

ESTUDIO DEL EQUIPO RF NETWORK ANALYZER HEWLETT PACKARD

8714C Y DISEÑO DE PRACTICAS DE LABORATORIO



GIOVANNI BENAVIDES GUERRERO

ROBINSON YEPES BENAVIDES

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

POPAYÁN

2003

ESTUDIO DEL EQUIPO RF NETWORK ANALYZER HEWLETT PACKARD

8714C Y DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

GIOVANNI BENAVIDES GUERRERO

ROBINSON YEPES BENAVIDES

**Monografía presentada como requisito para obtener el título de Ingeniero en
Electrónica y Telecomunicaciones**

Director

Ing. FRANCISCO JAVIER TERÁN

UNIVERSIDAD DEL CAUCA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DEPARTAMENTO DE TELECOMUNICACIONES

POPAYÁN

2003

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan agradecimientos a:

Francisco Javier Teran, Ingeniero Electrónico y Director del Trabajo de Grado, por su ayuda en la concepción y orientación para el desarrollo del trabajo.

Jorge Hurtado Ulchur, Ingeniero Electrónico, por su colaboración en el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

Aldemar Holguín, Ingeniero Electrónico, por sus comentarios y sugerencias para terminar este trabajo.

Tirso Mazabuel, Funcionario, por su colaboración en la prestación de equipos de trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
GENERALIDADES DEL ANALIZADOR DE RED HP 8714C	3
1.1. FUNCIONAMIENTO INTERNO DEL ANALIZADOR DE RED HP 8714C.	3
1.2 MEDIDA DE COMPONENTES	4
1.2.1 Tipos de Dispositivos Medidos con el Analizador de Red.	5
1.2.2 Tipos de Medidas con el Analizador de Red.	6
1.3 DESCRIPCION DEL PANEL FRONTAL	6
1. Pantalla CRT.	7
2. [BEGÍN]	7
3. MEAS	8
4. SOURCE	8
5. CONFIGURE	8
6. SYSTEM	8
7. Teclado Numérico.	8
8. [HARDKEYS]	9
9. Softkeys	9
1.4 ENTRADA DE PARÁMETROS DE MEDIDA	9
1.4.1 Configuración del Analizador de Red.	10
1.4.2 Introducción del Rango de Frecuencia.	10
1.4.3 Introducción de Niveles de Potencia de la fuente.	11
1.4.4 Escala de la Medida Trazada.	11
1.4.5 Canal Activo y Tipo de Medida.	12
1.4.6 Visualización de Canales de Medida.	13
CAPITULO II	15
PRACTICAS DE LABORATORIO	15
PRACTICA No 1. MEDIDA DE PARÁMETROS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	18
PRACTICA No 2. MEDIDA DE LA RESPUESTA DE TRANSMISIÓN Y REFLEXIÓN DE UN FILTRO RF	42

PRACTICA No 3. MEDIDAS DE PÉRDIDAS DE CONVERSIÓN Y PÉRDIDAS DE RETORNO EN UN MEZCLADOR DE BANDA ANCHA.	67
PRACTICA No 4. MEDIDA DE PARÁMETROS DE UN AMPLIFICADOR DE RF.	89
PRACTICA No 5. LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES COAXIALES.	106
PRACTICA No 6. MEDIDA DE PÉRDIDAS DE RETORNO ESTRUCTURAL (SRL)	129
PRACTICA No 7. CARACTERIZANDO Y VERIFICANDO UN SISTEMA DE ANTENA	149
CAPITULO III	165
RECOMENDACIONES PARA EL ANALIZADOR DE RED HP 8714C.	165
3.1 RECOMENDACIONES PARA NUEVAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.	165
3.1.1 Medición de Cables de Par Trenzado.	165
3.1.2 Opción AM Delay.	169
3.1.3 Mediciones de Sistemas de 75 Ohm.	171
3.1.4 Medición de Diferentes Tipos de Filtros RF.	172
3.1.5 Medición a Diferentes Tipos de Antenas.	176
3.2 RECOMENDACIONES PARA LA ADQUISICIÓN DE NUEVOS MODULOS.	176
3.2.1 Otras Opciones.	176
3.2.2 Adaptador de Sistema de 50 Ohm a 75 Ohm.	177
3.2.3 Adquisición de Conectores o Adaptadores de Diferente Impedancia.	179
3.3 RECOMENDACIONES Y PRECAUCIONES PARA EL MANEJO DEL ANALIZADOR DE RED.	181
3.3.1 Precauciones	181
3.3.2 Requerimientos de Seguridad	184
BIBLIOGRAFÍA	187

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1. Respuesta del DUT a una señal RF.....	3
Figura 1-2. Diagrama en Bloques Simplificado.....	4
Figura 1-3. Tipos de Dispositivos Medidos con el Analizador de Red.	5
Figura 1-4. Parámetros de Reflexión y Transmisión.	6
Figura 1-5. Características del Panel Frontal del Analizador de Red.	7
Figura 1-6. Filtro Conectado al Analizador de Red.....	10
Figura 1-7. Posiciones de Referencia.....	12
Figura 1-8. Ambos Canales de Medida Activos.	13
Figura 1-9. División de pantalla.....	14
Figura 2-1. Analogía de la Energía Óptica y Energía RF.	19
Figura 2-2. Parámetros de Transmisión.	20
Figura 2-3. Parámetros de Reflexión.	22
Figura 2-4. Carta de Smith.....	24
Figura 2-5. Magnitud y fase del Coeficiente de Reflexión.....	25
Figura 2-6. Medida de Impedancia.....	25
Figura 2-7. Configuración para Medida de Impedancia Z_0 y SWR.....	27
Figura 2-8. Medida de SWR para 50Ω	29
Figura 2-9. Medida de SWR para 75Ω	30
Figura 2-10. Medida de SWR para 200Ω	31
Figura 2-11. Medida para Cable Coaxial con corto.	32
Figura 2-12. Medida para Cable Coaxial con el extremo Abierto.....	32
Figura 2-13. Medida de Magnitud de Impedancia para Cable Coaxial con carga de 50Ω	33
Figura 2-14. Impedancia compleja con respecto a la Frecuencia.	34
Figura 2-15. Pérdidas de Retorno para Cable Coaxial con carga de 50Ω	36
Figura 2-16. Pérdidas de Retorno para Cable Coaxial con carga de 75Ω	37
Figura 2-17. Pérdidas de Retorno para Cable Coaxial con carga de 200Ω	38
Figura 2-18. Medición de Pérdidas de Inserción de Cable Coaxial.....	38
Figura 2-19. Pérdidas de Inserción para Cable Coaxial.....	39
Figura 2-20. Respuesta de Frecuencia de un Filtro Pasa Banda.	43
Figura 2-21. Corrección de Error para un Filtro Pasa Banda.....	45
Figura 2-22. Respuesta del DUT a una Señal RF.	47
Figura 2-23. Filtro RF.....	47
Figura 2-24. Configuración para la Medida de un Filtro RF.	49
Figura 2-25. Medida de Pérdidas de Inserción de un Filtro RF.....	50
Figura 2-26. Medida de Parámetros de un Filtro RF.	51
Figura 2-27. Función Estadística de Filtro RF.....	53
Figura 2-28. Medida de Pérdidas de Retorno de un Filtro RF.....	54
Figura 2-29. Activando los dos Canales de Medida.	55
Figura 2-30. División de Pantalla para dos Canales de Medida.	56
Figura 2-31. Medida de la impedancia de Entrada de un Filtro RF.....	57
Figura 2-32. Magnitud de Impedancia de Entrada.....	59

Figura 2-33. Magnitud de Impedancia de Entrada.....	60
Figura 2-34. Medida del Coeficiente de Reflexión.....	61
Figura 2-35. Parte Real del Coeficiente de Reflexión.	62
Figura 2-36. Parte Imaginaria del Coeficiente de Reflexión.	62
Figura 2-37. Retraso de Grupo de un Filtro RF.	63
Figura 2-38. Punto de Retraso de Grupo Máximo para un Filtro RF.	64
Figura 2-39. Mezclador RF.....	68
Figura 2-40. Ejemplo de señales de salida del mezclador en el puerto IF.....	70
Figura 2-41. Pérdidas de Conversión.....	71
Figura 2-42. Dos tipos de medidas de Pérdidas de Conversión.....	71
Figura 2-43. Respuesta de Pérdidas de Conversión con y sin filtro.	72
Figura 2-44. Configuración del equipo para la calibración.	76
Figura 2-45. Configuración del equipo para la medida de Pérdidas de Conversión.....	77
Figura 2-46. Pérdidas de Conversión del Mezclador RF.....	78
Figura 2-47. Promedio de las Pérdidas de Conversión.	80
Figura 2-48. Configuración para Pérdidas de Retorno del puerto RF.	81
Figura 2-49. Pérdidas de Retorno del puerto RF	82
Figura 2-50. Configuración para Pérdidas de Retorno del puerto RF	83
Figura 2-51. Pérdidas de Retorno del puerto RF usando el filtro.	84
Figura 2-52. Configuración para Pérdidas de Retorno del puerto IF.....	86
Figura 2-53. Pérdidas de Retorno del puerto IF.....	87
Figura 2-54. Características típicas de un Amplificador: (a) Potencia de Salida vs Potencia de Entrada y (b) Ganancia vs Potencia de Entrada.	91
Figura 2-55. Medida de parámetros S.....	93
Figura 2-56. Amplificador Mini-Circuits MAR-8.	94
Figura 2-57. Configuración típica MAR 8.....	95
Figura 2-58. Amplificador Mar 8.....	96
Figura 2-59. Configuración para medida de parámetros de un amplificador.	97
Figura 2-60. Medida de Transmisión.....	98
Figura 2-61. Medida de reflexión.	99
Figura 2-62. Medida de SWR.	100
Figura 2-63. Medida de SWR con función de marcas estadísticas.	101
Figura 2-64. Medida de potencia	104
Figura 2-65. Respuesta de una falla a una señal RF	107
Figura 2-66. Calibración del Analizador.....	113
Figura 2-67. Configuración para la medición de Localización de Fallas.	113
Figura 2-68. Medición de localización de Fallas para cable coaxial (tramo 1).	114
Figura 2-69. Localización de Fallas para Cable coaxial (Tramo 1) terminado en carga de 75 Ω	116
Figura 2-70. Configuración para expresar los desacoples como Pérdidas de Retorno para los tramos 1 y 2.	117
Figura 2-71. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1 y 2 en circuito abierto.	118
Figura 2-72. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1 y 2 en circuito abierto, después de calibrar.....	120

Figura 2-73. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1 y 2 con carga de 75 Ω .	121
Figura 2-74. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1,2 y 3 en circuito abierto.	122
Figura 2-75. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para los tramos 1, 2 y 3 con carga de 75 Ω .	123
Figura 2-76. Desacoples como Magnitud del coeficiente de reflexión.	124
Figura 2-77. Desacoples como relación de onda estacionaria SWR.	125
Figura 2-78. Magnitud de impedancia.	126
Figura 2-79. Calibración para una medida SRL.	135
Figura 2-80. Calibración en el plano de referencia.	135
Figura 2-81. Conexión de la carga.	137
Figura 2-82. Directividad del Sistema.	138
Figura 2-83. Medida básica de SRL.	139
Figura 2-84. Falla de Conector.	141
Figura 2-85. Respuesta SRL con un conector y Aplicando Modelo de Conector.	142
Figura 2-86. Canal de Medida SRL.	143
Figura 2-87. Respuesta Típica de Prueba de Cable en medida SRL.	145
Figura 2-88. Sitio celular típico	150
Figura 2-89. Sistema Feedline de antena	151
Figura 2-90. Calibración del Analizador.	157
Figura 2-91. Configuración para la medición.	157
Figura 2-92. Medida de Localización de Fallas para el sistema de antena.	158
Figura 2-93. Pérdidas de Retorno.	159
Figura 2-94. Medición de SWR.	161
Figura 2-95. Medida de la impedancia de la antena.	162
Figura 2-96. Medida de la magnitud de impedancia de la antena.	163
Figura 3-1. Tipos de Medida Balanceada y Desbalanceada.	165
Figura 3-2. Configuración Balanceada para Cable par Trenzado.	166
Figura 3-3. Medida de Reflexión.	167
Figura 3-4. Medida de Transmisión.	168
Figura 3-5. Divisor de Potencia.	169
Figura 3-6. Medida de AM Delay.	171
Figura 3-7. Tipos de Filtros Pasa-alta, Pasa-bajo y Pasa-banda de.	173
Figura 3-8. Minimum Loss Pad.	178
Figura 3-9. Adaptador de 75 Ohm.	179
Figura 3-10. Adaptador de 50 Ohm.	181
Figura 3-11. Filtro RF y Kit de Accesorios.	182
Figura 3-12. Adaptadores de 50 y 75 Ohm.	182
Figura 3-13. Botón de Intensidad de la pantalla.	184
Figura 3-14. Dimensiones Máxima y Mínima del Conductor Central	185
Figura 3-15. Protección de Conexión a Tierra.	185

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-1. Condiciones por defecto del Analizador de Red.	10
Tabla 2-1. Parámetros de Operación y Opciones del Analizador de Red HP 8714C.	16
Tabla 2-2. Configuración de pines SBL-1	74
Tabla 2-3. Desempeño típico del SBL-1	74
Tabla 2-4. Conexión de pines MAR 8.	94
Tabla 2-5. Especificaciones MAR 8.	94
Tabla 2-6. Parámetros S del amplificador MAR 8.....	95
Tabla 2-7. Pérdidas y factor de velocidad de cables coaxiales	128
Tabla 2-8. Barridos de frecuencia para la prueba de cable	144

INTRODUCCIÓN

En los Sistemas de Telecomunicaciones cada día más difundidos y exigentes en características, uno de los aspectos más críticos es la calidad y confiabilidad de los servicios prestados por las empresas de Telecomunicaciones, y particularmente la forma como se llevan a cabo los procesos de supervisión y mantenimiento.

El avance tecnológico ha permitido el desarrollo de equipos digitales de una alta precisión que permiten realizar mediciones específicas sobre medios de transmisión. Para ello se requiere del uso de equipos versátiles y con capacidades hardware y software que permitan medir diferentes parámetros para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas.

Cuando se analizan los Sistemas de Telecomunicaciones es necesario disponer de herramientas que permitan medir diferentes parámetros eléctricos para el mantenimiento de la calidad y disponibilidad de un Sistema de Transmisión. El Analizador de Red Hewlett Packard 8714C con que cuenta el Departamento de Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca es una herramienta fácil de usar, que ofrece datos precisos de medidas de parámetros de reflexión y transmisión, entre otros.

Procesos de supervisión y mantenimiento son actividades que se pueden realizar de una manera precisa con el equipo Analizador de Redes Hewlett Packard 8714C en sistemas que utilizan diferentes dispositivos de radiofrecuencia.

El Analizador de Red es un equipo compacto que integra funciones proporcionadas antes por diferentes instrumentos de medición, dando la posibilidad de efectuar diversos tipos de análisis mediante la interpretación de gráficos y tablas, permitiendo imprimir y almacenar información obtenida en las diferentes mediciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha desarrollado este proyecto con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos y dejar una base teórico-práctica para reforzar los Laboratorios de Sistemas de Telecomunicaciones del actual pensum de la FIET.

En la presente monografía se hace un estudio detallado de las características del equipo Analizador de Redes Hewlett Packard 8714C y se diseñan y desarrollan Prácticas de Laboratorio tendientes a incentivar el uso del equipo por parte de la comunidad universitaria.

La siguiente monografía está estructurada en cinco capítulos:

En el primer capítulo se explica el funcionamiento interno del Analizador de Red, la familiarización con el panel frontal del equipo, el tipo de dispositivos y medidas que se pueden realizar con el Analizador y el proceso básico para la entrada de parámetros de medida al Analizador.

El segundo capítulo corresponde al capítulo central en el que se desarrollan las guías de Laboratorio realizadas a lo largo del proyecto.

En el tercer capítulo se realizan recomendaciones para nuevas prácticas de laboratorio, como también para la adquisición de nuevos módulos y se hacen las precauciones correspondientes para el correcto manejo del Analizador de Red HP 8714C.

En el Anexo A se presentan las principales especificaciones y características del equipo y se describe el rendimiento del instrumento sobre su rango de trabajo. De la misma manera se detallan los niveles permitidos en las diferentes configuraciones.

En el Anexo B se presenta los conceptos fundamentales de dispositivos y parámetros de radiofrecuencia y líneas de transmisión.

CAPITULO I

GENERALIDADES DEL ANALIZADOR DE RED HP 8714C

1.1. FUNCIONAMIENTO INTERNO DEL ANALIZADOR DE RED HP 8714C.

Esta sección proporciona una apreciación global básica de cómo el Analizador de Red mide dispositivos. El Analizador de Red tiene una fuente de señal RF que produce una señal incidente que es usada como un estímulo sobre el dispositivo bajo prueba (DUT Device Under Test). El dispositivo responde reflejando una porción de la señal incidente y transmitiendo la señal restante. La Figura 1-1 muestra cómo un dispositivo bajo prueba (DUT) responde a un estímulo de la fuente RF del Analizador de Red.

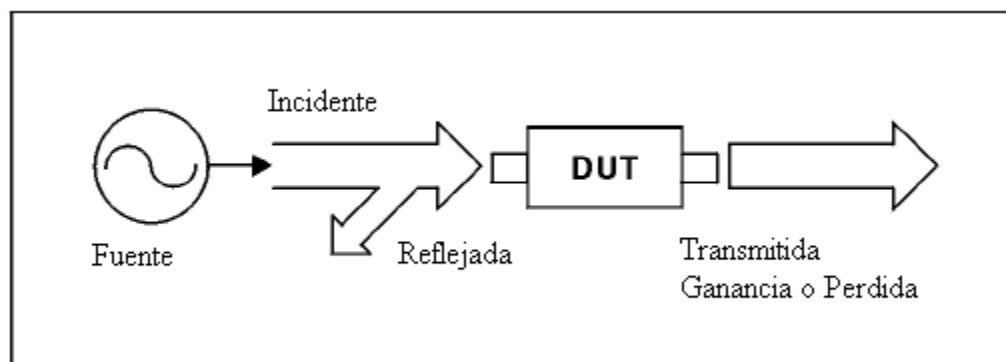


Figura 1-1. Respuesta del DUT a una señal RF.

La señal transmitida (se enruta a la entrada B) y la señal reflejada (entrada A) es medida por comparación con la señal incidente. El Analizador de Red acopla una pequeña porción de la señal incidente para usarla como señal de referencia (enrutada a la entrada R). El Analizador de Red realiza un barrido con su fuente de frecuencias, obteniendo una medida y desplegando la respuesta de su dispositivo bajo prueba (DUT). La Figura 1-2 muestra las entradas de las señales transmitida, reflejada y de referencia.

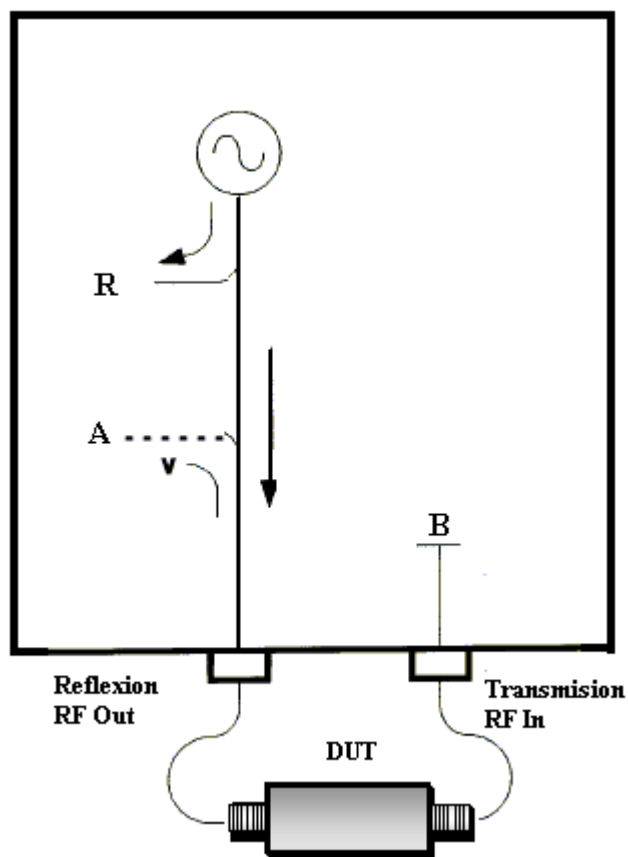


Figura 1-2. Diagrama en Bloques Simplificado

1.2 MEDIDA DE COMPONENTES

Los componentes son probados por varias razones. Por ejemplo, los ingenieros necesitan verificar sus diseños y las propiedades de desempeño de sus elementos. Sin pruebas, un fabricante no puede decir a un cliente potencial cual es el comportamiento de un componente particular en un ambiente específico.

Si un componente es usado en un sistema de comunicaciones la distorsión es la mayor preocupación. Se estará probablemente cómodo con el concepto de distorsión no lineal (armónicos). Cuando se discuta de transmisión se verá que los dispositivos operando linealmente pueden también introducir distorsión.

Al revisar muchas medidas, incluyendo las medidas a líneas de transmisión se debe realizar el mínimo de pérdidas, para ello se requiere una eficiente transferencia de la energía RF hacia el circuito, red, u otro sistema.

1.2.1 Tipos de Dispositivos Medidos con el Analizador de Red.

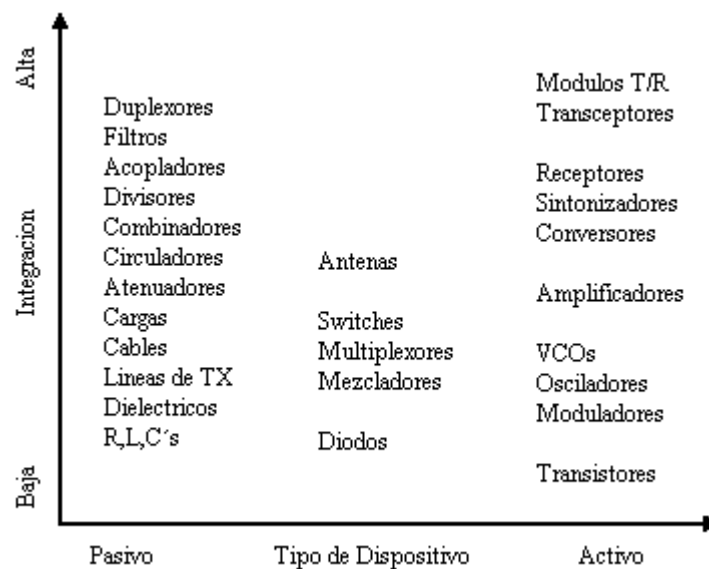


Figura 1-3. Tipos de Dispositivos Medidos con el Analizador de Red.

En la Figura 1-3 se muestran algunos ejemplos de tipos de dispositivos que se pueden probar con el Analizador de Red. Se incluyen ambos tipos de dispositivos pasivos y activos (algunos tienen atributos de ambos). Algunos de estos dispositivos necesitan ser caracterizados para ambos comportamientos, lineal y no lineal. No es posible caracterizar completamente todos estos dispositivos con solo un segmento de equipo de prueba.

Algunos instrumentos están optimizados para una medida solamente, mientras que otros como los Analizadores de Red son de propósito más general. El Analizador de Red HP

8714C puede medir ambos comportamientos lineales y no lineales de dispositivos, a través de técnicas de medida diferentes (frecuencia vs potencia, por ejemplo).

1.2.2 Tipos de Medidas con el Analizador de Red.

Las medidas que se pueden hacer con el Analizador de Red son: *Reflexión, Transmisión, Potencia y Pérdidas de Conversión*. Los principales términos utilizados en las medidas de Reflexión y Transmisión se indican en la siguiente figura.

