA DETERMINAR LA IMPEDANCIA TOTAL NORMALIZADA EN EL PLANO DEL IRIS INDUCTIVO.	145
FIGURA 6A.1	MONTAJE DE LOS MODULOS PARA PRACTICA 6	149
FIGURA 6A.2	INSTALACION PARA MEDIR PERDIDAS DE PROPAGACION	150
FIGURA 6A.3	POSICION DE LAS ANTENAS A UNA DISTANCIA r	150
FIGURA 6A.4	CURVA DE NIVEL RELATIVO DE SEÑAL RECIBIDA	152
FIGURA 6A.5	INSTALACION PARA OBTENER UN NIVEL DE REFERENCIA A FIN DE DETERMINAR LA GANANCIA DE LA ANTENA BOCINA	153
FIGURA 6A.6	DIAGRAMA DE RADIACION	156
FIGURA 6A.7	DIAGRAMA DE RADIACION	157

FIGURA 7B.1	FIJACION DE LA ANTENA TRANSMISORA	158
FIGURA 7B.2	VISTA SUPERIOR DE LA INSTALACION	159
FIGURA 7B.3	INSTALACION DE LAS ANTENAS PARA MEDIR EL ANGULO DE REFLEXION	159

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 2.1 COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL BANCO DE TRABAJO LAB-VOLT 8090.	59
TABLA 1B.1 CARACTERISTICAS DE UNA SEÑAL DE AUDIO DE 0mW A TRAVES DEL TERMISTOR.	82
TABLA 1B.2 CARACTERISTICAS DE UNA SEÑAL DE AUDIO DE 3mW A TRAVES DE UN TERMISTOR.	83
TABLA 1B.3 MEDICION DE POTENCIA EN DIFERENTES UNIDADES PARA UN MISMO VALOR	83
TABLA 2A.1 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL OSCILADOR DE GUNN	91
TABLA 2B.1 CALIBRACION DEL ATENUADOR VARIABLE	95
TABLA 2C.1 DETERMINACION DE LA CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR DE CRISTAL PARA ATENUACIONES MENORES A 30dB.	97
TABLA 2C.2 DETERMINACION DE LA CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR DE CRISTAL PARA ATENUACIONES MAYORES A 30dB.	99
TABLA 2C.3 CARACTERISTICAS DE UNA SEÑAS AMPLIFICADA	101
TABLA 3B.1 MINIMOS Y MAXIMOS PARA UNA CARGA FORMADA POR UN CORTO CIRCUITO.	110
TABLA 3B.2 RELACION E/E_{max} . A LO LARGO DE UNA LINEA RANURADA DE MEDIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UN CORTO CIRCUITO	111
TABLA 3B.3 MINIMOS Y MAXIMOS PARA UNA CARGA FORMADA POR UN ATENUADOR FIJO DE 6dB Y UN CORTO CIRCUITO FIJO	113
TABLA 3B.4 RELACION E/E_{max} A LO LARGO DE UNA LINEA RANURADA DE MEDIDA CON UNA CARGA FORMADA POR EL ATENUADOR FIJO DE 6dB Y EL CORTOCIRCUITO FIJO.	114

TABLA 3B.5	RELACIONES $E/E_{\max}$. A LO LARGO DE UNA LINEA RANURADA DE MEDIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UNA CARGA ADAPTADA.	116
TABLA 4A.1	FACTOR DE ACOPLAMIENTO PARA UNA SEÑAL	124
TABLA 4B.1	DETERMINACION DE LA PERDIDA POR RETORNO Y EL MODULO DEL COEFICIENTE DE REFLEXION.	126
TABLA 5A.1	MEDICION DE ROE EN ESCALAS NORMAL Y EXPANDIDA	135
TABLA 5A.2	VALORES DE ROE PARA DIFERENTES ATENUACIONES	136
TABLA 5A.3	MEDICIONES DEL COEFICIENTE DE REFLELXION PARA UNA CARGA TERMINADA EN CORTOCIRCUITO	137
TABLA 5B.1	LONGITUD DE ONDA MEDIANTE MINIMS Y MAXMOS	139
TABLA 5B.2	IMPEDANCIA Z_L	140
TABLA 5C.1	ADMINTANCIAS Y SUCEPTANCIAS NORMALIZADAS DEL IRIS INUCTIVO	144
TABLA 6A.1	DETERMINACION DEL NIVEL RELATIVO DE SEÑAL $SR(60)$ PARA DIFERENTES SEPARACIONES DE ANTENAS	151
TABLA 6A.2	GANANCIA DEL SISTEMA	154
TABLA 6A.3	DETERMINACION DE LA RELACION DE POTENCIA CON RESPECTO AL NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA.	154
TABLA 6A.4	DETERMINACION DE LA RELACION DE POTENCIAS CON RESPECTO AL NIVEL DE LA SEÑAL RECIBIDA A 0° POR LA ANTENA LENTE TRIANGULAR	155
TABLA 6B.1.	COMPORTAMIENTO DE UNA SEÑAL TRANSMITIDA EN DIFERENTES CONDICIONES	160
TABLA 6B.2.	RELALCION DE POTENCIAS REFLEJADAS Y TRANSMITIDAS	161

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ELABORACION DEL MANUAL DE GUIAS DE
LABORATORIO DEL MODULO MICROONDAS LAB-VOLT
8090 PARA LA UPB BUCARAMANGA

AUTOR: MARIA CATALINA BARRANTES GOMEZ

FACULTAD: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR: ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

RESUMEN

La facultad de ingeniería electrónica de la UPB Bucaramanga adquirió el equipo de microondas LAB-VOLT 8090, el cual esta conformado por elementos didácticos, que son componentes a escala de sistemas de microondas reales, en el cual se van a poner en practica conceptos claves en la formación de ingenieros electrónicos con conocimientos en comunicaciones específicamente en sistemas de microondas, de esta manera se desarrollarán las guías de trabajo, en donde se identificará cada una de las partes de dicho sistema y su funcionamiento

Palabras Clave: Microondas, guía de onda, ROE, Antenas, Radiofrecuencia, Potencia en microondas

.

GENERAL SUMMARY OF WORK OF DEGREE

TITLE: PREPARATION OF GUIDELINES FOR LABORATORY
MANUAL MICROWAVE MODULE LAB-VOLT FOR 8090
BUCARAMANGA UPB

AUTHOR: MARIA CATALINA BARRANTES GOMEZ

FACULTY: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR: ALEX ALBERTO MONCLOU SALCEDO

ABSTRACT

The electronic engineering faculty at UPB-Bucaramanga recently acquired the microwave equipment LAB-VOLT 8090, which is conformed by didactic elements, that are scale components of real microwave systems, this will allow students to practice key concepts in their training as electronic engineers focusing on communications, more specifically in microwave systems; having this on mind work guides will be develop in order to identify each one of the components and describe their functionality.

Keywords : Microwave, wave guides, SWR, Antennas, Radiofrequency, Microwave power.

INTRODUCCION

La elaboración del manual de guías de laboratorio del modulo de microondas Lab-Volt 8090 para la UPB Bucaramanga, para el modulo adquirido por la universidad previamente con el fin de afianzar de manera practica conocimientos en el área de las telecomunicaciones. Este manual se realizo con el animo de tener una herramienta útil para el aprendizaje de manera experimental

Las prácticas propuestas en este manual, son sugeridas inicialmente por el fabricante Lab-Volt, enfocadas al aprendizaje. Se realizaron pruebas de laboratorio con estudiantes voluntarios de últimos semestres, quienes las evaluaron para replanteamiento de las mismas buscando hacerlas mas funcionales y sustanciales.

El modulo Lab-Volt consta de un banco de microondas para sistemas de ondas guiadas, con el cual se busca familiarizar al estudiante, afianzar conocimientos impartidos en el aula de forma teórica y dar a conocer nuevos conocimientos mediante el método de la experimentación y verificación.

OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar un manual de prácticas de laboratorio del módulo de microondas de LAB-VOLT 8090, dando a conocer las partes básicas de un sistema microondas y su funcionamiento.

Objetivos Específicos

- Identificar el equipo de trabajo, la parte física del modulo LAB-VOLT 8090, cada uno de sus componentes, su modo de empleo y precauciones que se deben tener en cuenta para trabajar con el modulo.
- Hacer el montaje de las prácticas para realizar mediciones en el sistema microonda, tales como potencia, atenuación, coeficiente de reflexión, relación de onda estacionaria e impedancias.
- Describir y guardar los resultados de las mismas para que sirvan de referencia a los docentes instructores.

GLOSARIO

- ADMITANCIA: Magnitud que expresa la facilidad de paso de una corriente eléctrica en un circuito; es inversa de la impedancia y se mide en Siemens.
- ANTENA: Dispositivo de los aparatos emisores o receptores que, con formas muy diversas, sirve para emitir o recibir ondas electromagnéticas.
- ATENUACION: es la reducción de nivel de una señal, cuando pasa a través de un elemento de un circuito, o la reducción en nivel de la energía de vibración, cuando pasa a través de una estructura. La atenuación se mide en Decibeles.
- CAMPO: se refiere al campo eléctrico que es creado por la atracción y repulsión de cargas eléctricas (la causa del flujo eléctrico) y se mide en Voltios por metro (V/m). El flujo decrece con la distancia a la fuente que provoca el campo
- CARGA: es una propiedad intrínseca de algunas partículas subatómicas (pérdida o ganancia de electrones) que se manifiesta mediante atracciones y repulsiones que determinan las interacciones electromagnéticas entre ellas. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos siendo, a su vez, generadora de ellos. La interacción entre carga y campo eléctrico origina la interacción electromagnética.
- CORRIENTE CONTINUA: es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, las

cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección, es continua toda corriente que mantenga siempre la misma polaridad.

- DIAGRAMA DE SMITH: Esta es una herramienta grafica creada por Phillip Smith, para el cálculo, la transformación de impedancias en una línea de transmisión y es un dispositivo para solucionar problemas en las líneas de transmisión o guías de onda.
- DIELECTRICO: los materiales que no conducen la electricidad, por lo se pueden utilizar como aislantes eléctricos.
- DIODO GUNN: Es una forma de diodo usado en la electrónica de alta frecuencia, son usados para construir osciladores en el rango de frecuencias comprendido entre los 10Ghz y frecuencias aún más altas.
- FRECUENCIA: indica el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo
- GUIA DE ONDA: conducto metálico, hueco cuya finalidad es transmitir señales de alta frecuencia en el rango de las microondas, con bajas perdidas.
- IMPEDANCIA: es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente.
- IRIS: son láminas conductoras de muy poco espesor, empleados para generar discontinuidades especiales, minimizando las dimensiones internas de una guía de ondas.

- LONGITUD DE ONDA: es la distancia entre dos líneas consecutivas, en otras palabras describe lo larga que es la onda.
- MICROONDAS: las ondas electromagnéticas definidas en un rango de frecuencias determinado; generalmente de entre 300 MHz y 300 GHz) y una longitud de onda en el rango de 1 m a 1 mm.
- PRECISION: la capacidad de un instrumento de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones.
- PROPAGACION: al conjunto de fenómenos físicos que conducen a las ondas del transmisor al receptor.
- RADIOFRECUENCIA: también denominado espectro de radiofrecuencia o RF, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 Hz y unos 300 GHz.
- REACTANCIA: es la impedancia ofrecida, al paso de la corriente alterna, por un circuito en el que solo existen inductores (bobinas) o capacitancias (condensadores) puras, esto es, sin resistencias.
- SEMICONDUCTOR: es un elemento material cuya conductividad eléctrica puede considerarse situada entre las de un aislante y la de un conductor, considerados en orden creciente.
- SUCEPTANCIA: Parte imaginaria de una admitancia compleja. La unidad de susceptancia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades es el Siemens.
- TERMISTOR: son resistores térmicamente sensibles.

CAPITULO 1

MARCO TEORICO

1.1MODULO DE TRABAJO LAB-VOLT 8090

Es un banco de microondas didáctico, empleado para capacitación en el ámbito de las telecomunicaciones de manera experimental, consta de un completo equipo para el desarrollo de actividades, en cuanto a la transmisión de señales empleando guías de ondas, conformado por la fuente de alimentación, componentes, accesorios y elementos de medición para llevar a cabo las actividades mas comunes de transmisión de señales microondas, con piezas debidamente identificadas por símbolos regidos por la norma IEEE/IC. EL modulo de trabajo Lab-Volt 8090 tiene características que hacen fácil el aprendizaje mediante el mismo, ya que se plantean experiencias en las cuales se encuentra que al llevar a cabo su desarrollo de manera reiterativa, los resultados arrojados no variarán, debido a que los componentes empleados desarrollados en latón plaqueado químicamente, construidos con las dimensiones normalizadas para guías de ondas que funcionan en la banda X, adicionalmente manejan muy alta calidad.

Este sistema didáctico, consta de un banco de elementos para microondas conformado por un alimentador de oscilador de Gunn, un oscilador de diodos de Gunn, un termistor, un detector de cristal, una línea ranurada, vatímetro, medidor de ROE, atenuadores, indicador de acimut de antena, un diafragma inductivo y otro capacitivo, acoplador direccional, corto circuitos, cargas adaptadas, y elementos para realizar experimentos de óptica en microondas; todos estos elementos manejan su respectiva simbología, la cual se enseña en el capitulo 3 de este libro, en donde de igual manera se explica su modo de empleo y sus especificaciones.

1.2 ONDAS ELECTROMAGNETICAS

Una onda electromagnética es la perturbación del espacio por la radiación, por tal razón una onda de este tipo, no necesita un medio físico para su propagación. Según Maxwell, todo campo eléctrico variable, genera un campo magnético variable y viceversa, y si además los dos campos son perpendiculares, cuando el campo eléctrico es máximo el campo magnético es mínimo. De estas afirmaciones surgen las 4 leyes de Maxwell las cuales explican con gran profundidad y de manera matemática la teoría electromagnética.

1.3 MICROONDAS

La propagación de ondas de señales con frecuencias entre los 300Mhz y 300 Ghz en espacios de tiempo muy pequeños, son conocidas como *microondas*. De otra parte las guías de onda suelen ser de gran utilidad ya que necesitan un bajo número de amplificadores y repetidoras, pues en transmisión de señales de microondas mediante estas guías, las pérdidas e interferencias son mínimas. Las perturbaciones encontradas en estos sistemas son las que aparecen producto de las ondas estacionarias. Las comunicaciones vía microondas son útiles para la transmisión de televisión, voz y datos.

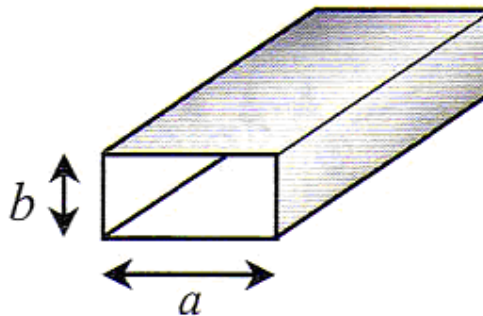
1.3.1 GUIAS DE ONDA

Es un medio de comunicación que se puede clasificar en el grupo de las líneas de transmisión fabricadas en material metálico, huecas en su interior, de un solo conducto por donde viaja la energía electromagnética y por esta razón recibe el nombre de “guía”. Tiene capacidad de manejar anchos de banda muy grandes, con bajas pérdidas al transmitir señales de elevada potencia. Este

medio es empleado de manera exclusiva para comunicaciones de señales microondas.

La guía de onda más común para transmitir es la rectangular. Las guías de onda están clasificadas por referencias según sus dimensiones internas de las cuales dependerá la propagación de microondas a una banda particular de frecuencias.

La referencia utilizada para el desarrollo de las prácticas propuestas corresponde al modelo que se denomina tipo ¹R-100 la cual se muestra en la figura 1.1, de acuerdo con la norma IEC (International electromechanical commission), también denominada WR-90 según la norma EIA (Electronic industries Association) o WG-16 en el sistema británico. Sus dimensiones interiores son de 10.16mm X 22.86mm, y las exteriores 12.7mm X 25.4mm. Una guía de ondas R-100 transmite señales con frecuencias entre 8,2 y 12,4 Ghz.



²FIGURA 1.1 GUIA DE ONDA RECTANGULAR

1.3.2 ALIMENTACION PARA OSCILADOR DE GUNN (AOG)

La fuente de alimentación para oscilador de Gunn es quien alimenta el Oscilador Gunn satisfactoriamente para su operación, internamente maneja una fuente de potencia para microondas. Para accionar el emisor de

¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 1-1

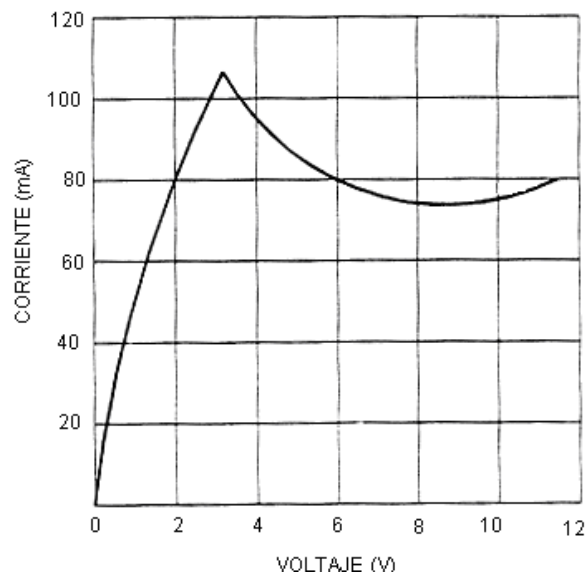
² José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 30

microondas, induce la alimentación a la temperatura requerida para la estabilización del diodo generador de la señal.

El componente para alimentar el oscilador de Gunn empleado en esta práctica, es de uso exclusivo para el banco de microondas utilizado en el desarrollo de las prácticas propuestas. El alimentador maneja un voltaje a la salida de 0 a 10 voltios en corriente continua o 1kHz para una señal cuadrada y una corriente hasta de 500mA.

1.3.3 OSCILADOR DE GUNN

Es un componente que genera señales periódicas de manera autónoma. Se emplea el termino “diodo” debido a que el oscilador de Gunn esta compuesto básicamente por un dispositivo semiconductor de dos terminales y a su terminal positivo es llamado ánodo.

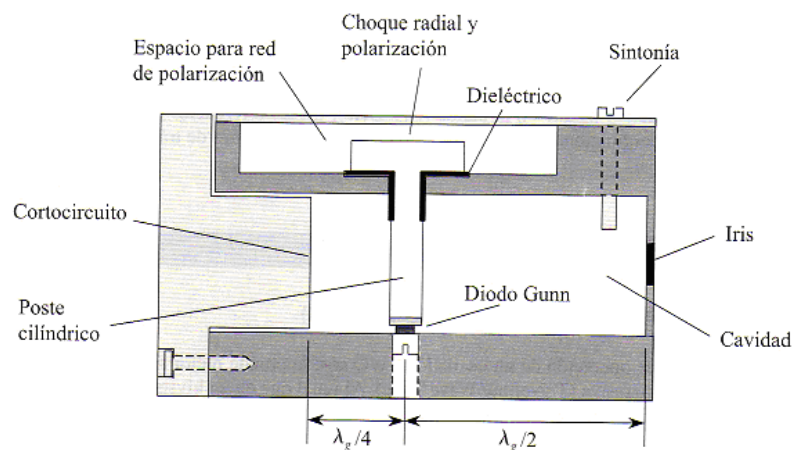


³FIGURA 1.2 CURVA CARACTERISTICA DE VOLATJE PARA UN DIODO GUNN

³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 3-2

El nombre Gunn, viene dado por el principio básico de funcionamiento llamado efecto Gunn. En la figura 1.2 se muestra la curva de voltaje para un oscilador Gunn, en donde se observa que al aumentar el voltaje, la corriente crece hasta llegar un umbral y lograr la temperatura adecuada para empezar a oscilar.

El modo de funcionamiento del diodo se describe en la siguiente figura, donde ⁴la resistencia negativa no existe, al aumentar el voltaje, la corriente continuará creciendo hasta que las colisiones de los electrones de la red del cristal semiconductor generen suficiente calor para destruirlo. La arquitectura para un Oscilador de Gunn se muestra en la figura 1.3, consta básicamente de Modulo diodo-Gunn montando en una cavidad cilíndrica metálica, una pared posterior de la cubierta, Diafragma perforado para su alimentación y una adaptador para guía de ondas.



⁵FIGURA 1.3 MONTURA DE UN OSCILADOR DE GUNN PARA MICROONDAS

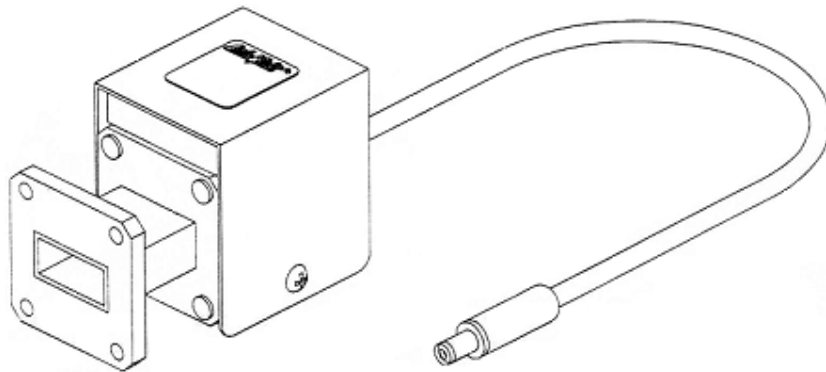
Los diodos Gunn pueden suministrar señales de microondas con potencias entre 1mW y 5W, una eficiencia de estas fuentes entre 0,2% y 20%, debido a que la mayor parte de la potencia se disipa como calor. Por lo tanto, para evitar

⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 3-1

⁵ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 121.

que se quemen, los diodos Gunn requieren disipadores a fin de evacuar eficientemente el calor. Usualmente las frecuencias de la señal de microondas generadas se encuentran entre 1 y 100 GHz.

⁶El Oscilador de Gunn se observa en la figura 1.4 es empleado para el desarrollo de las prácticas de laboratorio, genera una señal de 10.5GHz. Su potencia máxima de salida a esta frecuencia, que varía de una unidad a otra, va de 10 a 20 Mw aproximadamente. La potencia de salida también varía según el voltaje que alimenta el oscilador de Gunn a través de cable provisto con la unidad.



⁷FIGURA 1.4 OSCILADOR DE GUNN DEL MODULO LAB-VOLT 8090

1.3.4 POTENCIA EN UN SISTEMA DE MICROONDAS

Medir la potencia en un sistema de microondas, se realiza de una manera distinta como se está acostumbrado en un sistema electrónico normal, puesto que resulta difícil tomar medidas de corriente y voltaje como es usual para tomar valores de potencia de forma indirecta, esta característica está dada por la cantidad de energía en el tiempo. Para las prácticas a realizar de sistemas

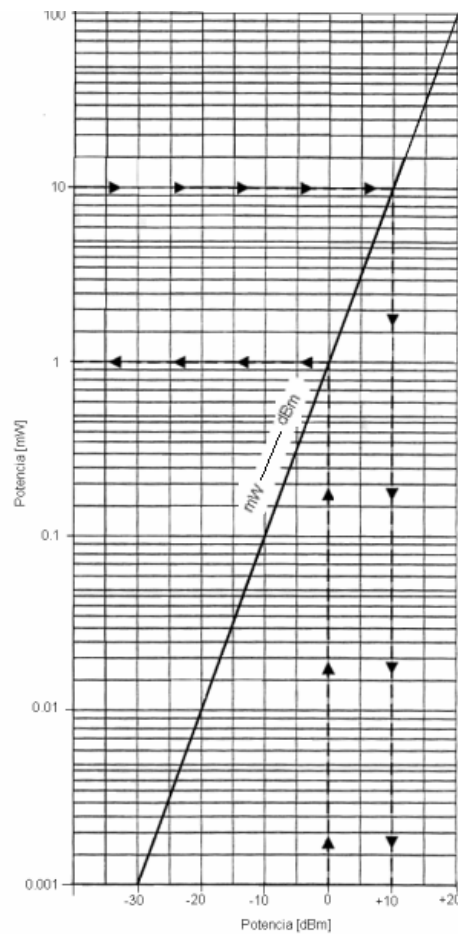
⁶ Telecomunicaciones, *FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 1-2*

⁷ Telecomunicaciones, *FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 1-2*

de ondas guiadas, las unidades de medida empleadas son mili vatios mW, decibeles dB y dBm que representa la cantidad de decibeles respecto a 1mW. Estas medidas están relacionadas mediante expresiones y curvas mostradas a continuación.

1.3.4.1 CONVERSION DE mW a dBm

1.3.4.1.1 GRAFICAMENTE



⁸FIGURA 1.5 GRAFICO PARA CONVERTIR mW EN dBm

⁸ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 2-2

1.3.4.1.2 MATEMATICAMENTE

$$P(dBm) = 10 \log \left(\frac{PmW}{1mW} \right)$$

Ecuación 1.1

1.3.4.2 CONVERSION DE dBw A W

$$P(dBw) = 10 \log \left(\frac{P(W)}{1W} \right)$$

ECUACION 1.2

1.3.4.3 CONVERSION dBw A dBm

$$P(dBm) = P(dBW) + 30$$

ECUACION 1.3

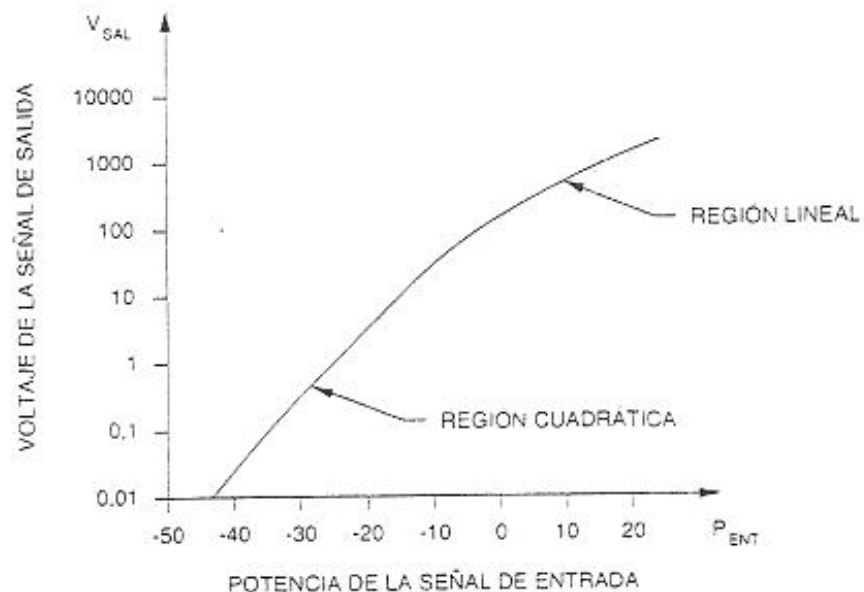
1.3.5 SOPORTE DE TERMISTOR

Para lograr medidas de potencia, en sistemas de microondas, una de las formas es mediante un termistor, ya que para altas potencias se complica la realizar la medida de potencia de modo indirecto, tomando valores de corrientes y de voltajes, por esta razón una manera de medir potencia es disipar la potencia que se va a medir en forma de calor en una carga adecuada, y observar ya se directamente o mediante un método comparativo, la variación de la temperatura. En este punto es donde el termistor como resistor térmico juega un papel muy importante en la medición de potencia, pues ⁹cuando se coloca un termistor en el paso de una señal de microondas, absorbe energía de la señal y aumenta su temperatura interior y este aumento de temperatura hace disminuir su resistencia. EL soporte de termistor empleado para el desarrollo de las prácticas propuestas, maneja una potencia máxima de seguridad de 50mW.

⁹ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 309.

1.3.6 DETECTOR DE CRISTAL

Un Detector de cristal es el planteado por Lab-volt 8090 para el desarrollo de las practicas de laboratorio, los detectores de cristal son una clase de diodo rectificador, por esta razón también llamado como detector a diodo, es muy sencillo y de alta sensibilidad, como su nombre lo indica, un detector de estos esta hecho a partir de un cristal de germanio o de silicio.¹⁰ Dentro de un campo de radiofrecuencias, actúa como un generador de corriente o voltaje en cc, cuando se aplica la señal de RF a través de él, la corriente o el voltaje rectificado de salida es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada, por esta razón este tipo de detectores son conocidos como detectores cuadráticos. el comportamiento cuadrático a la salida del detector se enseña en la figura 1.6.



¹¹FIGURA 1.6 CURVA DE SENSIBILIDAD TÍPICA DE UN DETECTOR DE CRISTAL

¹⁰ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 83.

¹¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 5-2

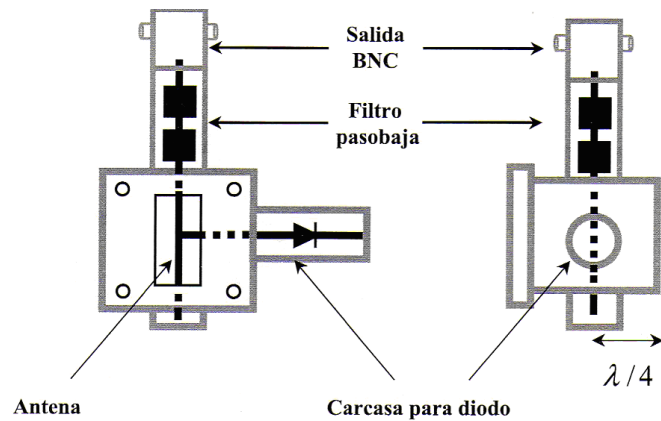
El detector de cristal consta de un semiconductor montado en una carcasa cerámica a aproximadamente $\lambda/4$ de un cortocircuito. La salida del detector a diodo (pulsos de corriente que tienen las características de la señal modulada) se toma de un conector BNC y se lleva al medidor de potencia, llámese vatímetro o medidor de ROE.¹² Debido a que un diodo es un elemento no lineal, se generan componentes armónicos de la señal de entrada en el proceso de detección. Estos componentes armónicos son atenuados por el filtro pasa bajos, localizado delante de la salida del detector, que solo deja la señal de salida cc. El detector de cristal que se emplea en las practicas de laboratorio propuestas tiene como característica una ROE de 1,2.

1.3.6.1 MONTURAS PARA DETECTORES

En los detectores de guías de ondas, las monturas se diseñan para que el detector se localice en la región de máximo campo eléctrico como se explica a continuación,¹³ estas monturas consisten en secciones de guía cortocircuitada en las que se coloca el elemento a una distancia del corto igual a $\lambda/4$, calculada en torno a la frecuencia central de operación. En la montura mostrada en la figura 1.7, el elemento no está insertado en el interior de la guía, si no en una carcasa auxiliar conectada a una sonda. La existencia del corto genera una elevada razón de onda estacionaria en la guía, pero la transferencia de potencia al dispositivo se maximiza al encontrarse éste conectado en un punto de campo eléctrico máximo.

¹² José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 309.

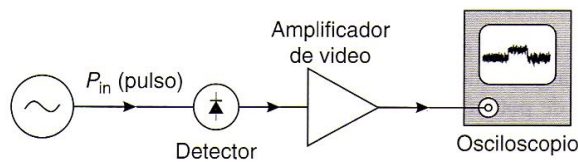
¹³ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 83



¹⁴FIGURA 1.7 MONTURA PARA UN DETECTOR DE CRISTAL

1.3.6.2 SENSIBILIDAD TANGENCIAL (TSS)

La sensibilidad tangencial, es detectar la señal de potencia de microondas minima que se puede detectar además del nivel de ruido, es decir, ¹⁵la potencia que ah de tener la señal de entrada para ser 4dB superior a la minima señal que se puede detectar. Generalmente adopta valores entre -40dB y -50dB. La sensibilidad tangencial es optima para valores de corriente intermedios, a estas corrientes el ruido es mínimo y la resistencia de la unión disminuye, lo que mejora el acoplo. En la figura 1.8 se ilustra el circuito usualmente empleado para la detección de esta señal.



¹⁶FIGURA 1.8 CIRCUITO PARA DETECTAR SENSIBILIDAD TANGENCIAL

¹⁴ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 87

¹⁵ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 85

¹⁶ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 85

Es un buen parámetro para tener una idea de los ordenes de magnitud de las potencias que pueden detectarse, pero no para comparar detectores de fabricantes distintos debido a la dependencia de la sensibilidad con respecto al sistema de medida utilizado.



¹⁷FIGURA 1.9 VISUALIZACION DEL PULSO DE LA SENSIBILIDAD TANGENCIAL

1.3.7 ATENUACION

Atenuar es disminuir de la potencia de una señal de microondas, la cual se logra disminuyendo la amplitud de la onda que se propaga, en un valor determinado, en la dirección de la propagación, para lograr una reducción en la potencias de señales de microondas, se usan elementos de atenuación contruidos en un material absorbente, como dieléctricos recubiertos con películas resistivas o atenuar utilizando conductores de altas perdidas. La atenuación para sistemas de alta frecuencia se expresa en niveles de potencia, en unidades de atenuación son los decibeles (dB).

Para encontrar el valor de atenuación entre dos puntos A y B, se calcula empleando la siguiente formula, donde PA y PB son niveles de potencia dados en vatios:

$$A(dB) = 10 \log \frac{PA}{PB}$$

ECUACION 1.4

¹⁷ José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 85

Cuando las potencias, PA y PB, están dadas en decibeles, y PB es menor que PA, se emplea la siguiente formula para encontrar el valor de la atenuación:

$$A(dB) = PA(dBm) - PB(dBm)$$

ECUACION 1.5

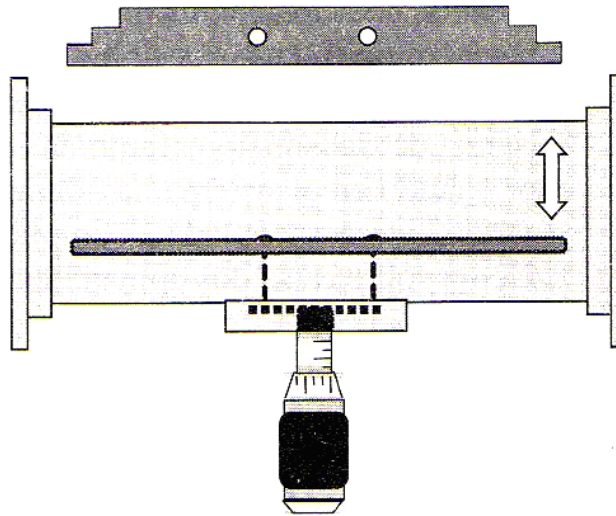
Los atenuadores se clasifican en dos grandes grupos, en los atenuadores fijos y los atenuadores variables:

1.3.7.1 ATENUADORES FIJOS

Estos atenuadores como su nombre lo indican, manejan un valor fijo en dB, estos atenuadores se emplean, para la proteger de componentes muy sensibles, para desacoplar partes de un circuito y para reducir la potencia de microondas en un valor determinado. Los atenuadores fijos empleados en esta práctica son de 6dB y 30 dB.