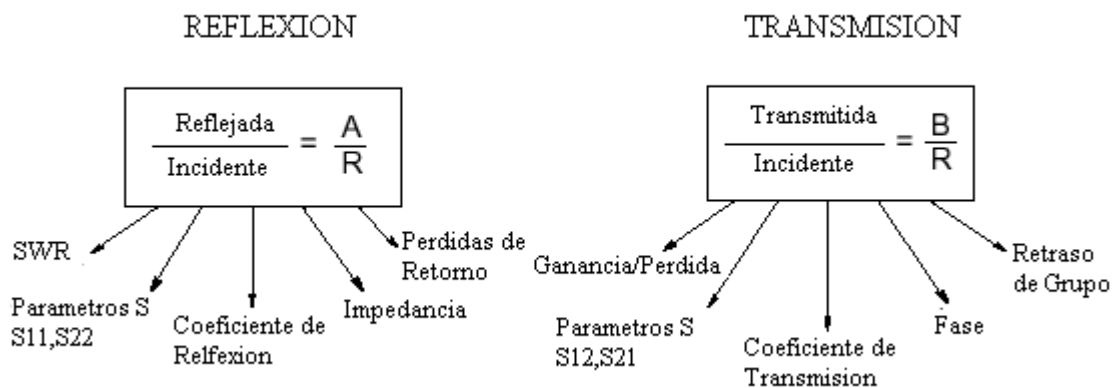


Figura 1-4. Parámetros de Reflexión y Transmisión.

1.3 DESCRIPCION DEL PANEL FRONTAL

El Analizador de Red Hewlett Packard 8714C es fácil de usar, integra un completo sistema de componentes RF de medida. Este instrumento incluye una fuente sintetizada, un receptor de un amplio rango dinámico y un conjunto de prueba incorporado. Los controles son agrupados por grupos funcionales y las opciones se despliegan en el CRT (Tubo de rayos catódicos) del instrumento. Esta sección describe la ubicación y descripción de la pantalla y los grupos funcionales del Analizador de Red. Ver Figura 1-5.

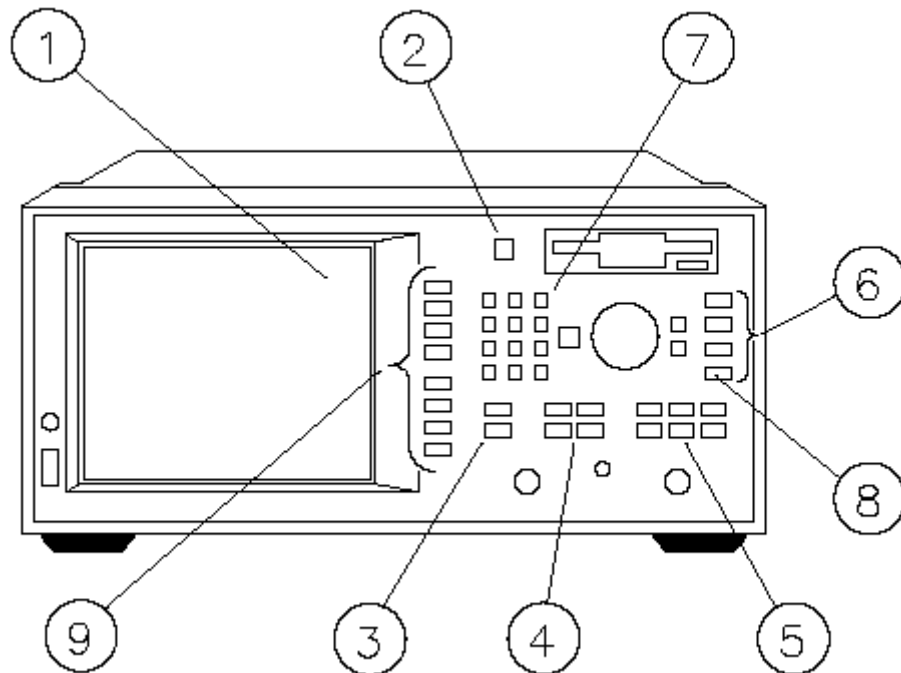


Figura 1-5. Características del Panel Frontal del Analizador de Red.

1. Pantalla CRT.

El CRT del Analizador de Red despliega datos, marcas, líneas límite, código de programación IBASIC, menús softkeys y parámetros de medida.

2. [BEGÍN]

La tecla **[BEGÍN]** simplifica la configuración de medidas. La tecla **[BEGÍN]** hace fácil la selección de los parámetros básicos de medida para una clase específica de dispositivos (Ej: Filtros, amplificadores o mezcladores, etc.) Por ejemplo, cuando se hace una medida de transmisión, seleccionando filtro como tipo de dispositivo, el Analizador de Red se coloca en el modo de detección de banda estrecha (Narrowband), maximizando el rango dinámico de la medida. Igualmente, seleccionando Mixer, como dispositivo de medida el Analizador de Red se coloca en modo de detección de banda ancha (Broadband), permitiendo mediciones de traslación de frecuencia. Ver en el Anexo A Modos de detección.

3. MEAS

Selecciona la medida para cada canal. Las capacidades de medida del Analizador de Red incluyen transmisión, reflexión, potencia, pérdidas de conversión y retraso AM (Opción 1DA o 1DB únicamente).

4. SOURCE

Las teclas **[SOURCE]** seleccionan la señal de salida de la fuente deseada para el dispositivo bajo prueba. Por ejemplo, seleccionan el rango de frecuencias de la fuente o la potencia de salida. Las teclas **[SOURCE]** también controlan el tiempo de barrido (Sweep Time), el número de puntos, y el inicio de barrido (Sweep Triggering).

5. CONFIGURE

Las teclas configure controlan el receptor y los parámetros mostrados. Estos parámetros incluyen ancho de banda del receptor y despliegan escala y formato, funciones de marcas y calibración del instrumento.

6. SYSTEM

Las teclas system controlan el nivel de las funciones del sistema. Esto incluye el PRESET del instrumento, SAVE RECALL (llamadas a los datos grabados), y salida HARDCOPY. Parámetros HP-IB e IBASIC son también controlados con estas teclas.

7. Teclado Numérico.

Con las teclas numéricas se realizan entradas de un valor numérico específico. Use la tecla

[Enter] o las **softkeys** para terminar el número entrado con las unidades apropiadas. Se puede también usar la perilla del panel frontal para hacer ajustes continuos a los valores de los parámetros, mientras que con las flechas [↑] [↓] se cambia los valores en pasos.

8. [HARDKEYS]

Hardkeys son teclas del panel frontal físicamente localizadas sobre el panel frontal del instrumento. En esta monografía estas teclas se representan por el nombre de la tecla entre dos corchetes. Tal como: **[PRESET]**.

9. Softkeys

Las teclas de opciones de software están representadas con una sombra, Ej: **Sweep Time**. Las softkeys son teclas donde las etiquetas son determinadas por el software del Analizador de Red. Estas etiquetas se despliegan en la pantalla, próximas a las 8 teclas en blanco que se localizan en el borde derecho de la pantalla del Analizador.

1.4 ENTRADA DE PARÁMETROS DE MEDIDA

Esta sección describe como entrar información de los parámetros de medida en el Analizador de Red.

Un ejemplo de conexión de un dispositivo se muestra en la Figura 1-6. En este caso se muestra la conexión del filtro y el cable que son suministrados con el equipo.

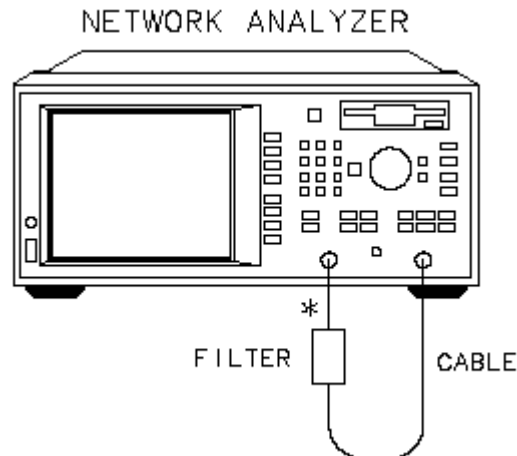


Figura 1-6. Filtro Conectado al Analizador de Red.

1.4.1 Configuración del Analizador de Red.

Cuando en el Analizador de Red se digita **[PRESET]** se aplican las siguientes condiciones por defecto: Tabla 1-1.

Rango de Frecuencia (8714 C)	0.3 a 3000 MHz
Nivel de Potencia	0 dBm
Medida del Canal 1	Transmisión
Medida del Canal 2	Apagado
Formato	Magnitud Logarítmica
Número de puntos	201
Tiempo de barrido	Auto
Escala	10 dB/div
Referencia	0 dB
Ancho de Banda Sistema	Medio

Tabla 1-1. Condiciones por defecto del Analizador de Red.

1.4.2 Introducción del Rango de Frecuencia.

1. Presionando la tecla **[FREQ]** se accede al menú de frecuencia.
2. Para cambiar el rango de frecuencia bajo a 10 Mhz, se presiona **Start 10 Mhz**.

3. Para cambiar el rango de frecuencia alto a 900 Mhz, se presiona **Stop** 900 **Mhz**.
4. También es posible configurar el rango de frecuencia usando las softkeys **Center** y **Span**. Por ejemplo, si coloca la frecuencia central a 160 Mhz y el Span a 300 Mhz, el rango de frecuencia resultante será de 10 a 310 Mhz.

1.4.3 Introducción de Niveles de Potencia de la fuente.

1. Presionando la tecla **[POWER]** se accede al nivel de potencia del menú softkey.
2. Para cambiar el nivel de potencia a 3 dBm, se presiona **Level** 3 y **dBm** o **Enter**.
3. Para cambiar el nivel de potencia a -1,6 dBm, se presiona **Level** -1,6 y **dBm** o **Enter**.
4. Para cambiar el nivel de potencia, a un nivel que se restablezca cuando se presione **[Preset]**, presione **Preset Power Level** 2,5 **dBm** o **Enter**. Esta entrada no afecta el nivel de potencia actual.

1.4.4 Escala de la Medida Trazada.

1. Presionando la tecla **[SCALE]** se accede al menú de escala.
2. Para ver la medida completa trazada en la pantalla, se presiona **Autoscale**.
3. Para cambiar la escala por división a 5 dB por división, se presiona **Scale/div** 5 **Enter**.
4. Para mover la posición de referencia (indicada por el símbolo ▶ en el lado izquierdo de la la pantalla) a la primera división de la parte superior de la pantalla, presione **Reference Position** 9 **Enter**. La Figura 1-7 muestra como se identifica cada posición de referencia.
5. Para cambiar el nivel de referencia a 0 dB, se presiona **Reference Level** 0 **Enter**.

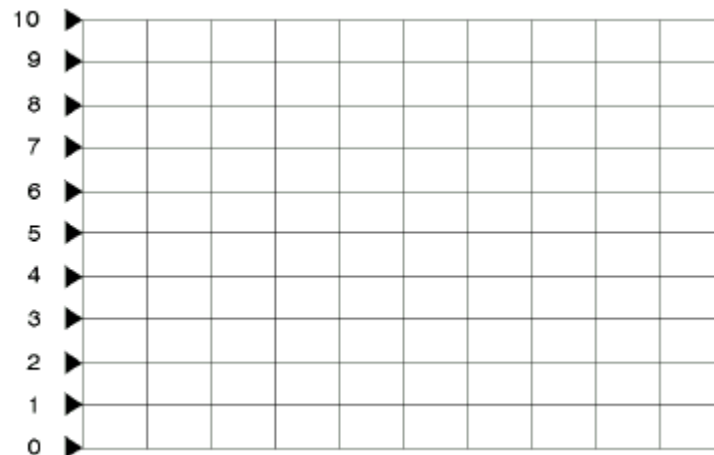


Figura 1-7. Posiciones de Referencia.

1.4.5 Canal Activo y Tipo de Medida.

Las teclas **[MEAS 1]** y **[MEAS 2]** permiten escoger cual canal de medida se va a activar y que parámetros de medida se usaran para dicho canal. Cuando un canal de medida particular es activado este es más brillante que el canal inactivo, y algunos cambios hechos a los parámetros de medida afectarán únicamente el canal de medida activo. (Algunos parámetros de medida no pueden ser seleccionados independientemente en cada canal de medida. Para estos parámetros ambos canales serán afectados).

Para la medida de transmisión en el canal de medida 1 y reflexión en el canal de medida 2, presione las siguientes teclas:

[PRESET] [MEAS 1] Transmisión
[MEAS 2] Reflexión

Ambos canales de medida se mostrarán en la pantalla del Analizador de Red. En el canal de medida activo (canal 2), el dibujo trazado será más brillante que en el otro canal de medida. Figura 1-8.

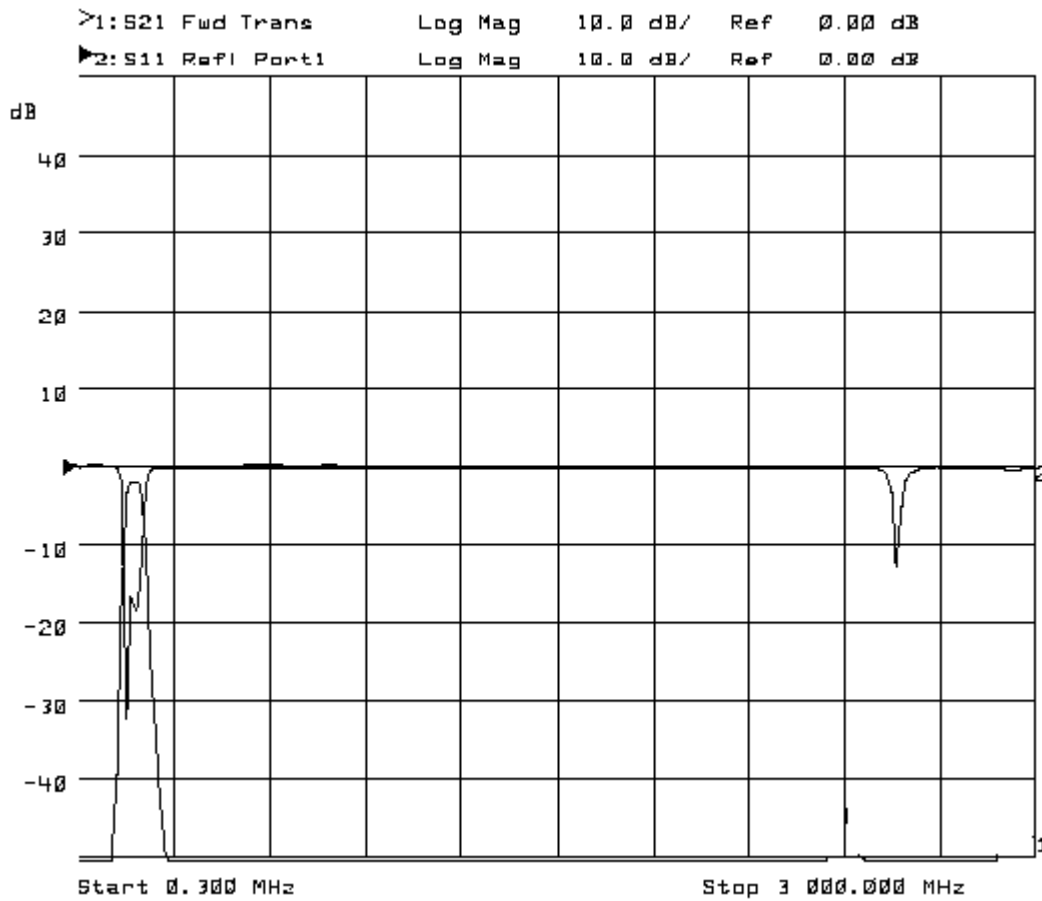


Figura 1-8. Ambos Canales de Medida Activos.

1.4.6 Visualización de Canales de Medida.

1. Para ver únicamente el canal de medida 2, medidas de reflexión, presione [MEAS1] **Meas off**.
2. Para ver ambos canales de medida nuevamente, presione [MEAS 1].
3. Para ver ambos canales de medida separados en pantalla, presione [DISPLAY] **More Display** **Disp Split Full Split**. Figura 1-9.

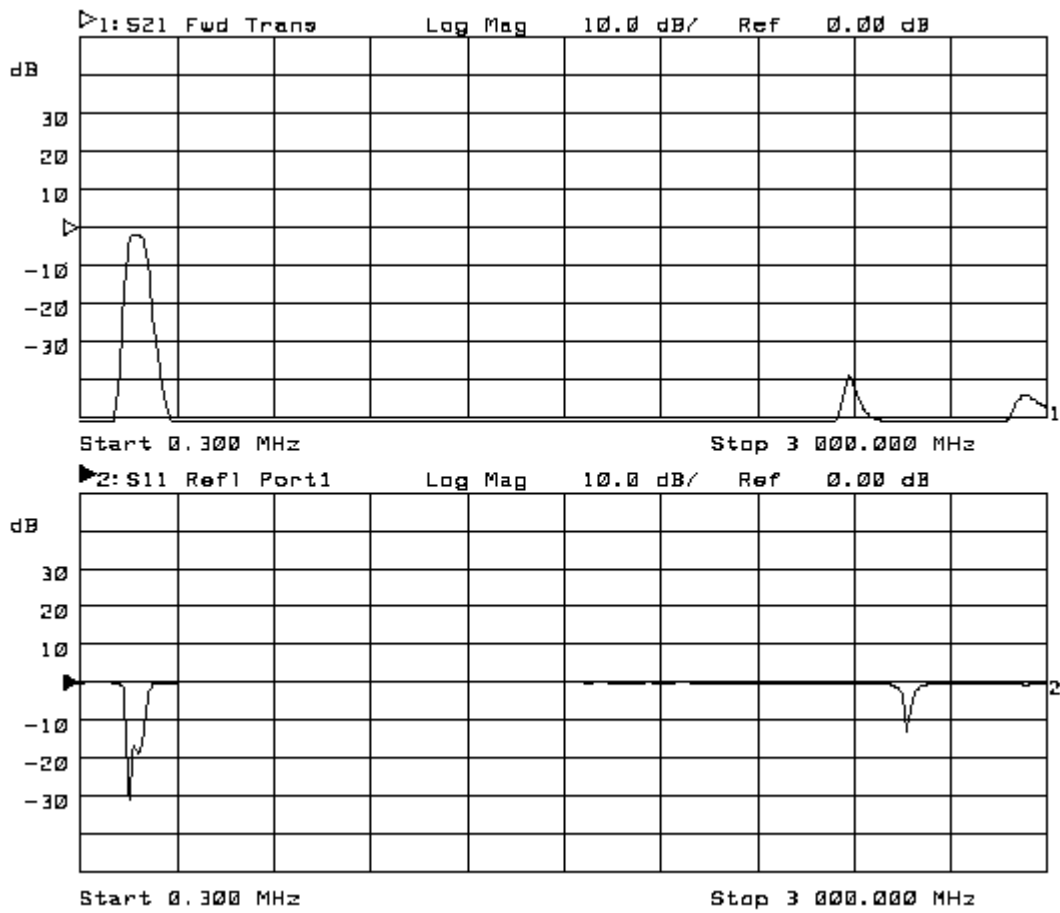


Figura 1-9. División de pantalla.

CAPITULO II

PRACTICAS DE LABORATORIO

En este capítulo se describen las guías de laboratorio diseñadas durante este proyecto, teniendo en cuenta las características del equipo y las opciones que tiene instaladas.

El Analizador de Red HP 8714C tiene a disposición la medición de los siguientes dispositivos:

1. Amplificador de RF.
2. Mezclador de RF.
3. Filtros RF.
4. Cable coaxial.
5. Varios dispositivos pasivos de banda ancha.

Mediante el uso de las teclas **softkeys** (teclas que permiten seleccionar opciones de software) se puede seleccionar el tipo de medida que se desea hacer en el dispositivo seleccionado, las mediciones más usuales son:

- **Transmissn** si se quiere medir las características de transmisión de un amplificador, filtro, o dispositivo pasivo de banda ancha.
- **Reflection** si se quiere medir las características de reflexión de un dispositivo.
- **Power** si se quiere medir la potencia RF de un dispositivo (la selección de **Power** esta bajo el menú **Amplifier**).
- **Conversión Loss** si se quiere medir las Pérdidas de Conversión de un dispositivo. (la selección **Conversión Loss** esta en el menú **Mixer**).

- **Am Delay** (Opción 1DA o 1DB solamente) si se quiere medir el Retraso de un Dispositivo. (La selección del retraso AM esta bajo el menú **Mixer**).
- **SRL** (opción 100 solamente) si se quiere medir las Pérdidas de Retorno Estructurales de un Cable. (la selección **SRL** esta en el menú **Cable**).
- **Fault Location** (opción 100 solamente) si se quiere medir la Localización de Fallas de un cable. (la selección de Focalización de Fallas esta en el menú **Cable**).

Algunas opciones de software deben estar instaladas en el Analizador de Red, por ejemplo, la medida de SRL y Fault Location están dentro de la opción de software llamada Opción 100 y solo se pueden realizar si el equipo las tiene instaladas. Es conveniente verificar que opciones están instaladas o no en el Analizador de Red HP 8714C. Para ello revisamos la siguiente tabla que nos resume todas las características con las cuales cuenta el Analizador de Red HP 8714C de la Universidad del Cauca.

Operating Parameter	Current Setting
Firmware Revision	HP 8714C : C.04.02 - Jan 29 1997
BootROM version	C.01.00
Serial Number	US37100314
Opt 1C2: IBASIC	Not Installed
Opt 1F7: LAN	Not Installed
Opt 1E1: Step Atten	Not Installed
Opt 1DA: AM Delay	Not Installed
Opt 100: SRL, Fault	Installed
Opt 1EC: 75 ohm	Not Installed
Memory (DRAM)	8.0 Mbytes
Flash EPROM	4.0 Mbytes
CPU board	Versión 1.3
Frac-N/Ref board	Versión 1.0

Tabla 2-1. Parámetros de Operación y Opciones del Analizador de Red HP 8714C.

Teniendo en cuenta las características del equipo y las opciones que tiene instaladas se realizaron las siguientes prácticas:

Practica 1. Medida de parámetros en líneas de transmisión.

Practica 2. Medida de la respuesta de Transmisión y Reflexión de un filtro RF.

Practica 3. Medidas de Pérdidas de Conversión y Pérdidas de Retorno de un Mezclador de banda ancha.

Practica 4. Medidas de parámetros de un Amplificador RF.

Practica 5. Localización de Fallas en Cables Coaxiales.

Practica 6. Medida de Pérdidas de Retorno Estructural (SRL)

Practica 7. Caracterización y verificación de un Sistema de Antena.

A continuación se describen las prácticas realizadas:

PRACTICA No 1. MEDIDA DE PARÁMETROS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

1. OBJETIVOS.

- Adquirir un manejo práctico de instrumentos importantes en cualquier Red de Telecomunicaciones como el Analizador de Red HP 8714C, para la medición de dispositivos de radiofrecuencia.
- Establecer una comparación de las mediciones de SWR frente a diferentes cargas en un cable coaxial RG-58 de 13.5 mts y analizar su comportamiento con respecto a la frecuencia.
- Verificar los conceptos y la utilidad de la Carta de Smith para el estudio de las líneas de transmisión y la medición de una manera rápida y confiable de sus parámetros eléctricos utilizando el Analizador de Red.
- Analizar la variación de la *impedancia* con respecto a la frecuencia, dentro del rango de trabajo en un cable coaxial.
- Realizar mediciones de *Pérdidas de Retorno* con diferentes cargas y *Pérdidas de Inserción*, en un cable coaxial RG-58.

2. MARCO TEORICO

INTRODUCCIÓN

Las líneas de transmisión son necesarias para conducir energía RF y microondas de un punto a otro con mínimas pérdidas, estas líneas de transmisión tienen una *impedancia característica*, y la terminación al final de la línea de transmisión debe acoplarse a la *impedancia característica* de la línea para prevenir pérdidas de energía debido a reflexiones.

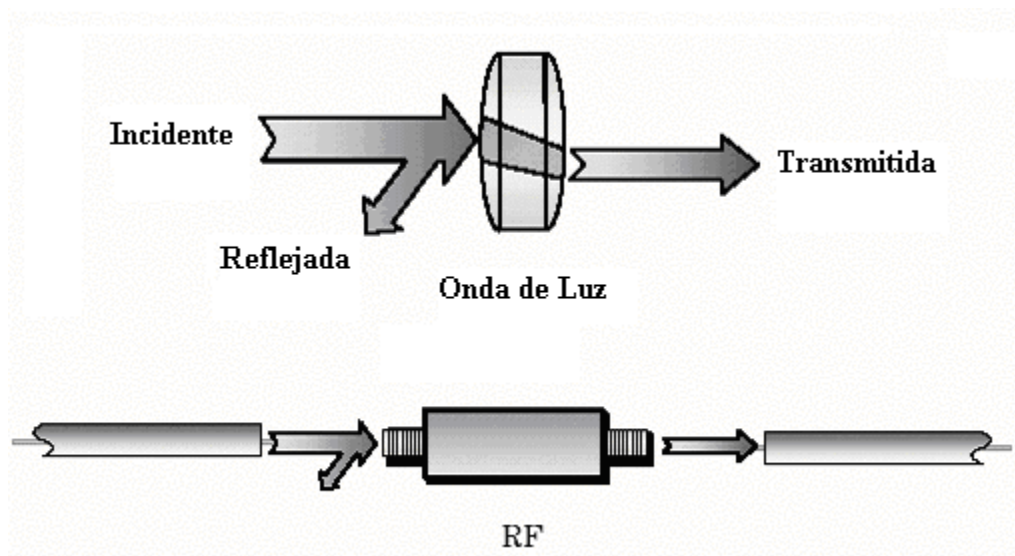


Figura 2-1. Analogía de la Energía Óptica y Energía RF.

Los conceptos más fundamentales de análisis de redes de alta frecuencia involucran ondas incidentes, reflejadas y transmitidas viajando a lo largo de líneas de transmisión. Es útil pensar en ondas viajando a lo largo de líneas de transmisión en términos análogos a una onda de luz. Ver Figura 2-1. Podemos imaginar la luz incidente golpeando algún componente óptico, como un lente transparente. Una parte de la luz es reflejada de la superficie del lente, pero la mayor parte de la luz atraviesa el lente. Si el lente tiene una superficie que refleja, entonces la mayor parte de la luz será reflejada y una pequeña o ninguna cantidad se transmitirá. Este concepto también es válido para señales de RF.

El análisis de redes tiene que ver con las mediciones precisas de la relación de la señal reflejada a la señal incidente, y/o la señal transmitida a la señal incidente. La diferencia en esta discusión es que la frecuencia esta en el rango RF, en lugar del rango óptico y el dispositivo bajo prueba (DUT *Device Under Test*) tiene componentes eléctricos, en vez de ópticos.

PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN



$$\text{Coeficiente de Transmisión} = T = \frac{V_{\text{transmitido}}}{V_{\text{incidente}}} = \tau \angle \phi$$

$$\text{Pérdidas de Inserción (dB)} = -20 \text{ Log} \left| \frac{V_{\text{trans}}}{V_{\text{inc}}} \right| = -20 \text{ Log } \tau$$

$$\text{Ganancia (dB)} = 20 \text{ Log} \left| \frac{V_{\text{trans}}}{V_{\text{inc}}} \right| = 20 \text{ Log } \tau$$

Figura 2-2. Parámetros de Transmisión.

El *coeficiente de transmisión (T)* se define como el voltaje transmitido dividido por el voltaje incidente. Si la magnitud del voltaje transmitido es mayor que la magnitud del voltaje incidente tenemos *ganancia*, y si la magnitud del voltaje transmitido es menor que la magnitud del voltaje incidente, tenemos *atenuación* o *Pérdidas de Inserción*. Cuando las *Pérdidas de Inserción* se expresan en dB, un signo negativo se agrega en la definición a fin

de que el valor de pérdida, sea un valor positivo. La parte de la fase del *coeficiente de transmisión* es llamada *fase de inserción*.

Hay más en transmisión que una simple ganancia o pérdida. Otras señales varían en el tiempo, ocupan un ancho de banda y son formadas por múltiples componentes. Entonces podría ser importante, conocer en que proporción el dispositivo bajo prueba (DUT) altera la composición de la señal y por consiguiente, distorsiona la señal.

El Analizador de Red HP 8714C para mostrar los resultados en el formato de magnitud logarítmica calcula la medida trazada usando la siguiente formula:

$$\text{Transmisión (dB)} = 10 \text{ Log} \left(\frac{P_{\text{trans}}}{P_{\text{inc}}} \right)$$

Donde:

P_{trans}: Potencia transmitida a través del dispositivo.

P_{inc}: Potencia incidente.

PARÁMETROS DE REFLEXIÓN

El primer termino para ondas reflejadas es el *coeficiente de reflexión* gama (Γ). La parte de magnitud es llamada (ρ). El *coeficiente de reflexión* es la relación del *voltaje de la señal reflejada* al *voltaje de la señal incidente*. Por ejemplo, una línea de transmisión terminada en Z_0 transfiere toda la energía a la carga. Por lo tanto, $V_{\text{ref}} = 0$ y $\rho = 0$. Cuando Z_l no es igual a Z_0 , una parte de la energía se refleja y ρ es mayor que cero. Cuando Z_l es igual a un corto o circuito abierto, toda la energía se refleja y $\rho = 1$. El rango de valores posibles para ρ es de 0 a 1.

$$\text{Coeficiente de Reflexión } \Gamma = \frac{V_{\text{reflejado}}}{V_{\text{incidente}}} = \rho \angle \Phi = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0}$$

$$\text{Pérdidas de Retorno} = -20 \text{ Log}(\rho), \rho = |\Gamma|$$

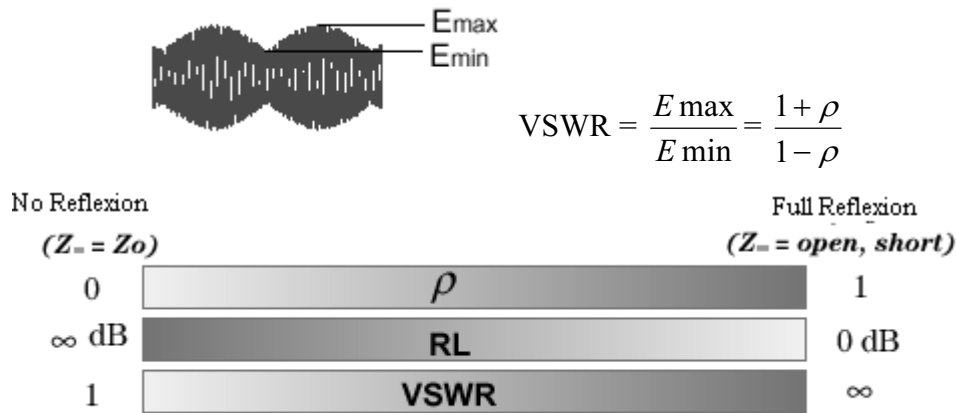


Figura 2-3. Parámetros de Reflexión.

Es conveniente mostrar la reflexión en formato logarítmico, la segunda forma de dar a conocer la reflexión es por medio de las *Pérdidas de Retorno*. Las *Pérdidas de Retorno* están expresadas en términos de dB y es una cantidad escalar. La definición de *Pérdidas de Retorno* incluye un signo negativo para que el valor de las *Pérdidas de Retorno* siempre sea un número positivo. (Para mediciones de reflexión en el Analizador de Red con un formato de magnitud logarítmica ignore el signo menos que tiene el resultado en el término de *Pérdidas de Retorno*). Las *Pérdidas de Retorno* pueden parecer como el número de (dB) que la señal reflejada está por debajo de la señal incidente. Las *Pérdidas de Retorno* varían entre infinito para una impedancia Z₀ y 0 dB para circuito abierto o corto.

Dos ondas viajando en direcciones opuestas en el mismo medio producen una onda estacionaria. Esta condición puede ser medida en términos del voltaje de la *relación de onda estacionaria* (VSWR o SWR). Y se define como el máximo valor de la envolvente RF, sobre el valor mínimo de la envolvente. Este valor puede calcularse como:

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

VSWR puede tomar valores entre 1 e ∞ .

El Analizador de Red para mostrar los resultados en el formato de magnitud logarítmica calcula la medida trazada usando la siguiente fórmula:

$$\text{Reflexión (dB)} = 10 \text{ Log} \left(\frac{P_{refl}}{P_{inc}} \right)$$

Donde:

P_{refl}: Potencia reflejada a través del dispositivo.

P_{inc}: Potencia incidente.

CARTA DE SMITH.

La cantidad de potencia reflejada de un dispositivo se relaciona directamente con la *impedancia* de ambos, del dispositivo y del sistema de medida. Cada valor del *coeficiente de reflexión* complejo (Γ), únicamente define una impedancia del dispositivo; por ejemplo, $\Gamma = 0$ únicamente cuando la *impedancia* del dispositivo y la *impedancia* del sistema son exactamente iguales.

La Carta de Smith es una herramienta usada para trazar el *coeficiente de reflexión* complejo (Γ) de la *impedancia* de un DUT (Device Under Test). En una Carta de Smith, el plano de impedancia compleja se representa en una grilla circular, en la cual se pueden leer la *resistencia* y la *reactancia* ($R+jX$). (Ver Figura 2-4 para más información de la Carta de Smith).

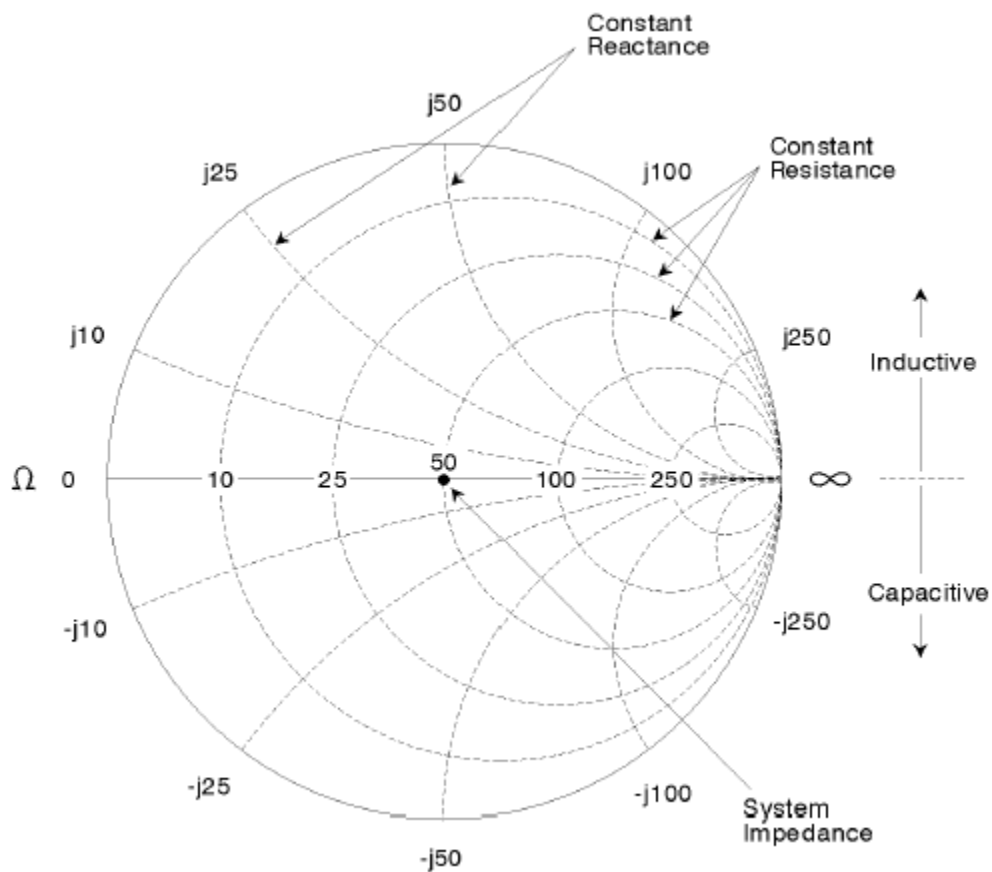


Figura 2-4. Carta de Smith.

El eje horizontal es la parte real de la impedancia (resistencia). El centro del eje horizontal representa la impedancia del sistema. Los círculos que cortan el eje horizontal representan la resistencia constante. Los arcos tangentes al eje horizontal representan la reactancia constante. La mitad superior de la Carta de Smith es el área donde la componente reactiva es positiva y por lo tanto inductiva. La mitad inferior es el área donde la componente reactiva es negativa y por consiguiente capacitiva.

La fase y magnitud del *coeficiente de reflexión* Γ , puede ser determinada leyendo la Carta de Smith como sigue:

$\rho = |\Gamma|$ = la distancia del punto de medida al punto central de la carta. Ver Figura 2-5.

$\angle \Gamma = \theta$. El ángulo entre el eje horizontal de la Carta de Smith y una línea del punto central al punto de medida. Ver Figura 2-5.

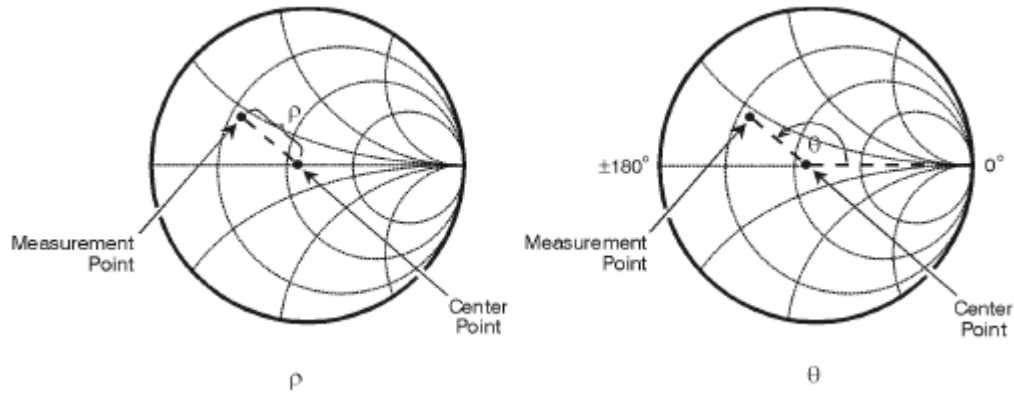


Figura 2-5. Magnitud y fase del Coeficiente de Reflexión.

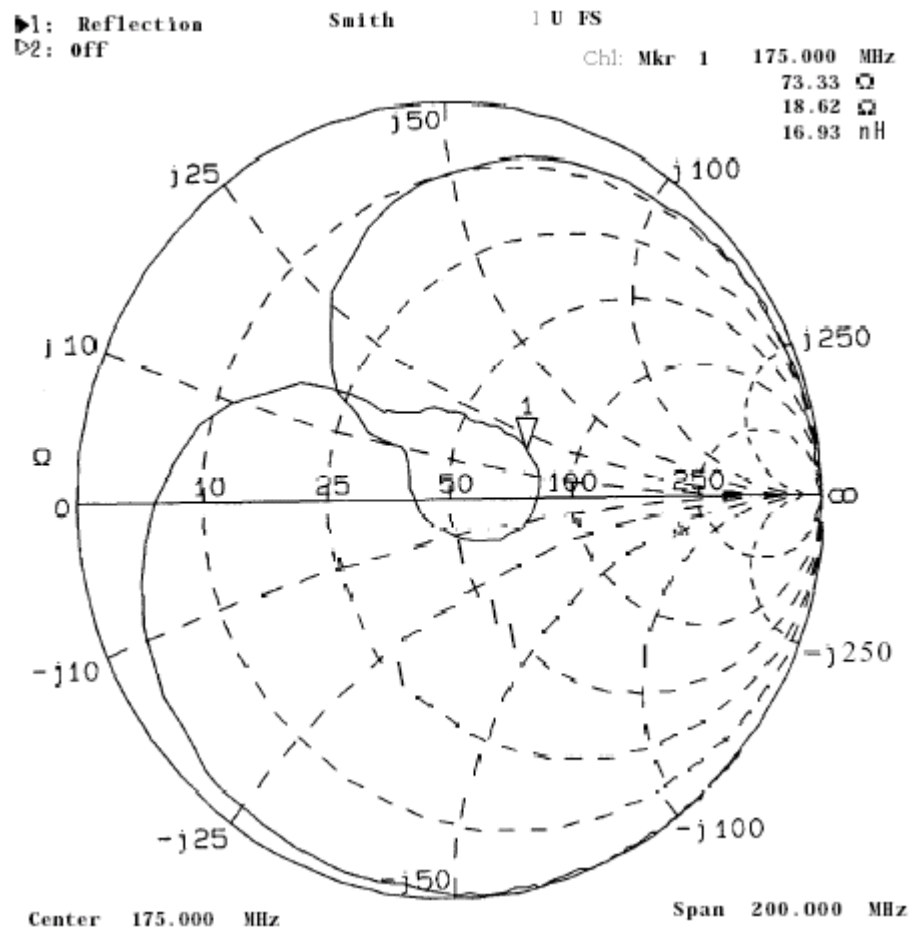


Figura 2-6. Medida de Impedancia

La Figura 2-6 muestra un ejemplo de una medida de impedancia utilizando el Analizador de Red. Note que la marca se lee en la esquina superior derecha de la pantalla del Analizador de Red. Los valores de la marca son: *frecuencia*, *resistencia*, *reactancia* y la equivalente *capacitancia* o *inductancia* respectivamente.

Las marcas en la pantalla del Analizador de Red tanto de *resistencia* y *reactancia* están en unidades de ohmio, e igualmente la *capacitancia* e *inductancia* en unidades de Faradios o Henrios.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1 MATERIALES UTILIZADOS

- Analizador de Red Hewlett Packard 8714C.
- Cable coaxial RG-58 de 13.5 mts.
- Cargas de 50, 75, y 200 Ω .
- Kit de Calibración del Analizador de Red (HP 85032 Type- N).
- Varios tipos de conectores, terminaciones.

3.2 PROCEDIMIENTO.

MEDIDA DE LA RELACION DE ONDA ESTACIONARIA SWR.

1. Verifique que el equipo este apagado y conéctelo a la red de potencia AC. Encienda el equipo subiendo el switch izquierdo (ON/OFF) de potencia. Espere unos segundos mientras el Analizador carga la información del Sistema Operativo.
2. Para realizar las medidas presione [**PRESET**]. Configura y coloca el instrumento en un estado con parámetros predefinidos. Por defecto se incluye el canal 1 para medida de transmisión.
3. Presionar [**BEGIN**] y use la softkey respectiva para seleccionar el tipo de dispositivo a medir (amplificador, filtro, dispositivo pasivo de banda ancha, mezclador, o cable). Para este caso seleccione la opción **Cable**.
4. Conectamos el cable RG- 58 de 13.5 m en el puerto RF OUT, y una carga de 50Ω (la del kit de Calibración preferiblemente) en el extremo del cable como muestra la Figura 2-7.

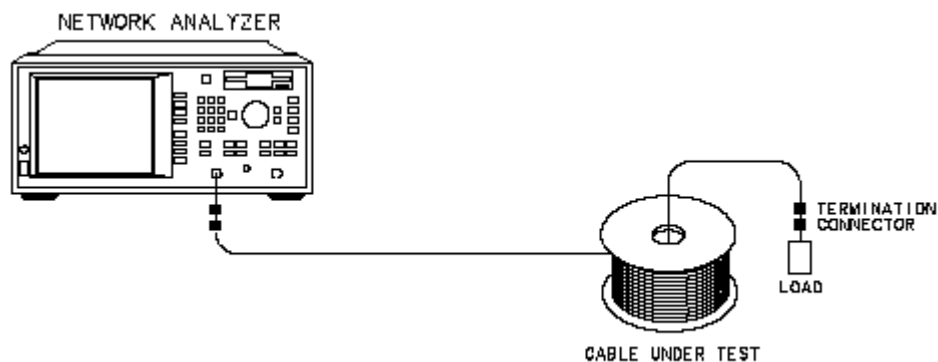


Figura 2-7. Configuración para Medida de Impedancia Z_o y SWR

5. Presionamos **Reflection**.

6. Escogemos el ancho de banda para analizar la respuesta del cable con respecto a la frecuencia. El cable RG-58 trabaja en el rango de frecuencias 50-400 Mhz y tiene una impedancia característica de 50 Ω .

Presione **[FREQ] Start 50 Mhz y Stop 400 Mhz**.

Para realizar esta medición se conectarán diferentes cargas (50, 75, y 200 Ω) al extremo del cable, para observar el comportamiento de la respuesta *SWR*.

7. Presione **[FORMAT] Swr**. Ahora centre la grafica, presione **[SCALE]** y mueva la perilla hasta obtener la grafica con SWR entre 1 y 1,2. Como muestra la Figura 2-8.

Para fijar o estabilizar la grafica presione:

[MENU] Trigger Hold

Coloque el rango de frecuencia entre 50 y 1000 Mhz y activando una marca tome valores de *Frecuencia Vs SWR* para completar la siguiente tabla.

<i>FRECUENCIA (Mhz)</i>	<i>SWR</i>
50	
120	
190	
260	
400	
500	
1000	

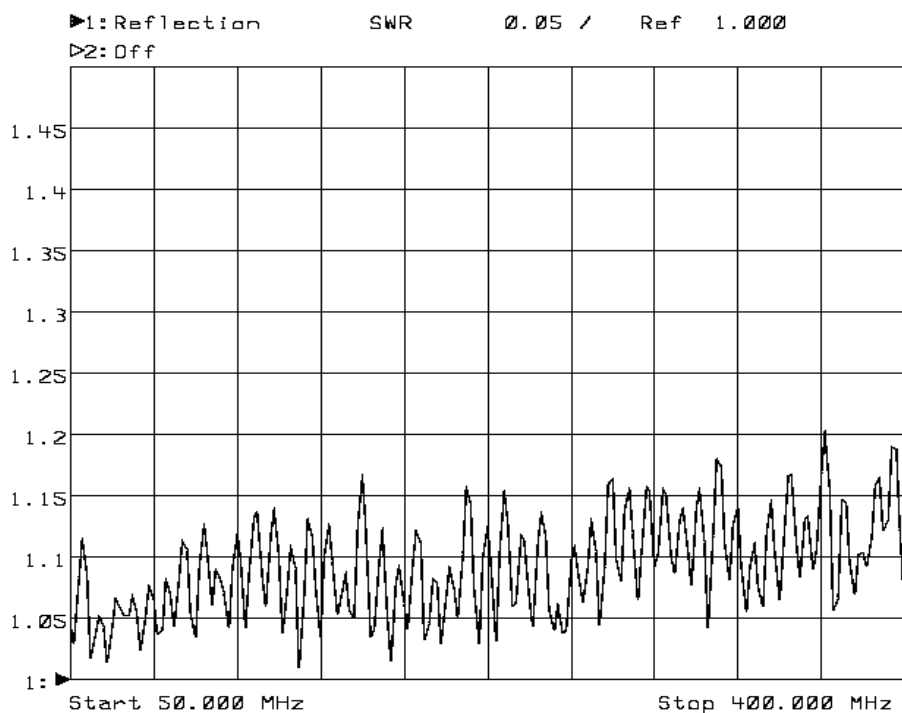


Figura 2-8. Medida de SWR para 50 Ω .

Para grabar los resultados en memoria presione:

[SAVE RECALL] Define Save Data ON Prior Menu Save State

Para grabar los resultados en diskette 3 1/2 presione:

[HARDCOPY] Select Copy Port. Escoger File PCX Internal Disk y presione:

Prior Menú Start.

P.1.1. ¿En que rango de frecuencia el acoplamiento del cable coaxial RG-58 con su carga es óptimo?

Presionamos **[MENU] Trigger Continuos**

Conecte la carga de 75 Ω , presione **[SCALE]** y mueva la perilla hasta obtener la Figura 2-9 con SWR entre 1.6 y 1.1, en el rango de frecuencias 50-400 Mhz

Presione **[MARKER]** y active una marca para ver los valores.