1.3.7.2 ATENUADORES VARIABLES

Un atenuador variable se emplea para reducir el nivel de potencia en la entrada de un componente de microondas, adicionalmente realizar mediciones de atenuación. Los dos atenuadores variables más comunes son el de corredera rotativa y el de corredera lateral. El segundo tipo es la que se utilizará.



¹⁸FIGURA 1.10 ATENUADOR VARIABLE MORENO

Este atenuador emplea una hoja de fibra de vidrio con un recubrimiento resistivo para producir la atenuación, dependiendo de la penetración de la lamina en el interior de la guía se disipará en ella una mayor o menor potencia por efecto Joule, produciéndose así la correspondiente atenuación, esta característica incrementará cuanto mas cerca se encuentre del centro la lamina disipativa. En la figura 1.10 se puede observar un atenuador variable, el atenuador variable empleado para estas prácticas de laboratorio es de 0 a 35dB, su modo de empleo se explica en el capítulo 3.

1.3.7.3 PÉRDIDA POR INSERCIÓN

Es la atenuación en decibels causada por la inserción de un componente en un sistema de ondas guiadas, ¹⁹es la relación entre P_A y P_B , que son las potencias suministradas a la carga antes y después de introducir el componente. La siguiente formula permite calcular la perdida por inserción.

¹⁸ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 134.

¹⁹ Telecomunicaciones, *FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4-1.*

$$\text{Pérdida por inserción (dB)} = 10 \log \frac{PA}{PB}$$

ECUACION 1.6

²⁰En general, la pérdida por inserción de un componente esta en función de las impedancias de la fuente y de la carga. Para medir la pérdida por inserción y para obtener una caracterización uniforme de los componentes, las impedancias de la fuente y de la carga están adaptadas a la de la guía de ondas.

1.3.7.4 METODOS DE MEDICION DE LA ATENUACION

Existen dos métodos útiles para medir atenuación en un sistema de microondas, sustitución de RF como método de inserción y de relación de potencias, comúnmente empleados para líneas de transmisión o guías de onda; los cuales se explicaran a continuación.

1.3.7.4.1 SUSTITUCION DE RF

Este tipo de medición es clasificado como un método de atenuación por inserción, maneja un alto grado de precisión debido a la no linealidad del elemento detector que se emplea para la medición, los errores que se puedan generar en la medición de atenuación mediante este método se atribuyen a la calidad del equipo, en la mayoría de los casos, se emplean un detector de cristal y un medidor de ROE. Para llevar a cabo la medición se siguen los siguientes pasos:

- ²¹El componente cuya atenuación se desconoce, se inserta entre una fuente y un atenuador variable calibrado seguido por un detector.
- El atenuador variable se ajusta para producir un nivel de señal conveniente en la salida del atenuador.

²⁰ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4-3

²¹ BIANCHI Aldo, Sistemas de ondas guiadas, Boixeaou editores, Pagina 266

- El atenuador que actúa como la incógnita se retira de la instalación y el atenuador variable se ajusta para producir el mismo nivel de la señal en la salida del detector que el medido con la incógnita en el sistema.
- La diferencia entre los ajustes realizados en el atenuador calibrado determina la atenuación causada por el componente desconocido.

1.3.7.4.2 RELACION DE POTENCIAS

Es un método sencillo de medición puesto que requiere pocos equipos para encontrar el valor atenuado. Para llevar a cabo esta medición debe tenerse en cuenta, eliminar cualquier desadaptación en el sistema además, para tener valores precisos es importante que el medidor de potencias se lineal y maneje en un amplio rango de potencias. Hay que tener en cuenta que la exactitud al medir atenuación por relación de potencias en gran parte depende de la exactitud del vatímetro. Para llevar a cabo la medición de esta atenuación, se siguen los siguientes pasos:

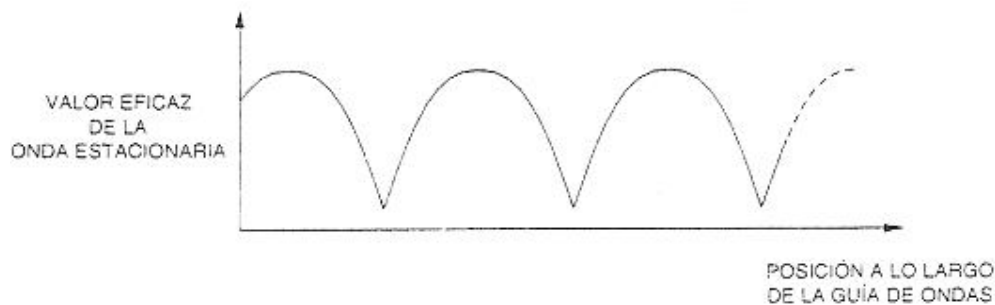
- ²²Inicialmente se conecta una carga directamente a la fuente de microondas y se mide la potencia suministrada a esta carga
- Se introduce el componente bajo prueba entre ambas y se mide nuevamente la potencia en la carga.
- La diferencia de estas dos medidas de potencia, arrojan el dato de la medición de la atenuación.

1.3.8 RELACION DE ONDA ESTACIONARIA (ROE)

1.3.8.1 ONDA ESTACIONARIA

Cuando una fuente sinusoidal se conecta a un sistema de guías de onda, las ondas de voltaje y de corriente se propagan a lo largo de la guía de onda, las cuales dependen de la impedancia característica del sistema.

²² BIANCHI Aldo, *Sistemas de ondas guiadas*, Boixeaou editores, Pagina 266



²³FIGURA 1.11 COMPORTAMIENTO DE UNA ONDA ESTACIONARIA

Si la impedancia del sistema se encuentra adaptada es decir, que si su impedancia es igual a la impedancia característica de la guía de onda, la potencia incidente será absorbida por la carga y no se generaran ondas reflejadas hacia el generador. Cuando la carga no se encuentra adaptada, es decir la potencia incidente no es completamente absorbida por la carga, la potencia que no se absorbe, es reflejada y viaja en dirección del generador. En estos sistemas no adaptados viajarían las ondas incidente y reflejada en sentidos contrarios, las cuales al adicionarse generan una onda estacionaria fija y periódica, con valores mínimos y máximos. Estos máximos se generan cuando las dos ondas se suman en fase y los mínimos cuando se suman con un desfase de 180° , la amplitud para los valores máximos y mínimos depende exclusivamente de la amplitud de la onda reflejada.

1.3.8.2 ROE

Las siglas ROE, indican Relación de Onda Estacionaria, es dado por la relación entre los máximos y mínimos de una onda estacionaria,

²³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-2



²⁴FIGURA 1.12 ROE

Estos máximos se generan cuando las dos ondas se suman en fase y los mínimos cuando se suman con un desfase de 180°, generando una señal como la que muestra la figura 1.12, la amplitud para los valores máximos y mínimos depende exclusivamente de la amplitud de la onda reflejada . La forma matemática de definir ROE viene dada en la siguiente expresión:

$$ROE = \frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \frac{E_{\text{incidente}} + E_{\text{reflejada}}}{E_{\text{incidente}} - E_{\text{reflejada}}} = \frac{1 + \frac{E_{\text{reflejada}}}{E_{\text{incidente}}}}{1 - \frac{E_{\text{reflejada}}}{E_{\text{incidente}}}}$$

ECUACION 1.7

1.3.8.3 El coeficiente de reflexión o el grado de reflectancia de la carga ρ , es la relación del modulo de la onda reflejada y la incidente, el modulo de la onda reflejada puede tomar cualquier valor entre 0 y el valor del modulo de la onda incidente, por tal razón la magnitud del coeficiente de reflexión variará a estar entre 0 y 1.

$$\rho = \frac{E_{\text{reflejada}}}{E_{\text{incidente}}}, \text{ por tanto } ROE = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

ECUACION 1.8 Y ECUACION 1.9

1.3.8.4 Para calcular la **potencia incidente sobre la carga** es necesario conocer el modulo de la onda incidente y la impedancia característica de la guías de onda Z_0 .

$$\text{Potencia incidente sobre la carga, } P_{\text{incidente}} = \frac{E_{\text{incidente}}^2}{2Z_0}$$

ECUACION 1.10

²⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-1

1.3.8.5 Análogamente, para encontrar la **potencia reflejada por la carga**, es necesario conocer el modulo de la onda reflejada y la impedancia característica de la guía de ondas Z_0 .

$$\text{Potencia reflejada por la carga, } P_{\text{reflejada}} = \frac{E_{\text{reflejada}}^2}{2Z_0}$$

ECUACION 1.11

1.3.8.6 La pérdida por retorno RL , es la relación de la potencia incidente reflejada hacia la fuente, es decir la relación de potencia incidente respecto a la reflejada.

$$\text{Pérdida por retorno, } RL = 10 \log \frac{E_{\text{incidente}}^2}{E_{\text{reflejada}}^2} = -20 \log \rho$$

ECUACION 1.12

$$\% \text{ potencia absorbida} = (1 - \rho^2) \times 100$$

ECUACION 1.13

Para expresar valores de ROE, se puede dar de forma adimensional, tomando valores de uno a infinito, también es posible expresarlo en decibeles, cuando los valores de ROE son altos, para evitar errores en la lectura. Para llevar un valor de ROE adimensional a decibeles se utiliza la siguiente expresión:

$$ROE(dB) = 20 \log ROE$$

ECUACION 1.14

La ROE, depende de la forma de la carga en la cual termina el sistema. Como las amplitudes se suman, un máximo es aproximadamente el doble de la amplitud de la onda incidente y un mínimo es un valor aproximado a cero, de esta manera con ROE, resulta práctico calcular el valor de la longitud de onda de una señal que viaja por un sistema guiado, la distancia entre dos mínimos

es igual la mitad de la longitud de la onda que se esta transmitiendo, con este valor es posible determinar el valor de la longitud de onda de la señal y tambien la frecuencia partiendo de la siguiente ecuación:

$$f = 3 \times 10^8 \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda g}\right)^2 + \left(\frac{1}{2a}\right)^2}$$

ECUACION 1.15

a: ancho de la guía de ondas en m.

λg : longitud de onda en la guía en m.

La razón por la cual se toman como referencia dos puntos mínimos es que cerca de estos puntos la variación de la amplitud es mas pronunciada. Para llevar a cabo la medida de amplitud de una onda estacionaria, se emplea una línea ranurada de medida.

1.3.8.7 CARGAS

1.3.8.7.1 CORTO CIRCUITO: Es una placa conductora metálica, que se coloca al final del sistema de ondas guiadas, se comporta de manera tal que la onda incidente que viaja hacia él, se reflejará totalmente hacia la fuente. Este arreglo es empleado para verificar la frecuencia de trabajo al transmitir una señal, adicionalmente maneja un coeficiente de reflexion unitario y un ROE infinito.

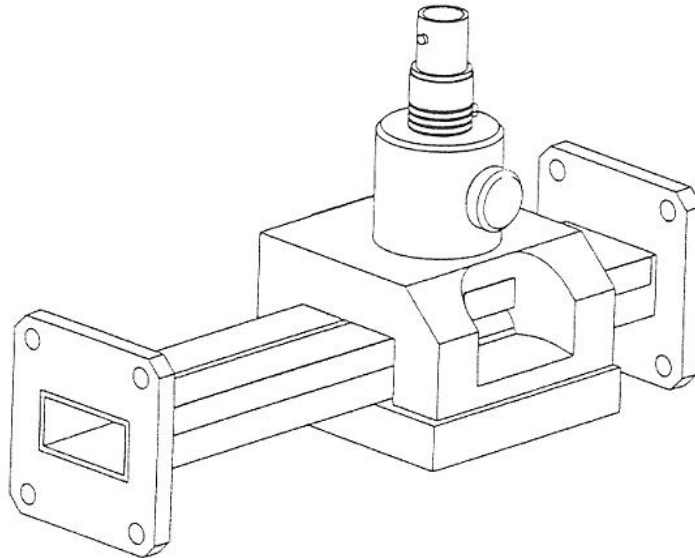
1.3.8.7.2 CARGA ADAPTADA: Es una sección de guía de onda, construido con un material resistivo en su interior, al colocar una carga de este tipo al final de un sistema guiado, se encuentra que la potencia incidente es absorbida y por ello las ondas reflejadas son mínimas, el coeficiente de reflexion para este topo de cargas es igual a 0 y una ROE unitaria.

1.3.8.7.3 CARGA PROBLEMA: esta dada por una sección de guía de onda abierta en su extremo que trabaja como una antena mal adaptada, para este

tipo de arreglo, resulta difícil medir el coeficiente de reflexión que se produce el cual es unitario y una ROE infinita.

1.3.9 LINEA RANURADA

Es comúnmente empleada para realizar la medición de máximos y mínimos para encontrar la ROE en un sistema, verificar las condiciones de adaptación de un sistema y para determinar impedancias desconocidas, dicho instrumento es un tramo de guía de ondas de bajas perdidas, que consta de una ranura longitudinal y angosta en la pared superior.



²⁵FIGURA 1.13 LINEA RANURADA DE MEDIDA

Maneja un diodo que es excitado a través de una sonda que se desplaza sobre la ranura longitudinal, y una escala que permite ubicar los valores para ROE, la perturbación que se presenta en la señal por la presencia del detector es mínima y el campo eléctrico máximo se encuentra en el centro de la cara ancha del instrumento. La relación de la potencia censada por esta entre ranurada es proporcional al cuadrado del campo eléctrico en la sonda. La

²⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-1

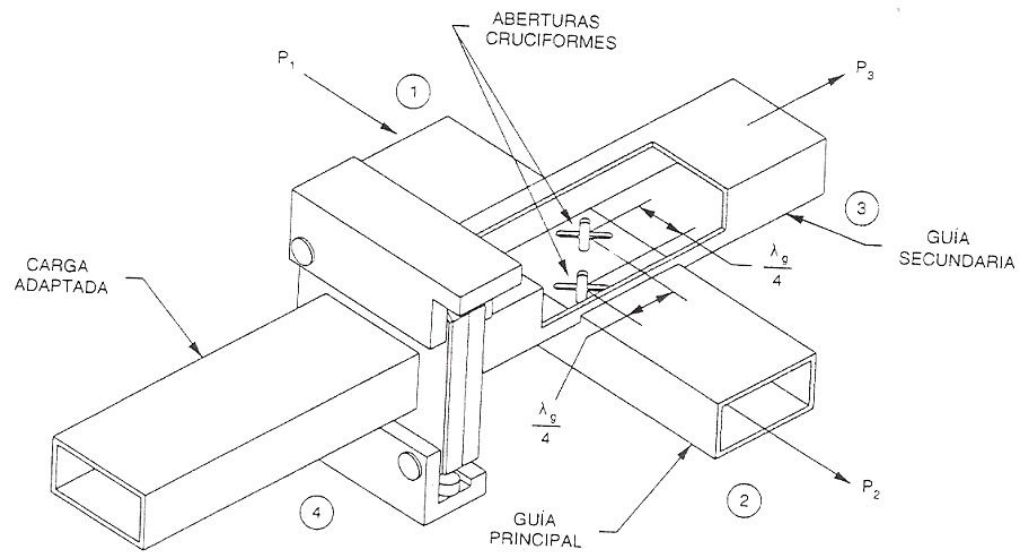
principal desventaja de este dispositivo es que la potencia suministrada es débil a comparación de otros detectores.

1.3.10 MEDIDOR DE ROE

Este medidor también llamado amplificador selectivo típico, es un receptor de baja frecuencia, sintonizado a 1Khz con un ancho de banda estrecho centrado a 20 y 100Hz, con un regulador de ganancia, este amplificador selectivo maneja un intervalo hasta de 70dB, para su buen trabajo es necesario que este conectado a un detector que trabaje en su región cuadrática.

1. 3.11 ACOPLADOR DIRECCIONAL

Estos componentes se utilizan para realizar medidas de potencia, señal reflejada y coeficiente de reflexión sin alterar la transmisión de señales. El acoplador empleado en esta practica corresponde al de la figura 1.14, corresponde a un doble agujero conocido como acoplador de guía Moreno, consta de dos guías de onda superpuestas con cuatro uniones, acoplada entre sí por sus partes medias compartiendo dos orificios cruciformes y separadas a una distancia de un cuarto de longitud de onda, de modo tal que una señal que se propaga por una de las guías de onda, será transferida a la otra guía.



²⁶FIGURA 1.14 ACOPLADOR DIRECCIONAL

²⁷La señal incidente en la puerta 1 se acopla a través de los dos orificios, de forma que los caminos recorridos por la señal hacia la puerta 3 tienen la misma longitud eléctrica y por tanto se produce una suma en fase de los campos excitados a través de los dos agujeros. La señal reflejada que entra por la puerta 2 se acopla también, pero en este caso el recorrido es diferente. Al ser la distancia entre el orificio de $\lambda_g/4$, ambas señales se suman en contrafase y se cancelan. La señal a la salida es proporcional a la onda incidente en la puerta 1 y no depende de la señal 2. De la misma forma, en la puerta 4 se obtiene una señal proporcional a la que entra por la puerta 2 e independiente a la que entra por la puerta 1.

1.3.11.1 FACTOR DE POTENCIA

Se denota con la letra C y se maneja en decibeles. Corresponde a la relación de potencia incidente y la potencia de señal acoplada en el puerto de secundario correspondiente,

²⁶ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-1

²⁷ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 134.

$$\text{Factor de acoplamiento, } C(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_1}{P_2}$$

ECUACION 1.16

P1: Potencia incidente, en el puerto 1

P2: Potencia de señal acoplada en el puerto secundario, puerto 3

1.3.11.2 DIRECTIVIDAD

Es la relación de potencias en decibeles, del puerto por el cual se inyecta una señal de potencia incidente, con respecto a la potencia acoplada en los dos puertos aislados, la directividad en este tipo de acopladores va de los 20dB a los 40dB, se calcula empleando la siguiente expresión:

$$\text{Directividad, } D(\text{dB}) = 10 \log \frac{P_{3(1 \rightarrow 2)}}{P_{4(1 \rightarrow 2)}}$$

ECUACION 1.17

P3 y P4: Potencia de señal acoplada en el puerto 3 y puerto 4

1.3.12 DIAGRAMA DE SMITH

Esta es una herramienta grafica creada por Phillip Smith (29 de abril de 1905, 29 de agosto de 1987), para el cálculo, la transformación de impedancias en una línea de transmisión y es un dispositivo para solucionar problemas en las líneas de transmisión o guías de onda.

En la actualidad este diagrama se emplea en los instrumentos de medida de redes de alta frecuencia, diseño de redes de acoplo y facilitar la comprensión de dichas técnicas.

1.3.12.1 LOCALIZAR CARGAS

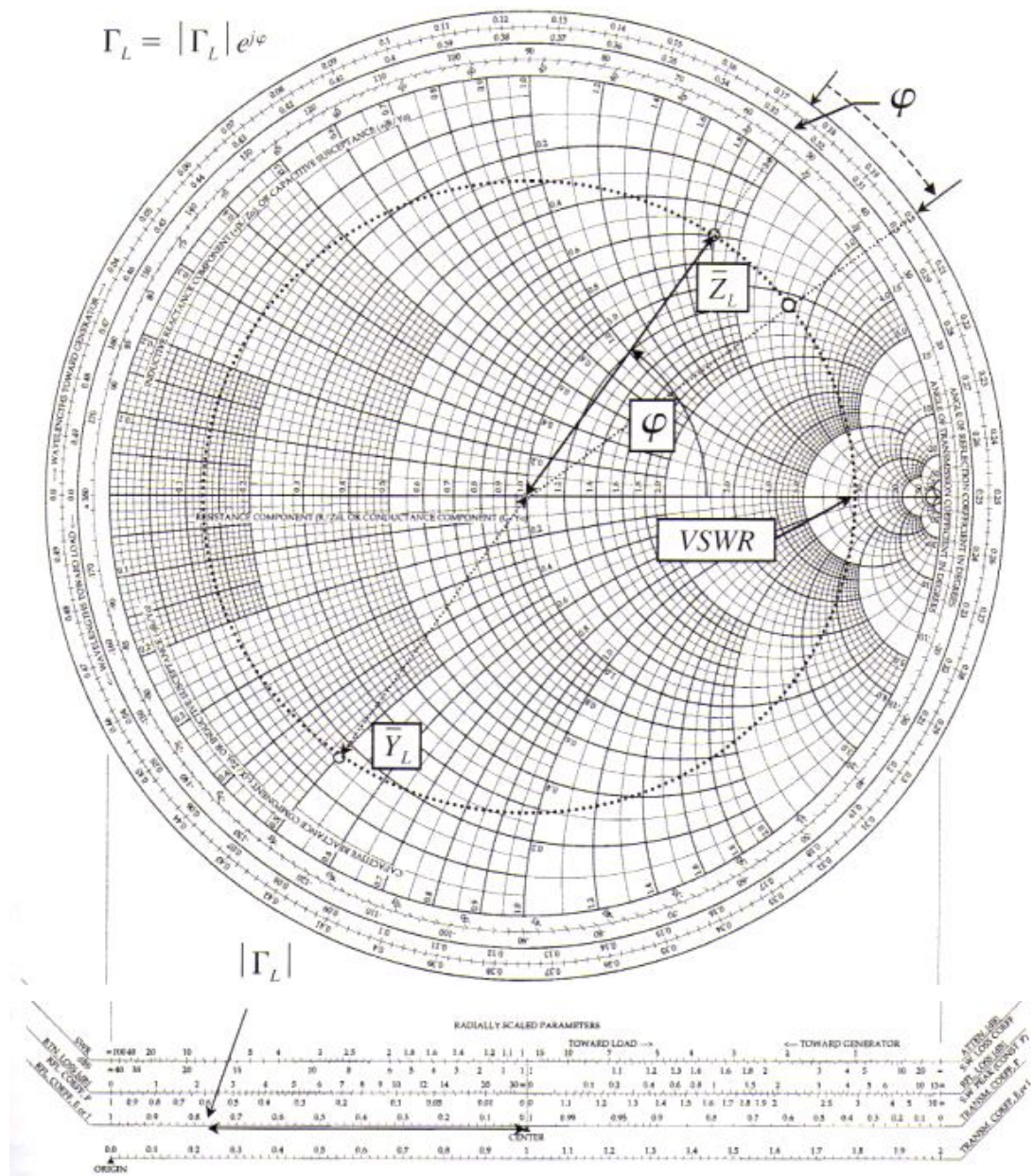
²⁸En el diagrama de Smith es posible localizar cualquier coeficiente de reflexión, trazando un círculo con un radio del valor del módulo, y localizando la posición del ángulo correspondiente al coeficiente de reflexión, tomando como origen de coordenadas el semieje horizontal derecho.

El centro del diagrama representa un coeficiente de reflexión igual a cero, es decir que la impedancia igual a la impedancia de la guía de ondas.

La periferia del diagrama indica los coeficientes de reflexión de módulo unidad.

- El extremo derecho del eje horizontal indica un circuito abierto, un ángulo cercano a 0° .
- El extremo izquierdo del eje horizontal indica un corto circuito, un ángulo cercano a los 180°

²⁸ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 50.



²⁹FIGURA 1.15 CARTA DE SMITH
PARA UNA CARGA NORMALIZADA DE $0,6+j1,8$; COEFICIENTE DE REFLEXION DE
MODULO 0,78 Y FASE 54° ; ADMITANCIA NORMALIZADA (PUNTO SIMETRICO)
DE $0,17-j0,5$; ROE DE 9;

²⁹ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 51-

1.3.12.2 IMPEDANCIAS A PARTIR DEL COEFICIENTE DE REFLEXION

³⁰Para determinar la impedancia a partir del coeficiente de reflexión, el diagrama de Smith tiene un conjunto de círculos y arcos de círculo que representan líneas de resistencia y reactancia constantes.

El semicírculo superior del diagrama constituye la zona de reactancias inductivas, mientras que el inferior abarca las reactancias capacitivas. La impedancia está normalizada respecto de la impedancia característica de la línea. De este modo, la localización de una carga en un punto del diagrama permite determinar simultáneamente tanto la impedancia como el coeficiente de reflexión.

Las escalas de que dispone el diagrama de Smith permiten obtener gráficamente la impedancia y coeficiente de reflexión en cualquier posición en cualquier punto de la línea a partir del valor de estos dos parámetros en cualquier otro punto sobre de la línea.

1.3.12.3 CALCULO DE ROE

³¹Mediante el diagrama de Smith, se puede obtener la razón de onda estacionaria que se establece en una línea cargada con una impedancia distinta a su impedancia característica. Las cargas que presentan impedancias normalizadas reales y de módulo mayor que la unidad tienen la peculiaridad de que su impedancia es numéricamente igual a la razón de onda estacionaria que originan. Este resultado se obtiene inmediatamente comparando

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - 1}{Z_L + 1}, \text{ donde } |\Gamma_L| = \frac{ROE - 1}{ROE + 1}$$

ECUACION 1.18 Y ECUACION 1.19

³⁰ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 51.

³¹ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 52.

Así pues, para obtener el valor de ROE basta con trazar una circunferencia centrada en el origen del diagrama y que pase por el punto que representa la carga. La escala del semieje derecho proporciona el valor de ROE en su intersección con la circunferencia.

1.3.12.4 TRANSFORMACION DE IMPEDANCIAS

³²En el caso de una línea sin pérdidas, para transformar una impedancia conocida en una posición determinada basta con trazar un círculo centrado en el origen y que pase por el punto de la carga conocida. La distancia del segundo punto se localiza mediante un desplazamiento por el círculo en sentido de las agujas del reloj o viceversa, dependiendo que el segundo punto este mas cerca o mas lejos del generador que el primero. Este desplazamiento es igual a un ángulo dado por el doble de la longitud eléctrica existente entre ambos puntos, es interesante observar que una vuelta completa en el diagrama equivale a un desplazamiento en una semi longitud de onda a lo largo de la línea. También puede verse que la impedancia en la línea se hace real en los puntos localizando en eje horizontal, los cuales aparecen en la línea cada cuarto de longitud de onda. En estos puntos se encuentran los máximos (puntos de intersección con el semieje real derecho) y los mínimos (puntos de intersección con el semieje real izquierdo) de voltaje existentes en la línea.

Cuando la línea tiene pérdidas, el desplazamiento a través de la línea desde la carga conocida da lugar a impedancias cuya representación del diagrama de Smith corresponde a un espiral que colapsa en el centro del diagrama. La impedancia en cualquier punto de la línea podría localizarse desde un punto correspondiente a Z_L , desplazándose por el ROE constante en dirección del generador (sentido de las manecillas del reloj). Cuando se desea transformar una admitancia de carga a una determinada distancia a lo largo de la línea, basta con utilizar el mismo procedimiento que con las impedancias.

³² Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; *INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales)* Editorial Prentice Hall. Pagina 52.

1.3.12.5 CALCULO DE ADMITANCIAS

³³EL diagrama de Smith permite determinar la admitancia a partir de la impedancia y viceversa. Para comprobarlo basta con considerar la impedancia en un punto de la línea situado a un cuarto de la longitud de la onda de la impedancia de la carga. De esta manera para obtener la admitancia normalizada en el diagrama de Smith basta con un localizar el punto más simétrico correspondiente a la impedancia con respecto al origen.

1.3.13 DISCONTINUIDADES

1.3.13.1 IRIS

También son conocidos como diafragmas, son láminas conductoras de muy poco espesor, empleados para generar discontinuidades especiales, minimizando las dimensiones internas de una guía de ondas, a lo alto o a lo ancho, generando así discontinuidades para generar reflexiones o acumulaciones del campo.

Un iris que modifica las condiciones de altura de una guía de onda, es un componente capacitivo, así mismo aquel que disminuye el ancho es uno inductivo.

Para cualquier discontinuidad, la impedancia total en el plano iris, se resta de ese valor la contribución de la carga adaptada para obtener la reactancia del iris.

$$Admitancia = \frac{1}{impedancia} = Conductancia + jSuceptancia$$

ECUACION 1.20

La conductancia se denota como “G”

La suceptancia se denota como “jB”

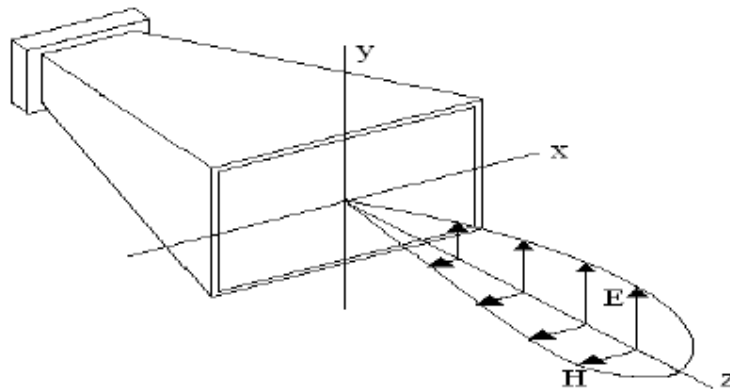
³³ Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall. Pagina 52.

1.3.14 ANTENAS

Son componentes, conductores metálicos capaces de radiar o capturar ondas electromagnéticas mediante el espacio libre, conectando líneas de transmisión o para este caso guías de onda, la radiación en las antenas es de alto rendimiento y según sus características manejan la radiación en diferentes direcciones. En un sistema de transmisión una antena receptora y una transmisora manejan características iguales para ambas, tales como directividad, ganancia, frecuencia de operación, ancho de banda, resistencia de radiación, etc.

1.3.14.1 ANTENA DE BOCINA PIRAMIDAL

La Antena con la cual se trabaja en este manual es una antena de Bocina piramidal, diseñadas para trabajar señales de microondas, es posible encontrarlas en diferentes tamaños, que manejan desde una longitud de onda hasta cientos de longitudes de onda. Su composición consta de una extensión natural de guía de onda, la cual irradia o absorbe energía por medio de un reflector paraboloide. La directividad en estas antenas viene dada, dada de manera proporcional a la abertura de la misma.



³⁴FIGURA 1.16ANTENA DE BOCINA PIRAMIDA, A LA SALIDA SU DIAGRMA DE RADIACION

³⁴ LEDESMA A. Oscar, PATIÑO V. Alberto, PEÑA P. Heriberto, Sistema automático para la obtención de patrones de radiación de Antenas bocina, http://calima.univalle.edu.co/revista/vol38_4/articulos/38041439.pdf

1.3.14.2 DIAGRAMA DE RADIACION

Es representar de forma grafica, el comportamiento del campo electromagnético que se irradia por la antena en varias posiciones angulares de 0 a 360 grados, esta grafica se puede darse en función del campo electromagnético o en función de la potencia. Los diagramas de radiación es una representacion de dos dimensiones de la energía irradiada, cuando en realidad el comportamiento es tridimensional.

1.3.14.3 RADIADOR ISOTROPICO

Es una antena ficticia con un patrón de radiación omnidireccional, es decir, irradia ondas electromagnéticas en todas las direcciones con la misma intensidad, por tal razón su diagrama de radiación, es un circulo que indica la forma en como se propaga la energía.

1.3.14.4 PERDIDA POR INSERCIÓN

Corresponde a la perdida de propagación en el espacio libre, esta potencia esta dada por la relación existente entre la distancia entre la antena receptora y transmisora, pues a mayor distancia menor es la energía recibida por la antena receptora, en función de que la señal recibida es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las antenas. La perdida por inserción se da de decibels y viene dada por la ecuación 1.21

$$PL(dB) = 10 \log \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right)^2 = \left(20 \log \frac{4\pi r}{\lambda} \right)$$

ECUACION 1.21

En donde

r: La distancia entre la antena emisora y receptora en metros

λ : La longitud de onda en el espacio libre, que es igual a la velocidad de la luz (3×10^8) m/s, sobre la frecuencia de la señal transmitida.

1.3.14.5 PERDIDA POR PROPAGACION

Es la diferencia de potencias dada por la potencia en la antena transmisora y la potencia en la antena receptora, esta atenuación de pérdida esta dada en decibels. La relación de potencias esta dada por:

$$\text{Relación de Potencias (dB)} = P_{\text{radiada}} - P_{\text{transmitida}}$$

ECUACION 1.22

La relación de potencia absorbida con respecto a la potencia transmitida:

$$\frac{P_R}{P_T} = 10^{\frac{\text{RELACION_DE_POTENCIAS(dB)}}{10}}$$

ECUACION 1.23

1.3.14.6 ATENUACION

Se da por la relación de la distancia en la potencia de señal recibida a una posición A, con respecto a la misma característica en una posición B, la posición A siempre debe ser mayor a la posición B, al aplicar la ecuación 1.23 dada para la atenuación, según esto la atenuación varía con respecto a la orientación de la antena, la atenuación se da en decibels.

$$A(\text{dB}) = 20 \log \frac{A}{B}$$

ECUACION 1.24

1.3.14.7 GANANCIA DIRECTIVA

Esta ganancia esta dada por la relación existente entre la radiación de una antena con la que se esté trabajando y una antena isotropica ideal, cuando cada una irradia la misma potencia total. Cuando en una situación se especifica la ganancia de una antena, se entiende que es la máxima potencia.

³⁵*El método mas simple para medir la ganancia en una antena consiste en comparar la potencia recibida por una antena de referencia P_{ref} con respecto a la potencia recibida de la antena bajo prueba P_{prueba} . La ganancia de la antena bajo prueba esta dada por la siguiente ecuación 1.25.*

$$\text{Adimensional} \quad G_{prueba} = \frac{P_{prueba}}{P_{ref}} \times G_{ref}$$

ECUACION 1.25

$$\text{En dB} \quad G_{prueba}(dB) = P_{prueba}(dB) + G_{ref}(dB) - P_{ref}(dB)$$

ECUACION 1.26

Mediante la siguiente expresión es posible medir la atenuación cuando se conoce el valor de las potencias transmitida y recibida, mediante la ecuación 1.27.

$$G = \frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{P_r / P_t}$$

ECUACION 1.27

Donde λ es la longitud de onda de la señal que se transmite dada en metros.

1.3.15 OPTICA

Esta rama de la física estudia la producción, comportamiento y manifestaciones de la luz, el comportamiento de una señal de microondas tiene características similares a las ondas luminosas, por esta razón fenómenos como, reflexión,

³⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 14-6.

refracción, difracción y transmisión, son fenómenos validos para una señal de microondas.

1.3.15.1 INDICE DE REFRACCION

Esta característica es la relación (cociente) que hay entre la velocidad de propagación en el vacío y la velocidad de propagación en un medio de prueba, normalmente la velocidad de propagación en dicho medio es inferior a la del vacío. El índice de refracción varia según la señal que se esta transmitiendo y su dirección de propagación.

³⁶Cuando un rayo luminoso llega a la superficie de separación de dos medios distintos, se producen dos rayos, uno reflejado y otro refractado o transmitido. En general, solo una parte de la energía luminosa incidente pasa al otro medio. Además, las direcciones de propagación de los rayos reflejado y transmitido son distintas de la del rayo incidente. Experimentalmente se han podido deducir las leyes de la reflexión y de la refracción:

1.3.15.2 REFLEXION

Ocurre cuando una onda incidente, encuentra una superficie y esta se refleja con el mismo ángulo de la onda incidente, adicionalmente la onda incidente, el reflejado y la recta normal en el punto de incidencia están contenidos en un mismo plano.