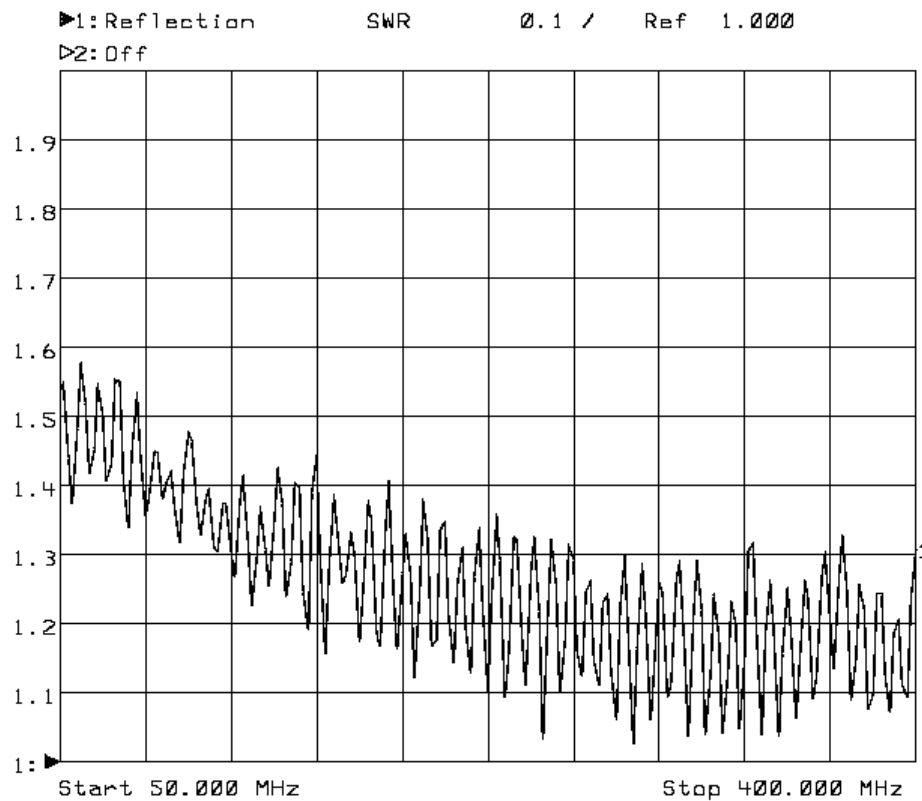


Figura 2-9. Medida de SWR para 75 Ω .

P.1.2. ¿Calcule 3 frecuencias en donde el SWR es mejor para la carga de 75 Ω ?

Conecte la carga de 200 Ω , presione [SCALE] y mueva la perilla hasta obtener la Figura 2-10 con SWR entre 1.4 y 2.8.

Presione [MARKER] y active una marca para ver los diferentes valores.

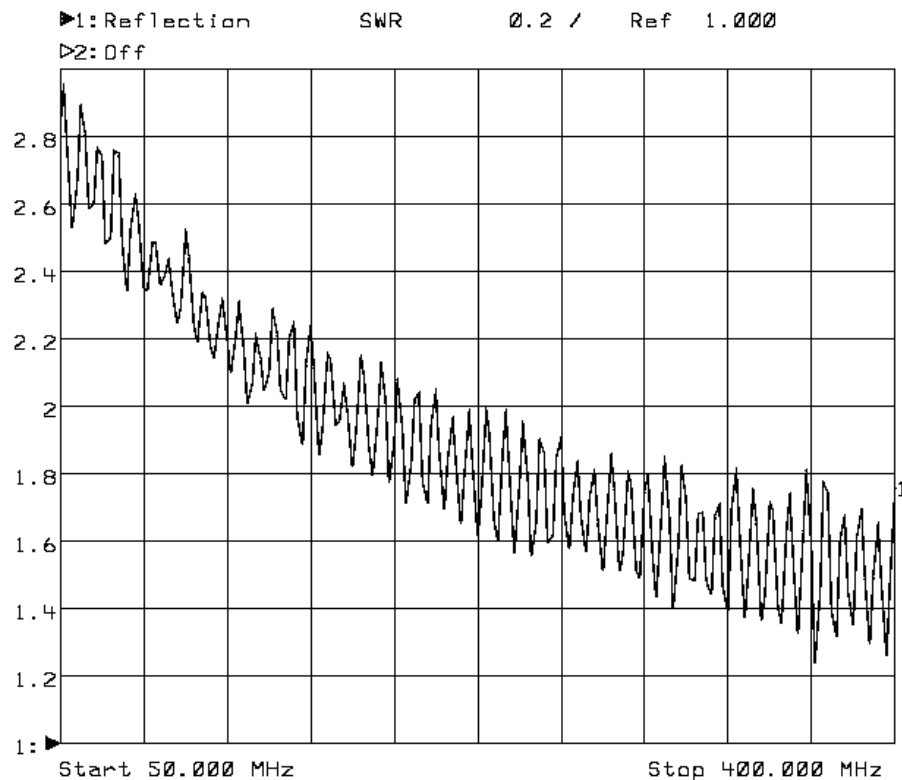


Figura 2-10. Medida de SWR para 200 Ω .

P.1.3. ¿Con cual de las tres cargas el SWR es mejor en el cable coaxial y por qué?

MEDIDA DE SWR DEL CABLE EN CORTO Y ABIERTO.

8. Conecte la carga de corto circuito al extremo del cable y coloque el rango de 100 a 150 Mhz.

[FREQ] Start 100 Mhz y Stop 150 Mhz.

[SCALE] Autoscale

Coloque una marca en un mínimo presionando **[MARKER]**. Ver Figura 2-11.

Observe como se invierten los máximos y mínimos de las graficas anteriores.

MEDIDA DE LA MAGNITUD DE IMPEDANCIA.

9. Coloque el rango de frecuencias 50 - 400 Mhz:

[FREQ] **Start 50 Mhz** y **Stop 400 Mhz**. [SCALE] **Autoscale**

Para realizar esta medida conectamos la carga de 50 Ω al extremo del cable coaxial.

Ahora medimos la magnitud de la *impedancia* cuando el cable tiene una carga de 50 Ω . Para ello realizamos los siguientes pasos.

Presionamos [FORMAT] **More Format Impedance Magnitud Scale Autoscale**.

Observamos que la *impedancia* del cable esta comprendida entre 49 y 62 Ω para el cable de 13.5 mts. La grafica obtenida es la siguiente:

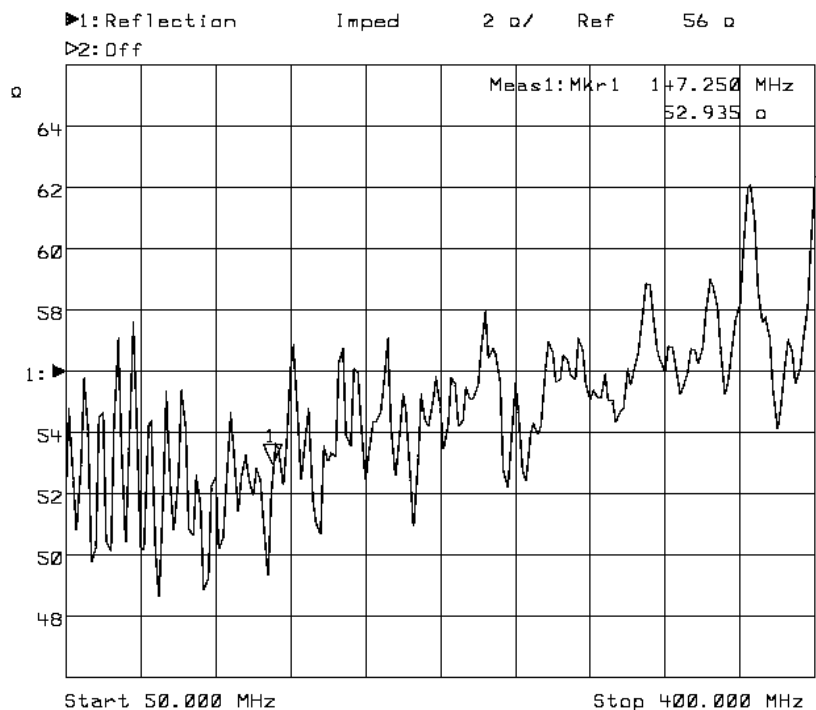


Figura 2-13. Medida de Magnitud de Impedancia para Cable Coaxial con carga de 50 Ω .

P.1.4. ¿Buscar 3 frecuencias en las que el valor de magnitud de *impedancia* es 50Ω ?

10. Realice medidas de *impedancia compleja* con respecto a la frecuencia mediante la Carta de Smith. Presionando

[FORMAT] Smith Chart [FREQ] Start 70 Mhz y Stop 75 Mhz Scale Autoscale.
Ver Figura 2-14.

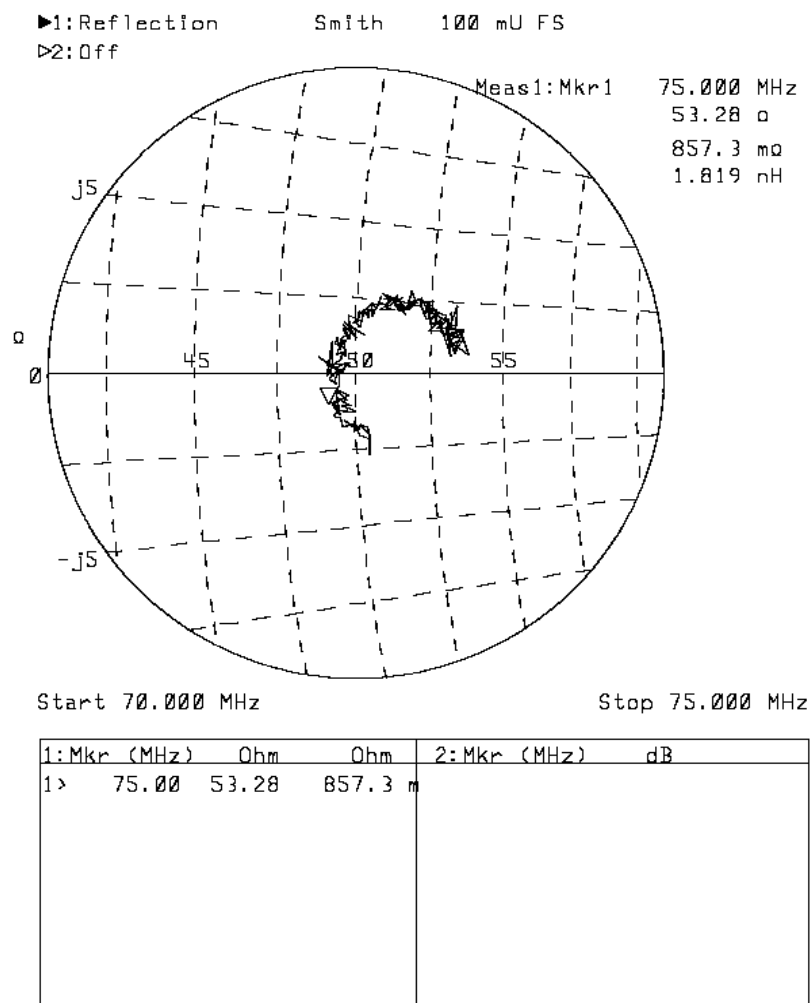


Figura 2-14. Impedancia compleja con respecto a la Frecuencia.

En la figura anterior los datos que se muestran en al esquina superior derecha para la marca 1 son:

Frecuencia: 75 Mhz

Resistencia: 53.28 Ω

Reactancia: 857.3 m Ω

Inductancia: 1. 819 nH

P.1.5.¿Con el dato de inductancia obtenido calcule teóricamente la reactancia y compare el resultado. ?

MEDIDA DE PÉRDIDAS DE RETORNO.

11. Para medir las *Pérdidas de Retorno* procedemos de la siguiente manera.

Presione [**PRESET**] [**BEGIN**] **Cable Reflection**, ahora ajuste el rango de frecuencia de 50 Mhz a 400 Mhz que es el rango al cual trabaja el cable.

Presione [**FREQ**] **Start 50 Mhz** y **Stop 400 Mhz**. Se realiza esta medida para diferentes cargas: 50, 75, 200 Ω .

Presione [**MARKER**] **200 Mhz**

La grafica obtenida es la siguiente, ver Figura 2-15.

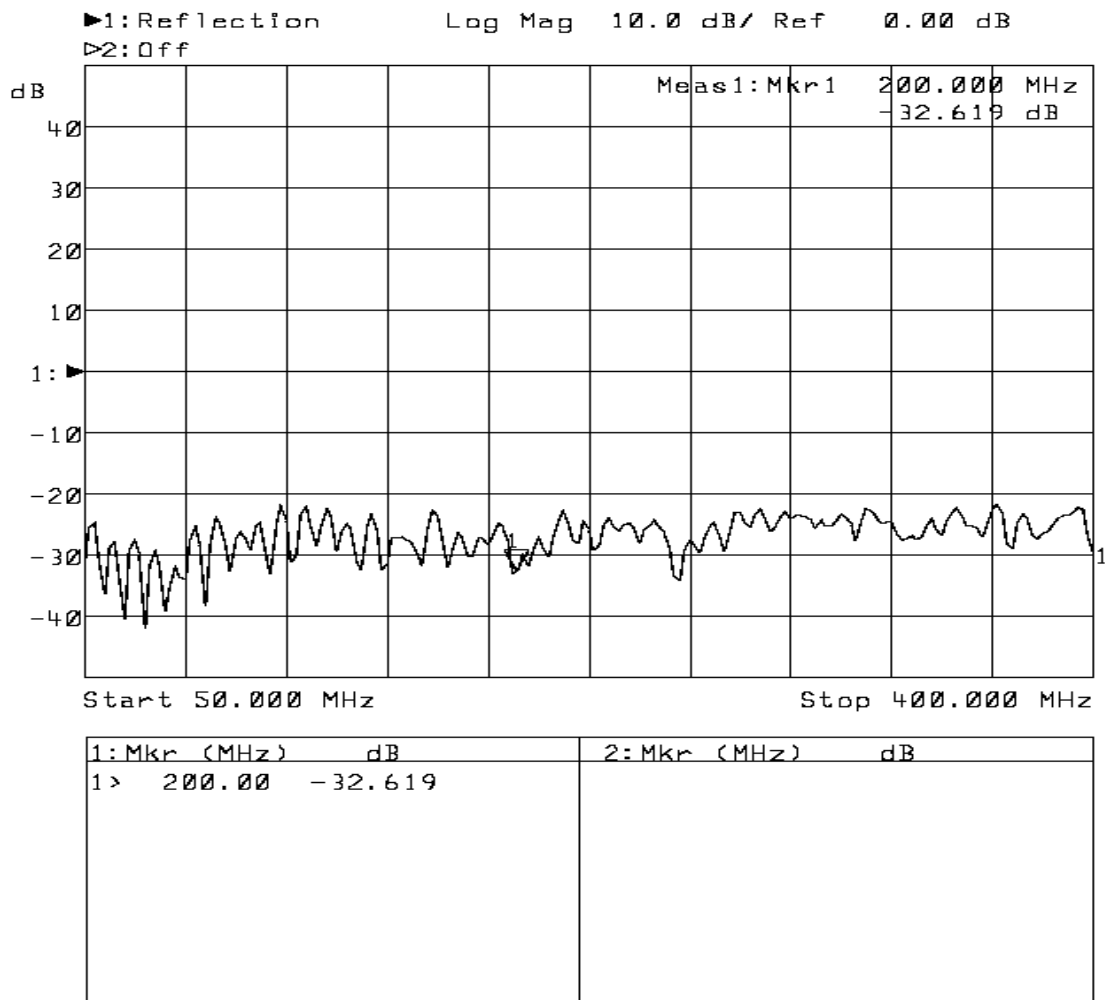


Figura 2-15. Pérdidas de Retorno para Cable Coaxial con carga de 50 Ω.

Observe que para el cable de 13.5 mts con carga de 50 Ω en uno de sus extremos, las *Pérdidas de Retorno* son de -32.619 dB a una frecuencia de 200 Mhz.

Ahora realice la misma medida con carga de 75 Ω.

Las *Pérdidas de Retorno* para la frecuencia de 200 Mhz son de -20.959 dB, por lo tanto, las pérdidas se incrementan.

Mueva la marca y observe como varían las *Pérdidas de Retorno*. Ver Figura 2-16.

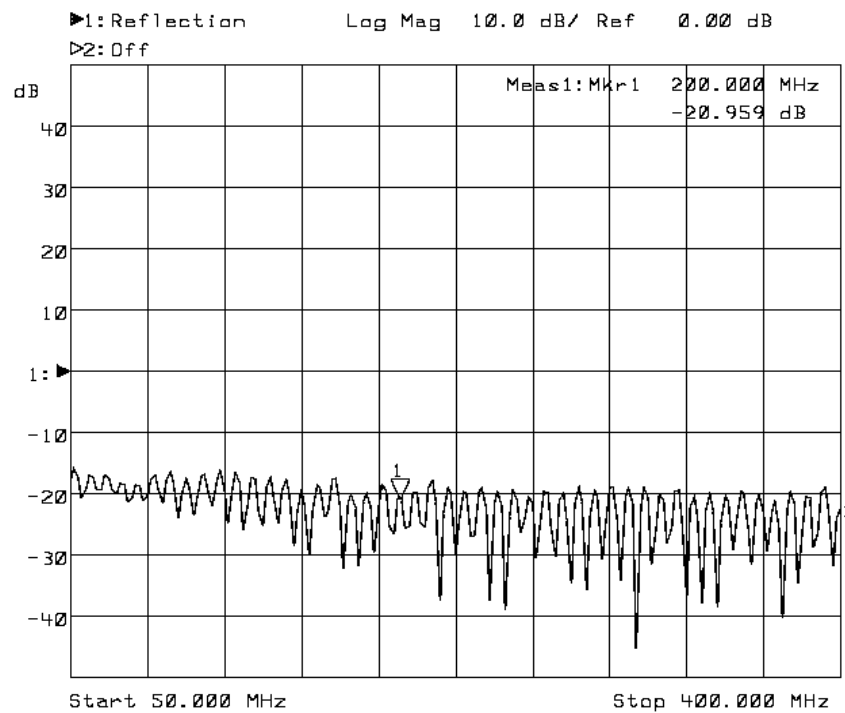


Figura 2-16. Pérdidas de Retorno para Cable Coaxial con carga de 75 Ω .

Ahora conecte la carga de 200 Ω y realice la medida. Presione [SCALE] Autoscale. Las *Pérdidas de Retorno* a una frecuencia de 200 Mhz son -9.745 dB, se incrementan aun más. Y varían como muestra la figura siguiente, ver Figura 2-17.

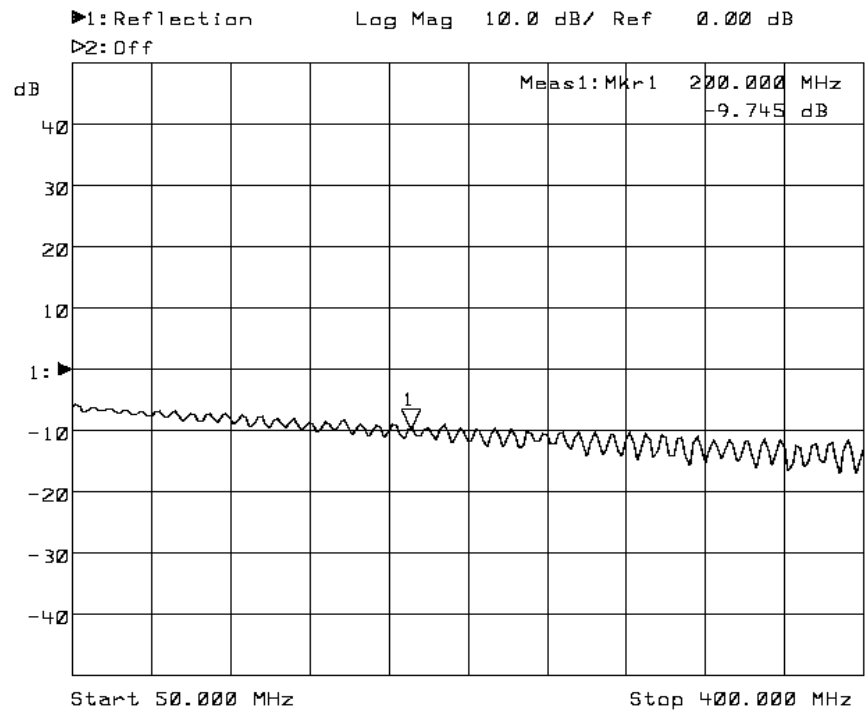


Figura 2-17. Pérdidas de Retorno para Cable Coaxial con carga de 200 Ω.

P.1.6. ¿En general las *Pérdidas de Retorno* medidas en el extremo del cable deben ser altas o bajas? Justifique.

MEDIDA DE PÉRDIDAS DE INSERCIÓN DE UN CABLE COAXIAL.

12. Conectamos el cable coaxial de 13.5 mts como muestra la Figura 2-18.

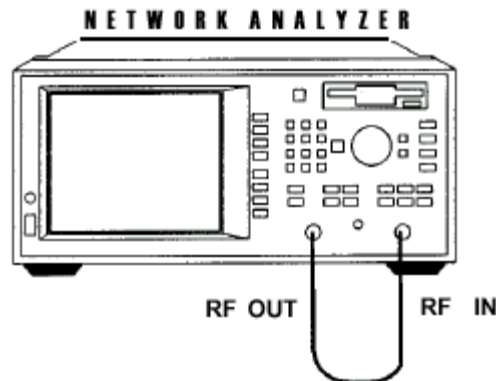


Figura 2-18. Medición de Pérdidas de Inserción de Cable Coaxial.

Para la medida de *Pérdidas de Inserción* realice los siguientes pasos:

[PRESET] [BEGIN] Cable Transmissn [FREQ] Start 50 Mhz Stop 400Mhz [SCALE] Autoscale.

La grafica obtenida es la siguiente, ver Figura 2-19.

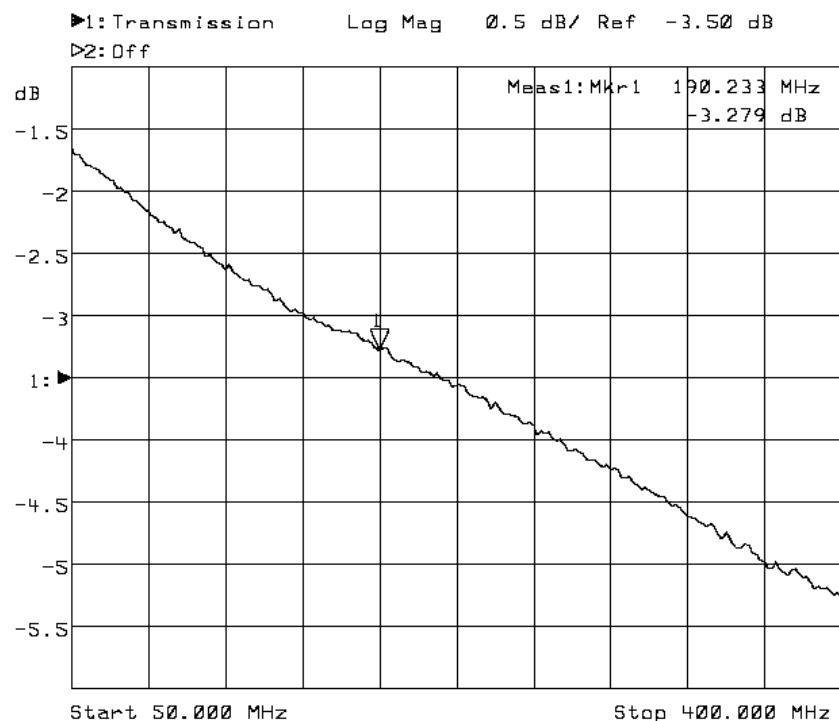


Figura 2-19. Pérdidas de Inserción para Cable Coaxial.

Las *Pérdidas de Inserción* están comprendidas entre -1.5 y -5.5 dB en el rango de 50 a 400 Mhz.