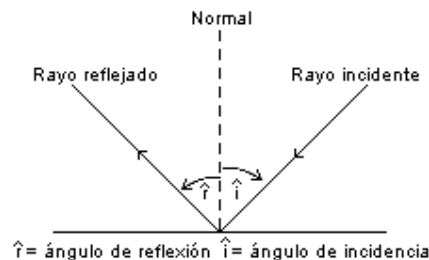


FIGURA 1.17 REFLEXION

³⁶ <http://aransa.upc.es/ffettsi/Apuntes/Optica.pdf>, Pagina 13

1.3.15.3 REFRACCION

Este fenómeno ocurre cuando una onda electromagnética, pasa de un medio de propagación a otro de diferente densidad óptica, sufriendo así un cambio de velocidad y de dirección al propagarse. Adicional a esto es necesario que el ángulo de incidencia sea menor que el ángulo crítico.

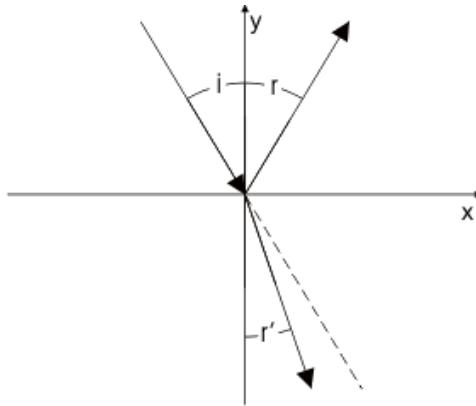


FIGURA 1.18 REFRACCION

1.3.15.3.1 LEY DE SNELL

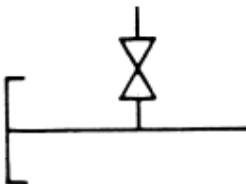
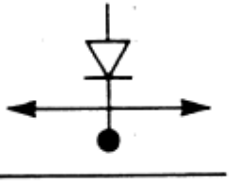
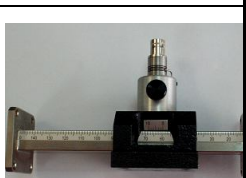
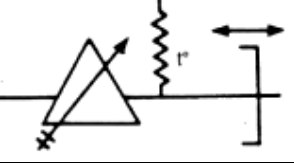
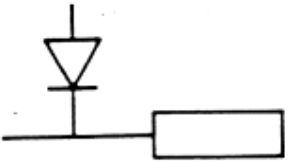
El ángulo de incidencia y el de refracción están relacionados a través de los valores de los índices de refracción.

$$n_1 \cdot \text{Sen } \theta = n_2 \cdot \text{Sen } \theta'$$

CAPITULO 2

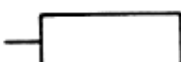
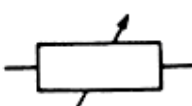
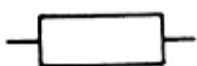
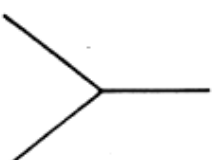
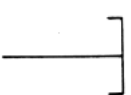
EQUIPOS EMPLEADOS, SIMBOLOGIA E IMAGENES

Las imágenes correspondientes a los símbolos empleados, se basan en normas ³⁷IEEE/³⁸IEC

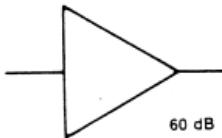
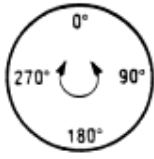
EQUIPO			SIMBOLO	IMAGEN
DESCRIPCION	REF	CANT		
Alimentación para oscilador Gunn	9501	1		
Medidor de ROE	9502	1		
Vatímetro	9503	1		
Oscilador de Gunn	9510	1		
Línea Ranurada de medida	9520	1		
Soporte de termistor	9521	1		
Detector de Cristal	9522	1		

³⁷Institute of Electrical and Electronics Engineers

³⁸International electrotechnical commission

Acoplador direccional 10 Ghz	9523	1	C = 20 dB  D = 20 dB		
Carga Adaptada	9531	2			
Atenuador Variable	9532	1	 35 dB		
Atenuador fijo de 6dB	9533	1	 6 dB		
Atenuador fijo de 30 dB	9534	1	 30 dB		
Antena de Bocina	9535	2			
Accesorios para microondas	9536	28024	1	corto circuito fijo 	

		28025	1	Lente de iris capacitivo medio circulo		
Conjunto de cables y accesorios	9590	26851	1	conector BNC-T		
		26854	1	Cable coaxial BNC/BNC (75cm)		
		26854-1	2	Cable coaxial BNC/BNC (120cm)		
		28132	16	Tornillos de cierre rapido		
		28200	1	Placa de metal		
		28203	1	Placa de dieléctrico		

Soporte de guía de onda	9521	2		
Amplificador	9523	1		
Recipiente de Almacena- miento	9599	1		
Indicador de Acimut de antena	9592	1		

³⁹TABLA 2.1 COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL BANCO
DEL TRABAJO DEL MÓDULO LAB VOLT 8090

³⁹ Referencias, Lab Volt 8090, Simbologías norma IEEE/IEC, Imágenes fotografías del módulo Lab-Volt 8090 que adquirió laUPB Bucaramanga

CAPITULO 3

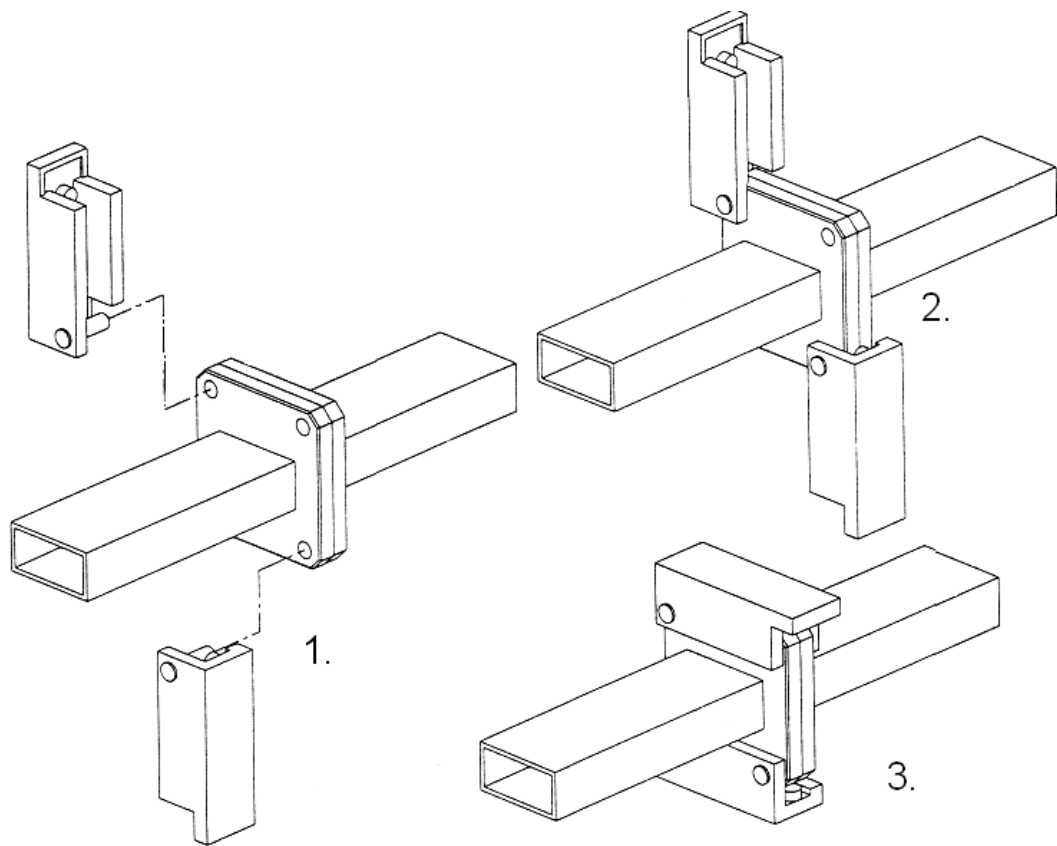
FUNCIONAMIENTO DE LOS COMPONENTES Y HERRAMIENTAS DE TRABAJO

ADVERTENCIA: antes de iniciar, debe saber, que al manipular microondas, debe ser cuidadoso y evitar mirar hacia el centro de una guía de onda mientras el oscilador de Gunn y la alimentación estén alimentados, de igual manera para las antenas de bocina. Pues estudios referentes a cuerpos expuestos a altas frecuencias arrojan datos no oficiales en los cuales, la exposición continua a altas frecuencia afectan la salud, desde dolores de cabeza, somnolencia, daños en tejidos blandos por exposición hasta tumores malignos.

3.1 TORNILLOS DE CIERRE RAPIDO

Son dispositivos para interconectar los componentes con los que se llevarán a cabo las diferentes prácticas de laboratorio propuestas, son hechos de plástico con un terminal metálico el cual se inserta en los componentes, estos tornillos hacen que las pérdidas en el sistema sean muy bajas, casi nulas puesto que evita la discontinuidad en el sistema, para esto es necesario utilizar dos tornillos de sujeción en cada unión de dos componentes. En la figura 3.1 se muestra los pasos a seguir al realizar una interconexión.

1. Tomar los componentes que se van a unir y alinear los orificios en ellos
2. Insertar el terminal metálico en el orificio, de manera que los tornillos de cierre rápido al asegurarse queden en posición horizontal.
3. Asegurar la parte metálica a los extremos de los componentes.



⁴⁰FIGURA 3.1 MODO DE EMPLEO DE LOS TORNILLOS DE CIERRE RAPIDO

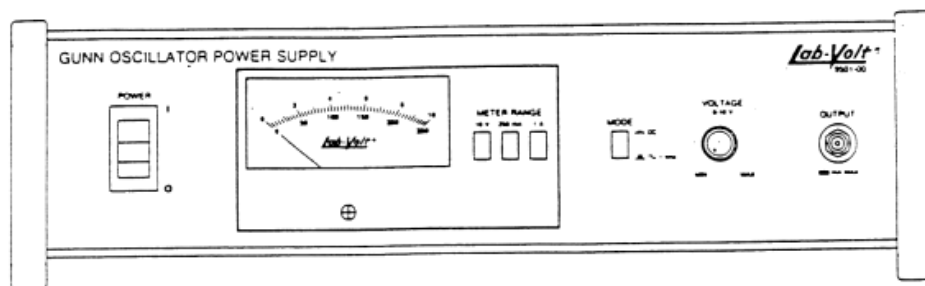
3.2 ALIMENTACION DE OSCILADOR DE GUNN

La fuente de alimentación maneja un rango de 0 a 10 Voltios, de 0 a 250mA, en la mayoría de practicas se indica el valor del voltaje a emplear para excitar el oscilador de Gunn. Se maneja un interruptor MODO el cual se emplea para tener Corriente continua/corriente alterna a 1Khz, la cual se emplea según el detector y los resultados que se requieran, el borne que es salida, es de uso

⁴⁰ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 1-6.

exclusivamente para la conexión de entrada del oscilador de Gunn. Cuando se requiera realizar cualquier tipo de modificación a los montajes propuestos, es necesario desconectar el oscilador de Gunn de su alimentación.

Para llevar a cabo la interconexión de los módulos de alimentación para Gunn, Vatímetro o medidor de ROE, es necesario que tenga en cuenta los conectores paralelo, para alimentar los módulos, el único modulo que maneja conexión directa a la red eléctrica el Alimentador de Oscilador de Gunn.

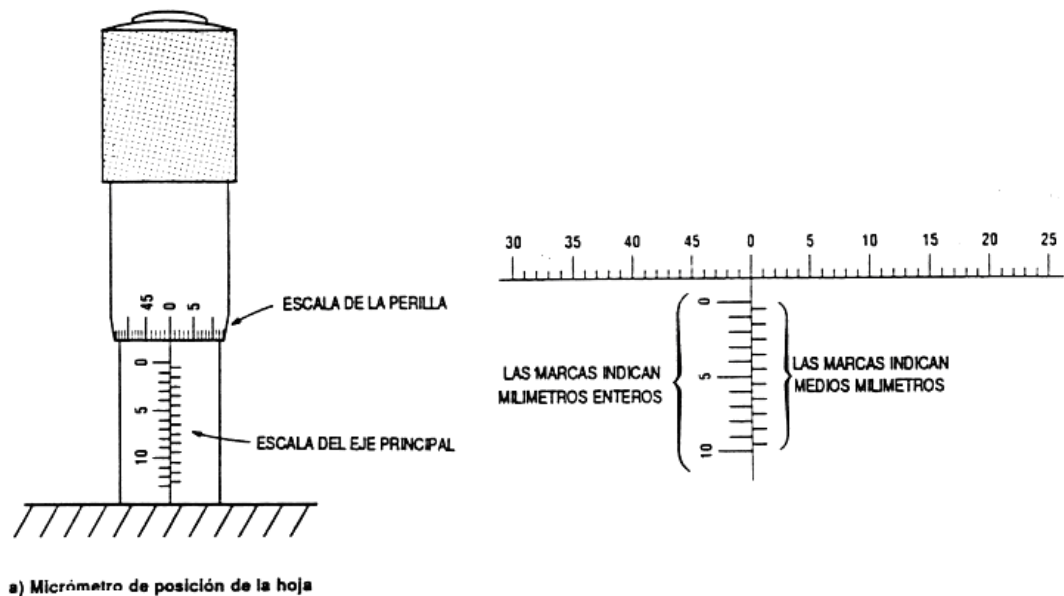


⁴¹FIGURA 3.2 ALIMENTADOR PARA OSCILADOR DE GUNN

3.3 ATENUADOR VARIABLE

Cuando se habla de posición del atenuador variable, se refiere a la posición del micrómetro, el cual en este caso, es un instrumento para ajustar la atenuación, entre 0 y 35 dB, por esta razón es necesario aprender a utilizarlo. Como se ilustra en la figura, existen dos escalas, la del eje principal y la de la perilla. En la escala del eje principal, en la parte donde se ven los números, se tienen los milímetros y al otro lado los medios milímetros, esta escala para este caso puede tomar valores entre 0mm y 11.40mm. El eje de la perilla denota centésimas de milímetro, este se ajusta girando la perilla y tiene valores de 0 a 50, en donde se observa que cada dos vueltas completas a esta perilla, corresponde a un milímetro en el eje principal. La forma conjunta para leer la posición del micrómetro es el valor de la escala del eje principal, el punto que denota las centésimas y el valor del eje de la perilla.

⁴¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina "ANEXOS"



Micrómetro de posición de la hoja del atenuador variable.

⁴²FIGURA 3.3 LECTURA EN UN MICROMETRO

⁴³Para lograr una posición hacia el centro de la guía, la perilla ranurada en el extremo del micrómetro se gira en sentido horario para que los números marcados sobre la perilla aumenten cuando cruzan la línea central del eje principal. La hoja está justo contra la pared del costado cuando la marca 0 de la perilla esté alineada con la marca 0 en la línea central del eje principal.

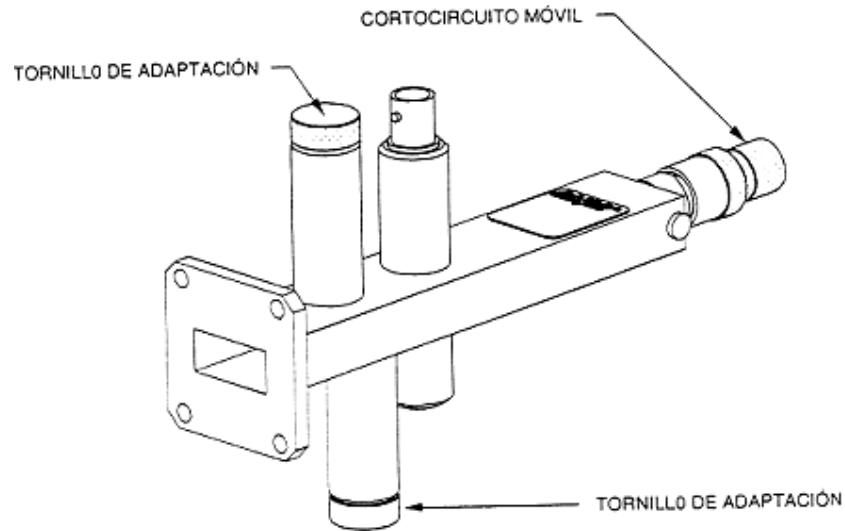
3.4 SOPORTE DE TERMISTOR

El soporte de termistor, empleado como sensor de temperatura, para medir potencia, maneja dos circuitos de adaptación, los cuales se manipulan

⁴² Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía docente; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4

⁴³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía docente; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4

girándolos, hay que tener precaución, al no sacarlos en su totalidad, pues el componente puede sufrir una desadaptación.



⁴⁴FIGURA 3.4 SOPORTE DE TERMISTOR

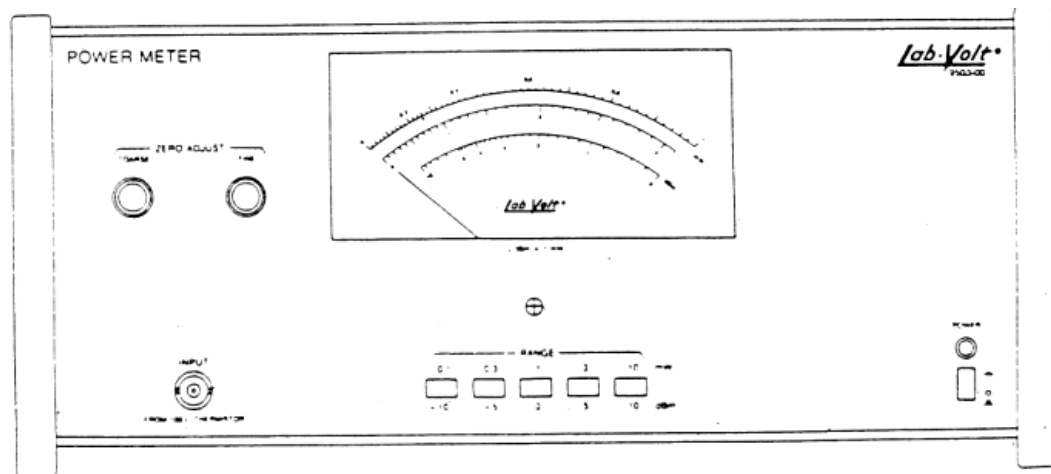
Adicionalmente maneja un cortocircuito móvil, el cual se asegura en la posición deseada con una tuerca estriada. La función que cumplen dichos tornillos de adaptación y cortocircuito móvil, es ayudar a encontrar un valor de potencia ya se máximo o específico.

3.5 MEDIDA DE POTENCIA EN UN VATIMERO

El vatímetro empleado en este modulo, maneja 5 interruptores para seleccionar la GAMA en decibelios y en mili vatios, apropiada para realizar una medida de potencia, para una señal de corriente continua. Las perillas

⁴⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía docente; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4

correspondientes a Ajuste de Cero se manipulan de manera directa para este objetivo, estas perillas son de gran utilidad cuando se requiere cambiar la GAMA para tomar una medida de potencia exacta. El borne que indica la entrada es un conector hembra BCN, para conectar el detector de potencia empleado. El rango para tomar una medida esta entre 0 a 10 mW (-10 mdB a +10 mdB).



⁴⁵FIGURA 3.5 VATIMETRO

Al tomar medidas tenga en cuenta que debe estar situado enfrente del modulo de medida, ya que es muy usual que por error de paralaje, no se tome la medida real.

Cuando se realizan diferentes medida de potencia de un mismo montaje, variando la posición del atenuador variable, del voltaje o de cualquier característica, es usual que no se logren todas las medidas en una misma GAMA, para esto si la aguja cae mucho o sobrepasa el rango al medir la señal de microondas realice los siguientes pasos:

- Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn del modulo Alimentación para oscilador de Gunn.

⁴⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina "ANEXOS"

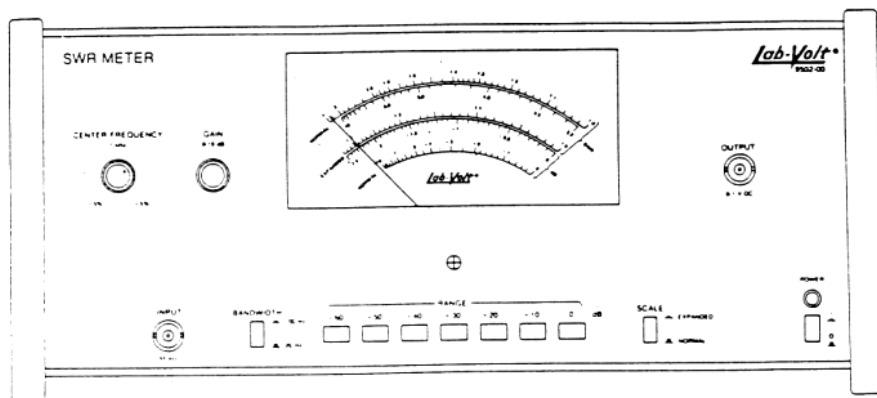
- Seleccione una Gama mas baja o más alta según su necesidad en el vatímetro.
- Ajuste el cero en el vatímetro con las perillas de AJUSTE DEL CERO.
- Espere aproximadamente un minuto para que la temperatura del termistor se estabilice. Si es necesario, ajuste otra vez el cero.
- Conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el modulo Alimentación para oscilador de Gunn.
- A continuación tome las lecturas de medición de potencia.

Para tomar una medida de potencia en mili vatios, seleccione la GAMA que se ajuste a la necesidad y selección el valor de la GAMA ríjase por este como le valor máximo posible en la medida y proceda a tomar la lectura de potencia.

Realizar una medida de potencia en dBm, en el vatímetro, tome el valor de la potencia medida y súmele el valor de la GAMA empleada para obtener el valor exacto de la potencia en esta unidad de medida.

3.6 MEDIDOR DE ROE

Este medidor cuenta con un medidor calibrado, un conector de entrada , una perilla de sintonía para ajustar la frecuencia central, una perilla de ganancia, los selectores GAMA, un conmutador de ancho de banda con opción 20 y 100 Hz y un conmutador para seleccionar escala normal o expandida y un conector de CC de salida.



⁴⁶FIGURA 3.6 MEDIDOR DE ROE

El medidor ROE cuenta con cinco escalas: dos de ROE NORMAL (1,0 a 4 y 3,2 a 10), una ROE EXPANDIDA (1,0 a 1,33), una NORMAL (0 a -10) y una escala en dB expandida (0 a -25dB).

- Los pulsadores para seleccionar GAMA controlan la ganancia del amplificador en etapas de 10dB.
- La perilla control de ganancia, sirve para ajustar la ganancia del amplificador de manera continua, en una gama comprendida entre 0 y 10dB.
- La perilla de control de la frecuencia central, sirve para ajustar el amplificador con la misma frecuencia que la señal de modulación.
- EL conmutador de Ancho de banda, sirve para fijar el ancho de banda del amplificador en 20Hz o 100Hz. Según indique la practica que se este desarrollando.

Las mediciones de ROE se llevan a cabo empleando una línea ranurada, que se ubica entre el medidor de ROE y la carga en la cual termina el montaje de microondas, el valor correspondiente a ROE se toma lo mas cerca posible a la carga para minimizar el efecto de perdida por inserción de la linea ranurada.

⁴⁶ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina "ANEXOS"

3.6.1 PROCEDIMIENTO PARA MEDICION DE ROE ADIMECIONAL Y EN dB

1. La sonda de la línea ranurada se coloca en una posición igual a 40mm.
2. Mover la sonda de la línea ranurada en dirección del generador, buscando un máximo.
3. Ajuste la aguja del medidor de ROE en la posición de referencia.
 - Para realizar la medición en la escala ROE, la aguja debe alinearse en $ROE = 1$, con ayuda de las perillas de control de ganancia y de frecuencia central, según indique el experimento.
 - Para realizar medidas de ROE en dB, la aguja debe alinearse con una posición de referencia, aproximadamente 30dB o 40 dB, es decir ubicar la aguja en cero, para una gama de 30dB o 40 dB.
4. Buscar un mínimo moviendo la sonda de la línea ranurada, tomar los valores de la posición y de ROE para estos mínimos, pues son medidas útiles para llevar a cabo el desarrollo de las practicas.
 - Si la posición de referencia es $ROE = 1$, esta lectura dará directamente la ROE.
 - Para ROE en dB, el valor de ROE es la diferencia entre los valores máximo y mínimo.

3.6.2 ESCALAS DEL MEDIDOR DE ROE

Es posible encontrar el valor de ROE de forma directa llevando a cabo los siguientes pasos:

- ROE NORMAL: se emplea cuando la relación de onda estacionaria esta **entre 1 y 4**, se lee en la escala superior que indica que identifica su valor de ROE normal.
Para una ROE **entre 3,2 y 10**, se selecciona una gama inferior a 10dB y se realiza la lectura en en la segunda escala de ROE NORMAL.

Para realizar medidas de una ROE **entre 10 y 40**, se debe aumentar la sensibilidad de la GAMA de 20 dB, tomar la lectura en el mínimo de la onda estacionaria de la escala graduada de 1 a 4 y multiplicarla por 10.

Para realizar la medida entre 32 y 100, seleccione una GAMA menor de 30dB, tome la lectura en el mínimo de la onda estacionaria de la escala graduada entre 3,2 a 10 y multiplíquelo Por 10.

Para realizar una medida mayor a 100, seleccione una GAMA menor a 40dB, toma la lectura en la escala que va de 1 a 4 y multiplíquelo por 100.

- ROE EXPANDIDA: se emplea cuando la lectura en una GAMA dada es menor que 1,33 en la escala normal, a continuación se selecciona ROE EXPANDIDA y se obtiene una lectura de ROE mas exacta, graduada entre 1 y 1,33.

3.6.3 Medidas de ROE en dB.

Para realizar estas lecturas de ROE en decibeles con exactitud, hay que tener en cuenta que:

- La escala dB NORMAL, se emplea para las mediciones de relación de onda estacionaria entre 0 y 10 dB.
- La escala dB EXPANDIDA, se emplea para las mediciones que indique menos de 2,5 dB.

Recuerde que ROE es la diferencia del máximo y mínimo de onda estacionaria, mas próximo a la carga, de igual manera tenga en cuenta que cuando encuentra la amplitud máxima de la onda estacionaria, es necesario alinear la aguja en 0dB.

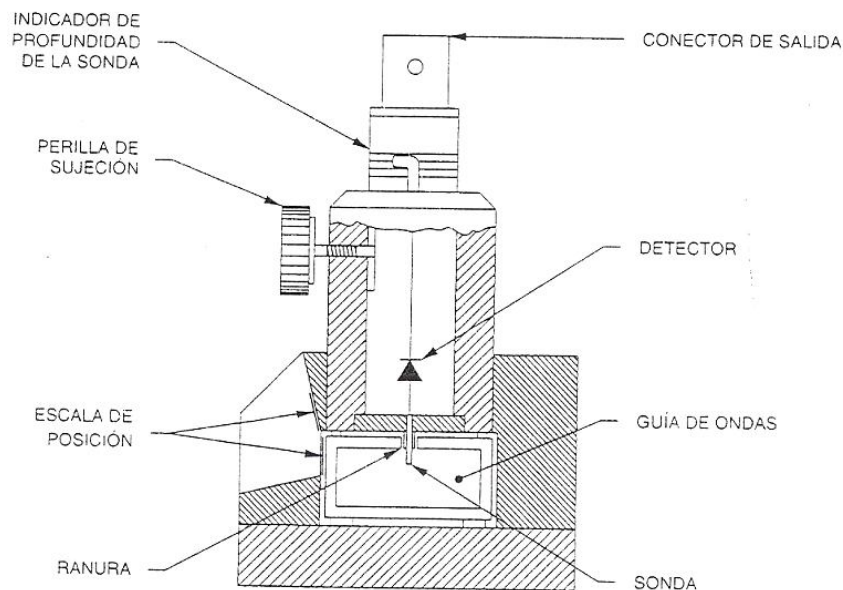
Cuando se realiza una medida en decibeles recuerde tomar el valor de la lectura y sumarle el valor de GAMA empleado, por tanto el valor de ROE en dB se da de la siguiente manera

$$ROE (dB) = \text{Máximo (lectura+GAMA)} - \text{Mínimo (lectura + GAMA)}$$

ECUACION 3.1

3.7 LINEA RANURADA

Este componentes permite medir la variación de la amplitud de una onda estacionaria, para obtener medidas de ROE, consta de una sonda la cual tiene un detector de cristal que trabaja en su zona cuadrática, con un conector BCN para realizar la conexión al medidor.



⁴⁷FIGURA 3.7 LINEA RANURADA DE MEDIDA

Esta sonda se encuentra sobre un carro deslizable, la profundidad de la sonda es ajustable teniendo como referencia sus marcas horizontales de color negro,

⁴⁷ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-1

esta profundidad se ajusta manipulando la perilla de sujeción, asegúrese de no penetrar demasiado la sonda en la línea ranurada, ya que la distribución del campo puede distorsionarse, mas aun cuando el valor de ROE es alto, adicionalmente el detector de cristal de la sonda puede operar fuera de su región cuadrática.

Hay que tener ciertas precauciones tales como, evite golpear el equipo, no introduzca herramientas u otros objetos en la ranura de medición y la tensión de alimentación no debe sobrepasar de 10 V.

La medida de la posición se realiza mediante un calibrador vernier encontrado sobre la guía de onda ranurada, la exactitud de este instrumento esta dada por la exactitud de la graduación de sus escalas, se toma la lectura de la escala principal y después se analiza la fracción adicional, hay que mirar a lo largo de la escala del para ver qué graduación coincide con una graduación en la escala principal.

3.8 DIAGRAMA DE SMITH

Para realizar las experiencias, se requiere hallar y situar información importante para construir el diagrama y poder observar el comportamiento de ROE, coeficiente de reflexión, ubicar la carga con su parte resistiva y reactiva, etc.

Cuando se va a graficar el comportamiento de una carga al final de un sistema, es necesario, tomar valores de máximos y mínimos mediante una línea ranurada y un medidor de ROE. Refiérase a la figura 1.15.

Para cualquier experiencia, en su inicio se debe llevar a cabo un montaje terminado en corto circuito para conocer el comportamiento de la onda estacionaria cuando la onda incidente que se refleja hacia el generador, este arreglo es empleado para verificar la frecuencia y la longitud de onda de trabajo al transmitir una señal, se realiza llevando a cabo los siguientes pasos.

- Ubicar la línea ranurada en 40mm.

- Mover la sonda de la línea ranurada hacia la fuente para encontrar un punto máximo.
- Ajustar el ancho de banda de 20Hz, y aumenta a máximo la desviación de la aguja del medidor de ROE, manipulando la perilla de control de ganancia.
- Encuentre el mínimo mas próximo al máximo encontrado con anterioridad en dirección de la fuente, la posición de este mínimo será denominado como CERO 1, adicionalmente tenga en cuenta la GAMA empleada.
- Encontrar el mínimo mas próximo al CERO 1, en dirección del cortocircuito, esta posición mina corresponde a CERO 2, de igual manera teniendo en cuenta el valor de la GAMA empleada.
- Hallar la *longitud de onda*, de la señal que viaja por el sistema partiendo de la posición de CERO 1 y CERO 2.
- A continuación realizar el montaje según corresponda la experiencia.

Después de encontrar la posición de CERO 1, CERO 2 y longitud de onda, se llevan a cabo las siguientes instrucciones para *medir una impedancia* y el *coeficiente de reflexión*.

- Realizar el montaje para un sistema terminado en una carga cualquiera.
- Utilizando la GAMA empleada para encontrar los puntos CERO 1 y CERO 2, encuentre la posición para la cual se encuentra el máximo más próximo al atenuador cortocircuitado.
- Ajuste el medidor de ROE en 0 dB, manipulando la perilla de control de ganancia
- A continuación encontrar el valor mínimo encontrado entre los valores de CERO1 y CERO 2, para este mínimo tome el valor de *ROE* y de *posición*.

- Encuentre un valor para “d” correspondiente a la distancia que hay entre el CERO 2, y la posición mínima hallada en la etapa anterior.
- En el *diagrama de Smith* ubique sobre la línea horizontal, el valor de ROE encontrado, y a partir de este punto trace una circunferencia, con centro en el punto (1+j0) y radio correspondiente al valor de ROE.
- Utilice la ecuación 3.2 para hallar el ángulo de fase para el cual se encuentra ubicada la impedancia. Reemplazando los valores de *longitud de onda* y distancia “d”

$$\theta = 180^\circ \left(1 - \frac{4d}{\lambda g} \right)$$

ECUACION 3.2

- El ángulo Φ hallado se ubica en la *diagrama de Smith*, en el punto en el cual la circunferencia de ROE se cruza con el *ángulo de fase*, se encuentra la *impedancia normalizada* ZL de la carga.
- El *modulo del coeficiente de reflexión* ρ , se halla partiendo del valor aplicando la ecuación 3.3

$$\rho = \frac{ROE - 1}{ROE + 1}$$

ECUACION 3.3

- El *coeficiente de reflexión* corresponde a:

$$\Gamma = \rho \angle \phi$$

- Para ubicar la *admitancia normalizada* YL, en el *diagrama de Smith*, es necesario previamente haber ubicado la *impedancia normalizada*, la admitancia normalizada corresponde a localizar el punto más simétrico correspondiente a la impedancia con respecto al origen. Para una admitancia la parte real es llamada conductancia y la parte imaginaria suceptancia.

3.8.1 CARACTERÍSTICAS DE CARTA DE SMITH PARA IMPEDANCIAS REACTIVAS

Para hallar, la admitancia normalizada del iris inductivo Y_{inorm} , la susceptancia normalizada y la reactancia normalizada del mismo es necesario seguir los siguientes pasos:

- Encontrar el valor de ROE , del coeficiente de reflexión como se explica en la anterior etapa.
- Tome el ángulo Φ y trázelo con una línea, de tal manera que también quede trazada la línea $180+\Phi$, para poder ubicar la admitancia.
- A continuación, diríjase a la parte de abajo del diagrama de Smith, al que se refiere a las escalas radiales de los parámetros, puntualmente en la última que es indicada como *coeficiente de reflexión E o I*, y ubique el valor de ρ .
- Con un compás tome el valor de ρ , según la escala indicada y trasládela la línea que trazo con inclinación de Φ° , para encontrar la *impedancia total normalizada Z_{Lnorm}* , y de igual manera la *admitancia total normalizada Y_{Lnorm}* .
- Para hallar la admitancia normalizada del iris inductivo Y_{inorm} , reste la admitancia normalizada de la carga adaptada ($1,0+j0$) de la admitancia total normalizada, Y_{inorm} debe ser una susceptancia normalizada pura.
- la parte imaginaria de la admitancia es la *susceptancia* normalizada del iris, y su ubicación de forma simétrica, es la reactancia normalizada del iris.

CAPITULO 4

PRACTICA 1

FAMILIARIZACION CON EL EQUIPO Y MEDICION DE POTENCIA

INTRODUCCION

Para llevar a cabo el adecuado desarrollo de las prácticas usando el modulo LABVOLT 8090, es necesario conocer cada una de las partes del modulo y el funcionamiento de las mismas. Inicialmente se interactuará con los componentes de uso mas común en el desarrollo de las practicas propuestas, como son la fuente de alimentación del oscilador Gunn para obtener una señal de microondas, el manejo de los tornillos de cierre rápido para la interconexión de los componentes del modulo. Se Llevará a cabo una medición sencilla de potencia utilizando el Vatímetro ajustando el atenuador variable mediante su micrómetro para lograr dichas medidas. Es muy importante conocer las precauciones que se deben tener al desarrollar las prácticas de comunicaciones cuando se manipulan montajes de guías de onda, al transmitir una señal de microondas.

Una vez claro el concepto de potencia en un sistema microondas, se medirá la potencia de la señal presente en la guía de onda, utilizando un soporte de termistor como detector de la señal y un vatímetro como elemento de medición, se tomarán lecturas en diferentes unidades de medida, familiarizando al estudiante con dichas unidades de medición y así mismo manejar la conversión de unidades de potencia útiles para el desarrollo de las practicas de laboratorio planteadas en este manual.

OBJETIVOS

- Llevar a cabo montajes completos y seguros empleando el modulo 8090, reconociendo sus partes y sus funciones.
- Manejar conceptos como microondas, guía de onda, potencia, atenuación, impedancia, oscilador Gunn, atenuador variable, termistor y medición de potencia para microondas.
- Manipular correctamente el atenuador variable
- Conocer las unidades de medida de potencia como son dBm, dBW, vatios y lograr conversión de unidades para sistemas adaptados a la realidad.
- Medir la potencia en un sistema de microondas usando el vatímetro.

PREINFORME

Realizar un documento que contenga un resumen con los temas propuestos a continuación

- Simbología y los componentes básicos de un banco de microondas
- Conceptos de microondas, guías de onda
- Fuente de alimentación para oscilador Gunn y Oscilador de Gunn
- Potencia en microondas y conversión de unidades.
- Medición de potencia y Soporte de termistor.
- Atenuación.

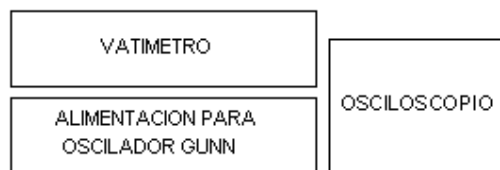
ELEMENTOS A EMPLEAR

- Vatímetro
- Alimentación para oscilador de Gunn (AOG)
- Atenuador variable de 35 dB
- Soporte de termistor
- Oscilador de Gunn
- Osciloscopio
- 2 Soportes
- 4 Tornillos de Cierre rápido
- 2 Cables Coaxiales BNC/BNC
- Conector BCN-T

PROCEDIMIENTO

Parte A

1. Coloque los módulos como se muestra a continuación y verifique que los interruptores de estos se encuentren apagados.



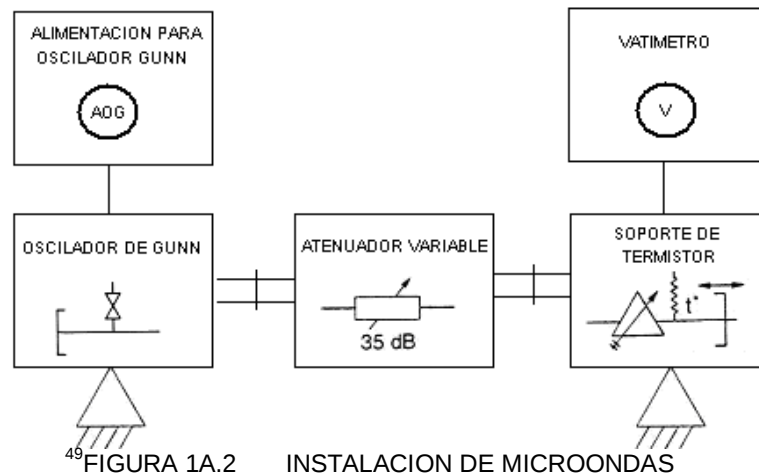
⁴⁸FIGURA 1A.1 MONTAJE DE LOS MODULOS

2. Realizar el montaje correspondiente a la figura 1A.2, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre si.
3. Ajustar el módulo de alimentación para oscilador Gunn de la siguiente manera.

⁴⁸ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 2-5

VOLTAJE.....MIN
 MODOS.....CC
 ESCALA DEL MEDIDOR.....10 V

4. Ajuste el atenuador variable en 11 mm. Esto hará que la posición del atenuador variable se encuentre impidiendo el paso de la señal por de la guía de onda.



5. Realice los siguientes ajustes:

- Encienda el modulo de alimentación para oscilador Gunn.
- Encienda el vatímetro, ajuste GAMA 10mW y ajuste el cero como se indica en el funcionamiento del vatímetro propuesto en el capítulo 3 de este manual.
- Espere 2 minutos a que el soporte de termistor y el Vatímetro Alcanen su temperatura de operación.
- En la Alimentación para oscilador de Gunn ajuste 8.5V.
- Ajuste en el atenuador variable en 1.60mm para tener la máxima potencia de la señal microondas.

6. En el soporte de termistor, afloje la tuerca que mantiene el corto circuito (pieza móvil) en su sitio. Observe el Vatímetro, hale lentamente esta pieza móvil hacia fuera hasta que esta se encuentre en el extremo ¿Cuál es el comportamiento de la potencia al realizar el movimiento del corto circuito ubicado al extremo del soporte de termistor?

⁴⁹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 2-5

7. Ajuste el corto circuito (pieza móvil) del Soporte de termistor para obtener la máxima potencia, manipule la tuerca de tal manera que el corto circuito quede fijo en esta posición. ¿Qué potencia indica el vatímetro? Recuerde tener en cuenta la GAMA o escala de medida al indicar este valor de potencia.

Potencia = _____

8. Lentamente ajuste en el atenuador variable en 11.30mm. Cuando la lectura de potencia cae por debajo del valor de la GAMA inferior, seleccione esa GAMA, cada vez que se realice un cambio de GAMA es necesario ajustar el cero del vatímetro.

¿Aparece alguna señal cuando el atenuador variable se encuentra en esta posición? Explique _____

9. En el módulo de alimentación para oscilador de Gunn ponga la perilla de voltaje a su posición mínima y los interruptores en posición apagado.

Parte B

1. Lleve a cabo el montaje propuesto en la Parte A, correspondiente a la Figura 1A.2, conectar el osciloscopio y el vatímetro a la salida del Soporte de termistor utilizando un conector BNC-T, ajustar el modulo de alimentación de la misma manera como se realizó en la sección anterior y calibre el osciloscopio de manera que sea posible obtener una señal osciladora visible.
2. Ajuste el atenuador variable en aproximadamente 11mm y desconecte la alimentación para oscilador de Gunn.
3. Realice los siguientes ajustes:

- Encienda el modulo de Alimentación para Gunn y el osciloscopio
- Encienda el Vatímetro, ajustado GAMA 3mW y ajuste el cero.
- Espere aproximadamente 2 minutos para que el vatímetro se estabilice.
- Ajuste en la Alimentación para oscilador de Gunn 8.5 V

4. Complete el siguiente cuadro

- Con el osciloscopio medir el voltaje pico a pico de la señal de audio a través del termistor.
- Calcule la potencia de audio en el mismo punto empleando la siguiente formula, teniendo en cuenta que la resistencia del termistor es igual a 100 Ω .

$$P = \frac{V_p^2}{8R} \text{ . ECUACION 1B.1}$$

Vp-p	Potencia (mW)

TABLA 1B.1 CARACTERISTICAS DE UNA SEÑAL DE AUDIO DE 0mW A TRAVES DEL TERMISTOR

- Conecte el cable que alimenta el oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y espere aproximadamente 30 segundos para que el diodo Gunn se estabilice. Ajuste el Atenuador variable para obtener una lectura de potencia de aproximadamente 1mW manejando GAMA 3mW en el Vatímetro.
- En la parte del soporte de termistor, afloje la tuerca que mantiene el cortocircuito móvil en su sitio. Ajuste la posición del cortocircuito para obtener una lectura de potencia máxima, ajuste cada tornillo de adaptación localizado en el soporte de termistor para que la lectura de potencia sea máxima.
- Ajuste el atenuador variable para obtener una lectura de potencia de 3mW.
- Complete el siguiente cuadro:
 - Con el osciloscopio medir el Vpp de la señal de audio a través del termistor.
 - Calcule la potencia de audio en el mismo punto empleando la ecuación 1B1, teniendo en cuenta que la resistencia del termistor es igual a 100 Ω .

Vp-p	Potencia (mW)

TABLA 1B.2 CARACTERISTICAS DE UNA SEÑAL DE AUDIO DE 3mW, A TRAVES DEÑ TERMISTOR

Calcule la diferencia de potencia de audio absorbida por el termistor, cuando la potencia de microonda pase de 0 a 3mW

Diferencia de potencia = _____ mW

9. Ajuste el atenuador variable para que el Vatímetro indique 1.4mW. Tome las lecturas en las escalas de mW y dBm del vatímetro, recuerde que cuando se realiza una medición en dBm es el valor de la potencia es igual al valor de la lectura en el vatímetro sumado con el numero de la GAMA empleada, como se explico en el uso de un Vatímetro en el capítulo 3 de este manual.

Potencia (mW)	GAMA	Potencia (dBm)

TABLA 1B.3 MEDICION DE POTENCIA EN DIFERENTES UNIDADES PARA UN MISMO VALOR

10. Utilice la ecuación planteada para expresar, en dBm, la potencia leída en mW en la etapa anterior.

$$P(dBm) = 10 \log \frac{P[mW]}{1[mW]}, \text{ ECUACION 1B.2}$$

Potencia = _____ dBm.

11. lleve la perilla de control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.

RETROALIMENTACION

1. Defina una señal de microondas

2. Explique cómo es una guía de ondas y el uso de estas para guiar la señal que se propaga, mencionar semejanzas y diferencias entre otras líneas de transmisión y las guías de ondas.

3. Explique que las formas y las dimensiones de la guía de onda determinan las frecuencias de las señales que pueden propagarse a lo largo de una guía. Tenga en cuenta las dimensiones internas de las guías de onda utilizadas en este manual.

4. Discuta los diferentes componentes y módulos empleados en este ejercicio:

- Oscilador de Gunn: _____

- Fuente de Alimentación para Gunn: _____

- Atenuador Variable: _____

- Montaje del termistor: _____

_____.

- Medidor de Potencia: _____

_____.

5. ¿Qué causa la atenuación en el atenuador variable que ha utilizado en este ejercicio? _____

_____.

6. ¿Que es un termistor? _____

_____.

7. Explique las unidades de potencia en decibels: _____

_____.

8. Defina potencia _____

_____.

9. ¿Porque es más útil trabajar en decibels que en vatios? _____

_____.

10. Explique las siguientes unidades de potencia en decibels:

- P(dBm): _____

_____.

- P(dBW): _____

_____.

11. Explique como opera el medidor de potencia, teniendo en cuenta que es un termistor, como se usa la escala del medidor, como se fija el cero entre lectura y lectura. _____

_____.

12. ¿Cómo se equilibra el puente del vatímetro cuando no se aplica ninguna potencia de microondas al termistor? _____

_____.

13. ¿Porqué se debe reducir la potencia de audio en el Vatímetro en proporción a la potencia de microondas aplicada al termistor? _____

_____.

14. Expresar 2W de potencia en dBm. _____

_____.

15. Expresar -15dBW de potencia en vatios. _____

_____.

16. ¿Porque es importante adaptar el termistor a la guía de ondas cuando se realiza una medición? _____

_____.

PRACTICA 2

OSCILADOR DE GUNN, CALIBRACION DEL ATENUADOR VARIABLE Y DETECTOR DE SEÑALES

INTRODUCCION

Un componente fundamental en un montaje de microondas es el Oscilador de Gunn que actúa como oscilador en el sistema microondas que se está estudiando. Es necesario identificarlo, conocer su modo de funcionamiento, en esta práctica de laboratorio se construirá la gráfica, que describe el comportamiento de la corriente vs. el voltaje del oscilador de Gunn.

Se define la atenuación como la disminución de la magnitud de una señal en la dirección de la propagación. La pérdida por inserción es la atenuación causada por la inserción de un componente a la guía de onda. Mediante el método de la relación de potencias y la calibración de un atenuador variable, para construir la gráfica característica que relacione la posición del micrómetro del atenuador variable con las pérdidas en el mismo.

En el módulo Lab-Volt 8090 uno de los sensores de señal usado es un detector de cristal, estos dispositivos constan de un circuito de adaptación, un diodo rectificador y un filtro pasa bajos, estos detectores resultan confiables y a la salida de dicho dispositivo la señal que se obtiene es el cuadrado del voltaje de la señal de microondas es decir proporcional a la potencia de microondas mientras este trabaje en la región cuadrática.

OBJETIVOS

- Conocer el modo de funcionamiento de un oscilador de Gunn y graficar las características de corriente Vs. Voltaje de su oscilador.
- Determinar la potencia de microondas entregadas por el oscilador de Gunn y su eficiencia en función del voltaje suministrado.
- Realizar mediciones de potencia para medir las atenuaciones utilizando el método de relación de potencia.
- Construir el gráfico de la pérdida por inserción Vs. la posición del atenuador variable de manera muy cuidadosa, para establecer la curva característica la cual va a ser de gran utilidad en prácticas posteriores.
- Conocer el modo de operación de un detector de cristal que opera en la región cuadrática.
- Trazar la curva de sensibilidad para un detector de señales de microondas.

PREINFORME

Realizar un documento que contenga un resumen con los temas propuestos a continuación

- Oscilador de Gunn y modo de trabajo.
- Potencia en microondas.
- Atenuación.
- Modo de trabajo de un atenuador variable.
- Métodos de medición de atenuaciones.
- Perdidas por inserción.
- Concepto de Detector de cristal y sensibilidad tangencial.

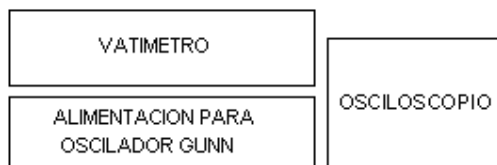
ELEMENTOS A EMPLEAR

- Vatímetro
- Alimentación para oscilador de Gunn (AOG)
- Atenuador variable de 35 dB
- Atenuador fijo de 6 dB
- Atenuador fijo de 30 dB
- Soporte de termistor
- Oscilador de Gunn
- Detector de cristal
- Osciloscopio
- 2 Soportes
- 8 Tornillos de Cierre rápido
- Amplificador de 60dB
- 2 Cables Coaxiales BNC/BNC
- 1 Conector BCN-T

PROCEDIMIENTO

Parte A

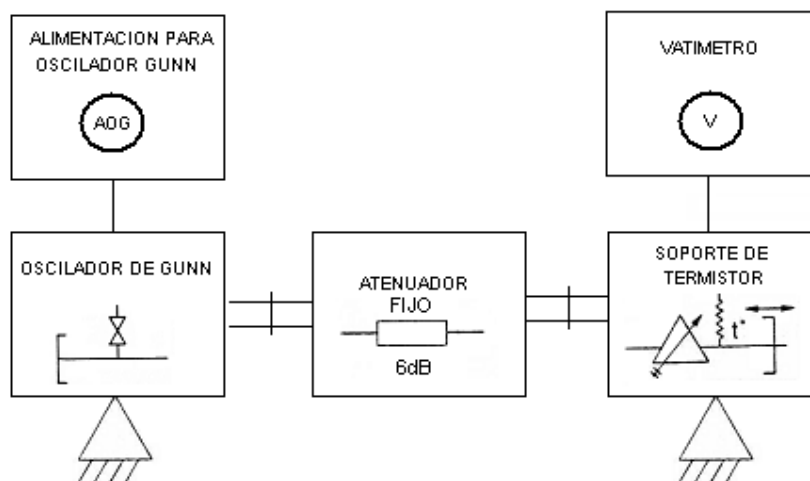
1. Coloque los módulos como se muestra a continuación y verifique que los interruptores de estos, se encuentre apagados.



⁵⁰ FIGURA 2A.1 MONTAJE DE LOS MODULOS

⁵⁰ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 2-5

- Realizar el siguiente montaje, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre sí. Mantenga afuera los tornillos de adaptación del soporte de termistor para que no penetre en la guía de onda.



⁵¹ FIGURA 2A.2 INSTALACION PARA DETERMINAR LA CARACTERISTICA DE UN OSCILADOR DE GUNN

- Realice los siguientes ajustes en el módulos Alimentación para oscilador de Gunn:

VOLTAJE.....Mìn
 MODO.....CC
 ESCALA DEL MEDIDOR.....10 V

- Encienda el modulo de Alimentación para oscilador de Gunn y el vatímetro, en este ultimo ajuste el cero seleccionando GAMA 10 mW. Espere aproximadamente 2 minutos para que los módulos se estabilicen y realice los siguientes ajustes:

- Ajuste la perilla de voltaje en la alimentación del oscilador de Gunn en 8.5 V.
- Ajustar el cortocircuito móvil y los tornillos de adaptación del soporte de termistor para que la lectura de potencia en el vatímetro sea máxima.
- Coloque el voltaje de alimentación del oscilador en 0V. En el vatímetro, seleccione GAMA 3mW. Espere aproximadamente dos minutos para que el vatímetro se estabilice y ajuste el cero nuevamente.

⁵¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 2-5

- Para cada valor de voltaje dado en la tabla realice lo siguiente para cada medida:

VOLATJE SUMINISTRADO Voltaje [voltios]	CORRIENTE SUMINISTRADA corriente [mA]	LECTURA DE VATIMETRO P _(leida) [mW]	POTENCIA ENTREGADA P _o =P _(leida) ×4 [mW]	EFICIENCIA n [%]
0.0				
0.5				
1.0				
1.5				
2.0				
2.5				
3.0				
3.5				
4.0				
4.5				
5.0				
5.5				
6.0				
6.5				
7.0				
7.5				
8.0				
8.5				
9.0				
9.5				
10.0				

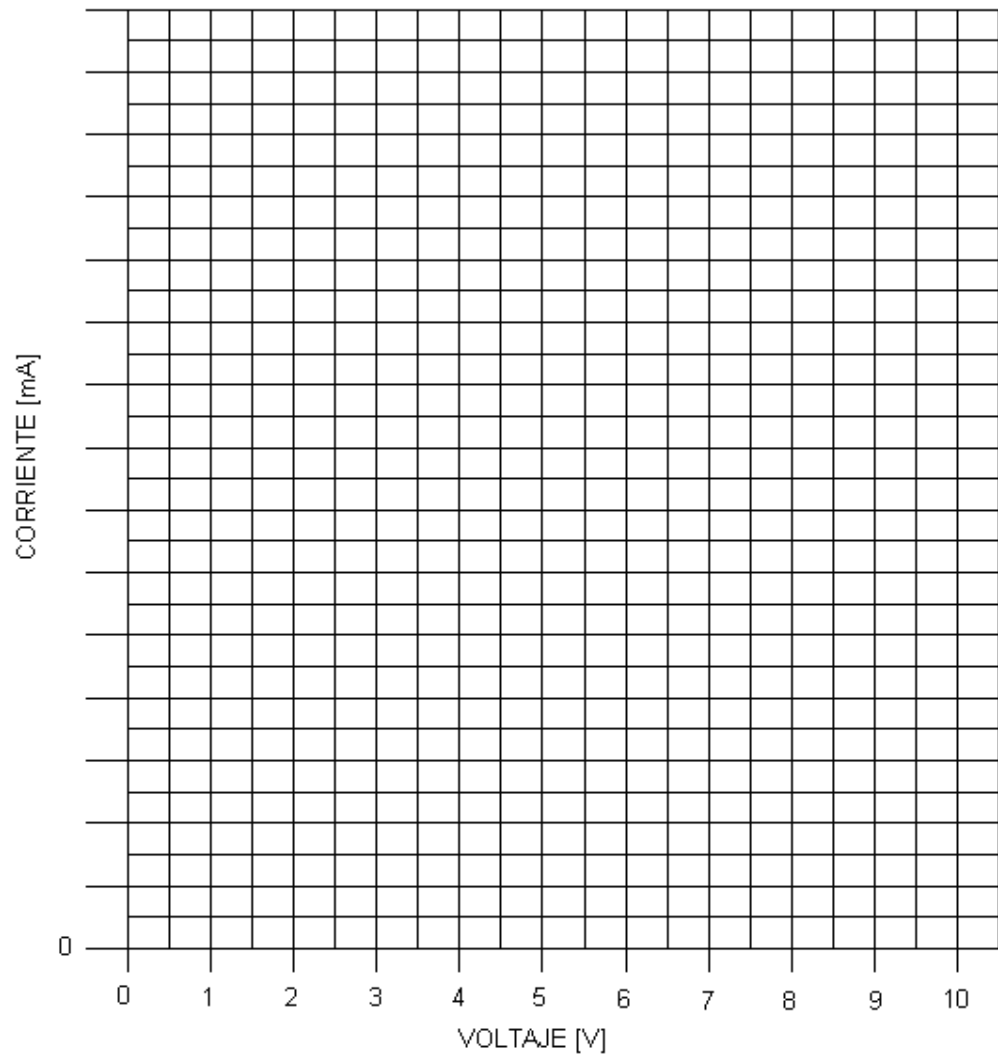
TABLA 2A.1 DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL OSCILADOR DE GUNN

- En el módulo de alimentación para oscilador de Gunn seleccione la escala de medidor 10 V y ajuste la perilla voltaje con el valor requerido en la primera columna de la tabla.
- En el módulo de alimentación para oscilador de Gunn seleccione la escala de medidor 25mA y mida la corriente tomada por el oscilador de Gunn
- Mida la potencia RF absorbida por el termistor (P_{leida})
- Multiplique la lectura del vatímetro por 4 para obtener la potencia entregada por el oscilador de Gunn (P_o). Esto es necesario para corregir la pérdida de potencia en el atenuador fijo de 6dB.
- Con ayuda de la ecuación 2A.1, calcule la eficiencia η del oscilador de Gunn. Observe que en esta ecuación se emplean las unidades dadas en la tabla.

$$\eta(\%) = \frac{P_o}{V \times I} \times 100\%$$

ECUACION 2A.1

- En la figura 2A.3 construya la curva correspondiente a la corriente en función del voltaje del oscilador de Gunn, partiendo de los datos obtenidos en la tabla 2A.1. Indique la región de resistencia negativa.

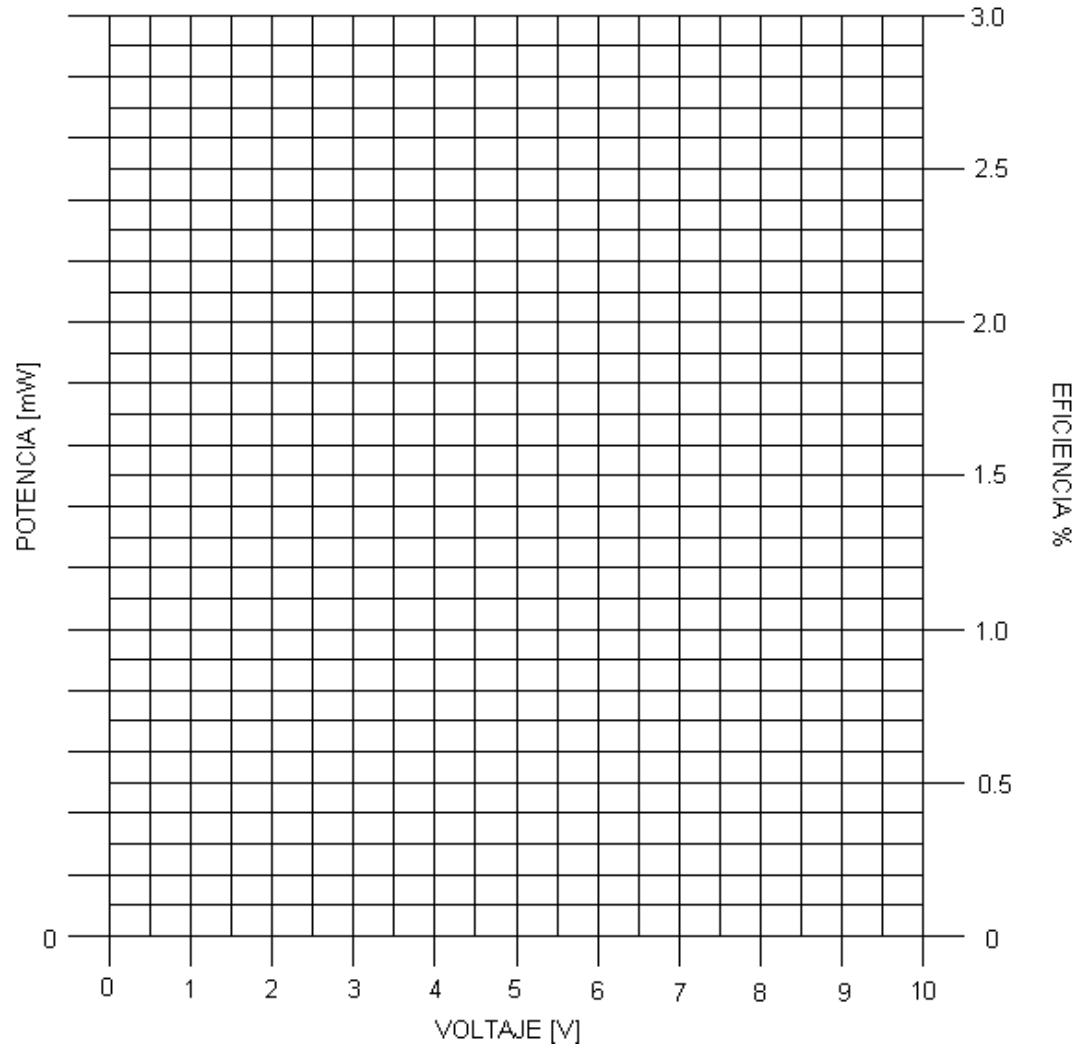


⁵²FIGURA 2A.3 CURVA DE CORRIENTE EN FUNCION DEL VOLTAJE DEL OSCILADOR DE GUNN

- Para qué valor de voltaje comienza a oscilar el oscilador de Gunn? Observe la figura 2A.3 y responda si ese voltaje se encuentra en la región de resistencia negativa. _____

⁵² Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 3-8

- En la figura 2A.4, trace la curva de la potencia entregada P_o en función del voltaje suministrado en el oscilador Gunn y la curva de eficiencia del oscilador de Gunn, partiendo de los datos recolectados en la tabla 2A.1



⁵³ FIGURA 2A.4 POTENCIA DE MICROONDAS ENTREGADA POR EL OSCILADOR Y EFICIENCIA EN FUNCION DEL VOLTAGE SUMINISTRADO

- Ubicar la perilla de voltaje a su posición mínima y los interruptores en posición apagado

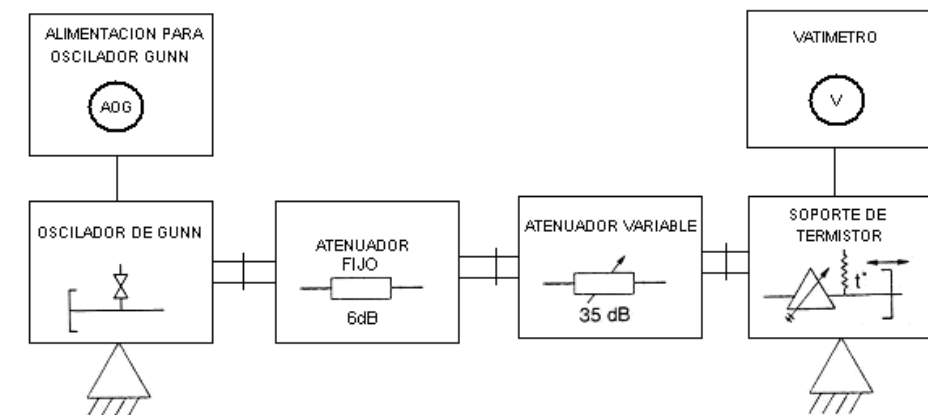
⁵³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 3-9

Parte B

1. Utilizando el montaje mostrado en la figura 2A.2, para encontrar la potencia transferida a una carga antes de insertar un componente, lleve a cabo los ajustes realizados en la parte A de esta practica. En la fuente de alimentación para oscilador de Gunn ajustar 8.5 V.
2. Usando el vatímetro mida la potencia máxima.

Potencia R_f máxima = _____ dBm.

3. Desconecte el cable que alimenta el oscilador Gunn en el modulo y lleve a cabo el montaje de la figura 2B.1



⁵⁴FIGURA 2B.1 INSTALACION PARA CALIBRAR EL ATENUADOR VARIABLE

4. Realice los siguientes ajustes:
 - Ajuste el atenuador variable en 0,00 mm.
 - Conecte nuevamente el cable que alimenta el oscilador Gunn en el modulo Alimentación para oscilador de Gunn.
 - Encienda el modulo de Alimentación para oscilador de Gunn y el Vatímetro, espere 2 minutos.
5. Completar la tabla 2B.1 , de la siguiente manera
 - La columna "Posición del atenuador", corresponde a la posición del mismo.

⁵⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4-5

- La columna "Potencia visualizada" en el vatímetro corresponde a la posición de la aguja.
 - La columna *GAMA* corresponde a la Gama empleada al realizar la medida de la potencia recuerde que si la aguja cae y no se logra una medida, hay elegir una GAMA inferior, ubicando para cada medida el cero.
 - La Columna *Potencia* corresponde a la potencia real en dBm y es la suma de la potencia visualizada con el valor de la GAMA.
 - La columna potencia *Rf máx*, corresponde a la medida de la potencia referencia, tomada en el punto 2.
 - La columna perdida por inserción corresponde a la diferencia que hay entre la potencia dada en dBm y la Potencia de *Rf máx*.
6. Para lograr completar la tabla 2B.1, es necesario seguir los siguientes pasos para las pérdidas por inserción que superen -15 dB.
- Desconecte el cable que alimente el oscilador de Gunn del módulo Alimentación para oscilador de Gunn y retire del montaje el atenuador fijo de 6dB
 - Conecte nuevamente el cable que alimenta el oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn.
 - El valor de Potencia va a ser igual a el valor de la potencia visualizada sumada con el valor de la GAMA empleada y los 6dB que se retiraron en esta etapa

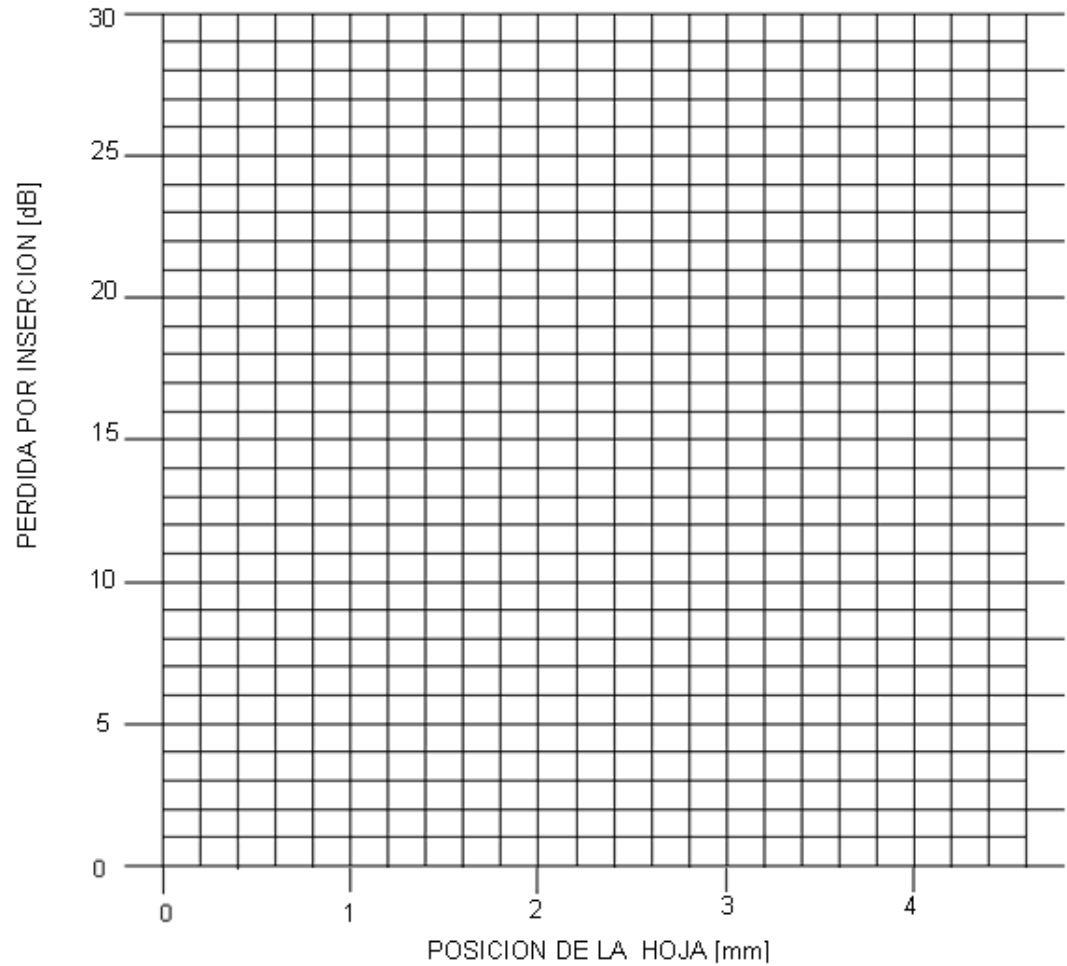
POSICION DEL ATENUADOR	POTENCIA VISUALIZADA	GAMA	POTENCIA	POTENCIA RF MAXIMA	PERDIDA POR INSERCIÓN
(mm)	(dB)		(dBm)	(dBm)	(dB)
0					
0,5					
1					
1,5					
2,0					
2,5					
3,0					
3,5					
4,0					
4,5					

TABLA 2B.1 CALIBRACION DEL ATENUADOR VARIABLE

7. A partir de los resultados obtenidos en la TABLA 2B.1, trace, en la figura 2B.3, la curva de perdida por inserción o de atenuación en función de la posición de la hoja. Donde se representará la curva de calibración del atenuador variable.

NOTA: Es importante lograr una buena medición ya que de estos valores dependerán prácticas futuras en donde se empleará el atenuador variable.

8. ubicar la perilla de voltaje a su posición mínima y los interruptores en posición apagado.