P.1.7. Halle las *Pérdidas de Inserción* a las frecuencias indicadas en la siguiente tabla.

<i>FREC (Mhz)</i>	<i>Pérdidas de Inserción(dB)</i>
50	
100	
150	
200	
300	

P.1.8 ¿Cómo varían las *Pérdidas de Inserción* con respecto a la frecuencia? Justifique.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS

P.1.1. ¿En que rango de frecuencia el acoplamiento del cable coaxial RG-58 con su carga es óptimo?

P.1.2. ¿Calcule 3 frecuencias en donde el SWR es mejor para la carga de 75Ω ?

P.1.3. ¿Con cual de las tres cargas el SWR es mejor en el cable coaxial y por qué?

P.1.4. ¿Buscar 3 frecuencias en las que el valor de magnitud de *impedancia* es 50Ω ?

P.1.5. ¿Con el dato de inductancia obtenido calcule teóricamente la reactancia y compare el resultado?

P.1.6. ¿En general las *Pérdidas de Retorno* medidas en el extremo del cable deben ser altas o bajas? Justifique.

P.1.7. Halle las *Pérdidas de Inserción* a las frecuencias indicadas en la siguiente tabla.

<i>FREC (Mhz)</i>	<i>Pérdidas de Inserción(dB)</i>
50	
100	
150	
200	
300	

P.1.8 ¿Cómo varían las *Pérdidas de Inserción* con respecto a la frecuencia? Justifique.

P.1.9. En los problemas de adaptación de impedancias ¿cómo utilizaría la Carta de Smith, como diagrama de *impedancias* o de *admitancias*? ¿Por qué?

P.1.10. ¿Qué se podría concluir observando las graficas de SWR para diferentes cargas?

6. RESPUESTAS

7. CONCLUSIONES

PRACTICA No 2. MEDIDA DE LA RESPUESTA DE TRANSMISIÓN Y REFLEXIÓN DE UN FILTRO RF

1. OBJETIVOS.

- Utilizar adecuadamente el equipo Analizador de Red HP 8714C y todos sus elementos necesarios para la medición de dispositivos de Radiofrecuencia.
- Emplear el Analizador de Red para calcular el *Ancho de Banda (BW)*, *Factor de Calidad (Q)*, *Frecuencia Central (CF)*, *Pérdidas de Inserción*, *Pérdidas de Retorno* y *Retardo de Grupo* de un Filtro RF NBP-177-1 de Mini-Circuits.
- Analizar los puntos de frecuencia donde las *Pérdidas de Inserción* y de *Retorno* son mínimas.
- Realizar mediciones de *impedancia de entrada* para el filtro RF NBP-177-1 de MiniCircuits .
- Medir la magnitud y fase del *coeficiente de reflexión* (Γ) en formato polar y calcular la parte real e imaginaria de la magnitud del *coeficiente de reflexión* en formato lineal .

2. MARCO TEORICO.

EL FILTRO RF PASA BANDA.

MEDICION DE UN FILTRO.

La caracterización completa de filtros se logra típicamente con medidas de barrido de frecuencia.

La Figura 2-20 muestra la respuesta de frecuencia de un filtro RF. En la izquierda vemos la respuesta de transmisión en formato de magnitud logarítmica y en la derecha vemos la respuesta de reflexión (*Pérdidas de Retorno*).

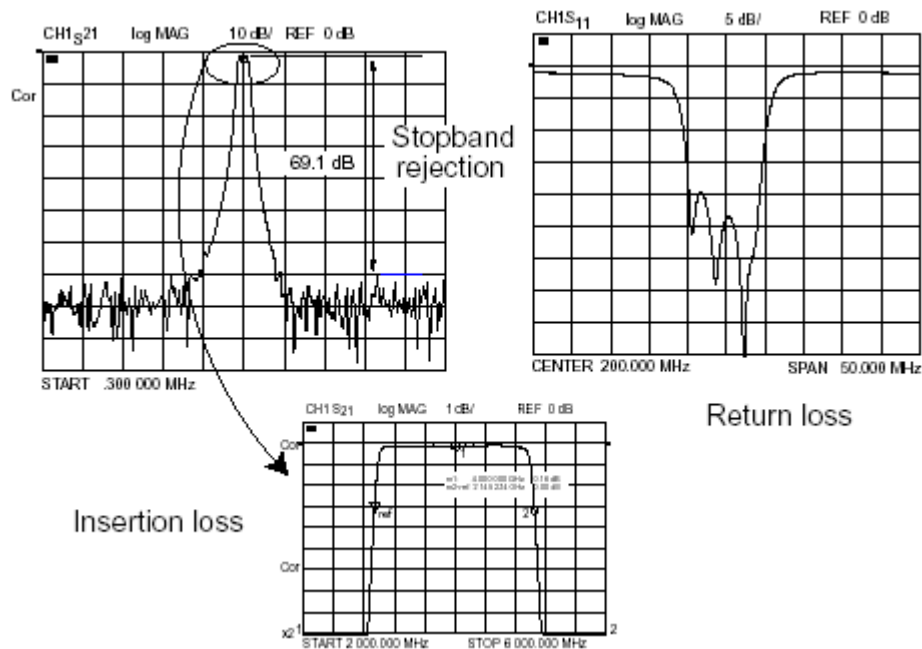


Figura 2-20. Respuesta de Frecuencia de un Filtro Pasa Banda.

Las características más comunes medidas en un filtro RF son las *Pérdidas de Inserción* y el ancho de banda, como se muestra en la parte de abajo de la gráfica con una escala vertical extendida. Otro parámetro común de medida es la salida de rechazo de banda. Esta es una medida de un filtro donde pasan señales dentro de su ancho de banda mientras simultáneamente se rechaza señales fuera de ese mismo ancho de banda. Una prueba del rango dinámico del sistema generalmente determina como puede evaluarse esta característica.

La *Pérdida de Retorno* es típica de filtros reflexivos pasivos y muestra alta reflexión (cerca de 0 dB) en la banda de rechazo, y buena impedancia de acoplamiento en la banda pasante.

Un tipo diferente de filtro, conocido como un filtro absorbente, tiende a estar bien acoplado en la banda de rechazo y en la banda pasante, proporcionando un buen acople sobre un rango de frecuencias ancho.

CORRECCION DE ERROR PARA UNA MEDIDA PRECISA DE UN FILTRO PASABANDA.

La variación de una respuesta de amplitud constante dentro del ancho de banda del filtro, da como resultado una distorsión de señal. La corrección del error es a menudo esencial para una medida exacta del filtro pasa banda. Cuando el filtro pasa banda es medido con un Analizador de Red sin calibrar, la respuesta puede variar considerablemente, dependiendo del Analizador de Red y los cables de prueba que se usen (Figura 2-21).

Cuando el mismo filtro se evalúa después de hacer una calibración de respuesta (normalización), la prueba de transmisión del sistema rastrea la frecuencia y el error de respuesta de frecuencia es removido de la medida, resultando una amplitud de distorsión estrecha. Después de la normalización, la respuesta en frecuencia desplegada de la medida del filtro todavía muestra alguna onda de amplitud causada por interacción entre el sistema

de prueba de la fuente y el acoplamiento de la carga. Esta onda incluso va encima de los 0 dB de la línea de la referencia, indicando ganancia (qué es imposible puesto que los dispositivos pasivos no pueden amplificar señales). Esta aparente anomalía es debida al error de acople de la medida. Realizando una calibración de los dos puertos para medir el filtro, estos errores serán removidos.

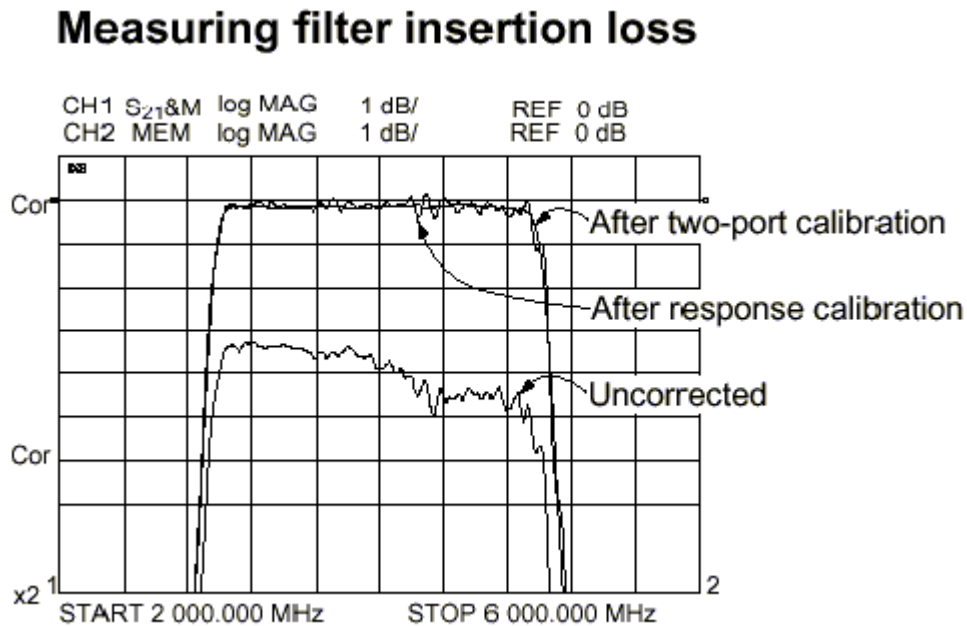


Figura 2-21. Corrección de Error para un Filtro Pasa Banda.

Siguiendo con la corrección del error (calibración de los dos-puertos), está claro que la respuesta de amplitud del filtro pasa banda varía sólo ± 0.1 dB alrededor de la frecuencia central. Las variaciones de amplitud de ± 1 dB medidas previamente con el sistema de prueba sin corregir no son representativas de la respuestas de los filtros pasa banda actuales. Realizando corrección del error con un Analizador de Red, se revela la verdadera naturaleza del filtro, como tener variación de amplitud mínima alrededor de la frecuencia central, encontrándose relativamente un funcionamiento de amplitud estrecha para aplicaciones de baja distorsión.

MEDICION DEL RETRASO DE GRUPO.

La fase lineal de muchos dispositivos se especifica en términos del *Retraso de Grupo* o retraso de envolvente. Esto es verdadero especialmente para componentes y Sistemas de Telecomunicaciones donde la distorsión de fase es crítica.

El *Retraso de Grupo* es una medida del tiempo de tránsito a través del DUT como una función de la frecuencia. Esto se aproxima por:

$$\frac{-\Delta\phi}{(\Delta f)(360)}$$

Donde $\Delta\phi$ es la *diferencia de fase* entre dos frecuencias adyacentes Δf . La cantidad Δf se refiere comúnmente como la *apertura*. La *apertura* mínima es igual al intervalo de frecuencia del Analizador de Red dividida por el número de puntos menos 1, y puede introducirse como una frecuencia o porcentaje de intervalo.

Para medir el *Retraso de Grupo* correctamente, la *diferencia de fase* de una apertura específica debe ser menor que 180 grados, satisfaciendo la siguiente relación:

$$\text{Retraso del DUT aproximado} < \frac{\text{numero de puntos} - 1}{2(\text{rango de frecuencia})}$$

Si esta relación no es satisfecha, sucederá una medida incorrecta, puesto que la medida de la diferencia de fase de puntos adyacentes será sobre muestreada

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1 MATERIALES UTILIZADOS.

- Filtro Pasa Banda Mini-Circuits NBP 177-1
- Test Lead Cable 8120-6469 RG -58.
- Analizador de Red HP 8714C.
- Conectores y Kit de Calibración.

MEDIDA DE LA RESPUESTA DE TRANSMISIÓN Y REFLEXION DE UN FILTRO RF.

En esta práctica realizaremos una medida de respuesta de transmisión y reflexión básicas en un filtro pasa banda como el que se proporciona con el Analizador de Red.

Se realizara una apreciación global básica de cómo el Analizador de Red mide dispositivos. El Analizador de Red tiene una fuente de señal RF que produce una señal que es usada como un estímulo al dispositivo bajo la prueba, en este caso nuestro filtro pasa banda. El dispositivo responde reflejando una porción de la señal incidente y transmitiendo la señal restante. La Figure 2-22 muestra cómo un dispositivo bajo prueba (DUT Device Under Test) responde a un estímulo de fuente RF.

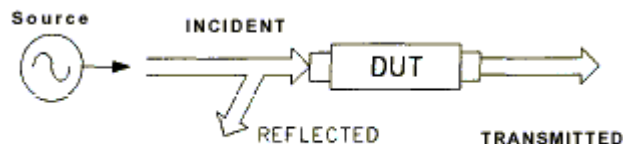


Figura 2-22. Respuesta del DUT a una Señal RF.



Figura 2-23. Filtro RF

El Analizador de Red trazará la curva de respuesta del filtro pasa banda sometido a un estímulo de la fuente RF. Los valores que se muestran en el eje horizontal son los valores de frecuencia en Mhz. Los valores que se muestran en el eje vertical son la relación de potencia en decibeles (dB) del tipo de medida que estemos realizando.

Para que las medidas sean válidas, las señales de entrada deben caer en el rango dinámico del Analizador de Red.

El tipo de medida que se realice usa por defecto parámetros del instrumento para dicha medida, ya sea de transmisión o reflexión. Si su medida requiere parámetros específicos (tal como rango de potencia, nivel de potencia de la fuente, número de puntos de datos, y tiempos de barrido) deberá introducirlos y realizar una nueva calibración.

3.2 PROCEDIMIENTO.

1. Verifique que el equipo este apagado y conéctelo a la red de potencia AC. Encienda el equipo subiendo el switch izquierdo (ON/OFF) de potencia. Espere unos segundos mientras el Analizador carga la información del Sistema Operativo.
2. Para realizar las medidas presione **[PRESET]**. Configura y coloca el instrumento en un estado con parámetros predefinidos. Por defecto se incluye el canal 1 para medida de transmisión.
3. Presionar **[BEGIN]** y use la softkey respectiva para seleccionar el tipo de dispositivo a medir (amplificador, filtro, dispositivo pasivo de banda ancha, mezclador, o cable). Para este caso seleccione la opción **Filters**.
4. Conecte el filtro RF como se muestra en la Figura 2-24

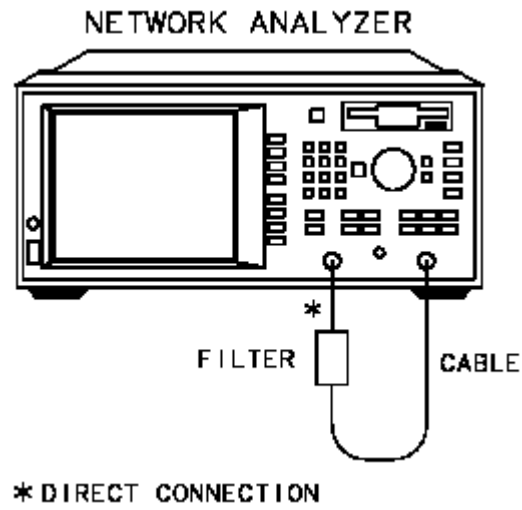


Figura 2-24. Configuración para la Medida de un Filtro RF.

MEDIDA DE TRANSMISIÓN.

5. Use las **sofkeys** para seleccionar el tipo de medida que usted desea realizar:
Para la medida de transmisión. Presione **Transmissn** para medir las características de transmisión del filtro. El Analizador de Red incluye por defecto la medida de transmisión en el canal 1.
6. Presione [SCALE] **Autoscale**.
7. Para determinar rápidamente las *Pérdidas de Inserción* del filtro, presione [MARKER] **Marker Search Max Search MKr Max**.
Note que la marca leída en la Figura 2-25 provee la frecuencia y la amplitud del punto de pérdidas de inserción mínimas.
Frecuencia =180.282 Mhz
Pérdidas de Inserción Mínimas =-2.738 dB

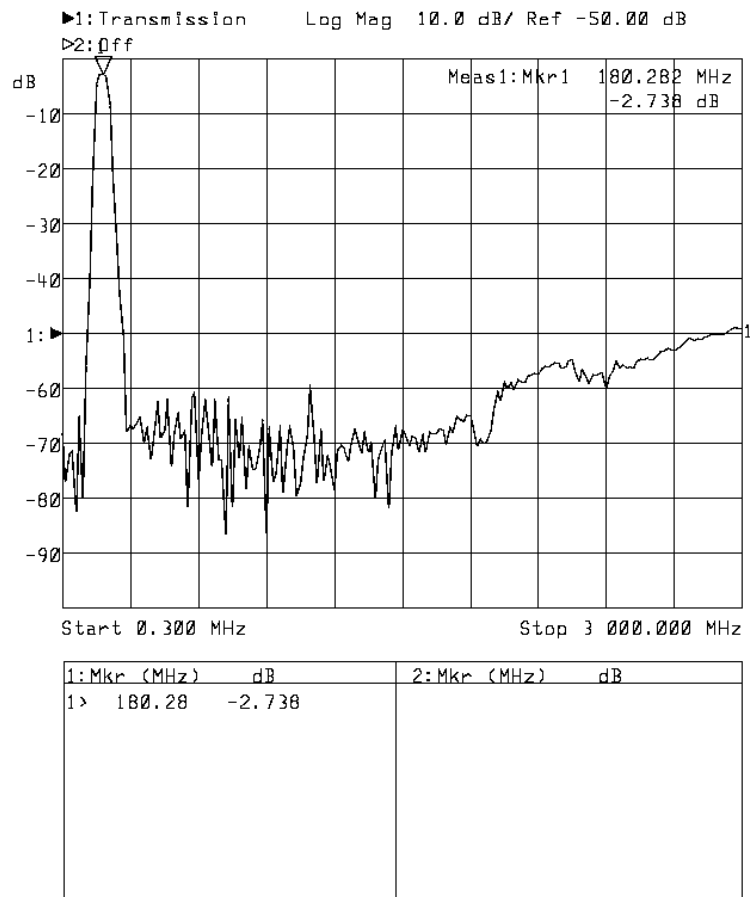


Figura 2-25. Medida de Pérdidas de Inserción de un Filtro RF.

8. Ahora halle el ancho de banda (BW), Factor de Calidad (Q), Pérdidas de Inserción (Loss), y frecuencia central (CF).

Presione **[FREQ] Center** y digite una frecuencia cercana a la que aparece en la parte superior de la pantalla de la grafica anterior y automáticamente el Analizador buscará la frecuencia Span y la grafica se centrará.

Presione: **[MARKER] Marker Search Bandwidth**.

Los resultados obtenidos serán como los de la Figura 2-26, donde.

BW = 58.849 Mhz. Entre marcas 5 y 6

CF = 175.386 Mhz Marca 3

$Q = 2.98$ CF/BW

Loss = -2.12 dB Marca 3

La marca 1 indica el máximo valor de potencia

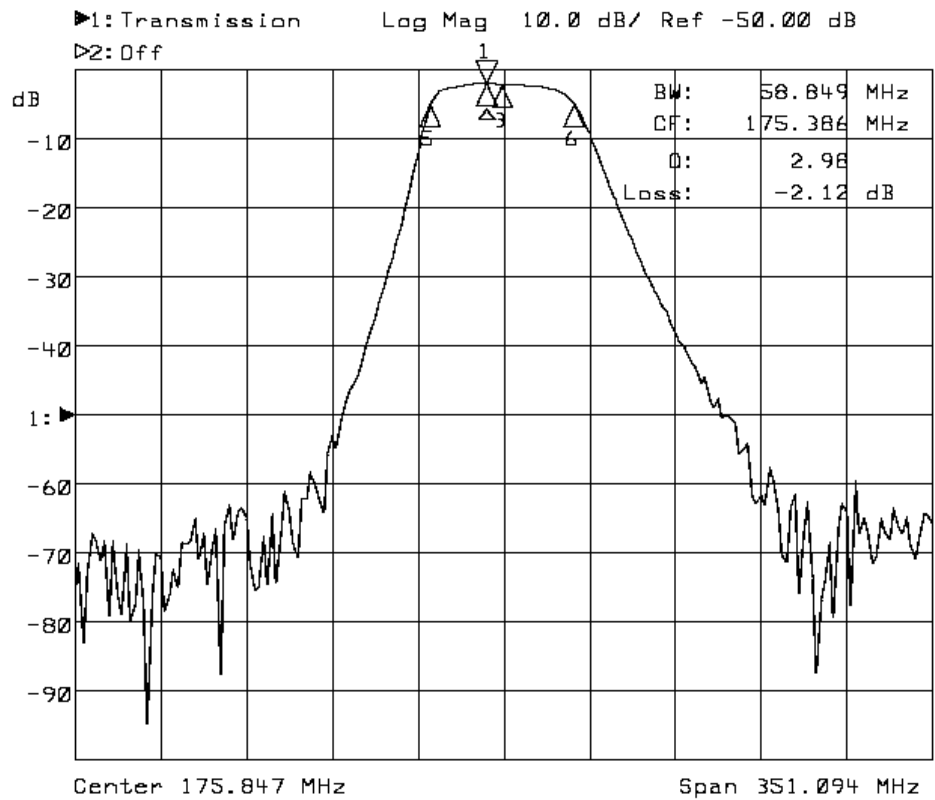


Figura 2-26. Medida de Parámetros de un Filtro RF.

P.2.1. ¿Qué significa el punto de -3 dB?

P.2.2. ¿Qué representa el factor de calidad Q de un filtro?

P.2.3. ¿Qué representa el intervalo entre las marcas 5 y 6?

P.2.4. ¿Para el filtro utilizado en la medida de transmisión, halle el ancho de banda para un nivel de -6 dB y compare el resultado con el anterior?

Funciones estadísticas del Filtro

9. Deje la pantalla del equipo como se muestra en la Figura 2-26.

Presione:

[MARKER] 3: y coloque la marca 3 al comienzo de la banda de rechazo

[MARKER] 4: y coloque la marca 4 al final de la banda de rechazo.

Presione **[MARKER] Marker Function Marker Math RF Filters Stats**

Al final de cada barrido esta función calcula las *Pérdidas de Inserción* y el *rizo pico-pico* de la banda pasante, así como también la máxima amplitud de la señal en la banda de rechazo. Las *Pérdidas de Inserción* se definen como el punto mínimo entre las marcas 5 y 6 respecto a 0 dB. El *rizo pico-pico* de la banda pasante se define como la diferencia entre los puntos máximo y mínimo de la banda pasante (entre marcas 5 y 6). El parámetro *Reject* se define como la diferencia entre el punto mínimo en la banda pasante y el punto máximo en la banda rechazada.

Los resultados obtenidos serán como los de la Figura 2-27.

10. Para grabar los resultados en memoria presione:

[SAVE RECALL] Define Save Data ON Prior Menu Save State

Para grabar los resultados en diskette 3 1/2 presione:

[HARDCOPY] Select Copy Port. Escoger File PCX Internal Disk y presione:

Prior Menú Start.

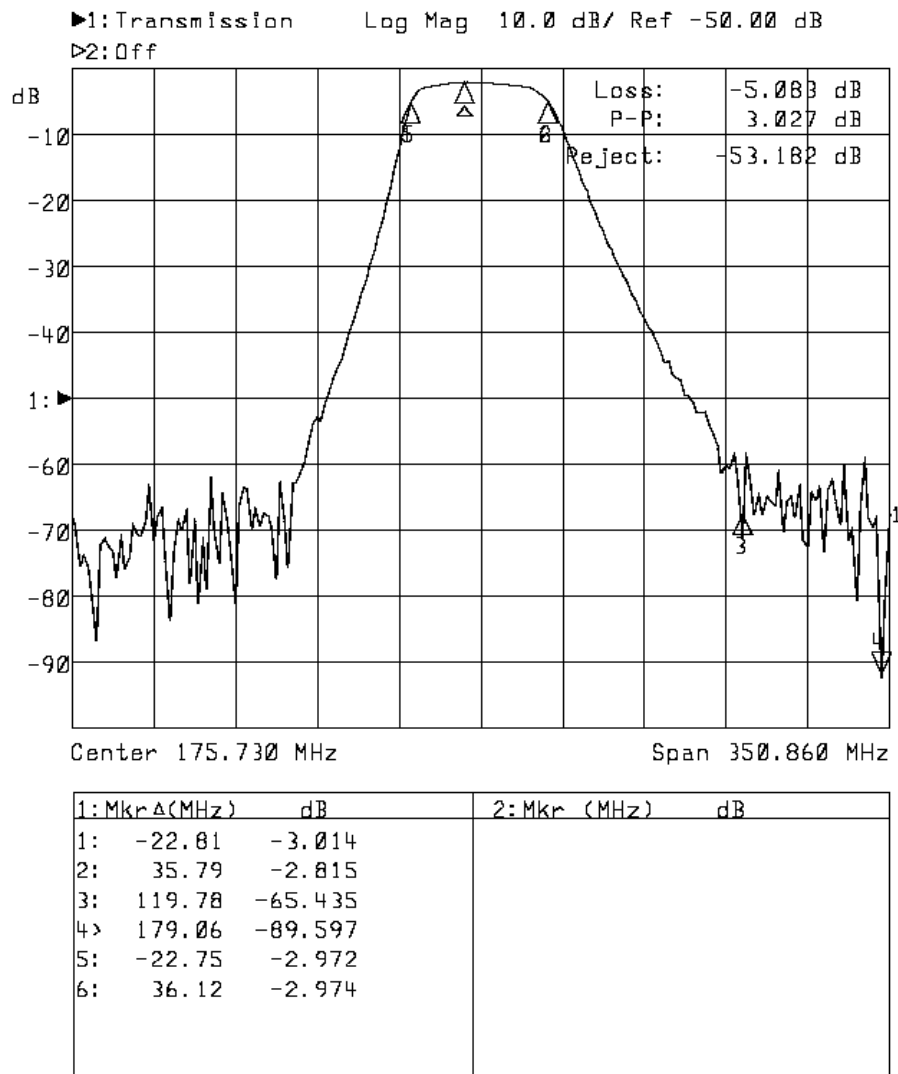


Figura 2-27. Función Estadística de Filtro RF.

MEDIDA DE REFLEXIÓN.

11. Para la medida de Reflexión. Presione [PRESET] **Reflection** para medir las características de reflexión del filtro.

12. Presione [SCALE] **Autoscale**. La Figura obtenida será la siguiente.

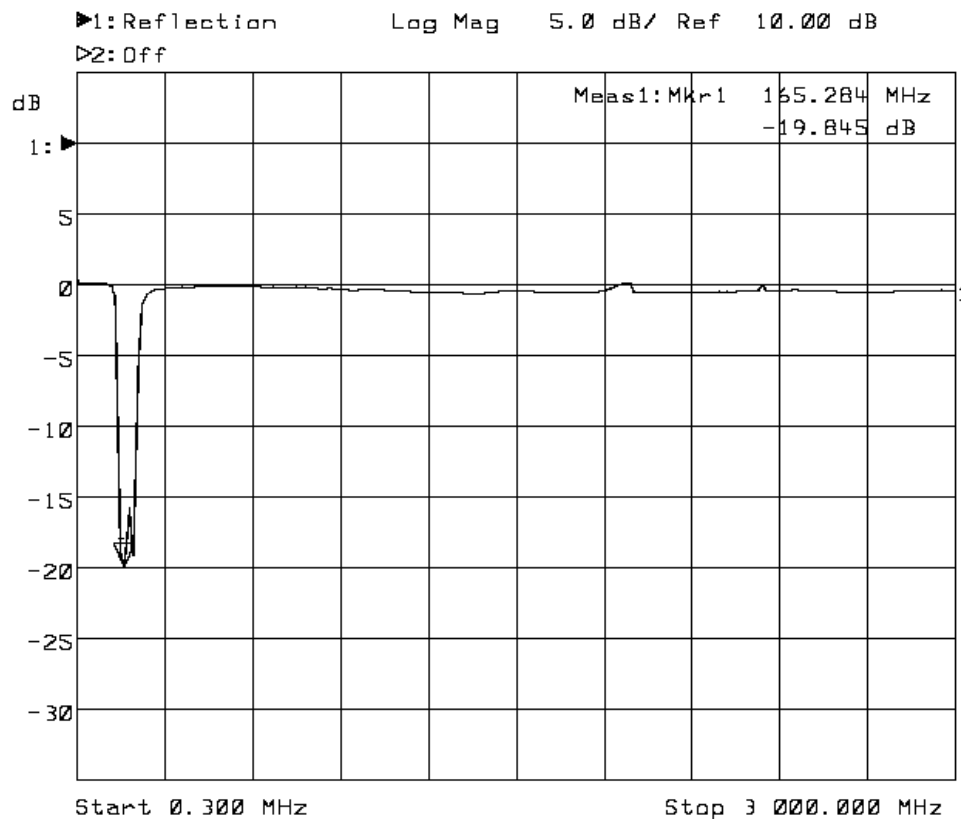


Figura 2-28. Medida de Pérdidas de Retorno de un Filtro RF.

13. Para determinar rápidamente las *Pérdidas de Retorno* del filtro, presione **[MARKER]** **Marker Search** **Min Search** **MKr Min**.

Para determinar rápidamente las *Pérdidas de Retorno* del filtro, presione **[MARKER]** y después use la perilla del panel frontal, las teclas $\uparrow \downarrow$, o el teclado numérico para leer el valor de las *Perdidas de Retorno* a la frecuencia deseada.

P.2.5. ¿Utilizando un puerto del Analizador de Red encuentre la medida de reflexión? Compare los resultados.

Presione [MEAS1] [MEAS2] y saldrán dos graficas en la misma pantalla, la medida de transmisión y la medida de reflexión, como se muestra en la Figura 2-29.

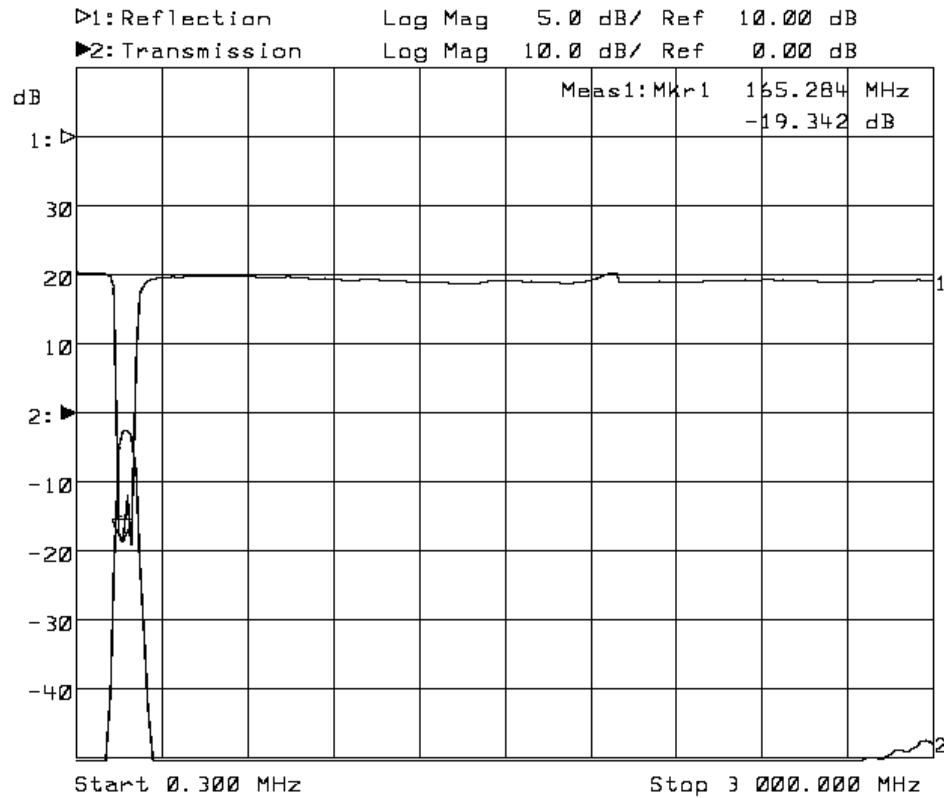


Figura 2-29. Activando los dos Canales de Medida.

14. Divida la pantalla para observar los dos canales de medida separadamente.

Presione [DISPLAY] **More Display** **Split Disp Full Split**. Con las teclas [MEAS1] y [MEAS2] se puede activar el canal respectivo. Ver Figura 2-30.

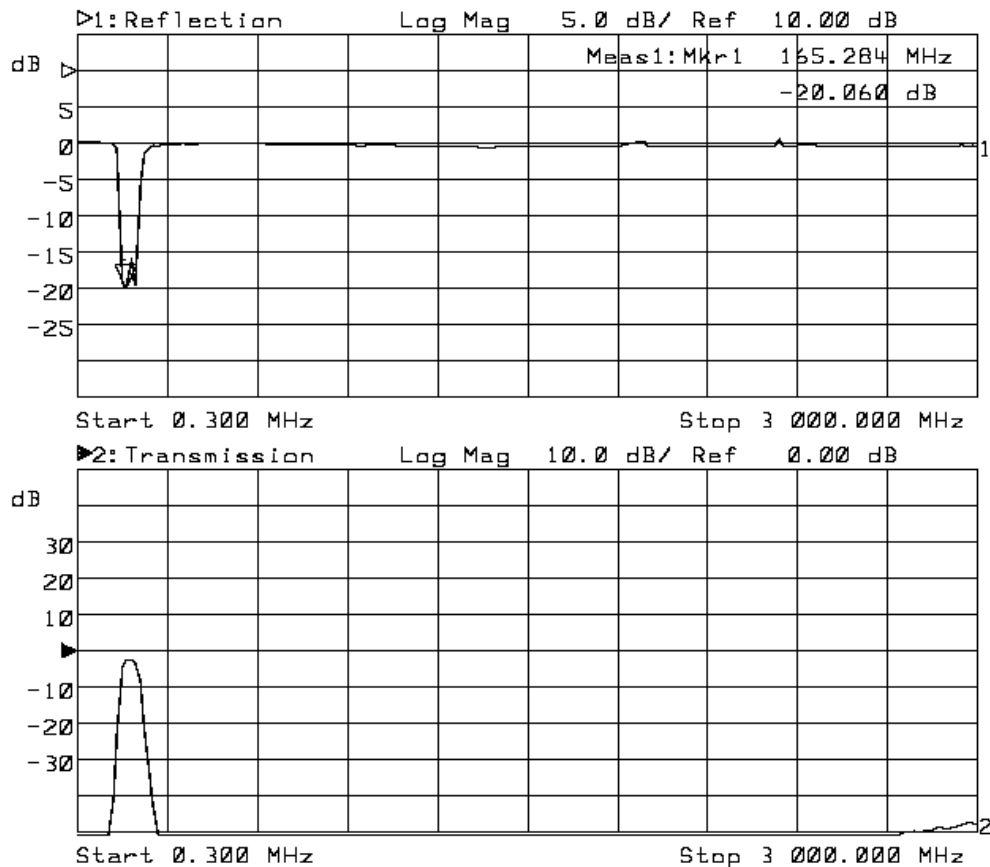


Figura 2-30. División de Pantalla para dos Canales de Medida.

15. Para hallar los mínimos de reflexión en la grafica anterior. Presione el canal correspondiente y luego [MARKER] **Marker Search** **Min Search** **Nex Min** **Left** **Nex Min Right**.

MEDIDA DE LA IMPEDANCIA DE ENTRADA DE UN FILTRO.

16. Para realizar las medida de *impedancia* de entrada presione: [PRESET] [BEGIN] y seleccione la opción **Filter** **Reflection**. La marca 1 nos indica la frecuencia que se utilizara mas adelante. $F = 165.284$ Mhz.
17. Presione: [FORMAT] **Smith Chart**.
18. Presione [ESCALE] **Autoscale**.

Nota: Colocar frecuencia central a 165.284 Mhz, y frecuencia span a 200 Mhz. Para ello presione [FREQ] **Center 165.284 Mhz**, luego **Span 200 Mhz**.

Para ver completamente la figura coloque [SCALE] y con la perilla centre la escala hasta obtener una medida de 1UFS (Full Escale Unity).

Presione [MARKER] para activar una marca y poder observar los datos. Los datos que aparecen en la parte superior derecha corresponden a los siguientes parámetros:

Frecuencia: 165.284 Mhz

Resistencia: 44.2 Ω .

Reactancia: -4.348 Ω

Capacitancia: 221.4 pF.

La Figura obtenida será la siguiente:

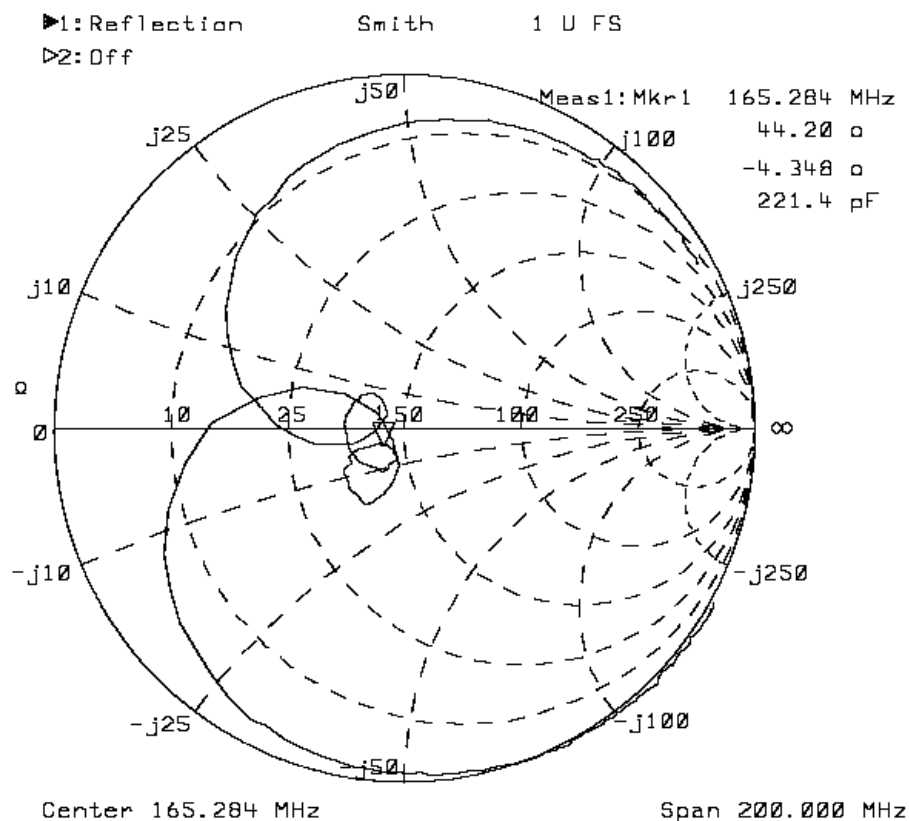


Figura 2-31. Medida de la impedancia de Entrada de un Filtro RF.

P.2.6. ¿Halle en la grafica de la Carta de Smith los valores de *resistencia*, *reactancia* y *capacitancia* o *inductancia* para las siguientes frecuencias?

<i>Frecuencia (Mhz)</i>	<i>Resistencia (Ohm)</i>	<i>Reactancia (Ohm)</i>	<i>Capacitancia (pF)</i> <i>o</i> <i>Inductancia (uH)</i>
140			
150			
160			
170			
180			
190			

19. Para medir la magnitud de la *impedancia* presione: **[FORMAT] More Format Impedance Magnitude**. Ahora ajustamos la escala presionando **[SCALE] Autoscale**.

Presione **[MARKER]** y digite el valor de la frecuencia $f = 165.284$ Mhz.

Y obtenemos la Figura 2-32. Observe que la *impedancia* medida es de 43.989Ω .

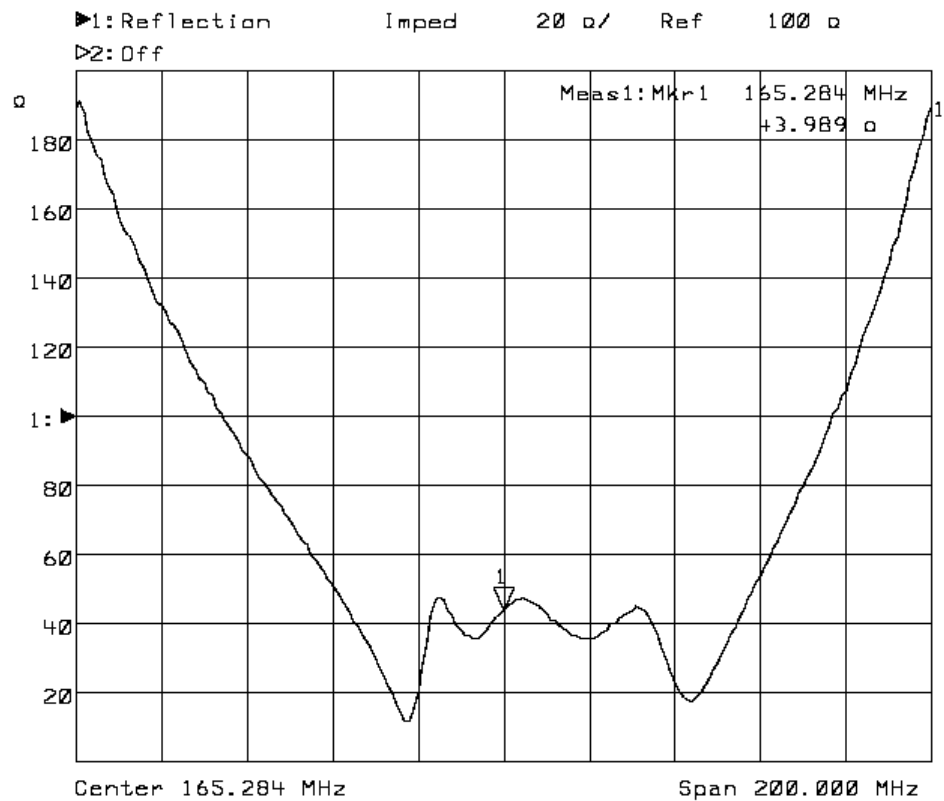


Figura 2-32. Magnitud de Impedancia de Entrada.

En el rango de los picos la *impedancia* tiene un valor de 35 a 47 Ω. Para verificar esto colocamos las marcas 2 y 3.

Presione [**MARKER**] **2:** **off** para activar la marca y mueva la perilla para ubicar la marca 2.

Presione [**MARKER**] **3:** **off** y mueva la perilla para ubicar la marca 3 en un mínimo. Como muestra la Figura 2-33.

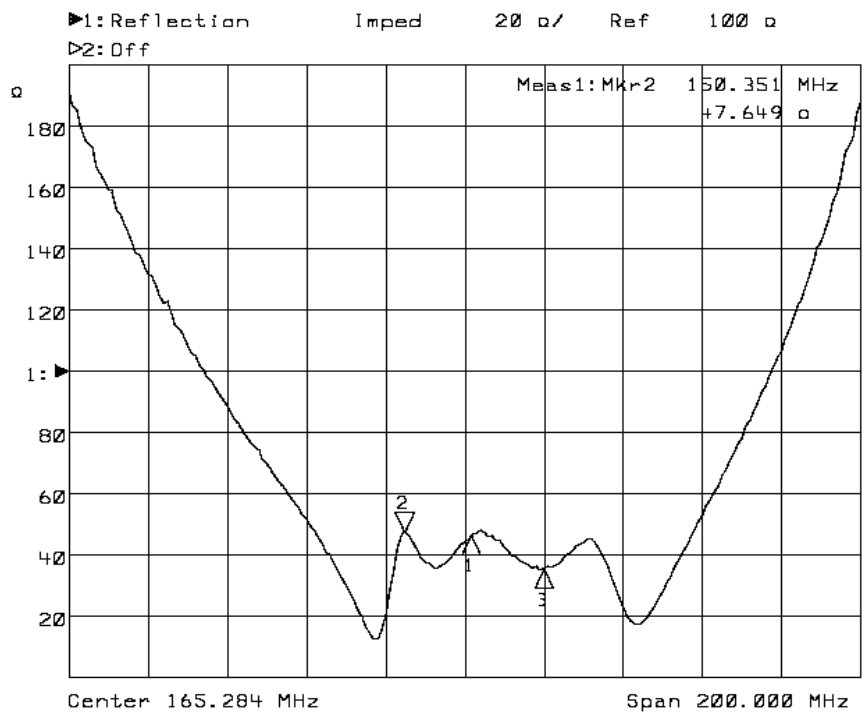


Figura 2-33. Magnitud de Impedancia de Entrada.

Apague las marcas. Presione **[MARKER] All Off** y active la marca 1 a la frecuencia $f = 165.284$ Mhz.

MEDICIÓN DEL COEFICIENTE DE REFLEXIÓN.

20. Ahora medimos el *coeficiente de reflexión* (Γ) en formato polar. Para ello presionamos

[FORMAT] Polar. Hallamos la magnitud y fase de (Γ).

Para fijar o estabilizar la grafica presione:

[MENU] Trigger Hold

Los datos obtenidos son los siguientes: (Figura 2-34)

$P =$ Magnitud: 81.05 mU

$\Phi =$ Fase: -143.2 grados.

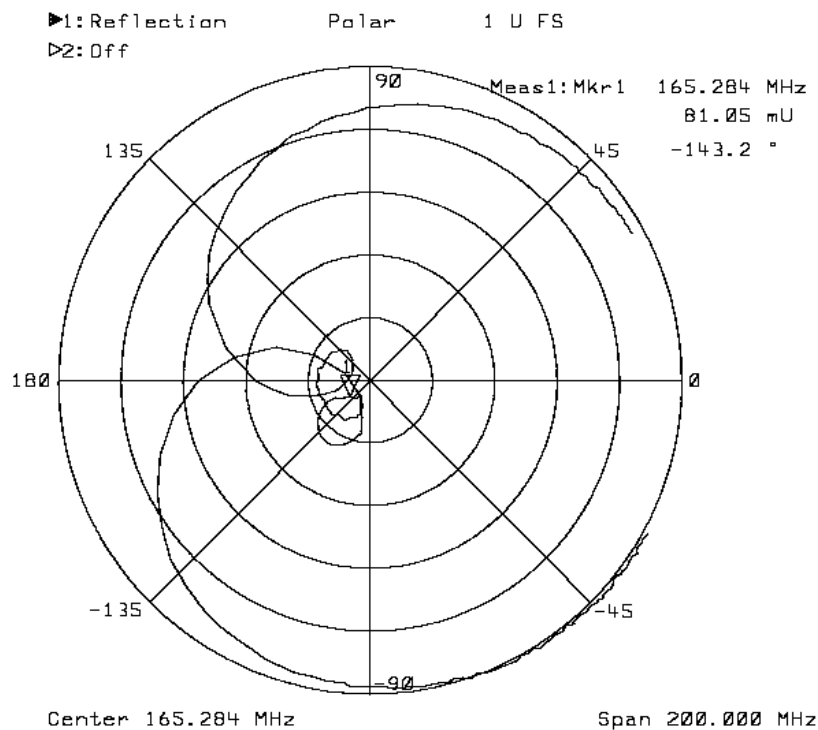


Figura 2-34. Medida del Coeficiente de Reflexión.

P.2.7. ¿Encontrar el valor de la *impedancia* $|Z_{in}|$ del filtro en función de Z_0 (50Ω) y coeficiente de reflexión (Γ). Y comprobar matemáticamente?