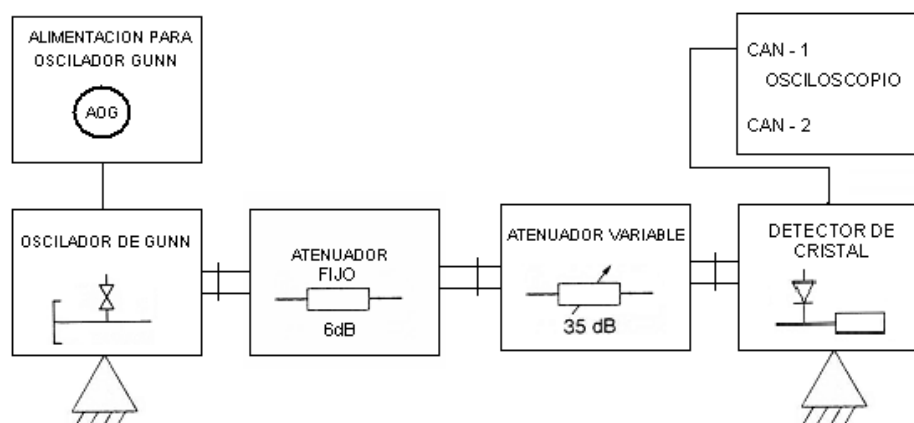
⁵⁵FIGURA 2B.2 CURVA DE CALIBRACION DEL ATENUADOR VARIABLE

Parte C

1. Tome la potencia Rf máxima obtenida en el numeral 2 de la parte B de esta practica.
Potencia Máxima = _____ dBm.

⁵⁵ ⁵⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 4-8

2. Desconecte primero el Vatímetro y luego el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y realice lo siguiente:
 - Instale los componentes como ilustra la figura 2C.1
 - Ajuste el Atenuador variable en 0,00mm.
 - Realice los ajustes necesarios en el osciloscopio de forma que sea posible obtener una señal osciladora visible.
 - Conecte nuevamente el cable de la alimentación para Oscilador de Gunn.



⁵⁶FIGURA 2C.1 INSTALACION PARA DETERMINAR LA CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR DE CRISTAL

NOTA: si en la pantalla del osciloscopio aparecen ruidos y señales no deseadas, es posible que haya un lazo de tierra perturbador. Utilice el adaptador de 3 patas a 2 patas para enchufar el osciloscopio en una toma de CA.

3. Para cada valor de la tabla 2C.1, haga lo siguiente:
 - Con la curva de calibración del Atenuador variable, obtenida en la parte B de esta práctica, determine la posición de la hoja del atenuador correspondiente a la atenuación requerida y anote el valor en la columna a posición del atenuador.

⁵⁶ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 5-6

ATENUACION dB	POSICION DE LA HOJA DEL ATENUADOR mm	POTENCIA ENTREGADA dBm	VOLTAJE DEL DETECTOR	
			V _d V	20 log V _d dB
0				
5				
10				
15				
20				
25				

TABLA 2C.1 DETERMINACION DE LA CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR DE CRISTAL PARA ATENUACIONES MENORES A 30Db

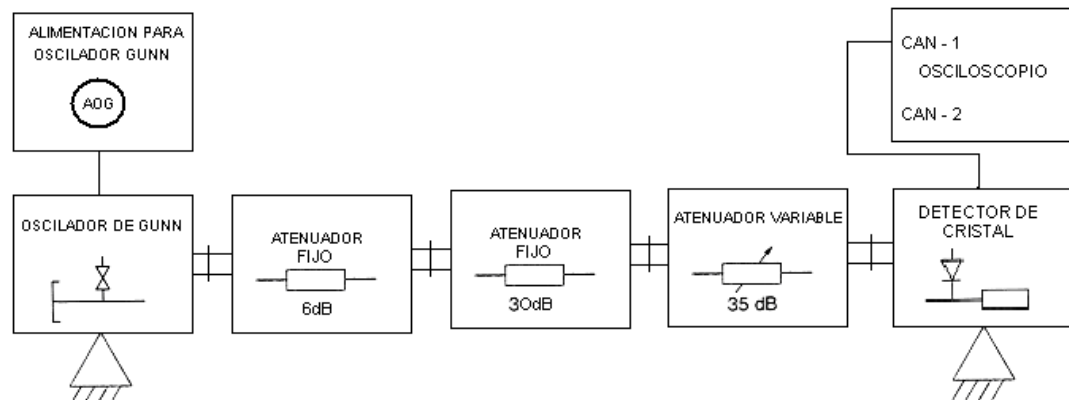
- Utilice la fórmula descrita a continuación para calcular la potencia entregada al detector de cristal y anote el valor en la columna potencia entregada.

$$\text{Potencia entregada (dBm)} = \text{Potencia Max. (dBm)} - \text{Atenuación (dB)}.$$

La potencia máxima es la potencia medida en la etapa 1 de este ejercicio.

- Mida el voltaje en la pantalla del osciloscopio y anote el valor en la columna voltaje del detector (V_d).
- Calcule 20 Log V_d y anote el resultado en la Columna 20 Log V_d.

4. Apague el modulo de alimentación para oscilador Gunn y lleve a cabo el montaje de la figura 2C.2



⁵⁷FIGURA 2C.2 INSTALACION PARA DETERMINAR LA CURVA DE SENSIBILIDAD PARA ATENUACIONES MAYORES A 30Db.

5. Encienda el módulo Alimentación para oscilador Gunn. Para cada valor de atenuación dado en la tabla 2C.2, siga las siguientes instrucciones:

⁵⁷ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 5-8

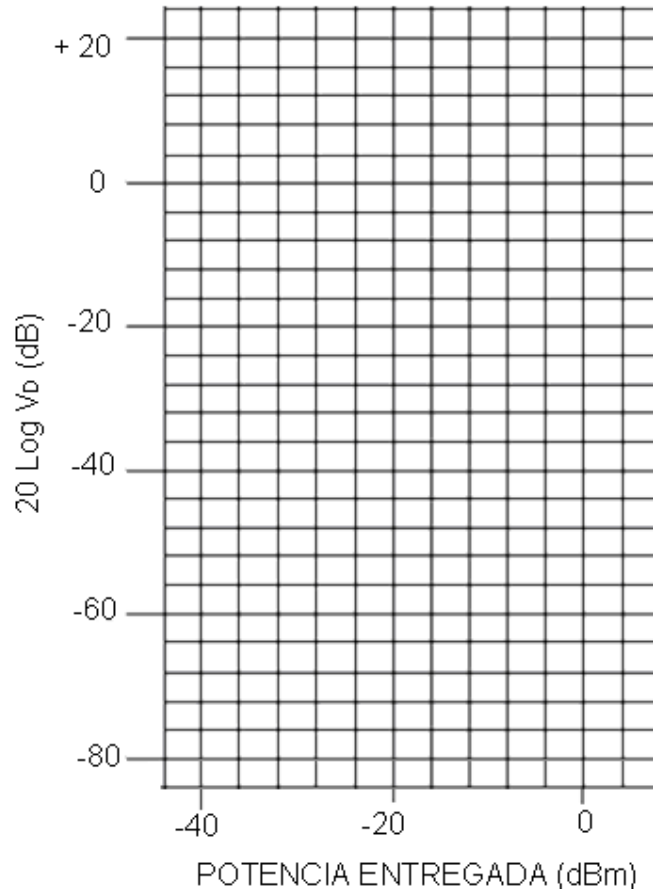
- Para determinar la atenuación necesaria del atenuador variable, reste 30 dB del valor indicado en la columna ATENUACION, ajuste la posición del atenuador que corresponde a la atenuación necesaria y anote el valor en la columna POSICION DEL ATENUADOR.
- Calcule la potencia entregada por el Detector de cristal y anote ese valor en la Columna POTENCIA ENTREGADA.
- VOLTAJE DEL DETECTOR (V_D), es el voltaje que se lee en el osciloscopio. No tenga en cuenta las ultimas filas de la Tabla 3.2 si el voltaje del detector es demasiado bajo para ser leído en el osciloscopio. Calcule $20 \log V_D$ y anote el resultado $20 \log V_D$.

ATENUACION dB	POSICION DE LA HOJA DEL ATENUADOR mm	POTENCIA ENTREGADA dBm	VOLTAJE DEL DETECTOR	
			V_D V	$20 \log V_D$ dB
30				
35				
40				
45				

TABLA 2C.2 DETERMINACION DE LA CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR DE CRISTAL PARA ATENUACIONES MAYORES A 30Db

- Partiendo de la información recolectada en las tablas 2C.1 y 2C.2. En la figura 2C.3, trace la curva de $20 \log V_D$ en función de la potencia entregada en dBm, esta es la curva de sensibilidad del detector de cristal.
- Desconecte la Alimentación para oscilador de Gunn. Introduzca entre el Detector de cristal y el osciloscopio, el Amplificador de 60 dB.
- Realice los siguientes ajustes:
 - Ajuste el Atenuador variable en aproximadamente 11mm
 - Calibre el osciloscopio de forma que sea posible obtener una señal osciladora visible.
 - Encienda el módulo Alimentación para oscilador de Gunn.
- Si la amplitud de la señal es muy baja para obtener la forma de onda requerida:
 - Desconecte primero el módulo Alimentación para oscilador de Gunn
 - Retire el Atenuador fijo de 30 dB.

- Repita esta etapa.
- Si el factor de forma de la señal de 1 KHz. no es igual a 50%, ajuste ligeramente la perilla de control de voltaje del módulo Alimentación para oscilador de Gunn.



⁵⁸FIGURA 2C.3 CURVA DE SENSIBILIDAD DEL DETECTOR

10. Complete la tabla 2C.3:

- Si el atenuador fijo de 30 dB no fue retirado en la etapa 16, calcule la atenuación total de la señal adicionando 30 dB al valor precedente.
- La Sensibilidad Tangencial es la diferencia de la potencia de la señal de entrada al detector de cristal y la atenuación total de la potencia máxima obtenida en la primera etapa de este ejercicio, cuando el ancho de banda del amplificador de 10kHz.

⁵⁸ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 5-9

11. Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.

Posicion del Atenuador variable (mm)	
Atenuacion para esta posicion (dB)	
Atenuacion actual (dB)	
Sensibilidad Tangencial (dBm)	

TABLA 2C.3 CARACTERISTICAS DE UNA SEÑAL AMPLIFICADA

RETROALIMENTACION

1. ¿Cual es la función de un oscilador Gunn? _____

_____.
2. ¿Cuáles son los componentes principales de un Oscilador Gunn? _____

_____.
3. ¿En qué materiales es posible obtener el efecto Gunn? _____

_____.
4. ¿Que determina la frecuencia exacta de oscilación del Oscilador Gunn? _____

_____.
5. Un oscilador de Gunn genera una señal de microondas de onda continua de 100W, con una eficiencia del 2%. ¿Cuánta potencia debe disipar el disipador de calor? _____

_____.

6. Con sus palabras defina el termino "Atenuación": _____

_____.

7. De manera matemática plantee el termino "Atenuación":

8. Defina pérdida por inserción y cuales son los fenómenos que contribuyen a la perdida por inserción de un componente: _____

_____.

9. De manera Matemática defina Pérdida por inserción:

10. Explique el método de la relación de potencias que se utiliza en este ejercicio para medir la perdida por inserción del atenuador variable: _____

_____.

11. La potencia de las señales de entrada y de salida de un componente de 8mW y de 0,20mW respectivamente. Calcule la perdida por inserción en dB de este componente. _____

_____.

12. ¿Qué representa la curva de calibración de un atenuador variable? _____

13. ¿Que es un detector de microondas? _____

14. ¿Qué caracteriza la región cuadrática de un detector? _____

15. Explique Sensibilidad de voltaje y como medirla _____

16. Explique sensibilidad tangencial y muestre como medirla _____

17. Un detector de cristal genera una señal de 10mV para una potencia de microondas incidente de -25dBm. ¿Cuál es la sensibilidad del detector en mV/mW)? _____

18. ¿Por qué se debe modular en amplitud la señal de microondas, mediante una onda cuadrada de 1Khz, antes de aplicarla al detector de cristal?

PRACTICA 3 MEDICIONES DE ATENUACION Y ONDAS ESTACIONARIAS

INTRODUCCION

Atenuación es la disminución en la magnitud de una señal en dirección de la propagación, en esta práctica se llevara a cabo su medición mediante el método de sustitución de RF, comparando dos atenuaciones, una conocida y una desconocida (que va a ser el atenuador de 6dB), este método resulta ser muy preciso. Para medir las potencias se emplea el medidor de onda estacionaria, pues esta diseñado para que opere en la zona cuadrática del detector de señales.

Partiendo del conocimiento teórico de Onda estacionaria y su comportamiento, se identificará el tipo de ondas generadas por diversas cargas, lograr medir la longitud de onda y la frecuencia de esa misma señal utilizando una Línea ranurada de medición y observar el comportamiento de las ondas estacionarias para un sistema terminado en diferentes condiciones.

OBJETIVOS

- Estar en la capacidad de medir las atenuaciones y las perdidas por inserción utilizando el método de sustitución de RF.
- Familiarizarse con la operación de un medidor de ROE.
- Tener claros los principios básicos de una onda estacionaria, la relación de onda estacionaria, onda reflejada, termino longitud de onda y frecuencia de la señal, mediante la practica.
- Conocer le funcionamiento de una Línea Ranurada de medida y medir la longitud de una onda y la frecuencia de la misma.

PREINFORME

Realizar un documento que contenga un resumen con los temas propuestos a continuación

- Atenuación.
- Modo de empleo de un Atenuador variable.
- Métodos para medir atenuación.
- Conceptos de onda estacionaria, longitud de onda y frecuencia..
- Relación de onda estacionaria.
- Modo de empleo del medidor de ROE.
- Modo de empleo de una línea ranurada.

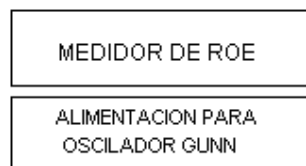
ELEMENTOS A EMPLEAR

- Alimentación para oscilador de Gunn (AOG)
- Medidor de ROE
- Atenuador variable de 35 dB
- Línea Ranurada de medida
- Detector de Cristal
- 1 Carga Adaptada
- 1 Corto Circuito Fijo
- Atenuador fijo de 6dB
- Atenuador fijo de 30 dB
- Oscilador de Gunn
- 2 Soportes
- 8 Tornillos de Cierre rápido
- 1 Cables Coaxial BNC/BNC

PROCEDIMIENTO

Parte A

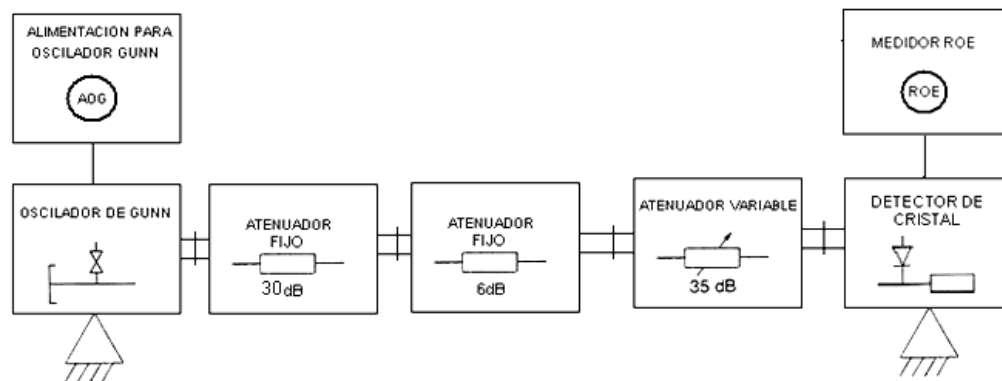
1. Asegúrese de que todos los interruptores de potencia estén apagados y coloque los módulos como se muestra en la figura 3A.1



⁵⁹FIGURA 3A.1 MONTAJE DE LOS MODULOS

2. Realizar el montaje de la figura 3A.2, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre sí.

⁵⁹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 6-4



⁶⁰ FIGURA 3A.2 INSTALACION PARA ESTABLECER UN NIVEL DE REFERENCIA

3. Realice los siguientes ajustes:

- Ajuste en el atenuador variable en 11.00mm
- Ajuste en el modulo Alimentación para oscilador de Gunn:
 VOLTAJE..... MÍN
 MODO.....1 KHz.
 ESCALA DE MEDIDOR.....10 V
- En el medidor ROE ajuste:
 GAMA.....- 30 dB
 GANANCIA.....10dB (Max. Horario)
 ESCALA..... NORMAL
 ANCHO DE BANDA.....20 Hz
 FRECUENCIA CENTRAL.....Posición media

4. Encienda el módulo de Alimentación para oscilador de Gunn y el medidor de ROE. Espere aproximadamente 1 minuto para permitir que dicho módulo se estabilice.

5. Realice los siguientes ajustes:

- Voltaje de alimentación del Oscilador de Gunn en 8,5 V.
- Posición del atenuador variable para obtener una lectura de -5dB en el Medidor de ROE para una GAMA de -30dB o -40dB
- Posición de la perilla de control de la FRECUENCIA CENTRAL para obtener la señal máxima. La señal máxima se obtiene cuando la aguja indicadora se encuentra completamente a la derecha del cuadrante.
- Ajuste el atenuador variable en 0.0mm
- Ubicar una Potencia de referencia, manipulando la perilla de Control de GANANCIA del Medidor de ROE para obtener una lectura entre -2 dB y -3dB para una GAMA de -30dB o -40dB.

Potencia de Referencia= _____ dB

Posición del atenuador para esta referencia = _____ mm

⁶⁰ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 6-4

Atenuación del atenuador para esta posición=_____dB

- Desconecte la alimentación para el Oscilador de Gunn y retire el atenuador fijo de 6dB.
- Conecte nuevamente el cable de alimentación del oscilador de Gunn. Ajuste el Atenuador variable para obtener nuevamente la Potencia de referencia hallada en la etapa 5, en el Medidor de ROE.

Posición de la hoja del Atenuador variable = _____mm

- Utilice la curva de calibración del Atenuador variable obtenida en la practica 2 en la parte B, para determinar la atenuación que corresponde a las dos posiciones de la hoja del Atenuador variable.

Atenuación en 0,00mm = _____ dB

Determine la diferencia entre esas dos atenuaciones.

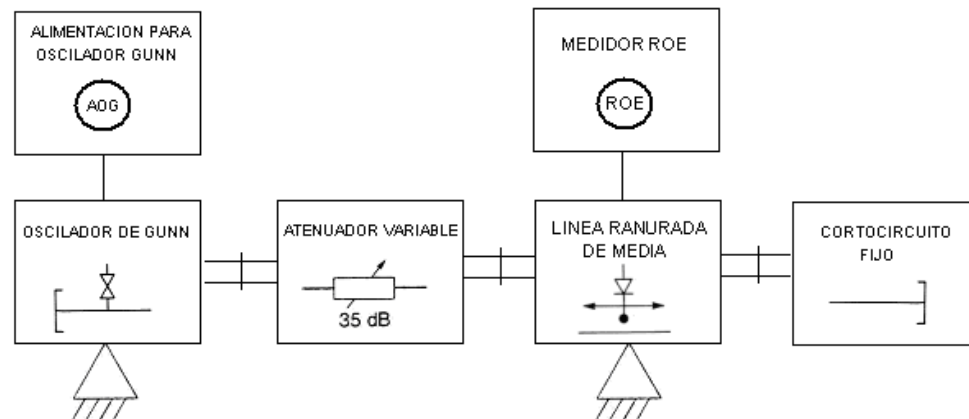
Diferencia = _____ dB

¿Qué representa la diferencia entre las dos atenuaciones?

- Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su *posición mín.* Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado.

Parte B

- Realizar el montaje de la figura 3B.1, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre sí. Realice los ajustes para oscilador de Gunn hechos en la parte A de esta práctica.



⁶¹FIGURA 3B.1 INSTALACION PARA TRAZAR UNA ONDA ESTACIONARIA GENERADA POR UN CORTO CIRCUITO

2. Mueva el carro de la sonda de la Línea ranurada de medida a lo largo de la guía de ondas ubicándola en 40,0mm. Utilice la curva de calibración obtenida en el Ejercicio 2 en la parte B, para ajustar el Atenuador variable con una atenuación de 6dB.

Posición de la hoja de Atenuador variable = _____ mm

3. Realice los siguientes ajustes en el Medidor de ROE:

GAMA.....	0 dB
ESCALA.....	NORMAL
GANANCIA.....	posición media
FRECUENCIA CENTRAL.....	posición media
ANCHO DE BANDA.....	100 Hz

4. Encienda el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y el Medidor de ROE. Introduzca la sonda 1/3 de su profundidad y espere 2 minutos para permitir que la fuente de alimentación alcance su temperatura. A continuación ajustar 8.5V en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn.
5. Desplace lentamente el carro de la sonda de la Línea ranurada de medida a lo largo de la guía de ondas hasta que encuentre un máximo.
6. Seleccione ancho de banda del Medidor de ROE en la posición 20 Hz y ajuste cuidadosamente la perilla de control de la frecuencia central a fin de aumentar al máximo la desviación de la aguja.

⁶¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-5

Si la aguja supera el valor máximo de la escala del Medidor de ROE vuelva a ajustar el control de ganancia, para que la aguja quede debajo de ese máximo, y complete el ajuste de la frecuencia central.

7. Ajuste la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE para que la aguja quede alineada con la marca 0 dB (ROE = 1,0). De esta manera se ajusta el nivel de referencia.
8. Desplace el carro de la sonda a lo largo de la guía de ondas de la Línea ranurada de medida, anote la posición de cada máximo y mínimo para una carga formada por un corto circuito en la Tabla 3A.1. Para obtener mayor precisión, se puede cambiar la GAMA del Medidor de ROE, sin volver a ajustar la perilla de control de GANANCIA.

MINIMO mm	MAXIMO mm

TABLA 3B.1 MINIMOS Y MAXIMOS PARA UNA CARGA FORMADA POR UN CORTO CIRCUITO

9. A partir de posición de los mínimos de la Tabla 3A.1, calcule la longitud de onda guiada de la señal de microondas.

Longitud de onda guiada $(\lambda_g) = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Utilice la ecuación y el hecho de que el ancho de la guía de ondas a es igual a 22,9mm para calcular la frecuencia de la señal de microondas.

$$\left(f = 3 \cdot 10^8 \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda_g} \right)^2 + \left(\frac{1}{2a} \right)^2} \right) \text{ Frecuencia} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ GHz}$$

10. Ubique la sonda de la Línea ranurada de medida en el máximo mas cercano la carga formada por un corto circuito y complete la siguiente tabla:

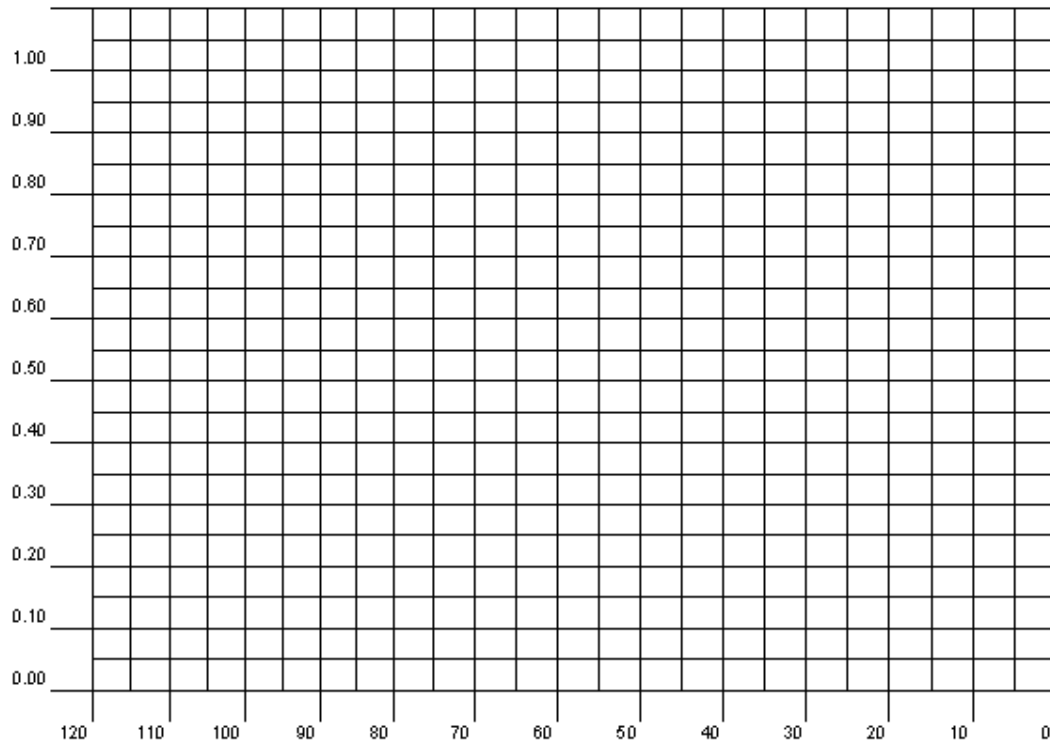
- Mueva la sonda hacia el Oscilador de Gunn cada de 2,0 mm hasta encontrar el siguiente máximo. Anote cada posición de la sonda y el voltaje E (expresado en dB)

- [illegible]

- Calcule la relación E/E máx. expresada en dB, restando el nivel de referencia (la lectura en el máximo, es decir (E máx.) de la lectura de E. Anote el resultado en la columna E/E máx. (dB).
- Utilice la siguiente ecuación para calcular el valor de la relación E/E máx., y anote el resultado en la última columna de la Tabla 3A.2

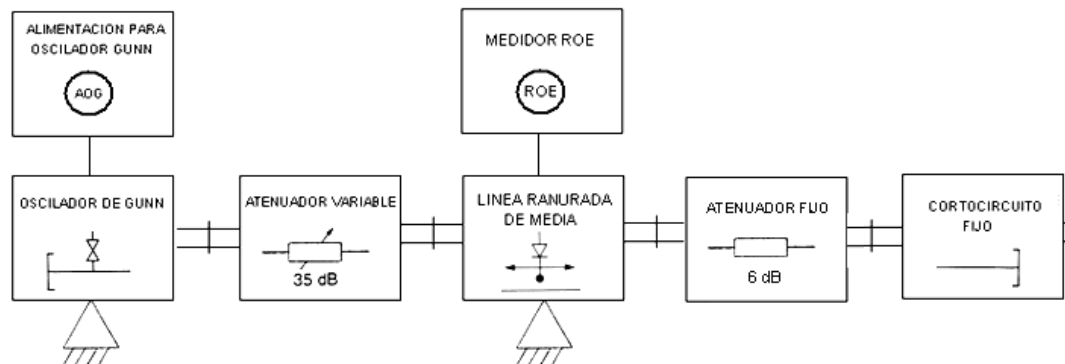
$$\frac{E}{E \text{ máx}} = 10^{\frac{E/E \text{ máx. (db)}}{20}}$$

Tenga en cuenta que cuando se realiza una medición en el medidor de ROE en dBm, al valor que se ve en el tablero, hay que sumarle el valor de la GAMA.



⁶²FIGURA 3B.2 ONDA ESTACIONARIA OBTENIDA CON UNA CARGA FORMA POR UN CORTOCIRCUITO FIJO

12. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn. Realice la instalación como se ilustra en la Figura 3B.3



⁶³FIGURA 3B.3 INSTALACION PARA TRAZAR UNA ONDA ESTACIONARIA CON UNA CARGA FORMADA POR EL ATENUADOR FIJO DE 6dB y EL CORTO CIRCUITO FIJO

13. Conecte nuevamente el cable entre el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y el Oscilador de Gunn.

⁶² Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-9

⁶³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-9

14. Mueva la sonda a lo largo de la Línea ranurada de medida, comenzando por el máximo más cercano a la carga, y anote la posición de cada mínimo y máximo en la Tabla 3B.3.

MINIMO mm	MAXIMO mm

TABLA 3B.3 MINIMOS Y MAXIMOS PARA UNA CARGA FORMADA POR UN ATENUADOR FIJO DE 6dB Y UN CORTO CIRCUITO FIJO

15. Complete los valores de la tabla 3B.4. Ubique la sonda de la Línea ranurada de medida en el máximo mas cercano a la carga formada por un atenuador fijo de 6dB y un cortocircuito fijo:

- Mueva la sonda hacia el Oscilador de Gunn cada de 2,0mm hasta encontrar el siguiente máximo. Anote cada posición de la sonda y el voltaje E (expresado en dB).
- Ajuste el nivel de referencia mediante la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE, de manera que la aguja quede alineada con la marca 0 dB.
- Calcule la relación $E/E_{\text{máx.}}$ expresada en dB, restando el nivel de referencia (la lectura en el máximo, es decir ($E_{\text{máx.}}$) de la lectura de E. Anote el resultado en la columna $E/E_{\text{máx.}}$ (dB).
- Utilice la siguiente ecuación 3B.1 para calcular el valor de la relación $E/E_{\text{máx.}}$, y anote el resultado en la última columna.

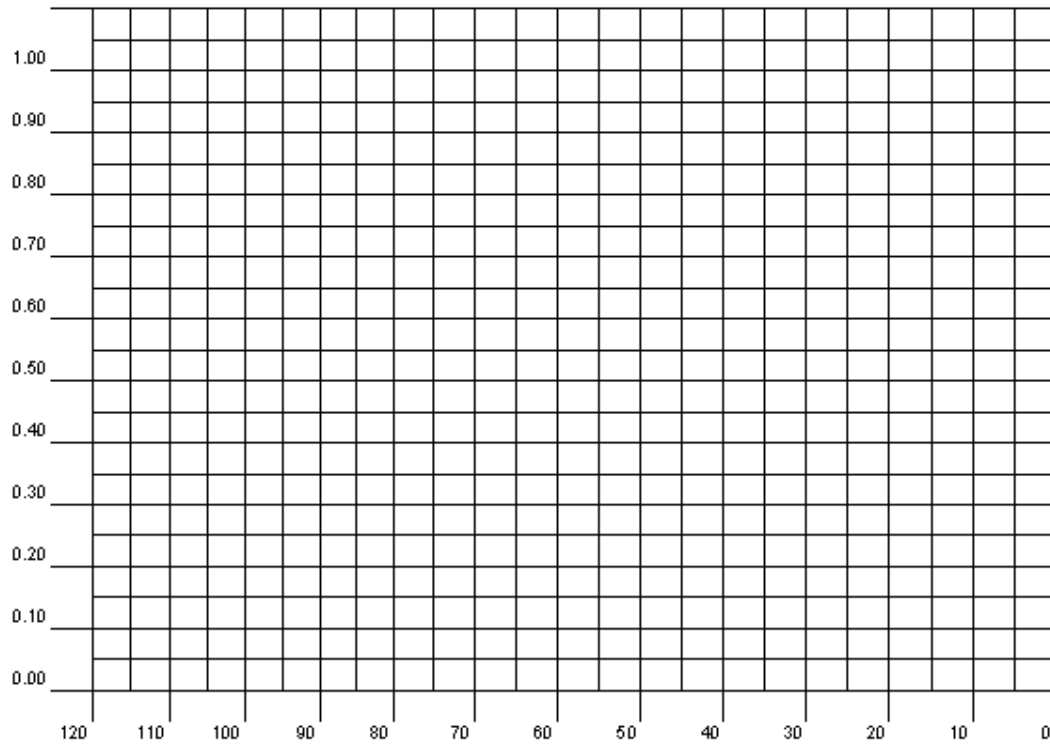
Tenga en cuenta que cuando se realiza una medición en el medidor de ROE en dBm, al valor que se ve en el tablero, hay que sumarle el valor de la GAMA.

Posicion (mm)	E dB	E/E _{max} dB	E/E _{max} -
		0	1

TABLA 3B.4 RELACION E/E_{max} A LO LARGO DE UNA LINEA RANURADA DE MEDIDA CON UNA CARGA FORMADA POR EL ATENUADOR FIJO DE 6dB Y EL CORTOCIRCUITO FIJO

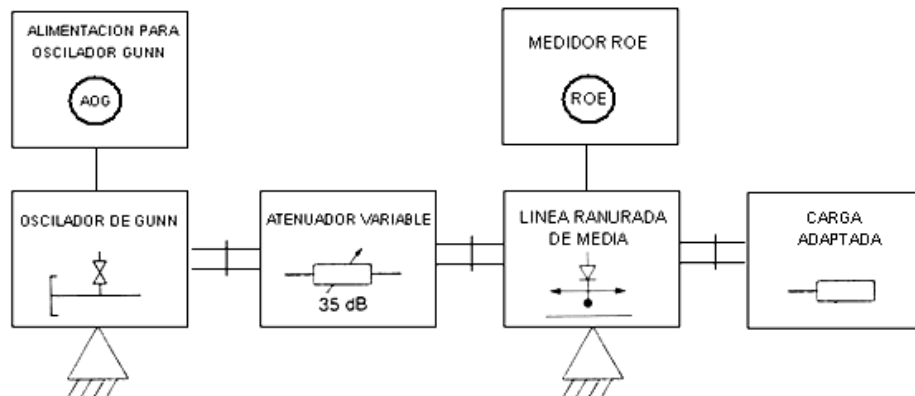
16. En la figura 3B.4 grafique la forma de la onda estacionaria a lo largo de una línea ranurada con una carga formada por un atenuador fijo de 6dB y un corto circuito fijo, utilizando la información de las tablas 3B.3 y 3B.4, utilice los valores de la última columna (E/E máx.) de la tabla 3B.4 para trazar la distribución de voltaje entre los máximos. Recuerde que una onda estacionaria se repite cada media longitud de onda.

17. Desconecte el cable entre el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y el Oscilador de Gunn. Realice la instalación como se ilustra en la Figura 3A.6.



⁶⁴FIGURA 3B.4 ONDA ESTACIONARIA OBTENIDA CON UNA CARGA FORMA POR UN ATENUADOR FIJO DE 6dB y EL CORTOCIRCUITO FIJO

18. Conecte nuevamente el cable entre el módulo Alimentación para el oscilador de Gunn y el Oscilador de Gunn.



⁶⁵FIGURA 3B.5 INSTALACION PARA TRAZAR UNA ONDA ESTACIONARIA CON UNA CARGA FORMADA POR UNA CARGA ADAPTADA

⁶⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-11

⁶⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-12

19. Complete la tabla 3B.5 de la siguiente manera:

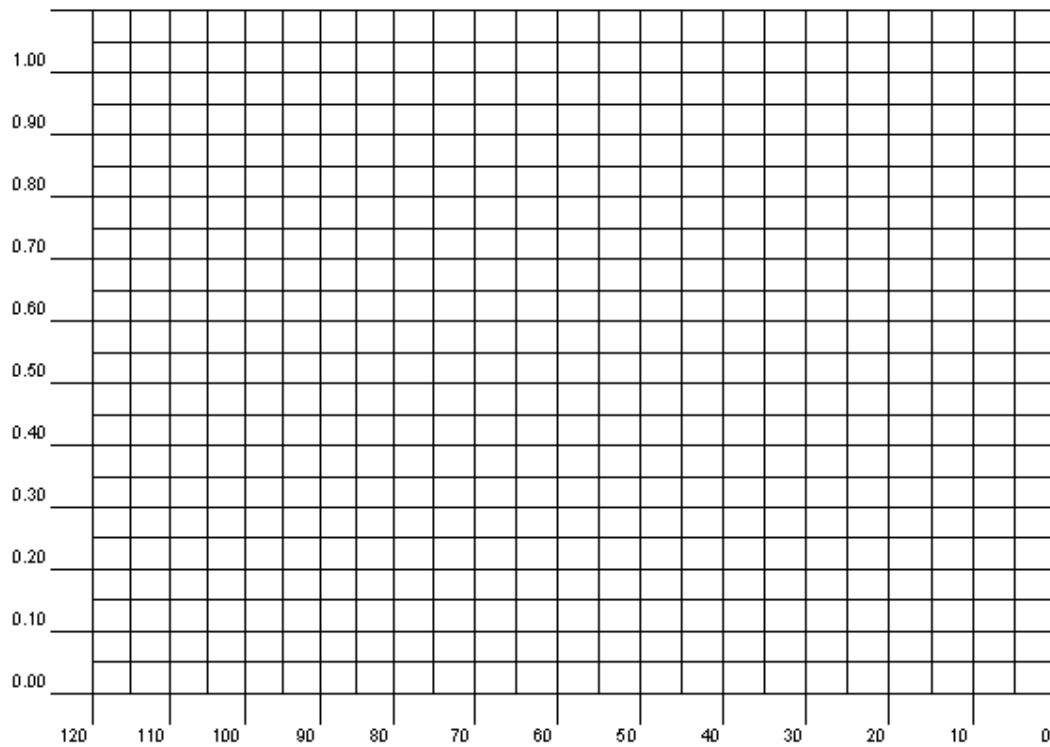
- Coloque la sonda de la Línea ranurada de medida en la posición 40.00mm. deslizando el carro de la sonda a la largo de la guía de ondas.
- Ajuste el nivel de referencia mediante la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE, colocando la aguja alineada con la marca -1 dB. Anote el nivel de referencia (E máx.) en la primera fila de la columna E.
- Para cada posición de la sonda, anote el voltaje E (expresado en dB), que se lee en el Medidor de ROE, en la columna E.
- Calcule la relación E/E máx., expresada en dB, restando el nivel de referencia (la lectura en el máximo, es decir E máx.) de la lectura de E. Anote el resultado en la columna E/E máx. (dB)
- Utilice la siguiente ecuación 3B.1 para calcular el valor de la relación E/E máx.

POSICION mm	E dB	E/E _{max.} dB	E/E _{max.} -
40		0	1
50			
60			
70			
80			
90			
100			
110			

TABLA 3B.5 RELACIONES E/E_{max.} A LO LARGO DE UNA LINEA RANURADA DE MEDIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UNA CARGA ADAPTADA

20. En la figura 3B.6, grafique la forma de la onda estacionaria a partir de la información de la Tabla 3B.5.

21. Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.



⁶⁶FIGURA 3B.6 ONDA ESTACIONARIA OBTENIDA CON UNA CARGA FORMADA POR UNA CARGA ADAPTADA

RETROALIMENTACION

1. Explique el método de sustitución de R_f : _____

 _____.
2. ¿Qué es un medidor de onda estacionaria? _____

 _____.

⁶⁶ Telecomunicaciones, *FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 7-14*

3. ¿Cómo opera un medidor de onda estacionaria (ROE)? _____

_____.
4. ¿Que mide el medidor de onda estacionaria (ROE) en este ejercicio? _____

_____.
5. ¿Cual es la principal fuente de error cuando se utiliza el método de sustitución de R_f para medir la atenuación? _____

_____.
6. Explique como el método de sustitución de R_f para medir la atenuación elimina los errores causados por el detector. _____

_____.
7. ¿Que es una onda estacionaria?, explique brevemente como se da origen a este fenómeno _____

_____.
8. ¿Cuál es la distancia, en términos de longitudes de onda, entre dos mínimos sucesivos en una onda estacionaria? _____

_____.

9. Que causa un máximo en una onda estacionaria? _____

_____.

10. ¿Que es una línea ranurada y que parámetro físico mide? _____

_____.

11. Explique como se determina la frecuencia de una señal de microondas con una línea ranurada. _____

_____.

PRACTICA 4 ACOPLADOR DIRECCIONAL Y MEDICION DE COEFICIENTES DE REFLEXION

INTRODUCCION

En microondas un acoplador direccional es un componente de 4 puertos, conformado por dos secciones de guías de onda, acopladas de manera tal que cualquier onda se propaga en una de las secciones secundarias. Son útiles para medir parámetros de la señal sin perturbar la transmisión. En este ejercicio se medirá el factor de acoplamiento de un acoplador direccional, calculando la atenuación en su entrada y su salida acoplada. Adicionalmente se medirá la directividad del acoplador direccional calculando la atenuación entre los puertos asilados y acoplados.

Cuando hay una señal en una guía de ondas es necesario que la impedancia de la carga sea diferente a la impedancia característica de la guía de onda, de lo contrario la carga no podrá absorber toda la energía de la señal. La señal incidente se devuelve y se encontrarían dos ondas a través de la guía de onda donde se genera una pérdida por retorno; en la parte B de este ejercicio medirá la potencia absorbida con ayuda del vatímetro; adicionalmente, la pérdida por retorno y coeficiente de reflexión de diferentes cargas conectadas en el extremo de una guía de onda utilizando el medidor de ROE.

OBJETIVOS

- Manejar los conceptos de un acoplador direccional y su modo de funcionamiento.
- Emplear de manera correcta un acoplador direccional y realizar mediciones de factor de acoplamiento y directividad con el mismo.
- Realizar medidas de perdidas por retorno.
- Estar en capacidad de hallar el porcentaje de potencia absorbida por una carga a partir del coeficiente de reflexión.

PREINFORME

Realizar un documento que contenga un resumen con los temas propuestos a continuación

- Acoplador direccional, relación de los puertos de entrada con los de salida.
- Modo de empleo de un medidor de ROE.
- Identificar, terminación de diferentes tipos de cargas para medición.
- Definición y características de un acoplador direccional.
- Conceptos de perdida por factor de acoplamiento, directividad, perdidas por retorno y coeficiente de reflexión.

ELEMENTOS A EMPLEAR

- Alimentación para oscilador de Gunn (AOG)
- Medidor de ROE
- Acoplador Direccional
- Atenuador variable de 35 dB
- Línea Ranurada de medida
- Detector de Cristal
- 2 Cargas Adaptadas
- 1 Corto Circuito Fijo
- Atenuador fijo de 6dB
- Atenuador fijo de 30 dB
- Oscilador de Gunn
- 2 Soportes
- 8 Tornillos de Cierre rápido
- 1 Cables Coaxial BNC/BNC

PROCEDIMIENTO

Parte A

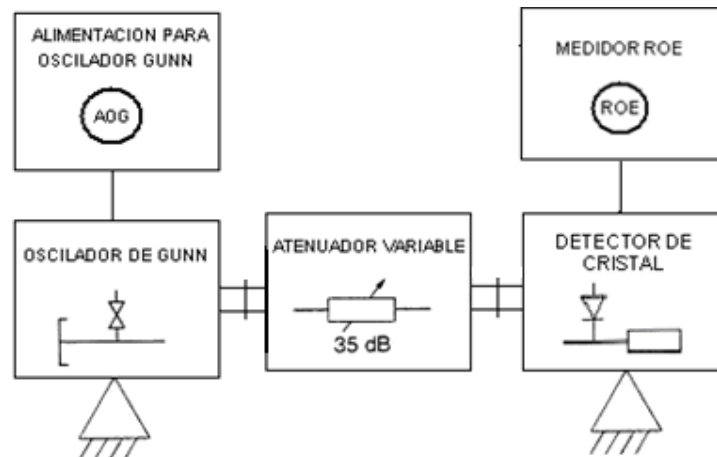
1. Coloque los módulos como se muestra a continuación y verifique que los interruptores de estos, se encuentre apagados.



⁶⁷ FIGURA 4A.1 MONTAJE DE LOS MODULOS

2. Realizar el siguiente montaje de la figura 4A.2, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre sí.

⁶⁷ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 9-5



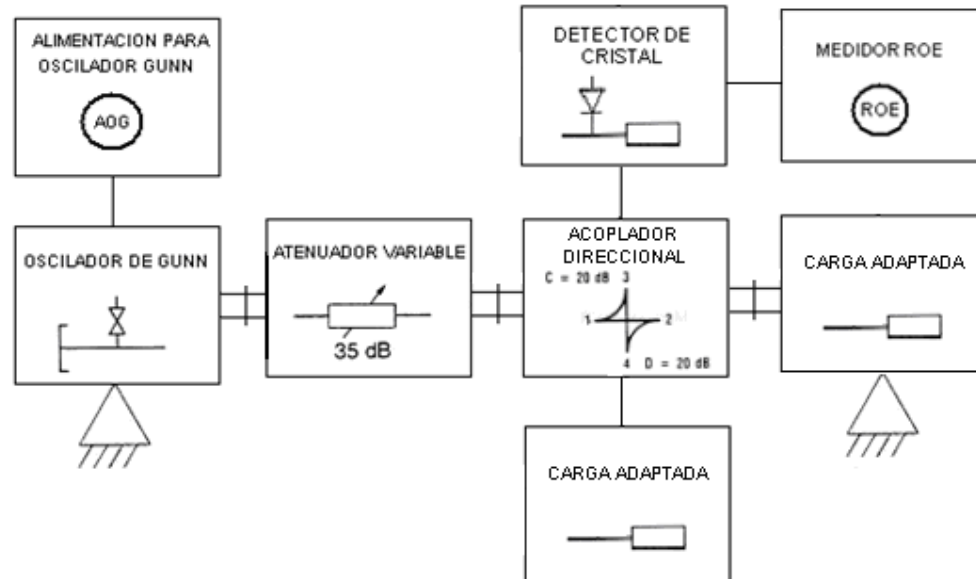
⁶⁸FIGURA 4A.2 INSTALACION PARA OBTENER UNA LECTURA REFERENCIA

3. Realice los siguientes ajustes:
 - Atenuador Variable en 4.50mm.
 - En el módulo Alimentación para oscilador de Gunn:
 - VOLTAJE.....MIN
 - MODO..... 1kHz
 - ESCALA DEL MEDIDOR..... 10 V
 - Medidor de ROE
 - GAMA.....-30dB
 - Control de ganancia.....Posición máxima
 - ANCHO DE BANDA.....20 Hz
 - ESCALA.....NORMAL
4. Encienda el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y el Medidor de ROE. Espere de 1 a 2 minutos para permitir que la fuente de alimentación se caliente.
5. Realice los siguientes ajustes:
 - Voltaje del módulo Alimentación para oscilados de Gunn en 8,5 V.
 - Atenuador variable para obtener una lectura de -35 dB en el Medidor de ROE.
 - Encuentre la máxima señal, utilizando la perilla FRECUENCIA CENTRAL del Medidor de ROE.
 - Ajuste el Atenuador variable para obtener una lectura de -30,0 dB en el Medidor de ROE.

Posición del Atenuado variable: _____

⁶⁸ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 8-7

Esta posición del atenuador variable va a ser el nivel de referencia para montajes posteriores en esta misma practica, tenga precaución de no cambiar los ajustes del micrómetro del Atenuador variable cuando lleve a cabo nuevas instalaciones.



⁶⁹FIGURA 4A.3 INSTALACION PARA MEDIR FACTOR DE ACOPLAMIENTO

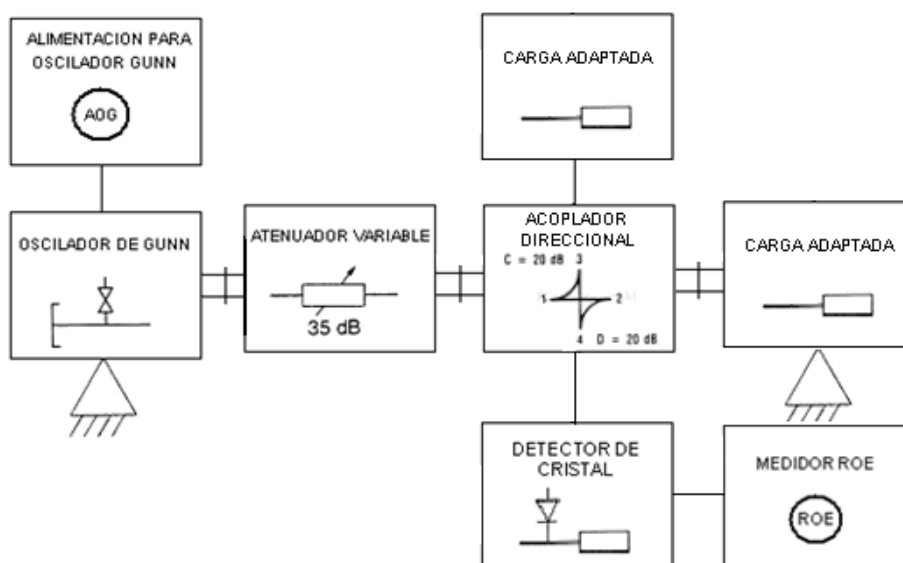
6. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn del módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Realice la instalación de la Figura 4A.3 y conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn.
7. Complete el siguiente cuadro:
 - Seleccione la GAMA apropiada para leer el nivel relativo (expresado en dB) de la señal acoplada.
 - el factor de acoplamiento del Acoplador Direccional restando el nivel relativo de la señal acoplada de nivel de referencia de -30 dB.
 - Para Hallar el nivel de referencia, Seleccione la GAMA -30 dB en el Medidor de ROE, Ajuste el Atenuador variable para obtener una lectura de -30,0 dB en el Medidor de ROE. Si no es posible, ajuste el Atenuador variable hasta obtener una lectura conveniente.

⁶⁹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 8-9

Nivel de la Señal Acoplada (dB)	Factor de Acoplamiento	Nivel de Referencia dB

TABLA 4A.1 FACTOR DE ACOPLAMIENTO PARA UNA SEÑAL

8. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn a partir del módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Realice la instalación como se ilustra en la Figura 4A.4 y conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn.



⁷⁰FIGURA 4A.4 INSTALACION PARA MEDIR LA DIRECTIVIDAD DEL ACOPLADOR DIRECCIONAL DE 10 Hz

9. Seleccione, en el Medidor de ROE, la GAMA que le permita leer el nivel relativo de la señal presente en el puerto aislado del Acoplador direccional.

Nivel de la señal del puerto aislado = _____ dB

10. Calcule la directividad del Acoplador direccional restando el nivel de señal del puerto aislado del nivel de referencia de la etapa 7.

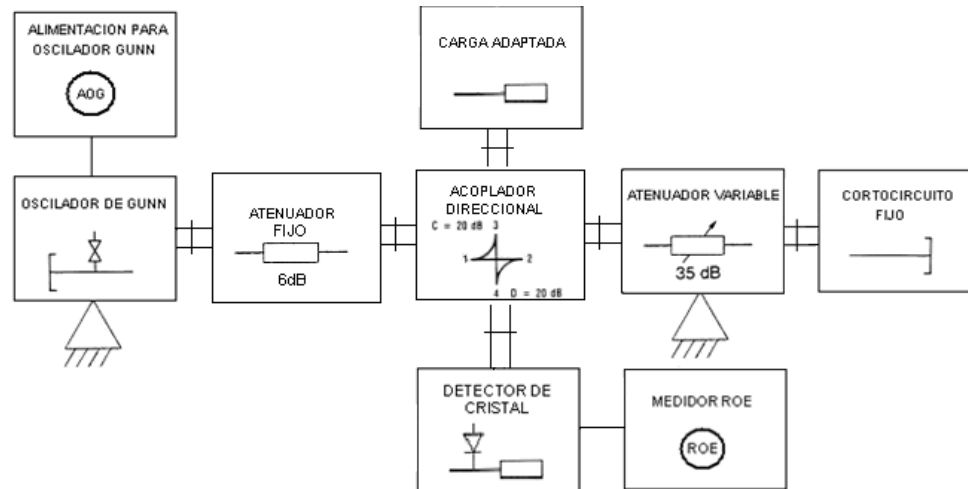
Directividad D = _____ dB - _____ dB = _____ dB

11. Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado.

⁷⁰ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 8-10

Parte B

1. Realice la instalación como se ilustra en la Figura 4B.2, adicionalmente ajuste el modulo de alimentación de Gunn y el medidor de ROE como se realizo en los numerales 3 y 4 de la parte A de esta practica, adicionalmente ajuste el Atenuador variable en 0,00mm.



⁷¹FIGURA 4B.1 INSTALACION PARA MEDIR LA PERDIDA POR RETORNO DE DIFERENTES CARGAS

2. Ajuste la perilla de control de GANANCIA para obtener una lectura de -35 dB.
3. Cambie la posición de la perilla de control de la FRECUENCIA CENTRAL del Medidor de ROE para que la lectura sea máxima.
4. Determinar el NIVEL DE REFERENCIA ajustando la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE, para obtener una lectura de -32 dB.
5. Para cada valor de atenuación dado en la Tabla 4B.1, haga lo siguiente:
 - Tener en cuenta la pérdida por inserción cuando el atenuador está en la posición 0,00 mm. La pérdida por inserción del Atenuador variable cuando la hoja se encuentra en esa posición se debe adicionar a cada valor de atenuación de se debe anotar el valor resultante en la segunda columna a fin de ajustar la hoja del atenuador en la posición apropiada.
 - Utilice la curva de calibración obtenida en el Ejercicio 2B, a fin de determinar la POSICION DEL ATENUADOR, partiendo de los valores de la atenuación en decibeles.
 - Anote el NIVEL RELATIVO DE LA SEÑAL (expresado en dB). Ajuste GAMA si es necesario, sin manipular la perilla de control de ganancia

⁷¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 9-5

- Calcule la pérdida por retorno de la carga restando esta última lectura del nivel de referencia obtenido en la etapa 4 y anote el resultado en la columna RL.
- Utilice la siguiente formula para calcular el módulo ρ del coeficiente de reflexión de la carga.

$$\rho = 10^{\frac{-RL(dB)}{20}}$$

ECUACION 4B.1

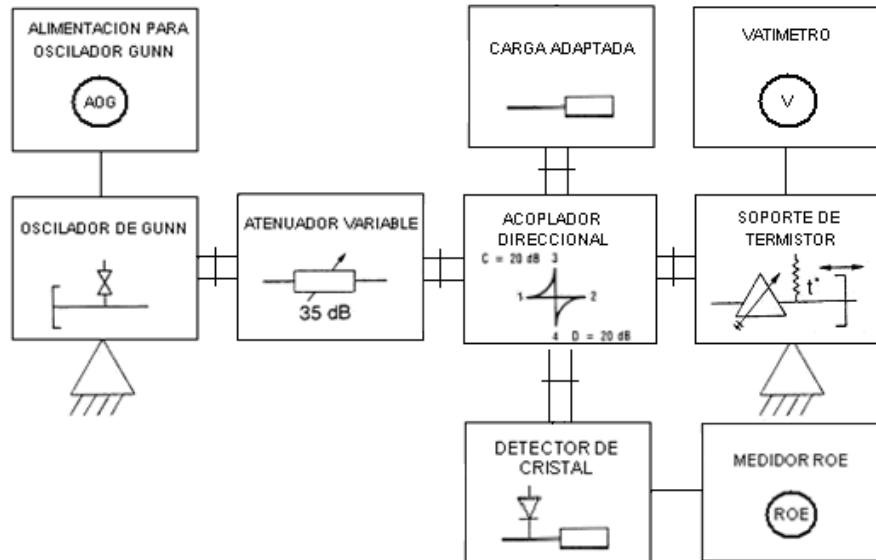
ATENUACION dB	PERDIDA POR INSECCION dB	POSICION DE LA HOJA DEL ATENUADOR mm	NIVEL RELATIVO DE SEÑAL mm	RL dB	COEFICIENTE DE REFLEXION
0					
2.5					
5					
7.5					
10					

TABLA 4B.1 DETERMINACION DE LA PERDIDA POR RETORNO Y DEL MODULO DEL COEFICIENTE DE REFLEXION.

¿Cuál es la relación entre las atenuaciones y las pérdidas por retorno de a Tabla 4B.1?

- Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn Realice la instalación como se ilustra en la Figura 4B.3 y Realice los siguientes ajustes:
 - Desenrosque los tornillos de adaptación del Soporte de Termistor, lo suficiente para que no penetre en la guía de ondas.
 - Ajuste el Atenuador variable en aproximadamente 3,5mm.
 - Encienda el vatímetro y seleccione la GAMA 0.3 mW y ajuste el cero.
 - Espere 2 minutos a que el vatímetro y el oscilador alcancen su temperatura de trabajo.
- Conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn y realice los siguientes ajustes
 - Seleccione la GAMA - 30 dB en el Medidor de ROE
 - Obtenga una lectura de 0.1mW en el vatímetro, manipulando el micrómetro del Atenuador variable.
 - Ajuste el cortocircuito móvil y los tornillos de adaptación del Soporte de termistor para lograr una lectura máxima de potencia en el Vatímetro.

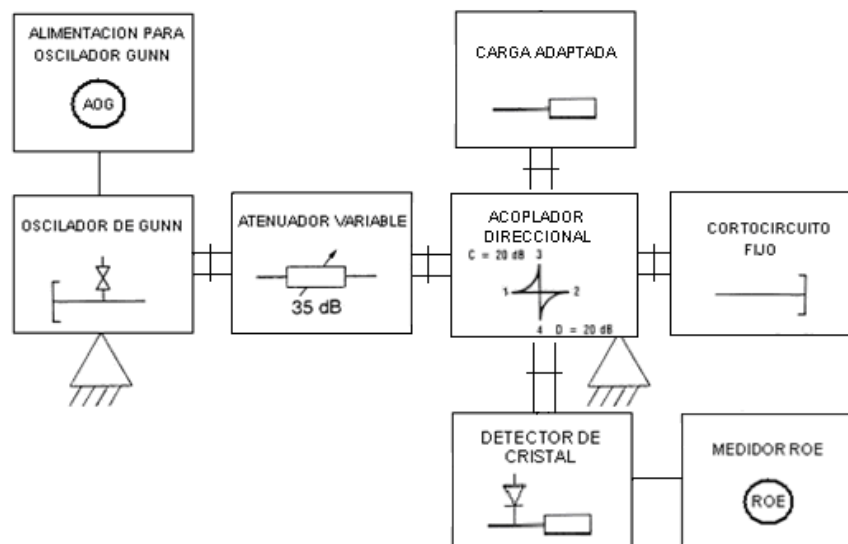
- Manipule nuevamente el Atenuador variable esta vez para obtener una lectura de 0,20 mW en el Vatímetro.



⁷²FIGURA 4B.2 INSTALACION PARA MEDIR LA POTENCIA ABSORBIDA POR EL SOPORTE DE TERMISTOR

- Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn del módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Realice el montaje de la figura 4B.3. Manteniendo la posición del cortocircuito móvil y los tornillos de adaptación del Soporte de termistor. Procure no desconectar el Soporte de termistor y el Vatímetro, para que éste se mantenga equilibrado y utilizarlo nuevamente en esta práctica.

⁷² Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 9-8



⁷³FIGURA 4B.3 INSTALACION PARA ESTABLECER EL NIVEL DE REFERENCIA

9. Conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y realice los siguientes ajustes:
 - En el Medidor de ROE, control de GANANCIA para obtener una lectura de referencia de -32 dB. Si esto no es posible, seleccione otra GAMA y ajuste nuevamente la perilla de control de GANANCIA a fin de obtener una lectura de referencia conveniente. Éste es el nivel de referencia 0 dB para la pérdida por retorno obtenida con el cortocircuito.

Nivel de referencia (pérdida por retorno de 0 dB) = _____ dB

10. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn del módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Reemplace el Cortocircuito fijo por el Soporte de termistor adaptado como se muestra en la Figura 4B.3. Si es necesario, utilice las perillas de AJUSTE DEL CERO del Vatímetro para poner a éste en cero.
11. Conecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Seleccione la GAMA apropiada en el Medidor de ROE para obtener una lectura. Calcule la pérdida por retorno del Soporte de termistor adaptado, restando el nivel de la potencia reflejada del nivel de referencia obtenido en la etapa 7.

Pérdida por retorno (adaptado) = Nivel de referencia - Potencia reflejada

Pérdida por retorno (adaptado) = ._____ dB - _____ dB = _____ dB

⁷³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 9-9

12. Obtener el módulo ρ del coeficiente de reflexión a partir de la pérdida por retorno obtenida en la etapa 7.

Pérdida por retorno $RL = -20 \log \rho$

Módulo ρ del coeficiente de reflexión = _____

13. Utilice la siguiente ecuación para calcular el porcentaje de la potencia incidente que resulta absorbida por el Soporte de termistor.

% de potencia absorbida $\% = (1 - \rho^2) \times 100\%$

Potencia absorbida (adaptado) = _____ %

14. Calcular el porcentaje de la potencia incidente que resultará absorbida por un Soporte de termistor poco adaptado, con una pérdida por retorno de 3 dB.

Potencia absorbida (pérdida por retorno de 3 dB) = _____ %

En este caso, ¿qué potencia absorberá el Soporte de termistor si la potencia incidente es 0,20 mW?

Potencia absorbida (pérdida por retorno de 3 dB) = _____ mW

15. En el Medidor de ROE, seleccione la misma GAMA que utilizó para obtener el nivel de referencia. Sustraiga 3 dB del nivel de referencia de 0 dB, que corresponde a la pérdida por retorno obtenido en la etapa 15, a fin de obtener el nivel relativo de potencia reflejada correspondiente a una pérdida por retorno de 3 dB. Anote ese valor en el espacio previsto más abajo.

Nivel de potencia reflejada = *Nivel de referencia en dB* - 3 dB

Nivel de referencia (pérdida por retorno de -3 dB) = _____ dB

16. Empuje el cortocircuito móvil del Soporte de termistor hacia adentro y desenrosque los tornillos de adaptación para que no penetren en la guía de ondas. Mientras observa el Medidor de ROE, tire lentamente el cortocircuito hacia la parte posterior del Soporte de termistor hasta que el Medidor de ROE indique el nivel de potencia reflejada que se obtuvo en la etapa 15. El Soporte de termistor tendrá entonces una pérdida por el retorno de 3 dB.

17. Ajuste cero en el vatímetro y lea el valor de potencia que absorbe el Soporte de termistor poco adaptado.

Potencia absorbida (pérdida por retorno de 3 dB) = _____ mW

18. ¿Coincide este resultado con la potencia calculada en la etapa 20?
-

-
-
19. Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.

RETROALIMENTACION

1. ¿Qué es un acoplador direccional? _____

_____.
2. Explique como trabaja un acoplador direccional, teniendo en cuenta que el acoplador con el que se trabaja es un acoplado de moreno

_____.
3. Nombre brevemente los parámetros que se utilizan para comparar los acopladores direccionales. _____

_____.
4. Explique que es factor de acoplamiento: _____

_____.
5. Explique que es direccionalidad: _____

_____.

_____.

6. ¿Cuál debería ser la directividad de un acoplador direccional ideal? _____

7. ¿Qué es coeficiente de reflexión? _____

_____.

8. ¿Qué es el modulo del coeficiente de reflexión? _____

_____.

9. ¿Cuál es la incidencia de la fase sobre el coeficiente de reflexión? _____

_____.

10. ¿Qué es la perdida por retorno? _____

_____.

11. Explique que la potencia absorbida por una carga puede determinar a partir de la magnitud del coeficiente de reflexión. _____

PRACTICA 5

MEDICION DE RELACION DE ONDA ESTACIONARIA, MEDICION DE IMPEDANCIAS REACTIVAS

INTRODUCCION

Teniendo claro el concepto de Onda estacionaria y su comportamiento, las características de impedancia del sistema y los ajustes necesarios para hacer uso del medidor de ROE, se entenderá puntualmente que la relación de la amplitud de voltaje máximo con respecto a un nivel de voltaje mínimo, se denomina relación de onda estacionaria, donde los máximos son los puntos donde las ondas incidente y reflejada se suman en fase, y los mínimos los puntos donde las ondas incidente y reflejada se suman con un desfase de 180 grados. En esta parte se empleará una línea ranurada de medida y un medidor de ROE, para medir relaciones de onda estacionaria producida por una carga adaptada

El diagrama de Smith es una herramienta para representar y leer impedancias. Es uno de los métodos más útiles disponibles para aquellos que trabajan en problemas de líneas de transmisión y guías de onda. Para esta práctica usted empleará nuevamente la línea ranurada y el diagrama de Smith para determinar la impedancia de dos cargas.

Se presenta el iris como una discontinuidad especial en un sistema de microondas, pues reduce la abertura de la guía de onda, reduciendo de esta manera el ancho de banda de la señal transmitida, generando elementos de circuitos pasivos reactivos en un sistema de guías de ondas. En este ejercicio se llevará a cabo la medición de un iris inductivo, se determinará el coeficiente de reflexión y se hallará la impedancia y la admitancia de la carga adaptada con el iris, usando el diagrama de Smith.

OBJETIVOS

- Familiarizarse con el concepto de relación de guía de onda.
- Realizar mediciones de máximos y mínimos con el medidor de ROE con el fin de hallar la relación de onda estacionaria.
- Conocer las precauciones que debe tener para obtener mediciones precisas de voltaje de la relación de ROE, utilizando una línea ranurada.
- Calcular la impedancia de una carga a partir de la medición de las relaciones de onda estacionaria.
- Calcular impedancia de cargas a partir de la construcción de un diagrama de Smith.
- Familiarizarse con los iris inductivos y capacitivo y con un tonillo de Sintonía móvil.
- Crear impedancias reactivas en una guía de ondas.

- Medir la reactancia de un Iris, utilizando el diagrama de Smith.

PREINFORME

Realizar un documento que contenga un resumen con los temas propuestos a continuación

- Conceptos de Onda estacionaria.
- Medidor de ROE y modo de empleo
- Coeficiente de reflexión
- Diagrama de Smith: diagrama de impedancia polar, círculos de resistencia constante, círculos de reactancia constantes, resistencias normalizadas y reactancias normalizadas de la impedancia característica.
- Representar una impedancia en la carta de Smith.
- Dibujar un círculo de ROE constante.
- ROE de una impedancia.
- Coeficiente de reflexión de una impedancia
- Irises inductivos y capacitivos.

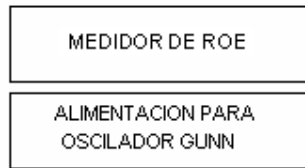
ELEMENTOS A EMPLEAR

- Alimentación para oscilador de Gunn (AOG)
- Medidor de ROE
- Atenuador variable de 35 dB
- Línea Ranurada de medida
- Detector de Cristal
- 1 Corto Circuito Fijo
- Atenuador fijo de 6dB
- Iris inductivo
- Oscilador de Gunn
- 2 Soportes
- 8 Tornillos de Cierre rápido
- 1 Cables Coaxial BNC/BNC

PROCEDIMIENTO

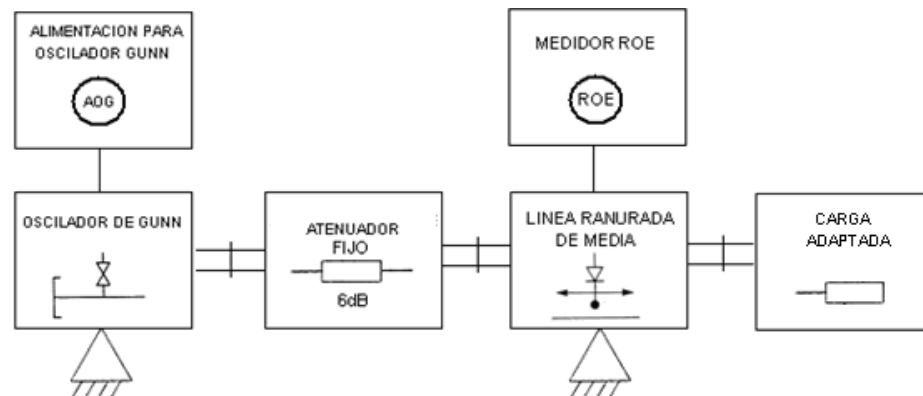
Parte A

1. Coloque los módulos como se muestra a continuación y verifique que los interruptores de estos, se encuentre apagados.



⁷⁴FIGURA 5A.1 MONTAJE DE LOS MODULOS

2. Realice la instalación como se ilustra en la Figura 5A.2, Ajuste la perilla que se encuentra asegurando la sonda de la línea ranurada, de tal manera que la sonda se encuentre hacia arriba, separada de la guía de onda.
3. Realice los siguientes ajustes:
 - Módulo Alimentación para oscilador de Gunn:
 - VOLTAJE.....MÍN.
 - MODO.....1 kHz
 - ESCALA DEL MEDIDOR.....10 V
 - Línea ranurada de medida
 - Sonda en la posición 40,0mm
 - Deslice el carro de la sonda a la largo de la guía de ondas.
 - La sonda a 1/3 del máximo, utilizando el indicador y las marcas horizontales de la sonda
 - Medidor de ROE:
 - GAMA 0 dB
 - ESCALA.....NORMAL
 - GANANCIA.....posición media
 - FRECUENCIA CENTRAL.....posición media
 - ANCHO DE BANDA.....100 Hz



⁷⁵FIGURA 5A.2 INSTALACION PARA MEDIR LA ROE DE UNA CARGA ADAPTADA

4. Encienda el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y el Medidor de ROE. Espere de 1 a 2 minutos para permitir que la fuente de

⁷⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-5

⁷⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-5

alimentación se caliente y a continuación, ajuste el voltaje de alimentación en 8,5 V.

5. Desplace lentamente el carro de la sonda de la Línea ranurada de medida a lo largo de la guía de ondas hasta que encuentre un máximo. Si la aguja supera el máximo de la escala del Medidor de ROE, reduzca un poco la profundidad de la sonda de la Línea ranurada de medida, de manera que la aguja quede debajo de ese.
6. Coloque el conmutador de ANCHO DE BANDA del medidor de ROE en la posición 20 Hz y ajuste cuidadosamente la perilla de control de la FRECUENCIA CENTRAL a fin de aumentar al máximo la desviación de la aguja. Si la aguja supera el valor máximo de la escala del Medidor de ROE vuelva a ajustar apenas el control de GANANCIA, para que la aguja quede debajo de ese máximo, y complete el ajuste de la frecuencia central.
7. Ajuste la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE para que la aguja quede alineada con la marca 0 dB. De esta manera se ajusta el nivel de referencia.

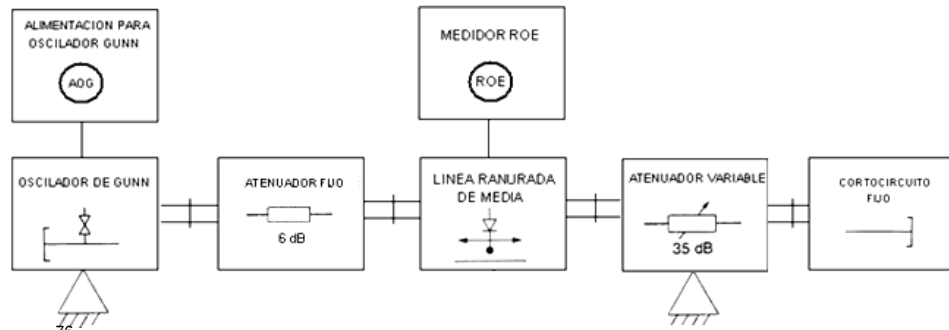
Observe que la posición 0 dB en la escala dB corresponde a una lectura de 1,0 en las escalas ROE NORMAL y ROE EXPANDIDA.

8. Mueva la sonda a lo largo de la Línea ranurada de medida hasta que encuentre un mínimo. Tome los valores de ROE, los cuales se indican en la escala superior, y complete la tabla teniendo en cuenta la escala empleada.