Presionamos [MENU] **Trigger Continuos**

También se puede comprobar el cálculo de la parte real e imaginaria del *coeficiente de reflexión*. Para ello presionamos [FORMAT] **More Format** y escogiendo el softkey correspondiente encontramos el valor **Real** y el valor **Imaginary**. Valores que podemos comprobar en la siguiente relación:

$$\rho = |\Gamma| = \sqrt{R_{real}^2 + X_{imaginario}^2}$$

Las figuras obtenidas son las siguientes:

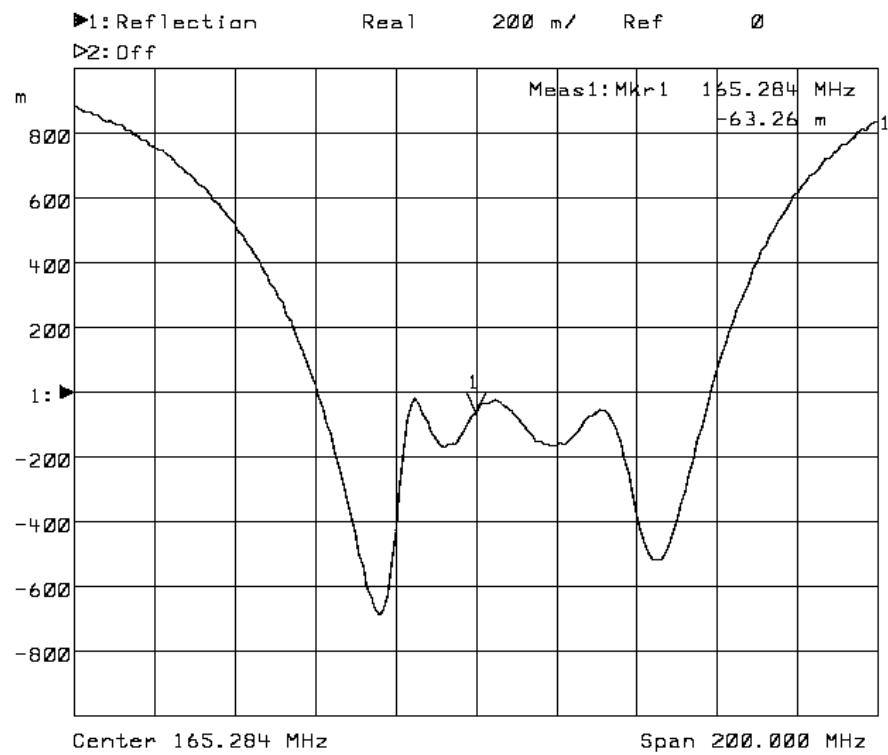


Figura 2-35. Parte Real del Coeficiente de Reflexión.

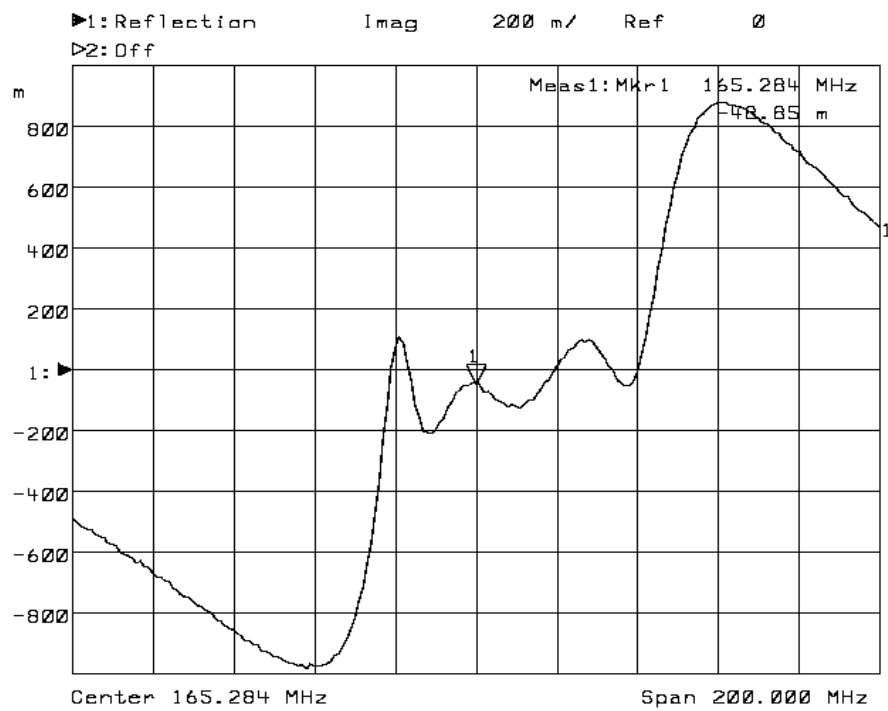


Figura 2-36. Parte Imaginaria del Coeficiente de Reflexión.

MEDIDA DEL RETRASO DE GRUPO

21. Introduzca los parámetros de medida. Presione las siguientes teclas en el Analizador de Red.

[PRESET] [MEAS1] Transmissn [FORMAT] Delay.

[FREQ] Center [175] Mhz Span [200] Mhz

22. Escoja la *apertura*. Cuando escoja la *apertura* hay un cambio entre aperturas mínimas (dando más resolución pero respuestas ruidosas) y aperturas máximas (dando menos resolución pero respuestas suaves). Para este ejemplo, escoja una *apertura* de 4% presionando:

[AVG] Delay Apertura Aperture (%) [4] Enter [SCALE] Reference Level y mueva la perilla frontal para centrar la gráfica o utilice las teclas $\uparrow \downarrow$ del panel frontal del Analizador, para obtener la siguiente gráfica:

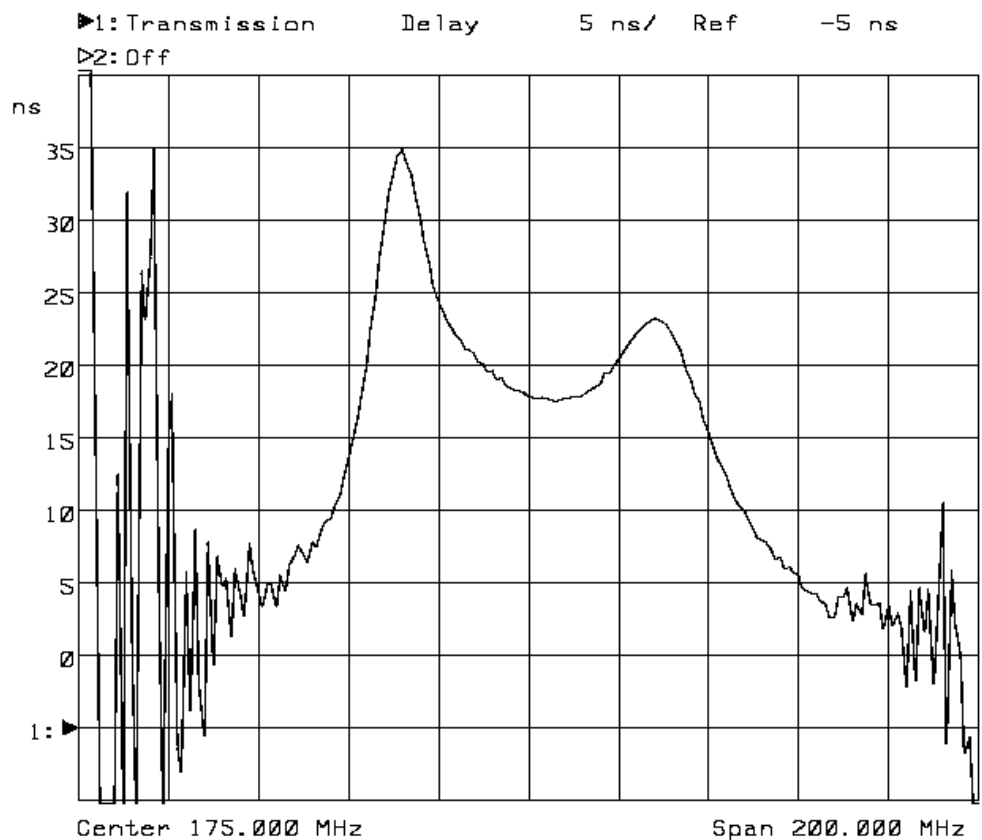


Figura 2-37. Retraso de Grupo de un Filtro RF.

El trazo de la medida representa la cantidad de tiempo que toma para cada frecuencia al viajar a través del filtro.

22. Para determinar rápidamente el punto de retraso máximo del filtro RF, presione **[MARKER] Marker Search Max Search MKr Max** y **Next Peak Right** hasta ubicar la marca como muestra en la Figura 2-38.

Note que la marca leída en la Figura 2-38 provee la frecuencia y el retraso máximo (en nanosegundos), dentro del ancho de banda del filtro.

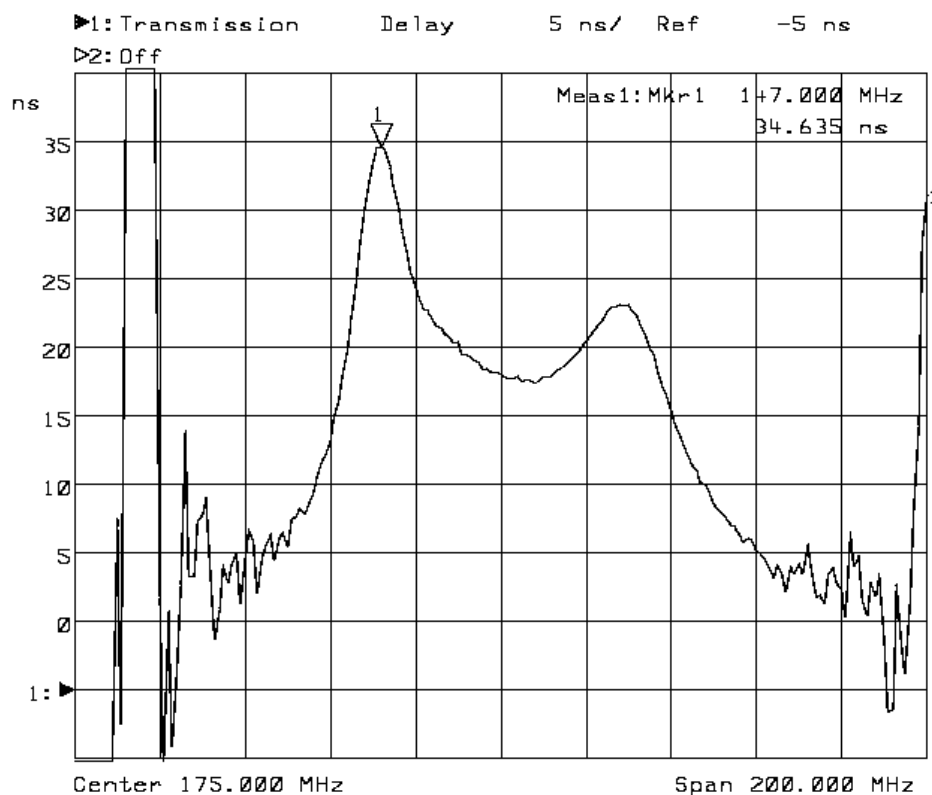


Figura 2-38. Punto de Retraso de Grupo Máximo para un Filtro RF.

P.2.8. En la gráfica de retraso de grupo, halle el retraso a la frecuencia central del filtro, ¿que significan los dos picos en la gráfica?

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS.

P.2.1. ¿Qué significan los puntos de -3 dB en un Filtro RF ?

P.2.2. ¿Qué representa el *Factor de Calidad* (Q) de un filtro?

P.2.3. ¿Qué representa el intervalo entre las marcas 5 y 6?

P.2.4. ¿Para el filtro utilizado en la medida de transmisión, halle el *ancho de banda* para un nivel de -6 dB y compare el resultado con el anterior.?

P.2.5. ¿Utilizando un puerto del Analizador de Red encuentre la medida de reflexión? Compare resultados.

P.2.6. ¿Halle en la grafica de la Carta de Smith los valores de *resistencia*, *reactancia* y *capacitancia* o *inductancia* para las siguientes frecuencias?

<i>Frecuencia (Mhz)</i>	<i>Resistencia (Ohm)</i>	<i>Reactancia (Ohm)</i>	<i>Capacitancia (pF)</i> o <i>Inductancia (uH)</i>
140			
150			
160			
170			
180			
190			

P.2.7. ¿Encontrar el valor de la *impedancia* $|Z_{in}|$ del filtro en función de Z_0 (50Ω) y coeficiente de reflexión (ρ). Y comprobar matemáticamente?

P.2.8. ¿En la gráfica de retraso de grupo, halle el retraso a la frecuencia central del filtro, ¿que significan los dos picos en la gráfica?

P.2.9. ¿Qué significan los picos de *Pérdidas de Retorno* y *Pérdidas de Inserción* en un filtro RF? ¿Qué significa un valor de 0 dB?

P.2.10. ¿Pueden ocurrir *Pérdidas de Inserción* mayores a 0 dB? ¿Por qué?

P.2.11. ¿Por qué no se puede medir el ancho de banda en reflexión?

P.2.12. ¿Cuándo hay adaptación en un dispositivo, cuáles son los valores de la magnitud del *Coefficiente de Reflexión* (ρ), y *Pérdidas de Retorno* (RL) ?

6. RESPUESTAS

7. CONCLUSIONES.

PRACTICA No 3. MEDIDAS DE PÉRDIDAS DE CONVERSIÓN Y PÉRDIDAS DE RETORNO EN UN MEZCLADOR DE BANDA ANCHA.

1. OBJETIVOS.

- Medir las *Pérdidas de Conversión* del mezclador RF SBL-1 de MiniCircuits.
- Realizar las medidas de *Pérdidas de Retorno* de los puertos RF e IF del mezclador de radiofrecuencia de MiniCircuits.
- Comprobar el efecto del filtro RF en las medidas de *Pérdidas de Retorno* del mezclador.
- Entender los efectos de malos acoplamientos como un paso crítico en la medida de dispositivos de traslación de frecuencia, encontrando la forma de solucionarlos.
- Establecer la importancia de la fase de filtrado en diferentes medidas de dispositivos de traslación de frecuencia, en especial en las medidas de *Pérdidas de Conversión*.

2. MARCO TEORICO

INTRODUCCION

Dispositivos de traslación frecuencia (FTDs) como los mezcladores, conversores, y sintonizadores son componentes críticos en la mayoría de sistemas de comunicación de microondas y RF. Como los sistemas de comunicación adoptan tipos de modulación más avanzados, los diseños de FTD se incrementan de forma compleja, las pruebas son más severas con especificaciones más exactas, y la necesidad de reducir costos es más importante.

El instrumento más utilizado para las pruebas de FTD es un Analizador de Red Escalar. Un Analizador de Red escalar usa diodos detectores que pueden detectar una banda ancha de frecuencias. Esta capacidad habilita al Analizador de Red Escalar para detectar señales cuando la frecuencia del receptor es diferente a la frecuencia de la fuente..

EL MEZCLADOR DE RADIOFRECUENCIA.

Un mezclador es un dispositivo de traslación de frecuencia RF. Los mezcladores poseen tres puertos para llevar a cabo la traslación de frecuencia, dichos puertos son: la entrada de Radiofrecuencia RF, la entrada del Oscilador Local LO y la salida de la frecuencia trasladada IF (Frecuencia Intermedia). Ver Figura 2-39.

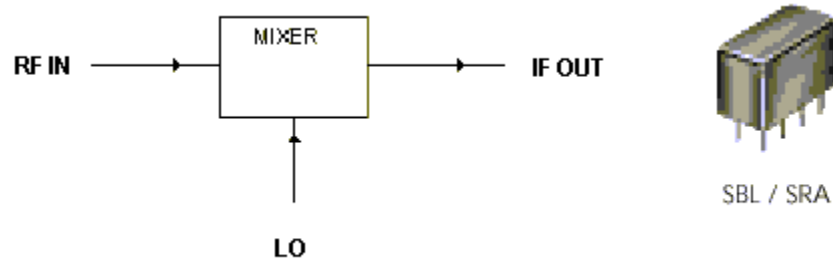


Figura 2-39. Mezclador RF.

Realizando la traslación de frecuencia el mezclador introduce *Pérdidas de Conversión*. Las *Pérdidas de Conversión* son la relación de la potencia de salida IF a la potencia de entrada RF expresada en dB. Esta práctica usa un ejemplo de medida para describir como se mide las *Pérdidas de Conversión* de un mezclador de banda ancha, así como las *Pérdidas de Retorno* de los puertos del mezclador.

Cuando caracterizamos las *Pérdidas de Conversión* del dispositivo, el Analizador de Red usa detección de banda ancha para comparar la señal transmitida por el mezclador con la señal interna de referencia del Analizador de Red. Esto porque las señales de entrada y salida de un dispositivo de traslación de frecuencia pueden ser diferentes. Entonces la detección de banda ancha mide señales para todas las frecuencias, teniendo que usar un filtro a la salida IF para remover señales no deseadas tales como alimentación LO cuando se lleva a cabo esta medida.

Si introducimos una señal RF en la entrada y una señal LO, la salida que se obtiene es la mezcla IF que consiste en la suma y la resta de dichas señales. Por tanto la señales de salida serán:

$$IF = (RF \pm LO)$$

Por ejemplo, una señal RF a 900 Mhz mezclada con un señal LO a 200 Mhz, resulta en una mezcla de señales a 700 Mhz y 1100 Mhz como también a la señal original a 900 Mhz , y la señal LO a 200 Mhz. Ver Figura 2-40.

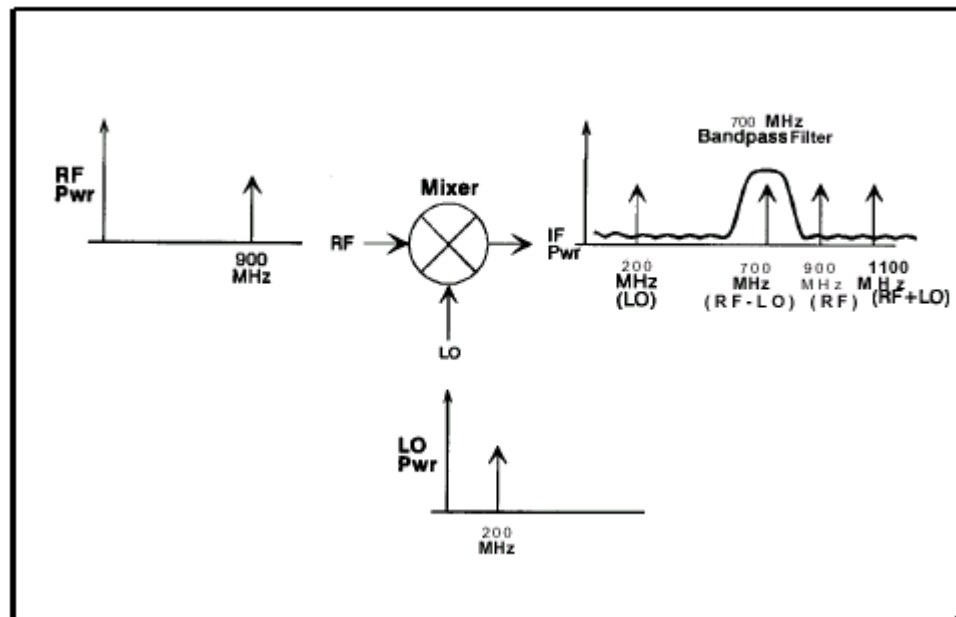


Figura 2-40. Ejemplo de señales de salida del mezclador en el puerto IF.

Insertando un filtro pasa banda de 700 Mhz en la medida se remueven las señales no deseadas de 200 Mhz , 900 MHz y 1100 MHz, dando una medida precisa de la señal IF deseada a 700 Mhz.

PERDIDAS DE CONVERSION

Definición e Importancia

Las medidas de *Pérdidas de Conversión*, como muestra la Figura 2-41, donde eficazmente un mezclador convierte energía de una frecuencia a otra, se define como la relación de potencia de salida a la potencia de entrada dada una potencia LO.

Una potencia especificada de LO es necesaria porque mientras la *Pérdida de Conversión* de un mezclador normalmente es muy suave dentro de la frecuencia Span, el promedio de pérdidas variará con el nivel de LO, como varían los cambios de impedancia en los diodos del mezclador. Como muestra en la Figura 2-42, las *Pérdidas de Conversión* normalmente

son medidas contra frecuencia, cualquiera de las dos, la frecuencia IF (con una frecuencia LO fija) o frecuencia RF (con una frecuencia IF fija) pueden ser medidas, en nuestro caso emplearemos la primera.

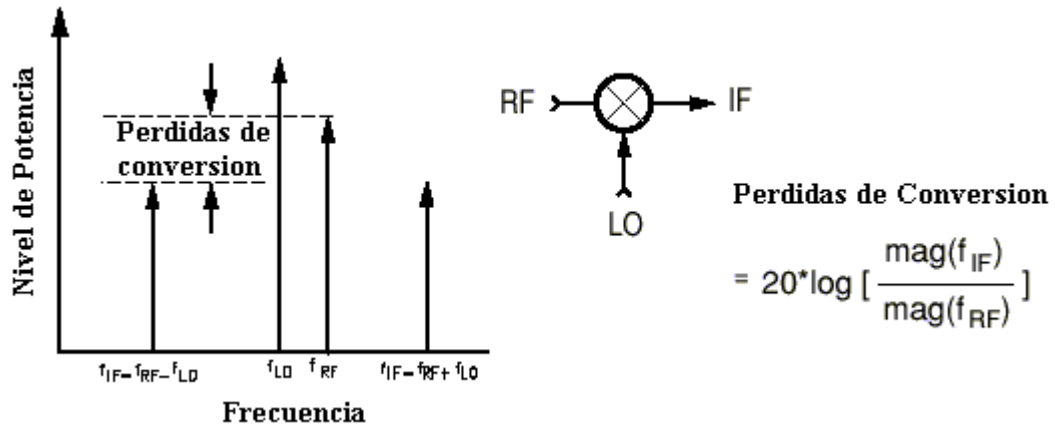


Figura 2-41. Pérdidas de Conversión.

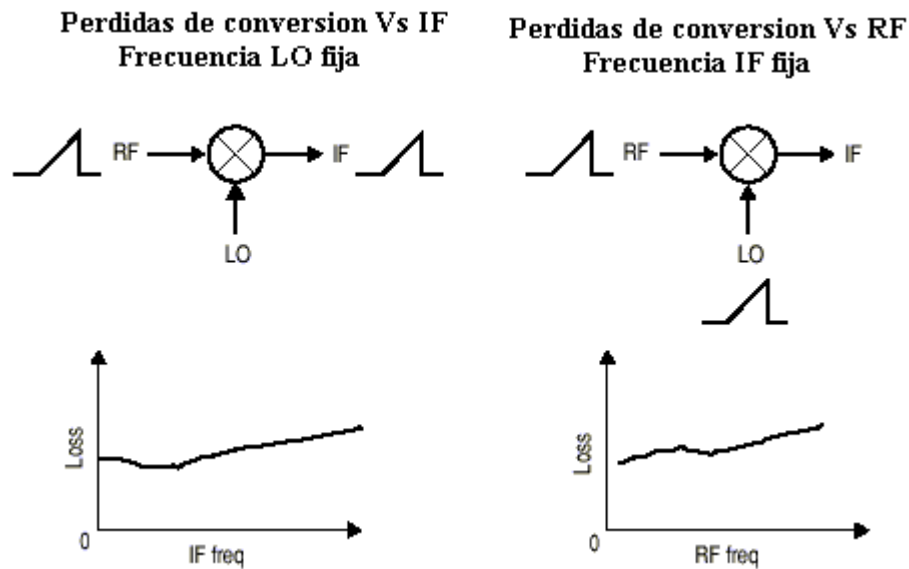


Figura 2-42. Dos tipos de medidas de Pérdidas de Conversión.

IMPORTANCIA DE LA PROPIEDAD DE FILTRADO EN LA MEDIDA DE PERDIDAS DE CONVERSIÓN.

Para minimizar la detección de señales indeseables, un filtro debe ponerse al puerto detector para pasar las señales IF deseadas pero rechazando las otras señales. La Figura 2-43 muestra un ejemplo de medidas que pueden resultar cuando se usa un inadecuado filtrado IF en una configuración del Analizador de Red. El ejemplo muestra las medidas de *Perdidas de Conversión* realizadas con y sin filtro IF para observar los efectos del filtrado.