	ESCALA	
	NORMAL	EXPANDIDA
ROE (Valor mínimo encontrado en la línea ranurada)		

TABLA 5A.1 MEDICION DE ROE EN ESCALAS NORMAL Y EXPANDIDA

9. Seleccione la ESCALA NORMAL en el Medidor de ROE.
10. Desconecte el cable que alimenta el oscilador de Gunn del módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Realice la instalación como se ilustra en la figura 5A.3



76 FIGURA 5A.3 INSTALACION PARA MEDIR LA ROE DE UN ATENUADOR CORTOCIRCUITADO

11. Complete la siguiente Tabla :

- Utilice la curva de calibración obtenida en el Ejercicio 4 para encontrar la Posición de la hoja para las atenuaciones dadas.
- Conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilador de Gunn.
- Mueva la sonda a lo largo de la Línea ranurada de medida hasta que encuentre el máximo más cercano a la carga. Ajuste la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE para obtener una lectura de 0 dB.
- Mueva la sonda a lo largo de la Línea ranurada de medida hasta que encuentre el mínimo más cercano a la carga. Anote el valor de ROE que aparece en la escala ROE NORMAL, así como el nivel relativo indicado por la escala dB NORMAL.
- Calcule la ROE en dB restando el nivel mínimo del nivel máximo.
- Utilice la ecuación 5A.1 para calcular la ROE en dB por formula, a partir del valor de la columna ROE de la misma tabla.

$$ROE(dB) = 20 \log ROE$$

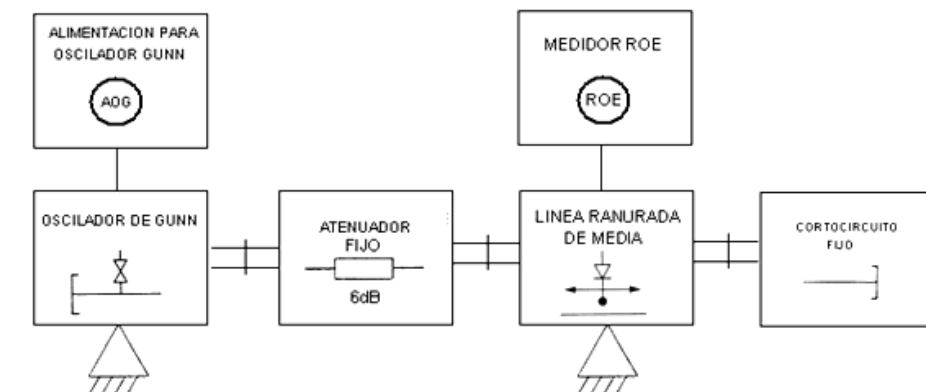
ECUACION 5A.1

ATENUACION (dB)	POSICION DE LA HOJA (mm)	VALORES MINIMOS ESCALA NORMAL			
		ROE	(dB)	ROE en dB	ROE formula
3.7					
2.0					

TABLA 5A.2 VALORES DE ROE PARA DIFERENTES ATENUACIONES

12. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn del módulo Alimentación para oscilador de Gunn. Realice la instalación como se ilustra en la figura 5A.4.

⁷⁶ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-8



⁷⁷ FIGURA 5A.4 INSTALACION PARA MEDIR LA ROE DE UN CORTOCIRCUITADO

13. En el Medidor de ROE seleccione la GAMA -20dB y conecte nuevamente el cable que alimenta el Oscilador de Gunn en el módulo Alimentación para oscilar de Gunn.
14. Muevas la sonda a lo largo de la Línea ranurada de medida hasta que encuentre el máximo más cercano a la carga. Ajuste la perilla de control de GANANCIA del Medidor de ROE para obtener una lectura de -20 dB. Si no se logra mantener la lectura por debajo de -20 dB, aumente la profundidad de la sonda, y si una vez manipulada la profundidad de la sonda no se consigue la lectura de -20 dB, manipular ligeramente el control de GANANCIA nuevamente.
15. Complete la siguiente tabla

- Mueva la sonda a lo largo de la Línea ranurada de medida hasta que encuentre el mínimo más cercano a la carga. Seleccione una gama del Medidor de ROE que le permita calcular el nivel mínimo de dB y anótelos más abajo. *Los movimientos pequeños del carro corredizo pueden desviar completamente la aguja. Si esto ocurriese, seleccione una GAMA más alta para liberar la aguja y aproxímese al mínimo nuevamente.*
- Calcule la ROE en dB para el cortocircuito.
- Mediante, $ROE = 10^{\frac{ROE(dB)}{20}}$ calcule la ROE
- Mediante, $\rho = \frac{ROE - 1}{ROE + 1}$ calcule el módulo del coeficiente de reflexión ρ

GAMA	Nivel Mínimo (dB)	ROE (dB)	ROE (ecuacion)	ρ

TABLA 5A.3 MEDICION DEL COEFICIENTE DE REFLEXIO PARA UNA CARGA TERMINADA EN CORTOCIRCUITO

⁷⁷ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 10-10

2. Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado.

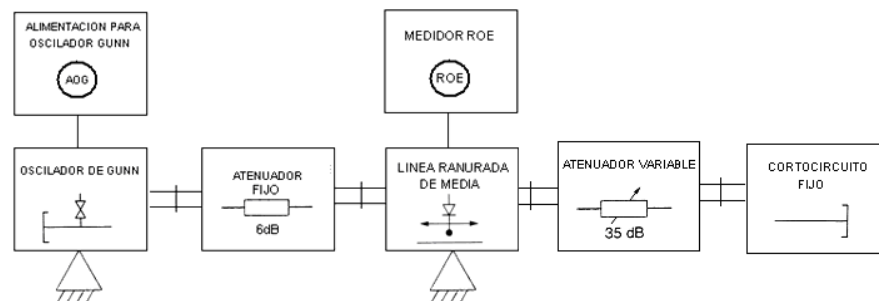
Parte B

1. Realice el montaje que se muestra en la figura 5A.4 para obtener la posición de referencia, para encontrar una posición de referencia, llevando la sonda de la línea ranurada de medida a su posición de mínima penetración.
1. Realice los siguientes ajustes realizados en las etapas 3 y 4, de la *Parte A*, de esta practica de laboratorio.
2. Encuentre un máximo, a medida que desplaza lentamente el carro de la sonda de la línea ranurada sobre la guía de onda.
 - Si la aguja supera el máximo de la escala del Medidor de ROE, reduzca un poco la profundidad de la sonda de la Línea ranurada de medida, de manera que la aguja quede debajo de ese máximo.
 - Si observa una desviación importante de la aguja del Medidor de ROE cuando está desplazando lentamente el carro de la sonda a lo largo de la guía de ondas, seleccione la GAMA más baja que sigue en el Medidor de ROE y repita la etapa.
 - Si en la GAMA -40 dB del Medidor de ROE no se logra ninguna desviación importante de la aguja del medidor, aumente un poco la profundidad de la sonda y repita la etapa.
3. Complete la siguiente tabla:
 - Ajuste el ancho de banda del medidor de ROE en 20Hz, y la perilla de frecuencia central a fin de aumentar al máximo la desviación de la aguja.
 - Mueva el la sonda a lo largo de la línea ranurada de medida hasta encontrar el CERO 1, que es el voltaje mínimo mas cercano al cortocircuito. Si es necesario, cambie la GAMA en el medidor ROE. Anote la posición del CERO 1. Cuando la línea ranurada de medida no pueda alcanzar el plano del cortocircuito, estará en presencia del mínimo medible más cercano.
 - Mueva lentamente la sonda en dirección hacia la fuente hasta encontrar el CERO 2, que es el segundo voltaje mínimo. Si es necesario, cambie la GAMA en el medidor de ROE. La posición de este mínimo determina el lugar de referencia relativo de la fase (180grados) para la que se calculará el desplazamiento d.
 - Calcule la longitud de onda guiada de la señal.

CERO 1	CERO 2	λ_g

TABLA 5B.1 LONGITUD DE ONDA MEDIANTE MINIMOS Y MAXIMOS

4. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn y realice el montaje que muestra la figura 5B.1.
5. Complete la siguiente tabla:
 - Utilice la curva de calibración para ajustar el atenuador variable el valor dado en dB, que se indica en la tabla. Conecte nuevamente el cable que alimenta el oscilador de Gunn al modulo de alimentación del mismo, en el medidor de ROE seleccione la GAMA que empleó para detectar un máximo y desplace el carro de la sonda de la línea ranurada de medida hasta encontrar el voltaje máximo mas cercano a la carga.



⁷⁸FIGURA 5B.1 INSTALACION PARA MEDIR LA IMPEDANCIA DE UN ATENUADOR CORTOCIRCUITADO

- En el medidor de ROE, ajuste la perilla de control de GANANCIA para obtener una lectura de 0dB, seleccionando una GAMA conveniente y utilizando la perilla de ajuste de GANANCIA. Si en GAMA -40dB no logra ajustar 0dB, aumente la profundidad de la sonda.
- Hallar el mínimo al desplazar la sonda de la línea ranurada de medida, ubicado entre los mínimos observados previamente con el cortocircuito. Tenga en cuenta la posición en el cual se encontró esté mínimo y la ROE en el mismo.
- Calcule la distancia “d” entre el mínimo de la onda estacionaria observado con esta carga y el segundo mínimo observado en la etapa 10 del cortocircuito (Cero 2).
- Utilice la *ECUACION* para calcular en ángulo de fase Φ del coeficiente de reflexión.

⁷⁸ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 11-15

- Sobre el diagrama de Smith, correspondiente a la figuras 5B.2 y 5B.3, trace el círculo para la roe medida, dibuje el radio correspondiente al ángulo Φ y determine la impedancia normalizada de la carga.

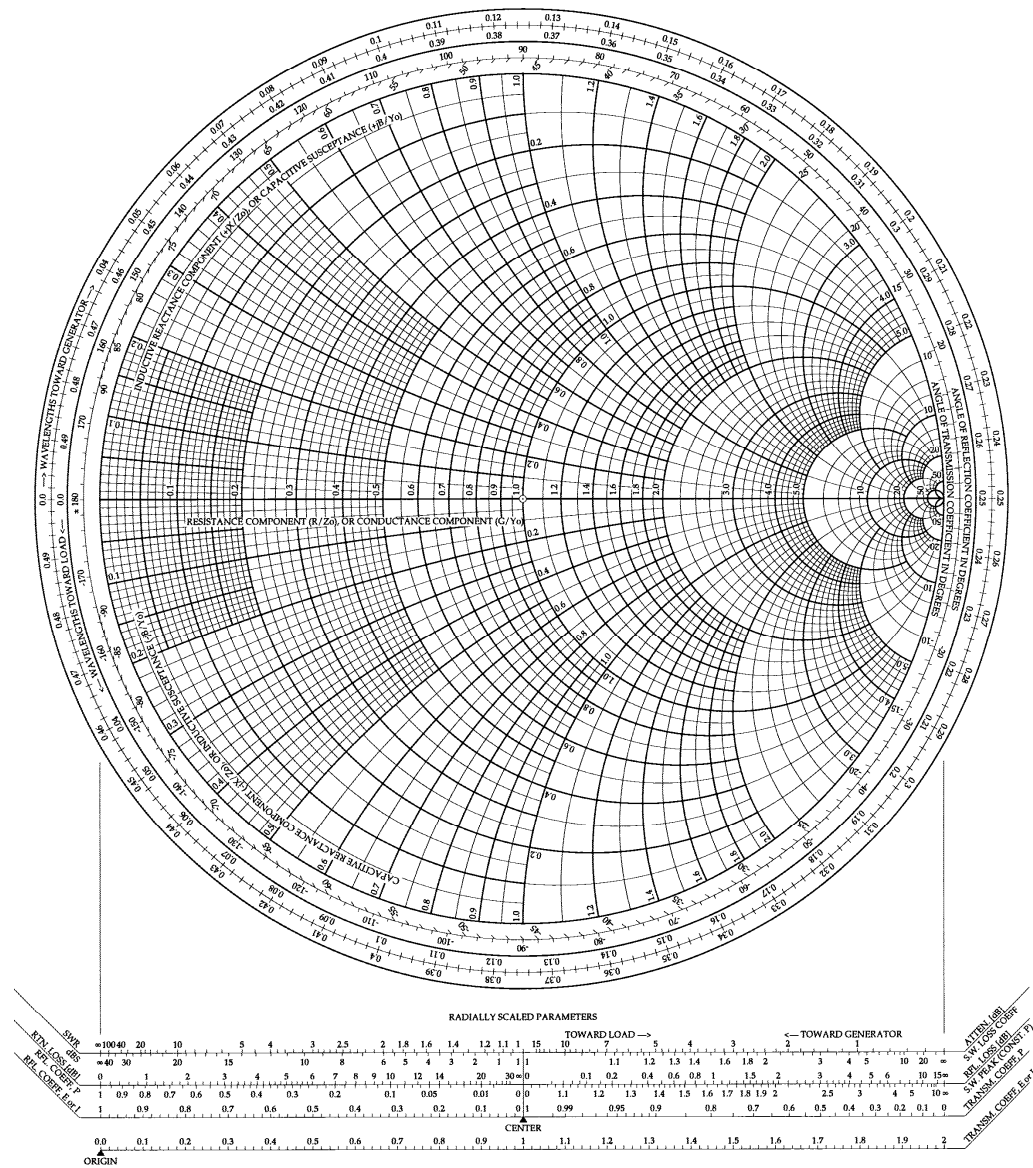
ATENUACION(dB)	5	1,5
P. HOJA(mm)		
ROE		
P. MINIMA(mm)		
d(mm)		
$\Phi(^{\circ})$		
ZL norm		

TABLA 5B.2 IMPEDANCIA ZL

6. Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.

The Complete Smith Chart

Black Magic Design

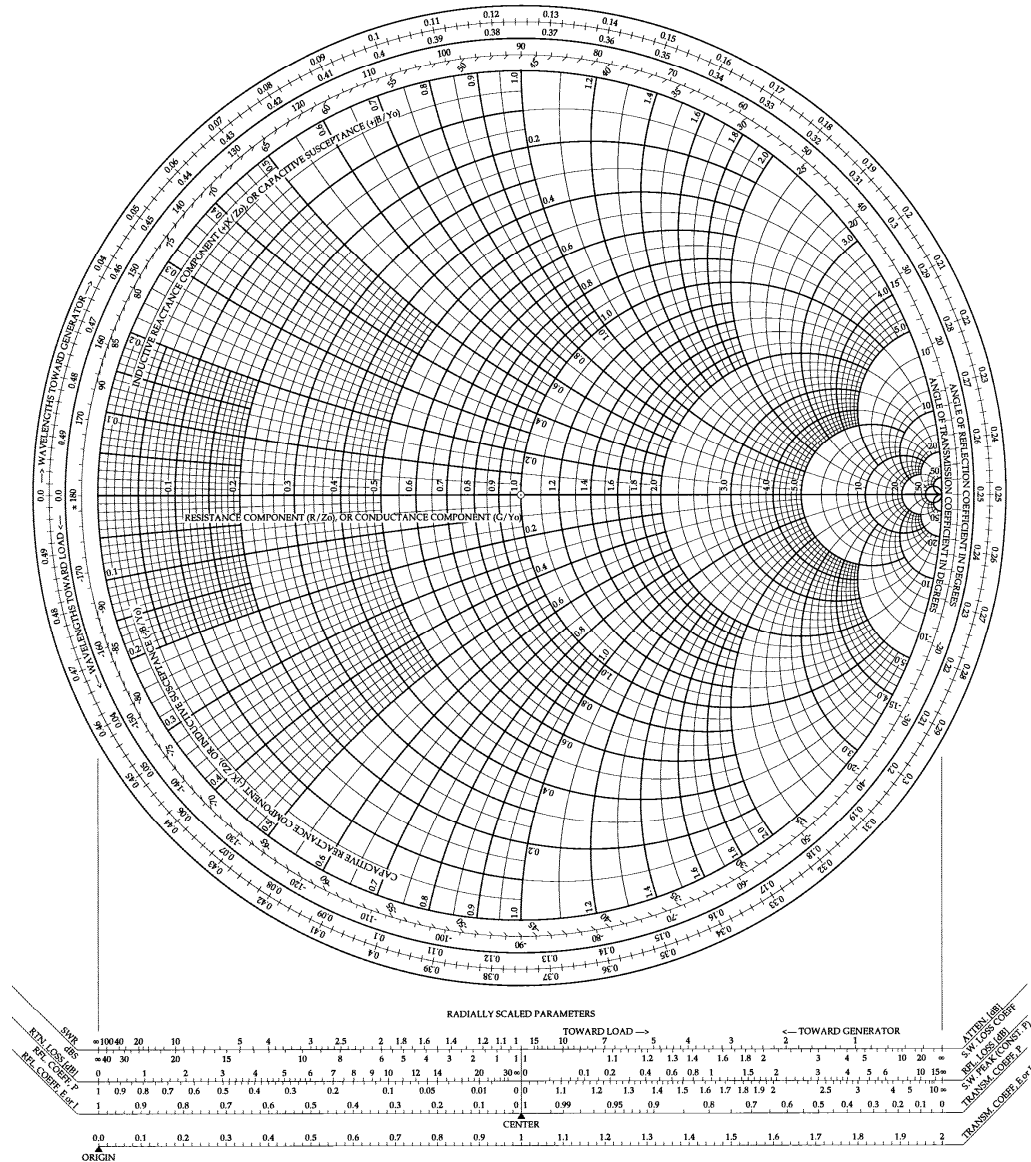


⁷⁹FIGURA 5B.2 DIAGRAMA DE SMITH PARA CALCULAR LA IMPEDANCIA DE UNA CARGA

⁷⁹ http://wpcontent.answers.com/wikipedia/commons/c/c3/Smith_chart_bmd.gif

The Complete Smith Chart

Black Magic Design

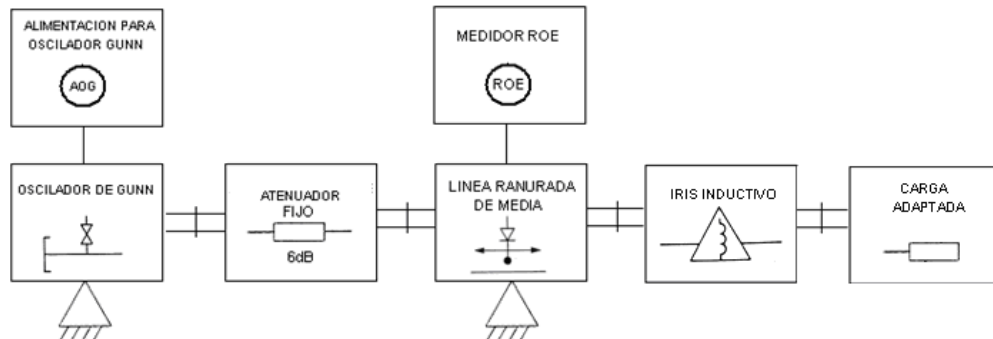


⁸⁰FIGURA 5B.3 DIAGRAMA DE SMITH PARA CALCULAR LA IMPEDANCIA DE UNA CARGA

⁸⁰ http://wpcontent.answers.com/wikipedia/commons/c/c3/Smith_chart_bmd.gif

Parte C

1. Partiendo de los valores recolectados en la etapa 3 de la parte B de esta practica.
2. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn del modulo Alimentación para oscilador de Gunn. Realice el montaje de la figura 5C.1



⁸¹FIGURA 5C.1 INSTALACION PARA MEDIR LA REACTANCIA DEL IRIS INDUCTIVO

3. Seleccione la GAMA que se empleo para obtener un máximo en el numeral 6 de este ejercicio; conecte el cable del oscilador de Gunn a la alimentación y desplace el carro de la sonda hasta encontrar el voltaje más cercano al iris inductivo.
4. Complete la siguiente tabla:
 - En el medidor de ROE, ajuste la perilla de control de GANANCIA para obtener una lectura de 0dB, seleccionando una GAMA conveniente y utilizando la perilla de ajuste de GANANCIA. Si en GAMA -40dB no logra ajustar 0dB, aumente la profundidad de la sonda.
 - Desplace lentamente la sonda hasta encontrar el máximo ubicado entre los mínimos CERO1 y CERO2 tomados en el numeral 1 de esta práctica, tome el valor de ROE y la posición de este máximo.
 - Calcule el modulo ρ del coeficiente de reflexión
 - Hallar "d", la distancia que se desplazo la onda estacionaria, dada por la distancia entre el mínimo y CERO2.
 - Calcular Φ , el ángulo de fase, dado por la formula.
 - Escribir la expresión que denota el coeficiente de reflexión.
 - Con ayuda del diagrama de Smith, identificar el punto que corresponde al coeficiente de reflexión y escribir a que valor corresponde la impedancia total normalizada.

⁸¹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 12-9

- Partiendo la impedancia total normalizada, determinar la admitancia total normalizada.
- Determinar la admitancia normalizada del iris inductivo, y dibújelo sobre el diagrama de Smith.

Reste, la admitancia normalizada de la carga adaptada ($Y_L = 1,0 + j0$) de la admitancia total normalizada

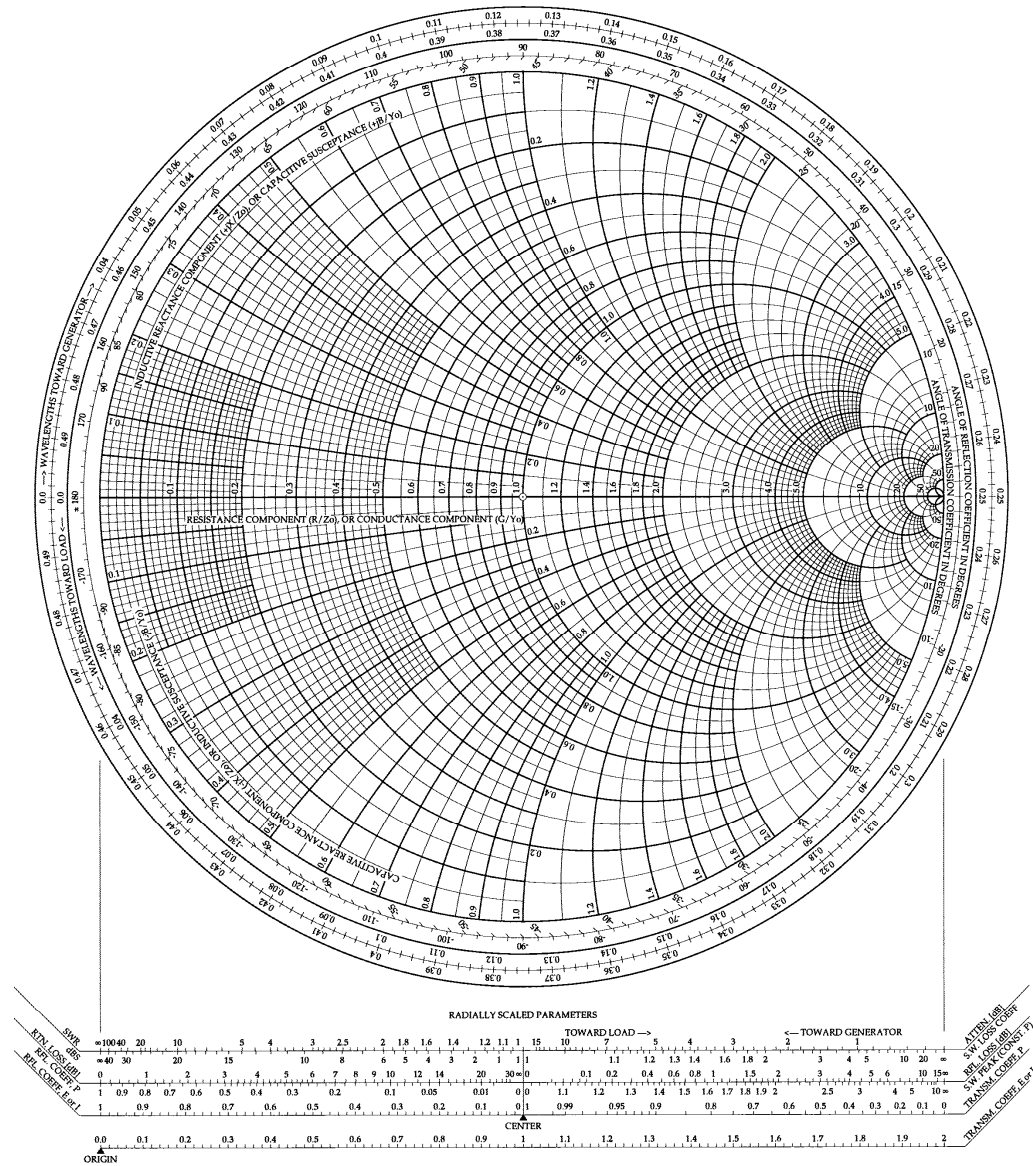
ATENUACION (dB)		
POSICION ATENUADOR (mm)		
ROE		
P. MINIMA (mm)		
d(mm)		
$\Phi(^{\circ})$		
ZL norm		
ρ		
Γ		
YInorm		
Yinorm		
-jBinorm		
iXinorm		

TABLA 5C.1 ADMITANCIAS Y SUCEPTANCIAS NORMALIZADAS DEL IRIS IDUCTIVO

- Determine la reactancia normalizada del iris en el diagrama de Smith.
- Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.

The Complete Smith Chart

Black Magic Design



⁸²FIGURA 5C.2 DIAGRAMA DE SMITH PARA DETERMINAR LA IMPEDANCIA TOTAL NORMALIZADA EN EL PLANO DEL IRIS INDUCTIVO

⁸² ⁸² http://wpcontent.answers.com/wikipedia/commons/c/c3/Smith_chart_bmd.gif

RETROALIMENTACION

1. ¿Que se entiende por relación de onda estacionaria? _____

_____.
2. Describa el procedimiento para medir ROE en dB. _____

_____.
3. ¿Cuales son las precauciones que se deben tener al trabajar con una línea ranurada? _____

_____.
4. ¿Por qué se requiere utilizar el modo 1Khz, en la alimentación de oscilador de Gunn, al medir ROE? _____

_____.
5. ¿Cual es la relación existente entre relación de onda estacionaria y coeficiente de reflexión? _____

_____.
6. Como se lleva a cabo una medición de ROE, cuando
 - ROE esta entre 1 y 4: _____

_____.
 - ROE esta entre 3,2 y 10: _____

_____.

- ROE esta entre 10 y 40: _____

_____.

7. ¿Porque razón se deben medir lo máximos y mínimos mas próximos a la carga? _____

_____.

8. ¿Cuales son las partes que componen una impedancia compleja? _____

_____.

9. ¿Por qué razón es útil un diagrama de Smith? _____

_____.

10. Explique como trazar el lugar de todas las impedancias que producen la misma ROE en un diagrama de Smith _____

_____.

11. ¿Como se determina una impedancia compleja sobre el diagrama de Smith? _____

_____.

12. ¿Qué obstáculos al ser insertados en un sistema de guía de onda, logra introducir una suceptancia? _____

_____.

13. ¿Como se lleva a cabo la conversión de una admitancia en reactancia y viceversa? _____

_____.

14. ¿Que es la adaptación de impedancia? _____

_____.

PRACTICA 6

ANTENAS Y PROPAGACION, Y OPTICA DE MICROONDAS

INTRODUCCION

El desarrollo de esta práctica se recomienda llevarla a cabo en un sitio libre de obstáculos, preferiblemente en un área abierta ya que las señales reflejadas incidirán en los resultados de este ejercicio, procure alejar lo máximo cuanto sea posible, la fuente de alimentación de Gunn y el medidor de ROE, de igual manera evite mirar hacia el interior de las guías de onda y de las antenas mientras el oscilador de Gunn se encuentre energizado.

Las antenas se emplean para liberar ondas electromagnéticas guiadas en el espacio libre y axial mismo recuperarlas. Existen algunos factores importantes al realizar transmisión de señales por el espacio libre, como son la pérdida por propagación, la ganancia de dicho sistema. En este ejercicio se estudiará un sistema de transmisión con antenas de bocina y la relación de potencia de señal recibida a diferentes distancias y se analizará la intensidad de la señal recibida, potencias relativas, ganancia y construirá el diagrama de radiación para las antenas empleadas.

La óptica en microondas, precisa fenómenos relacionados con onda de luz, en esta practica se plantean diferentes situaciones donde se analizará la propagación de ondas, ángulo de reflexión, la incidencia para materiales con distintas características.

OBJETIVOS

- Familiarizarse con términos como antena, ganancia de una antena perdida, índice de refracción, reflexión, etc.
- Trazar el diagrama de radiación para una antena.
- Identificar las características de una placa metálica y de un dieléctrico

PREINFORME

Realizar un documento que contenga un resumen con los temas propuestos a continuación

- Antena de bocina
- Espacio libre
- Perdida de propagación, la relación existente entre potencia y distancia para la transmisión de señales en el espacio libre.
- Patrones de radiación
- Ganancia de una antena.

- Técnicas de medición de ganancia de una antena
- Modo de empleo del un Indicador de Acimut de antena
- Óptica y uso de esta en modelos de propagación de ondas electromagnéticas.
- Índice de Refracción
- Coeficiente de reflexión
- Cociente de transmisión
- Ley de snell's y el concepto de ángulo critico
- Lentes reactivos

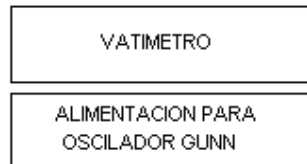
ELEMENTOS A EMPLEAR

- Alimentación para oscilador de Gunn (AOG)
- Medidor de ROE
- 2 Antenas de Bocina
- 2 Cargas Adaptadas
- 1 Detector de cristal
- Indicador de Acimut de Antena
- Atenuador fijo de 6dB
- Oscilador de Gunn
- 2 Soportes
- 8 Tornillos de Cierre rápido
- 1 Cables Coaxial BNC/BNC

PROCEDIMIENTO

Parte A

1. Coloque los módulos como se muestra en la figura 6A.1, a continuación y verifique que los interruptores de estos, se encuentre apagados.

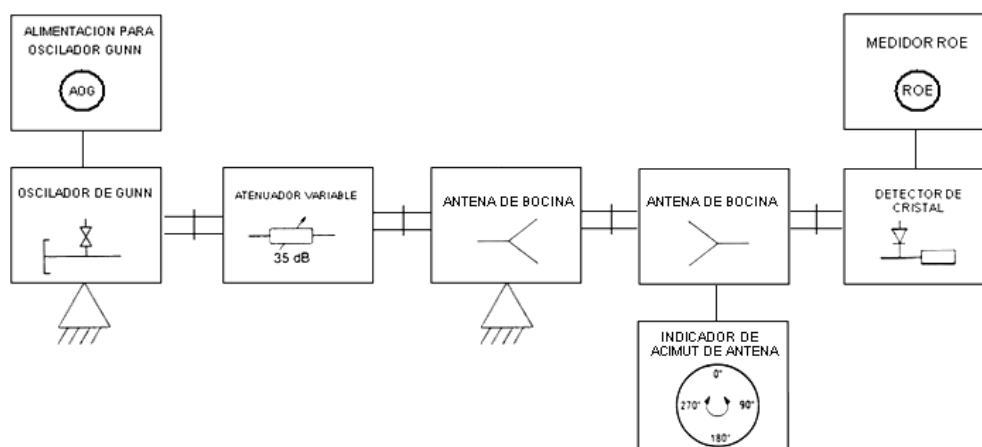


⁸³FIGURA 6A.1 MONTAJE DE LOS MODULOS

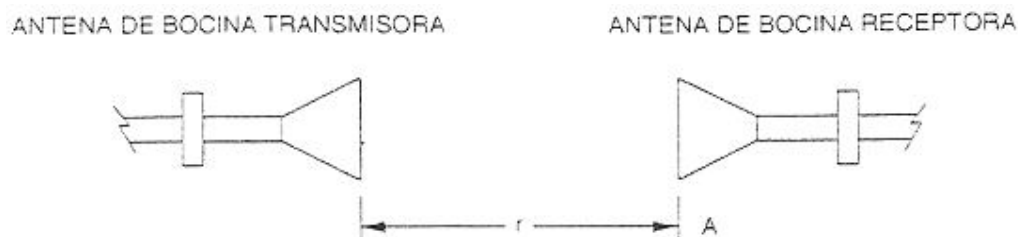
2. Realizar el montaje correspondiente a la figura 7A.2, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre sí. Utilice lo soportes de barra larga y el indicador de acimut de antena. Adicionalmente idéese un mecanismo para lograr manejar la distancia entre las Antenas de bocinas entre 60 y 120cms.

⁸³ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 14-6

3. Realice los siguientes ajustes:
 - Modulo de Alimentación para oscilador de Gunn
 - VOLTAJE.....MÌN
 - MODO.....1 KHz.
 - ESCALA DEL MEDIDOR.....10 V
 - Medidor de ROE
 - GAMA.....-30dB
 - Control de ganancia.....Posición máxima
 - ANCHO DE BANDA.....20 Hz
 - ESCALA.....NORMAL
 - Atenuador Variable
 - Posición.....11mm



⁸⁴FIGURA 6A.2 INSTALACION PARA MEDIR PERDIDAS DE PROPAGACION



⁸⁵FIGURA 6A.3 POSICION DE LAS ANTENAS A UNA DISTANCIA r

4. Encienda el módulo Alimentación para oscilador de Gunn y el Medidor de ROE. Espere de 1 a 2 minutos para permitir que la fuente de alimentación se caliente.
5. Realice los siguientes ajustes:
 - Alimentación para Oscilador Gunn 8.5 V
 - Atenuador Variable para obtener una lectura de -35dB.

⁸⁴ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 14-8

⁸⁵ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 14-8

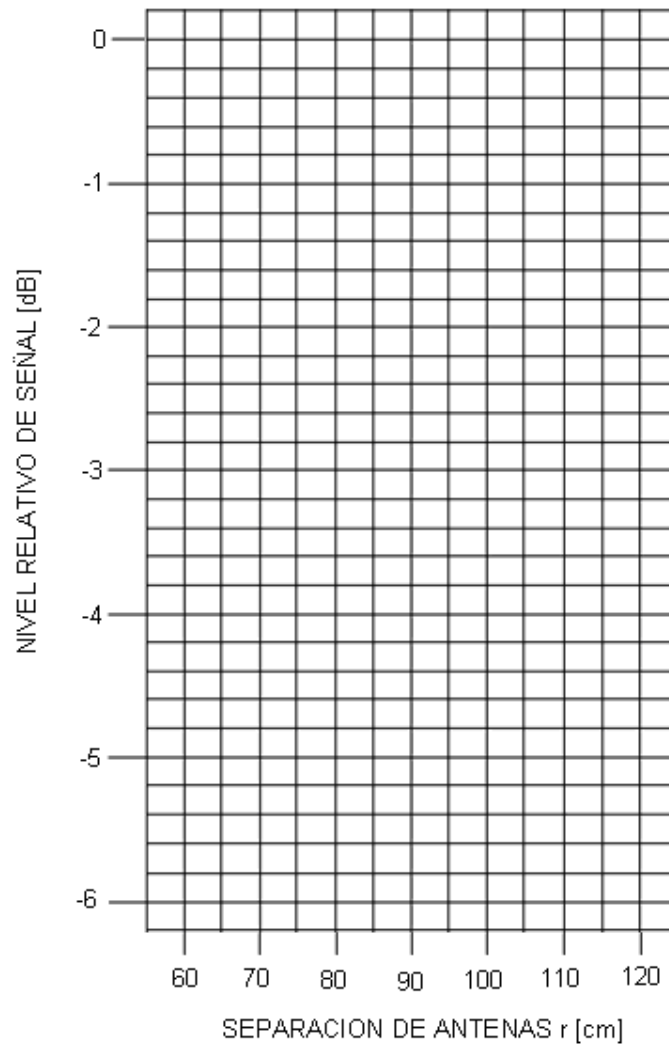
- Ajustar Lectura máxima en el medidor de ROE manipulando la perilla de control de la frecuencia central.

6. Complete la siguiente tabla:

DISTANCIA (r) cm	SR (r) dB	SR (r)-SR (60) dB
60	-30	0
70		
80		
90		
100		
110		
120		

TABLA 6A.1 DETERMINACION DEL NIVEL RELATIVO DE LA SEÑAL A SR(60) PARA DIFERENTES SEPARACIONES DE ANTENAS

- Para una distancia de 60cm, ajuste con el atenuador variable -30dB en el medidor de ROE, este valor va a ser el valor de referencia
Nivel de Referencia = _____
- Ajuste las antenas a las distancias “r” dadas por la tabla, buscando siempre que la transmisora y la receptora se encuentren alineadas.
- La columna NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA “SR(r), va a ser la lectura obtenida por el medidor de ROE.
- La columna NIVEL RELATIVO DE SEÑAL RECIBIDA, corresponde a la diferencia entre el nivel de señal recibida y el nivel de referencia (cuando r=60cm).



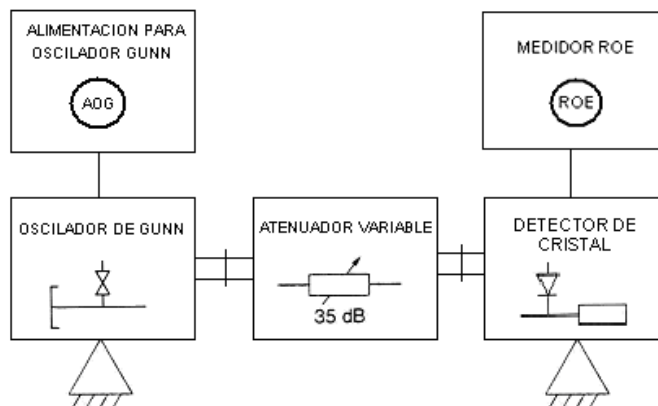
⁸⁶FIGURA 6A.4 CURVA DE NIVEL RELATIVO DE SEÑAL RECIBIDA EN FUNCION DE LA SEPARACION DE LAS ANTENAS

7. En la figura 6A.4, trace la curva nivel relativo de señal recibida en función de la distancia. Explique la relación existente entre la potencia y la distancia. _____

 _____.

⁸⁶ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 14-11

8. Desconecte el cable que alimenta el Oscilador de Gunn. Realice la instalación de la Figura 6A.5. Realice los siguientes ajustes:
- Atenuador variable 11mm
 - Conecte la alimentación para oscilador de Gunn
 - Establezca la Potencia transmitida (P_T) referencia, logre en el medidor de ROE una lectura de -30dB manipulando el atenuador variable.



⁸⁷ FIGURA 6A.5 INSTALACION PARA OBTENER UN NIVEL DE REFERENCIA A FIN DE DETERMINAR LA GANANCIA DE LA ANTENA BOCINA

9. Desconecte la alimentación para oscilador de Gunn. Realice la instalación de la Figura 6A.2, para medir la ganancia de una antena. Realice los siguientes ajustes:
- Mantenga los cambios realizados en el atenuador variable, en la etapa anterior.
 - Coloque las antenas a una distancia de 60cm.
 - En el Indicador de acimut de antena ajuste 0°

10. Complete la siguiente tabla

- La potencia Referencia es la ajustada en la etapa 8.
- Conecte la alimentación para oscilador de Gunn, tome la lectura del medidor de ROE, en la columna nivel de señal recibida (P_R)
- La columna Relación de potencias en dB, es la diferencia de la potencia referencia con respecto de la transmitida.
- Calcule el valor de la relación de potencias

$$\frac{P_R}{P_T} = 10^{(RELACION_DE_POTENCIAS(dB)/10)}$$

- Ganancia del sistema adimensional.

$$G = \frac{4\pi}{\lambda} \sqrt{\frac{P_R}{P_T}}$$

- Ganancia en dB

$$G(dB) = 10 \log G$$

⁸⁷ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 14-12

PR (dB)	PT (dB)	Relacion de potencias	PR/PT	G	G(dB)

TABLA 6A.2 GANANCIA DEL SISTEMA

11. Realice los siguientes ajustes:

- Alinee las antenas bocina.
- En el indicador de acimut de antena ajuste 0° .
- Coloque GAMA -30dB, en el medidor de ROE.
- Manipule el Atenuador variable para ajustar una lectura de -30dB en el medidor de ROE, este será el nivel de referencia $S_R(0^\circ)$.

12. Complete la siguiente tabla

Posicion de acimut de antena ($^\circ$)	SR(θ) (dB)	SR(θ)-SR(0°) (dB)	Posicion de acimut de antena ($^\circ$)	SR(θ) (dB)	SR(θ)-SR(0°) (dB)
0	-30	0	180	-30	0
10			190		
20			200		
30			210		
40			220		
50			230		
60			240		
70			250		
80			260		
90			270		
100			280		
110			290		
120			300		
130			310		
140			320		
150			330		
160			340		
170			350		

TABLA 6A.3 DETERMINACION DE LA RELACION DE POTENCIA CON RESPECTO AL NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA.

- Los valores de la primera columna son lo que se van a ajustar en el indicador de acimut de antena.
- EL nivel de señal recibida $S_R(\theta^\circ)$, es la lectura en el oscilador de Medidor de ROE.
- La relación de potencias en dB, es la diferencia entre la potencia referencia y la señal recibida.

13. En la figuras 6A.6 y 6A.7, trace los diagrama de radiación, con los valores recolectados en las tablas.

14. Desconecte la alimentación para oscilador de Gunn, reemplace la antena de bocina receptora por la lente triangular alargada y acóplela con el detector de cristal, ajuste el indicador de posición de la antena a 0° , cuando la punta de la lente apunte hacia la antena transmisora.

15. Conecte la alimentación al oscilador de Gunn, con este nuevo montaje repita las etapas 11, 12 y 13, completando la siguiente tabla.

Posicion de acimut de antena (°)	SR(θ) (dB)	SR(θ)-SR(0°) (dB)	Posicion de acimut de antena (°)	SR(θ) (dB)	SR(θ)-SR(0°) (dB)
0	-30	0	180	-30	0
10			190		
20			200		
30			210		
40			220		
50			230		
60			240		
70			250		
80			260		
90			270		
100			280		
110			290		
120			300		
130			310		
140			320		
150			330		
160			340		
170			350		

TABLA 6A.4 DETERMINACION DE LA RELACION DE POTENCIAS CON RESPECTO AL NIVEL DE LA SEÑAL RECIBIDA A 0° POR LA ANTENA LENTE TRIANGULAR.

15. ¿Cual de las dos antenas receptoras, es más direccional?_____

_____.

16.Lleve las perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado.

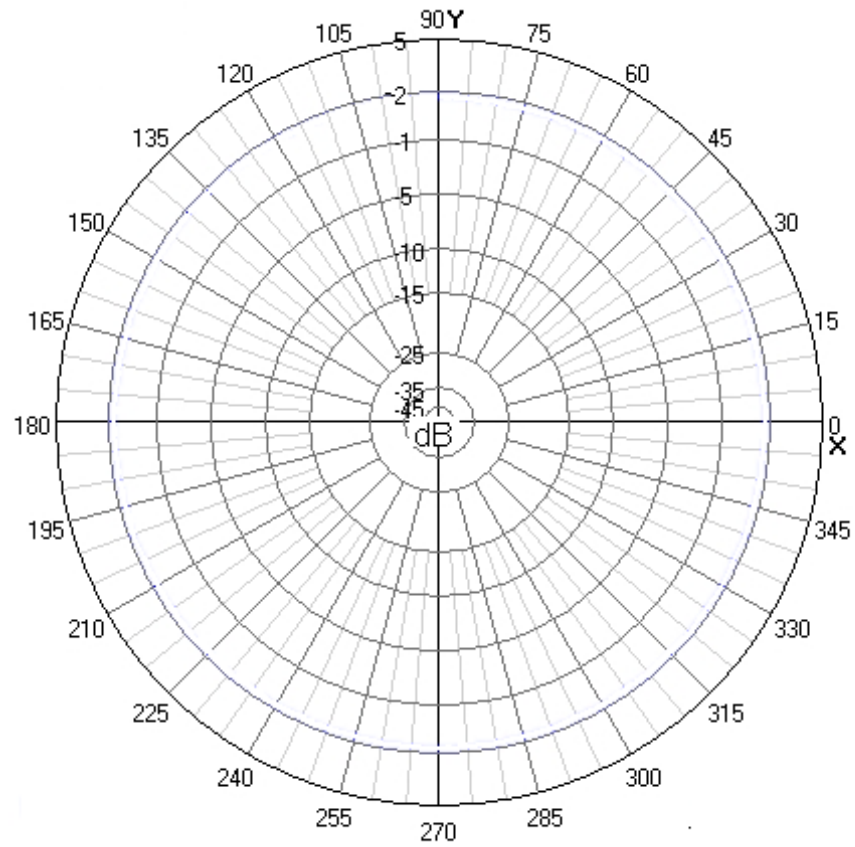


FIGURA 6A.6 DIAGRA DE RADIACION, PARA UNA ANTENA BOCINA COMO RECEPTORA

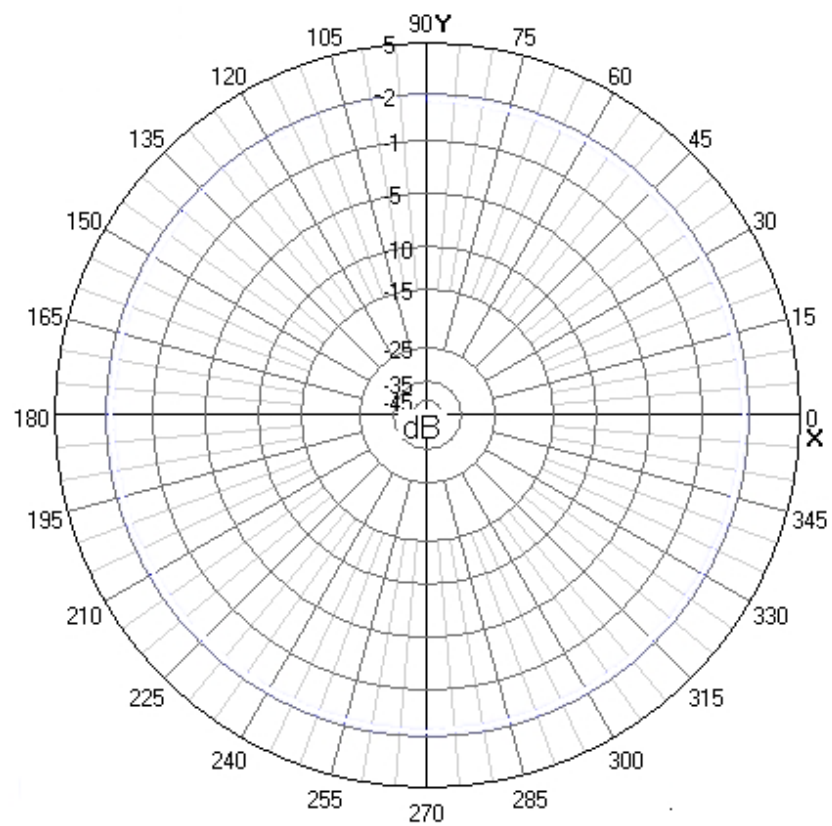
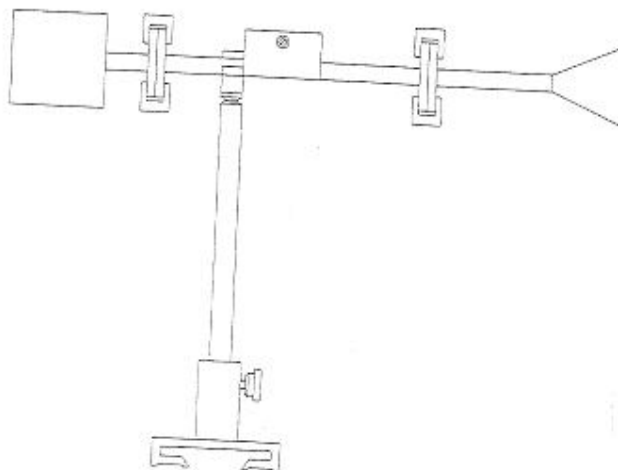


FIGURA 6A.7 DIAGRA DE RADIACION, PARA UN CRISTAL COMO RECEPTOR

Parte B.

1. Realizar el montaje correspondiente a la figura 7A.2, reconociendo los símbolos representativos de cada componente y utilizando los dispositivos de cierre rápido para unirlos entre sí, tenga en cuenta la figura 7B.1 para fijar la sección de antena transmisora.

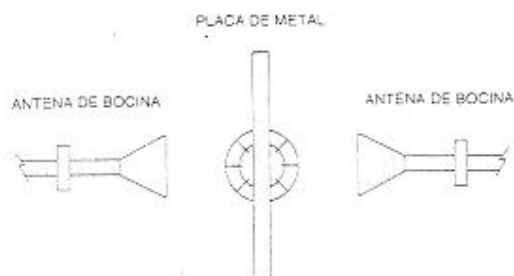


⁸⁸ FIGURA 6B.1 FIJACION DE LA ANTENA TRANSMISORA

2. Realice los siguientes ajustes:
 - Coloque la varilla de soporte de las placas, en el indicador de acimut de antena.
 - Ubique las antenas transmisoras y receptora, frente a la placa.
 - Alinee la abertura de las antenas de bocina con el disco de alineamiento de la placa.
 - Ajuste una distancia de 40cm, entre las dos antenas.
 - Marque la posición de la antena receptora como la *Primera posición*, de tal manera que para etapas posteriores, sea fácil ubicar esta posición.
 - Repita las etapas 3 y 4 de la parte A de este ejercicio.
 - Ajuste 8,5 Voltios en el modulo de alimentación de oscilador de Gunn.
3. Ajuste un nivel de referencia, siga los siguientes pasos:
 - Manipule el atenuador variable para lograr una lectura de -35dB
 - Ajuste la perilla de control de frecuencia central para tener una lectura máxima de potencia.
 - Encontrar una lectura de -30dB en el medidor de ROE.

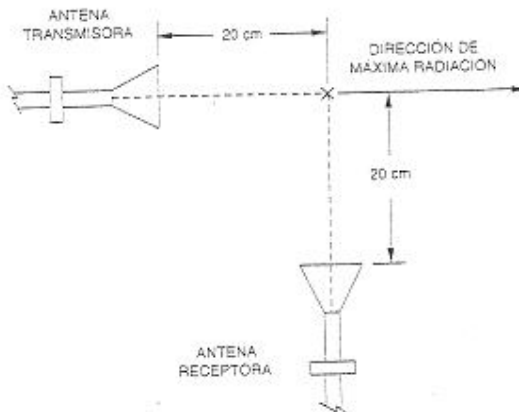
⁸⁸ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 15-6

4. Complete la tabla 7B.1, de acuerdo a las siguientes instrucciones:
- El montaje de la figura 7A.2, ubique la placa metálica exactamente en la mitad de las dos antenas de bocina, y fíjela con ayuda del indicador de acimut de antena, como lo muestra la figura 7B.2. esta posición corresponde a la *Primera posición*



⁸⁹FIGURA 6B.2 VISTA SUPERIOR DE LA INSTALACION

- La figura 7B.3 corresponde a la posición de las antenas a 90°, ajuste el indicador de acimut de antena indicando 0°, cuando la placa esté perpendicular a la dirección de propagación.



⁹⁰FIGURA 6B.3 INSTALACION DELAS ANTENAS A 90° PARA MEDIR EL ANUGLO DE REFLEXION

⁸⁹ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 15-8

⁹⁰ Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS guía del estudiante; LAB-VOLT segunda edición, Pagina 15-10

- Orientación de la placa corresponde a la posición dada por el indicador de acimut de antena, justo en el punto donde se consigue la máxima potencia en la antena receptora.
- Nivel de señal transmitida, es la lectura después de ubicar la placa metálica entre las antenas.
- La Relación de potencias, es la potencia transmitida con respecto a la incidente.

$$10 \log \frac{PT}{PI} = \text{_____} dB - 30dB = \text{_____} dB$$

Material	Antenas Primera posicion		Antenas a 90°	
	Metálica	Dielectrico	Metálica	Dielectrico
orientacion de la placa (°)	Perpendicular	Perpendicular		
Nivel de Referencia (dB)	-30	-30	-30	-30
Nivel de señal recibida(dB)				
Relacion de Potencia (dB)				

TABLA 6B.1 COMPORTAMIENTO DE UNA SEÑAL TRANSMITIDA EN DIFERENTES CONDICIONES

5. Basándose en la información recolectada en la tabla 6B.1, explique la relación existente entre una placa metálica y una dieléctrica.

6. Basándose en la información recolectada en la tabla 6B.2, analice el ángulo para el cual la potencia recibida es máxima estando las antenas ubicadas a 90° _____

7. Complete la tabla 6B.2, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Calcule la relación de la potencia transmitida y recibida a través de la placa metálica, con respecto a la potencia transmitida y recibida a través de la placa dieléctrica,

Para cuando recibe en posición de las antenas a 90°.
 Para cuando transmite las antenas en la primera posición.

$$10 \log \frac{P(\text{metal})}{P(\text{dielectrico})}$$

ECUACION 6B.1

CARACTERISTICA	POTENCIA REFLEJADA	POTENCIA TRANSMITIDA
RELACION DE POTENCIAS(dB)		

TABLA 6B.2 RELACION POTENCIAS REFLEJADAS Y TRANSMIDAS

8. Analice los resultados de la anterior tabla. _____

 _____.

9. Lleve la perilla del control del VOLTAJE a su posición mín. Coloque todos los interruptores de alimentación en apagado, desarme el montaje y coloque todos los implementos en su sitio.

RETROALIMENTACION

1. ¿Qué es pérdida por propagación en el aire libre? _____

 _____.

2. ¿Por qué razón empleo una antena bocina y no cualquier otra clase de antena? _____

 _____.

3. ¿Qué significado tiene realizar un diagrama de radiación? _____

 _____.

4. ¿Cómo se mide la ganancia de una antena, haciendo uso de una antena referencia? _____

_____.
5. ¿Cuál es la diferencia del diagrama de radiación de un isotropito al empleado en la experiencia? _____

_____.
6. ¿Qué es la refracción? _____

_____.
7. ¿Qué es el índice de refracción? _____

_____.
8. ¿Cuáles son las características de la óptica, que se aplican a los sistemas microondas? _____

_____.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se logro un manual de practicas de laboratorio, para el modulo Lab-Volt 8090, compuesto de marco teórico sustancial y útil, el reconocimiento de cada una de las piezas que conforma el modulo y el planteamiento de seis practicas de laboratorio con experimentos sencillos y didácticos que dejan al estudiante conceptos claros y funcionales en los sistemas de ondas guiadas.
- Se familiarizo con el modulo de aprendizaje, haciendo un inventario de las piezas por las cuales esta conformado, de igual manera su arquitectura su modo de empleo y precauciones necesarias al manipular el modulo Lab-Volt 8090.
- Tras pruebas realizadas con estudiantes, se logro depurar información y de esta manera plantear seis practicas de laboratorio funcionales, sustanciales, de fácil manejo para el afianzamiento de los conocimientos adquiridos en las materias de comunicaciones y antenas.
- Se construyo un marco teórico y un modo de funcionamiento, enfocado al funcionamiento del modulo Lab-Volt 8090, para conseguir unos conocimientos básicos previos al desarrollo de cada una de las practicas planteadas.
- Se recolectaron los datos arrojados por cada una de las practicas planteadas, como guía para la persona quien dirija las practicas de laboratorio, los datos recolectados pueden tener pequeñas variaciones, aun así, con esta información se pretende corroborar el correcto desarrollo de las practicas.

BIBLIOGRAFIA

[1] José Miguel Miranda, Juan Luis Sebastian Manuel Sierra, José Margineda; INGENIERIA DE MICROONDAS (técnicas experimentales) Editorial Prentice Hall.

[2] Telecomunicaciones, FUNDAMENTO DE MICROONDAS; LAB-VOLT segunda edición

[3] John D. Krauss; ANTENNAS; Mac Graw Hill;segunda edicion.

[4] The ARRL, HANDBOOK 2001 FOR RADIO AMATEUR; Edición 78.

[5] Constantine Balanis; ANTENNA THEORY; Wiley; tercera edición.

[6] Richard C. Johnson, ANTENNA ENGINEERING HAND BOOK; Mac Graw Hill; tercera edicion.

[7] Roger Freeman; RADIO SYSTEM DESING FOR TELECOMMUNICATIONS; IEEE; 3ra edicion.

[8] Aldo N. Bianchi; SISTEMAS DE ONDAS GUIADAS; Boixareu

[9] WAYNE, Tomasi. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas. Prentice Hall. México 2003.

[10] MEDINA francisco, BOIX Rafael f, Practica 12 Mediciones básicas en una guia de onda rectangular,
http://personal.us.es/boix/uploads/pdf/tecnicas_electrodinamica/Guiaondas_0304_prot.pdf

- [11] LD Didactic GmbH. Leyboldstrasse 1, ALIMENTACION PARA OSCILADOR DE GUNN CON AMPLIFICACION, (737020), <http://www.leybold-didactic.de/ga/7/737/737020/737020s.pdf>
- [12] LEYBOLD DIDACTIC GMBH, Instrucciones de Servicio Línea de Medición Ranurada 737 111, <http://www.leybold-Didactic.de/ga/7/737/737111/737111S.PDF>
- [13] PRODEL, ENTRENADOR DE MICROONDAS.(Bancos de Guía Onda de Banda X), <http://fichas.prodel.es/avionica/Entrenador%20Microondas+PC.pdf>
- [14] Propagación de ondas electromagnéticas, Capítulo 1, http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf
- [15] UNIVERSIDAD DE CARABOBO, FACULTAD DE INGENIERÍA, LABORATORIO DE COMUNICACIONES ELÉCTRICA, Sistemas de ondas guiadas (S.O.G.), www.ing.uc.edu.ve/labcom/docs/sog_3.pdf
- [16] LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO, DEPARTAMENTO DE FÍSICA, UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, Propagación de ondas Em en Guías, <http://bacterio.uc3m.es/docencia/laboratorio/guiones/electricidad/propagacionde ondas.pdf>
- [17] ORTEGA Patricio, ENRIQUEZ P. Oscar, MORAJES A. Juan, estudio de antenas inteligentes y principales aplicaciones en los sistemas de telefonía móvil, <http://ciecfie.epn.edu.ec/JIEE/historial/XIXJIEE/34Antenas%20Corr.pdf>
- [18] LEDESMA A. Oscar, PATIÑO V. Alberto, PEÑA P. Heriberto, Sistema automático para la obtención de patrones de radiación de Antenas bocina, http://calima.univalle.edu.co/revista/vol38_4/articulos/38041439.pdf
- [19] FONT Josep L, Optica Geométrica, <http://aransa.upc.es/ffettsi/Apuntes/Optica.pdf>

ANEXO

SOLUCIONARIO

PRACTICA 1.

- 6A. El comportamiento de la potencia al manipular el soporte de termistor varia, usando una GAMA de 10mW, entre 0 y 1.5mW
- 7A. Potencia = 4.3 mW
- 8A. No aparece señal puesto que el atenuador variable al encontrarse en la posición 11.30mm, no permite el paso de la señal

4B.

Vp-p	Potencia (mW)
1.8	4.05

5B.

Vp-p	Potencia (mW)
1.0	1.25

9B.

Potencia (mW)	GAMA	Potencia (dB)
1.4	5	0.5

10B. Potencia = 1.46dB

PRACTICA 2.

4A.

VOLTAJE SUMINISTRADO (V)	CORRIENTE SUMINISTRADA (mA)	LECTURA DE VATIMETRO Pleida (mA)	POTENCIA ENTREGADA Po=Pleidax4(mW)	EFICIENCIA N%
0.0	0	0	0	0
0.5	30	0	0	0
1.0	75	0	0	0
1.5	100	0	0	0
2.0	125	0	0	0
2.5	140	0	0	0
3.0	165	0	0	0
3.5	170	0	0	0
4.0	160	0	0	0
4.5	150	0	0	0

5.0	140	0.15	0,6	0,083
5.5	130	0.25	1	0,13
6.0	130	0.65	2,6	0,33
6.5	128	0.55	2,2	0,31
7.0	125	0.68	2,72	0,31
7.5	125	0.8	3,2	0,34
8.0	125	1	4	0,40
8.5	125	1.08	4,32	0,40
9.0	125	1.15	4,6	0,40
9.5	125	1.5	6	0,50
10	125	1.85	7,4	0,59

1B. Potencia de radiofrecuencia máxima = 3 dBm

5B. 6B.

POSICION DEL ATENUADOR (mm)	POTENCIA VISUALIZADA (dB)	GAMA	POTENCIA (dBm)	POTENCIA RF MAXIMA (dBm)	PERDIDA POR INSERCIÓN (dB)
0	-2.5	5	2.5	3	0.5
0.5	-3.9	5	1.1	3	1.9
1	-6	5	-1	3	4
1.5	-9	5	-4	3	7
2	-9	0	-9	3	12
2.5	-9	-5	-14	3	17
3		-10		3	
3.5	-7 -6	-10	-23	3	26
4		-10		3	
4.5	-6 -8	-10	-24	3	27

1C. Potencia de Radiofrecuencia maxima = 3dB

3C.

ATENUACION	POSICION DEL ATENUADOR	POTENCIA ENTREGADA	VOLTAJE DEL DETECTOR	
(mm)	(dB)	(dB)	(VD)	20log VD (dB)
0	0	3	0.7	-3,45
5	1.20	-2	0.4	-7,95
10	1.80	-7	0.2	-13.97
15	2.30	-12	0.1	-20
20	2.80	-17	0.06	-24.43

25	3.30	-22	0,01	-40
----	------	-----	------	-----

5C.

ATENUACION	POSICION DEL ATENUADOR	POTENCIA ENTREGADA	VOLTAJE DEL DETECTOR	
(mm)	(dB)	(dB)	(VD)	20log VD (dB)
30	0	-27	0.03	-30,45
35	1.20	-32	0.001	-60
40	1.80	-37	0	-
45	2.30	-42	0	-

6C. Potencia = -10dB

10C.

Posición de atenuador variable (mm)	2.90
Atenuación para esta posición (dB)	23
Atenuación actual (dB)	53
sensibilidad tangencial (dB)	-48

PRACTICA 3

5A. Potencia de Referencia = -43dB.

Posición Atenuador variable= 1.82mm

Atenuación para la posición anterior = 8dB

8A. Atenuación en 0,0 mm= 0.5dB.

Diferencia = 7.5dB

La diferencia representa una perdida por inserción que debe ser lo mas cercana posible a los 6dB, pues fue el atenuador del cual se ignoraba su valor, la desviación se debe a la curva característica del atenuador variable

- 2B. Posición del atenuador variable = 0.70mm.
9B.

MINIMOS (mm)	MAXIMOS (mm)
	46.9
50.4	64.5
73.7	80.6
92.3	99.5
110.5	

- 10B. Longitud de onda $\lambda_g = 37.14\text{mm}$

Frecuencia = 10.39 Ghz

- 11B.

POSICION (mm)	E (dB)	E/E _{max} (dB)	E/E _{max} --
46.9	0	0	1
48.9	-10,2	-0,2	0,97
50.9	-11	-1	0.81
52.9	-12,5	-2,5	0,74
54.9	-20,6	-10,4	0,30
56.9	-14	-4	0,63
58.9	-11,1	-1,1	0,88
60.9	-10,2	-0,2	0,97
62.9	0	0	1

- 15B.

MINIMOS (mm)	MAXIMOS (mm)
52.3	60.6
69.5	78.8
88.2	97.4

16B.

POSICION (mm)	E (dB)	E/E _{max} (dB)	E/E _{max} --
39.9	0	0	1
48.9	-10,2	-0,2	0,97
50.9	-10,6	-0,6	0.93
52.9	-11,2	-1,2	0,87
54.9	-11,8	-1,8	0,81
56.9	-12,4	-2,4	0,75
58.9	-11,5	-1,5	0,84
60.9	-11,0	-1,0	0,89
62.9	-10,4	-0,4	0,95
64.9	-10,0	0	1

20B.

POSICION (mm)	E (dB)	E/E _{max} (dB)	E/E _{max} --
40	-10.4	0	1
50	-10.4	0	1
60	-10.4	0	1
70	-10.4	0	1
80	-10.4	0	1
90	-10.4	0	1
100	-10.4	0	1
110	-10.4	0	1

PRACTICA 4

5A. Posición del atenuador variable = 3.10 mm

7A.

Nivel de la Señal Acoplada dB	Factor de acoplamiento dB	Nivel de Referencia dB
-46.5	-16.5	-30

9A. Nivel de señal del puerto aislado = -64.5dB

10A. Directividad $D = -30\text{dB} - (-64.5)\text{dB} = 34.5\text{dB}$

5B.

ATENUACION dB	PERDIDA POR INSERCIÓN dB	POSICION DEL ATENUADOR mm	NIVEL RELATIVO DE SEÑAL mm	RL dB	COEFICIENTE DE REFLEXION
0	0,5	0	-31,2	0,8	0,91
2,5	3	0,8	-40,5	8,5	0,37
5	5,5	1,2	-45	10	0,31
7,5	8	1,5	-46	14	0,19
10	10,5	1,8	-49	17	0,14

La pérdida por retorno debe ser el doble del valor de la atenuación

9B. Nivel de referencia = -42dB

12B. Modulo del coeficiente de reflexión = 0.08

13B. Potencia absorbida (adaptado) = 99.36%

14B. Potencia absorbida (pérdida por retorno de 3dB) = 50%
Potencia absorbida = 0.10mW

15B. Nivel de Referencia (pérdida por retorno) = - 45 dB

17B. Potencia absorbida (Pérdida por retorno= 0.9mW

18B. se acerca bastante, debe ser lo mas próximo posible.

PRACTICA 5

8A.

	ESCALA	
	NORMAL	EXPANDIDA
ROE (Valor minimo encontrado en la linea ranurada)	1.01	1.06

11A.

ATENUACION (dB)	POSICION DEL ATENUADOR (mm)	VALORES MINIMOS ESCALA NORMAL			
		ROE	(dB)	ROE en dB	ROE formula
3.7	0.70	2.2	-7	-7	6,84
2.0	0.50	6	-15,5	-15,5	15,56

15 A.

GAMA	Nivel Mínimo (dB)	ROE (dB)	ROE(ecuación)	ρ
40	-41	118	41,43	0.95

3B.

CERO 1	CERO 2	λ_g
36.6	55.9	38.6

5B.

ATENUACION (dB)	5	1,5
POSICION ATENUADOR (mm)	1,20	2,35
ROE	1,6	5,8
P. MINIMA (mm)	49,9	51
d(mm)	6	4,9
$\Phi(^{\circ})$	68,08	88,60
ZL norm	1,2+j0,5	0,4+j1,0

4C

ROE	4,8
P. MINIMA (mm)	52,0
d(mm)	3,9
$\Phi(^{\circ})$	107,3
ZL norm	0,45+j0,7
P	0,65
Γ	0,65 angulo 107,3
Ylnorm	5,4+j1,25
Yinorm	0+j1,25
jBinorm	-j1,25
iXinorm	j0.76

PRACTICA 6

6A.

SEPARACION DE ANTENAS r cm	NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA SR® dB	NIVEL RELATIVO DE SEÑAL SR(r)-SR(60) Db
60	-30	0
70	-31,4	-1,4
80	-32,4	-2,4
90	-33,7	-3,7
100	-34	-4
120	-35	-5

Nivel de Señal recibida = -47dB

Relacion de potencias $\frac{PR}{PT}$ en dB = -47-(-30) = -17dB

$$\frac{PR}{PT} = 0,019$$

12A.

INDICACION DE ACIMUT DE ANTENA	SEÑAL RECIBIDA	RELACION DE POTENCIA	INDICACION DE ACIMUT DE ANTENA	SEÑAL RECIBIDA	RELACION DE POTENCIA
θ	dB	dB	θ	dB	dB
0	-30	0	180	-53	-23
10	-31	-1	190	-56	-26
20	-34,5	-4,5	200	-62,5	-32,5
30	-40,8	-10,8	210	-62	-32
40	-47	-17	220	-60	-30
50	-53,6	-23,6	230	-58	-28
60	-61	-31	240	-62	-32
60	-62,5	-32,5	250	-62	-32
70	-63	-33	260	-62,5	-32,5
80	-63	-33	270	-62,5	-32,5
90	-63	-33	280	-62,5	-32,5
110	-63	-33	290	-62	-32
120	-63	-33	300	-60	-30
130	-57	-27	310	-52	-22
140	-58	-28	320	-44	-14
150	-52,5	-22,5	330	-36	-6
160	-57	-27	340	-31,8	-1,8
170	-50	-20	350	-31	-1

15 A.

INDICACION DE ACIMUT DE ANTENA	SEÑAL RECIBIDA	RELACION DE POTENCIA	INDICACION DE ACIMUT DE ANTENA	SEÑAL RECIBIDA	RELACION DE POTENCIA
θ	dB	dB	θ	dB	Db
0	-40	0	180	-57	-17
10	-39,5	0	190	-62	-22
20	-41,9	-1,9	200	-62,5	-22,5
30	-60	-20	210	-55	-15
40	-52	-12	220	-60	-20
50	-49	-9	230	-63	-23
60	-53,5	-13,5	240	-63	-23
60	-60	-20	250	-60	-23
70	-62,5	-22,5	260	-57	-17
80	-56,5	-26,5	270	-62,5	-22,5
90	-57	-27	280	-61,5	-21,5
110	-63	-23	290	-52	-12
120	-63	-23	300	-50	-10
130	-57,5	-17,5	310	-53	-13
140	-59	-19	320	-47	-7
150	-61	-21	330	-43	-3
160	-62	-22	340	-40	0
170	-61	-21	350	-40	0

4B

Material	Antenas Primera posición		Antenas a 90°	
	Metálica	Dieléctrico	Metálica	Dieléctrico
orientación de la placa (°)	Perpendicular	Perpendicular	50	50
Nivel de Referencia (dB)	-30	-30	-30	-30
Nivel de señal recibida(dB)	-62,5	-32	-29	-31,6
Relación de Potencia (dB)	-32,5	-2	1	-1,6

5B La placa metálica actúa como un obstáculo, la energía que se alcanza a transmitir esta dada por las ondas que alcanzan a transmitirse por los extremos, por lo contrario la placa dieléctrica conduce la energía.

6B Analizando el ángulo, se comprueba la reflexión, si la placa esta a 90 grados, se supone que a 45 grados, la señal que incidente, logra transmitirse teniendo así su mayor lectura de potencia, pese algunas variantes, y fuentes de error para esta practica se obtuvieron 50 grados.