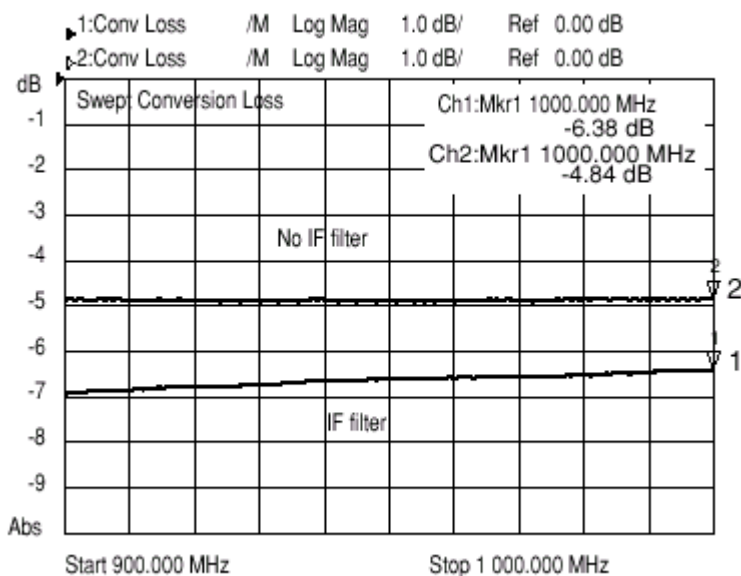


Figura 2-43. Respuesta de Pérdidas de Conversión con y sin filtro.

En la Figura 2-43, las *Pérdidas de Conversión* medidas sin el filtro IF parecen ser mejor de lo que realmente son. La falta de un filtro IF genera resultados erróneos, las *Pérdidas de Conversión* son mayores debido a las señales no deseadas.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1 MATERIALES UTILIZADOS

- Analizador de Red Hewlett Packard 8714C.
- Filtro RF, modelo NBP-177-1.
- Kits de Calibración (HP 85032 Type- N) del Analizador de Red.
- Mezclador de radiofrecuencia SBL-1 de Mini-Circuits.
- Generador de Radiofrecuencia (Oscilador Local) HP 8656B.
- Conectores BNC para cable coaxial.
- Cargas de 50, y 75 Ω .
- Varios tipos de conectores, terminaciones.

3.2. MEDIDA DE PÉRDIDAS DE CONVERSIÓN Y PÉRDIDAS DE RETORNO EN UN MEZCLADOR DE BANDA ANCHA.

Especificaciones del Mezclador SBL-1 de Mini-Circuits.

Emplearemos un mezclador SBL-1 de Mini-Circuits porque es muy económico, y tiene muy buenas características. La respuesta de RF cubre de 1 a 500 Mhz. Las *Pérdidas de Inserción* del mezclador serán levemente menor que 6 dB.

Los mezcladores de Mini-Circuits proporcionan *Pérdidas de Conversión* típicas de 5 a 7 dB, aislamiento de los puertos LO-IF típicamente en el orden de 50 a 60 dB. Así mismo, el aislamiento de los puertos LO-RF de 50 a 60 dB.

Las demás características se muestran en la siguiente hoja de especificaciones:

CARACTERISTICAS DEL MEZCLADOR SBL-1

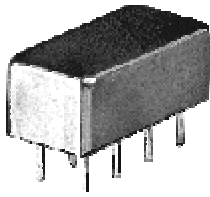


Tabla 2-2. Configuración de pines SBL-1

Port	LO	RF	IF	Gnd Ext.	Case Gnd	Not Used
d	8	1	3,4 [^]	2,5,6,7	-	-

[^] pines que deben conectarse juntos externamente.

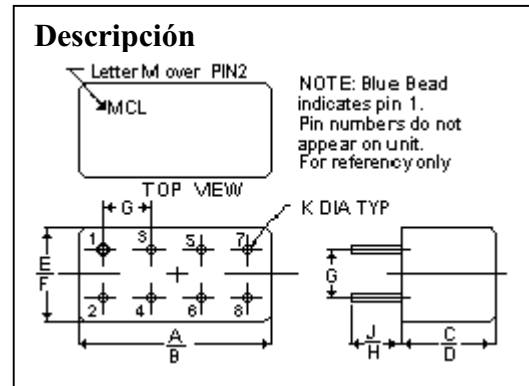


Tabla 2-3. Desempeño típico del SBL-1

SBL-1		Conversion Loss (dB)			ISO	Isolation L-R (dB)			Isolation L-I (dB)		
RF MHz	LO MHz	LO +4 dBm	LO +7 dBm	LO +10 dBm	LO (MHz)	LO +4 dBm	LO +7 dBm	LO +10 dBm	LO +4 dBm	LO +7 dBm	LO +10 dBm
1.000	31.000	6.99	6.67	6.45	1.000	62.73	67.00	68.01	61.88	65.61	70.00
2.000	32.000	6.50	6.24	6.05	2.000	61.86	67.00	67.46	61.93	67.00	70.00
5.000	35.000	5.96	5.74	5.60	5.000	61.73	64.84	66.12	62.43	67.00	70.00
10.000	40.000	5.85	5.58	5.46	10.000	61.35	64.19	65.15	61.72	64.81	66.04
20.000	50.000	5.96	5.67	5.51	20.000	60.14	62.22	62.01	60.33	61.69	61.30
32.188	62.190	5.86	5.60	5.51	32.188	58.85	59.04	58.99	58.27	57.74	57.09
50.000	80.000	5.84	5.60	5.49	50.000	56.98	56.71	55.75	54.84	54.39	53.61
78.970	48.970	5.83	5.56	5.44	78.970	54.05	52.21	50.75	51.16	49.67	48.53
100.000	70.000	5.74	5.52	5.43	100.000	51.39	49.41	48.33	48.54	46.90	46.10
156.940	126.940	5.69	5.53	5.47	156.940	45.18	44.20	43.99	42.22	41.66	41.00
200.000	170.000	5.85	5.68	5.60	200.000	41.88	41.56	41.75	39.00	38.98	39.60
203.720	173.720	5.83	5.67	5.56	203.720	41.46	41.05	41.34	38.60	38.52	39.23
250.500	220.500	5.80	5.63	5.47	250.500	40.14	40.04	40.21	37.21	37.29	37.77
297.290	267.290	5.77	5.61	5.48	297.290	36.89	36.90	37.90	33.86	33.97	34.98
344.070	314.070	5.93	5.81	5.72	344.070	36.80	37.11	37.44	33.43	33.88	34.36
375.260	345.260	6.28	6.13	5.97	375.260	34.83	36.02	37.25	31.69	32.79	34.20
406.440	376.440	6.27	6.15	6.07	406.440	33.09	34.80	36.66	29.68	31.05	32.79
437.630	407.630	6.38	6.08	5.88	437.630	32.48	33.79	35.38	29.38	30.39	31.81
468.820	438.820	6.48	6.00	5.73	468.820	32.24	32.80	34.05	29.76	30.12	30.96
500.000	470.000	6.90	6.31	5.99	500.000	32.48	32.36	33.04	30.19	30.37	30.65

3.3 PROCEDIMIENTO.

1. Verifique que el equipo este apagado y conéctelo a la red de potencia AC. Encienda el equipo subiendo el switch izquierdo. Espere unos segundos mientras el Analizador carga la información del Sistema Operativo.
2. Para realizar las medidas presione **[PRESET]**. Configura y coloca el instrumento en un estado con parámetros predefinidos. Por defecto se incluye el canal 1 para medida de transmisión.
3. Para realizar las medidas de *Pérdidas de Conversión* seleccionamos el canal 1. Así: **[MEAS 1] More Conversion Loss**.
4. Realizando una calibración normalizada.

Normalización es un tipo de calibración. El Analizador de Red almacena datos normalizados en la memoria y divide subsecuentemente las medidas por el dato almacenado para remover errores de respuestas de frecuencia no deseadas.

Esta calibración es usada por esta medida para remover errores de *Pérdidas de Inserción* del filtro IF. Cambiando la frecuencia Span o número de puntos de medida invalidará una calibración normalizada.

5. Conecte el equipo como se muestra en la Figura 2-44, para realizar la calibración normalizada.

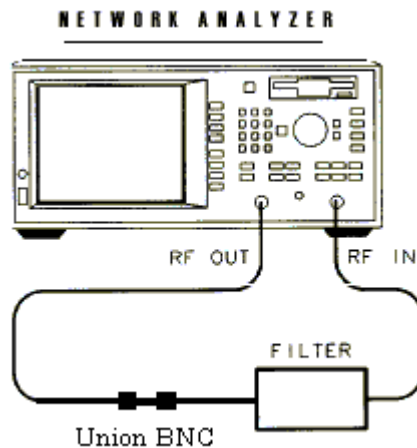


Figura 2-44. Configuración del equipo para la calibración.

6. Coloque los siguientes parámetros de frecuencia.

Presione **[FREQ] Center 165,284 Mhz SPAN [20] Mhz**. La frecuencia de 165.284 Mhz corresponde a la frecuencia central del filtro utilizado.

7. Presione **[DISPLAY] Normalize**. Esto reemplaza la respuesta del filtro pasa banda en la memoria, y coloca el trazo normalizado, también remueve la magnitud de respuesta del filtro en la medida. Note que al realizar este tipo de calibración aparece el símbolo “ / M ” en la parte superior de la pantalla.
8. Conectando el mezclador SBL-1 para la medición.

Reemplace la unión BNC con el mezclador como muestra la Figura 2-45. Conecte el puerto de salida IF OUT del mezclador al filtro, la salida del oscilador local (apagada) se conecta al puerto LO del mezclador y el puerto de salida del Analizador RF OUT se conecta al puerto RF del mezclador.

Precaución:

Antes de conectar el oscilador local (generador RF) al mezclador, debe tener en cuenta que la salida debe estar en el rango de trabajo del mezclador (0-500 Mhz) y el nivel de potencia RF debe estar en unidades dBm (-7 dBm a 5 dBm). Se hace esto para no causar daños al mezclador y a los resultados de medida. La fuente RF del oscilador local debe estar apagada cuando se realice la conexión al puerto LO del mezclador.

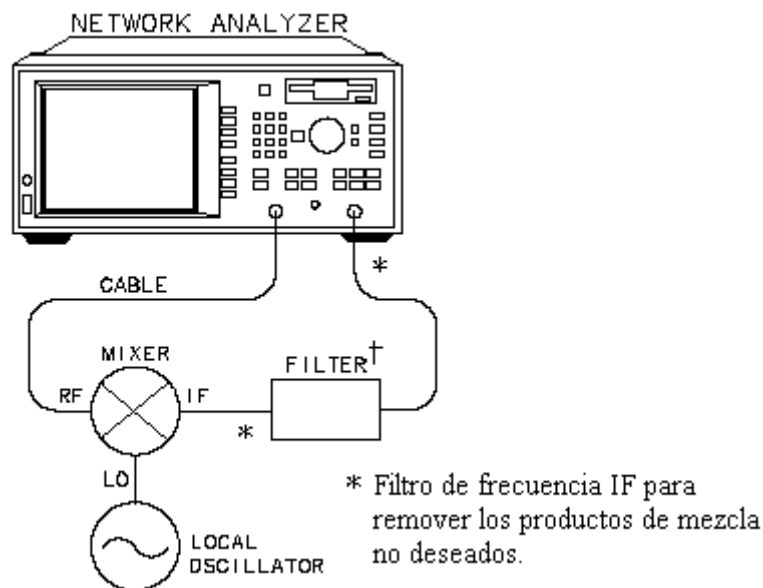


Figura 2-45. Configuración del equipo para la medida de Pérdidas de Conversión.

Conectando el puerto de salida del Oscilador Local.

- a. Fijar la frecuencia del Oscilador Local en 50 Mhz y con un nivel de potencia RF de +4 dBm y desactivar la señal de salida presionando la tecla [RF ON /OFF].
- b. Conectar la salida RF OUTPUT del Oscilador Local al puerto LO del mezclador.
- c. Actível la señal de salida RF del Oscilador Local presionando la tecla [RF ON /OFF].

Las *Pérdidas de Conversión* del mezclador serán medidas con una frecuencia de entrada RF de 20 Mhz de *frecuencia Span* centrada a 215.284 Mhz (para obtener la frecuencia IF

de 165.284 Mhz = 215.284 Mhz – 50 Mhz) Con una frecuencia LO de 50 Mhz y +4 dBm de amplitud, la frecuencia IF del mezclador será barrida sobre 20 Mhz de *frecuencia Span* centrada a 165.284 Mhz.

9. Presione [FREQ] Center [215.284] Mhz cambia la *frecuencia central* del producto mezclado en la banda pasante del filtro IF (165.284 Mhz). La frecuencia de 215,284 Mhz corresponde a la frecuencia de la señal RF de entrada al mezclador.

10. Presione [SCALE] [Scale/div] 5 [Enter] [Reference Level] 0 [Enter] se obtiene la Figura 2-46, donde las *Pérdidas de Conversión* están por debajo de –5 dB.

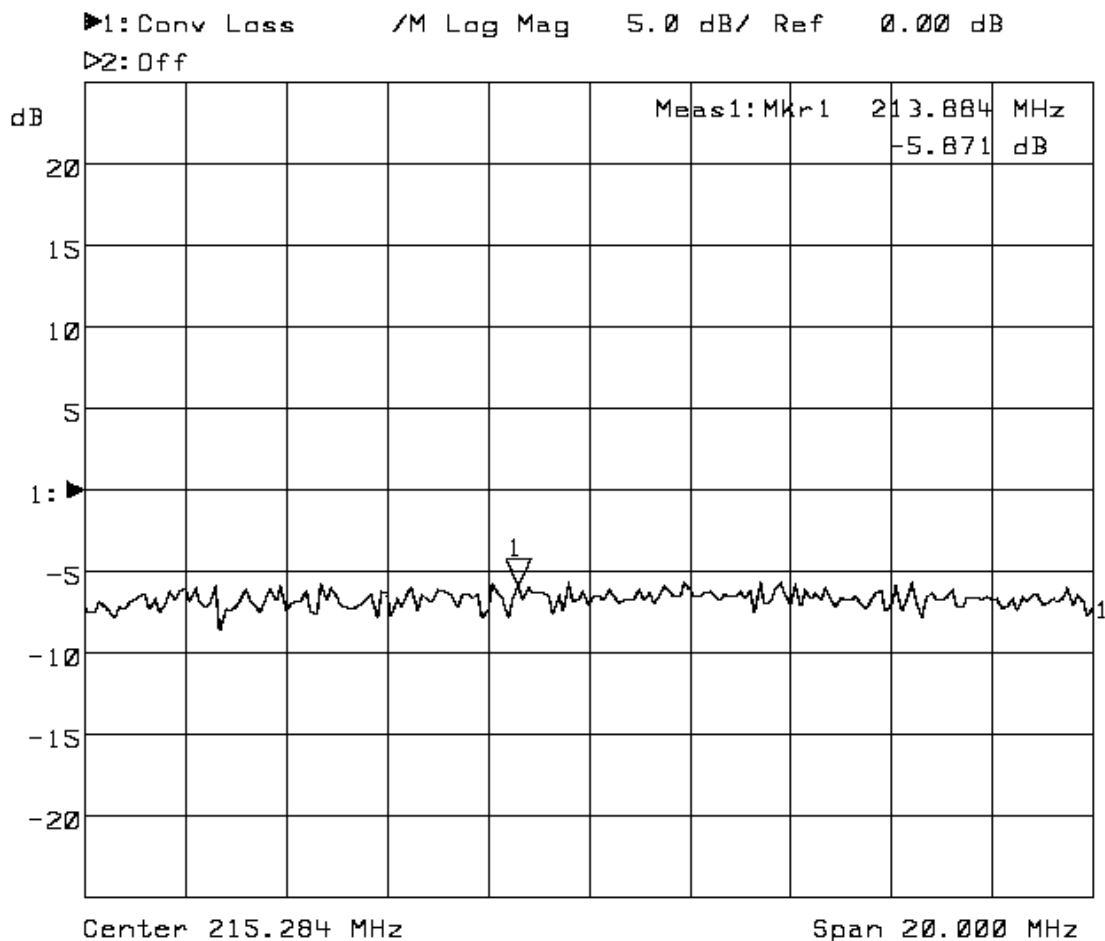


Figura 2-46. Pérdidas de Conversión del Mezclador RF.

El Analizador calcula la medida trazada usando la siguiente formula:

$$\text{Pérdidas de Conversión (dB)} = 10 \text{ Log} \left(\frac{P_{\text{trans}}}{P_{\text{inc}}} \right)$$

Donde:

P_{trans}: Potencia medida a la salida IF mezclador

P_{inc}: Potencia incidente en la entrada RF.

Los valores mostrados en el eje horizontal representa la fuente RF de salida. Los valores mostrados en el eje vertical son la relación de potencia en dB de la señal transmitida a través del dispositivo dividida por la potencia incidente. El Analizador muestra los resultados en el formato de magnitud logarítmica (designado por Log Mag en la parte superior de la pantalla).

P.3.1. ¿Encuentre las frecuencias donde las *Pérdidas de Conversión* son máximas y mínimas?

Calculo del valor promedio de las Pérdidas de Conversión.

11. El valor promedio de las *Pérdidas de Conversión* con frecuencia central de 215.284 Mhz y frecuencia Span de 20 Mhz, se calcula de la siguiente manera:

[MARKER] Marker Function Marker Math Statistics coloque la marca 1 en el extremo derecho y la marca 2 en el extremo izquierdo, observe un promedio de -6,835 dB en la Figura 2-47. También aparecen otros datos estadísticos como:

Desviación estándar = 0.539 dB

Diferencia pico-pico = 3.353 dB

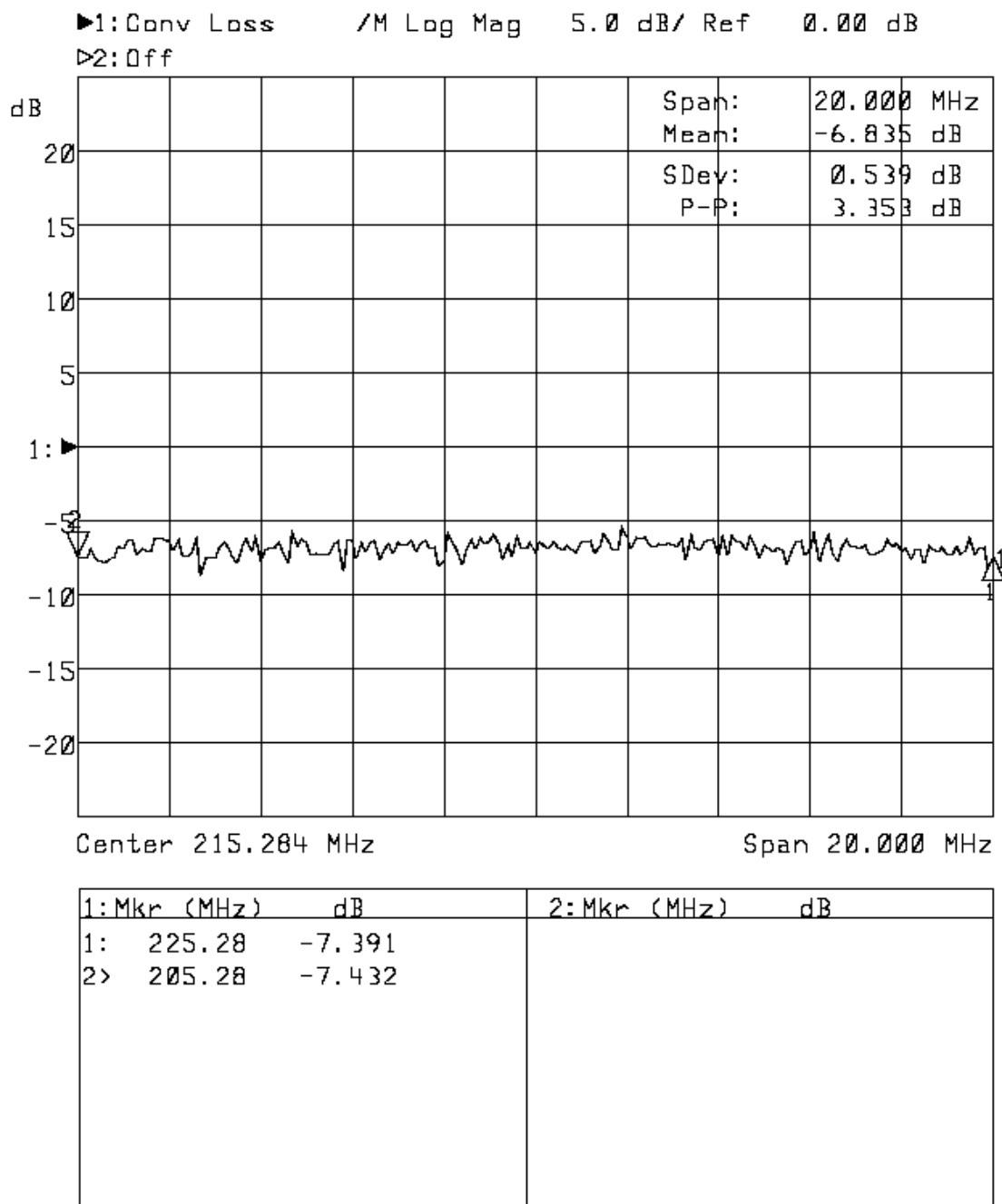


Figura 2-47. Promedio de las Pérdidas de Conversión.

Presione [MARKER] **Marker Function** **Marker Math** **Math Off**

P.3.2. Varíe el nivel de potencia LO de + 4dBm a +7 dBm. Las *pérdida de conversión* aumentan o disminuyen?

12. MEDIDA DE PÉRDIDAS DE RETORNO.

Para llevar a cabo este tipo de medida se utiliza el montaje anterior, siendo necesario desconectar el puerto RF IN del Analizador de Red, ya que se trabajará con algunos puertos del mezclador terminados en carga.

13. Medida de perdidas de retorno del puerto RF usando carga de 50 Ω .

Realice la configuración del hardware como se muestra en Figura 2-48.

- a. Apagar la señal RF del Analizador de Red: **[POWER][RF on/OFF]**
- b. Suprimir la señal del Oscilador Local presionando la tecla **[RF ON/OFF]**.
- c. Desconectar el filtro del puerto IF OUT del mezclador y del Analizador.
- d. Conectar la carga de 50 Ω en el puerto IF OUT del mezclador.

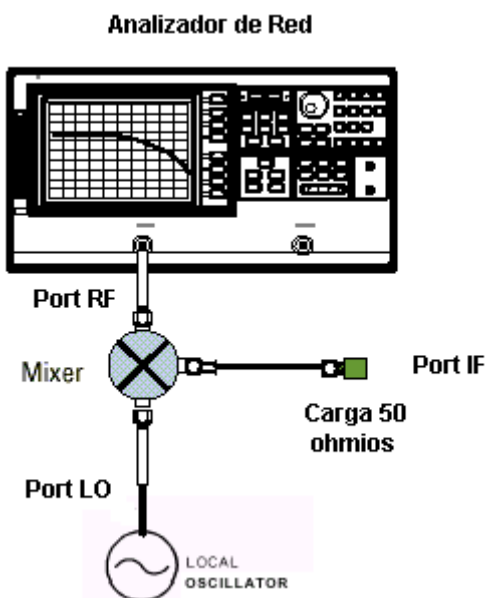


Figura 2-48. Configuración para Pérdidas de Retorno del puerto RF.

La medida de *Pérdidas de Retorno* del mezclador puede ser caracterizada usando la reflexión del puerto RF del mezclador. En este caso, el puerto IF del mezclador se termina con una carga de 50Ω . El oscilador local se ajusta con los mismos niveles de frecuencia y amplitud utilizados anteriormente (50 Mhz y +4 dBm).

14. Active las señales RF del Analizador de Red **[POWER][RF ON/off]** y del Oscilador Local presionando la tecla **[RF ON/OFF]**.

15. Para realizar las medidas de *Pérdidas de Retorno* del puerto RF presionamos:

[PRESET] [BEGIN] [Mixer] [Reflection]

[FREQ] [Start] 0.300 [Mhz] [Stop] 500 [Mhz]

[SCALE] [Autoscale] [MARKER] 165.284 Mhz Obtendrá la Figura 2-49.

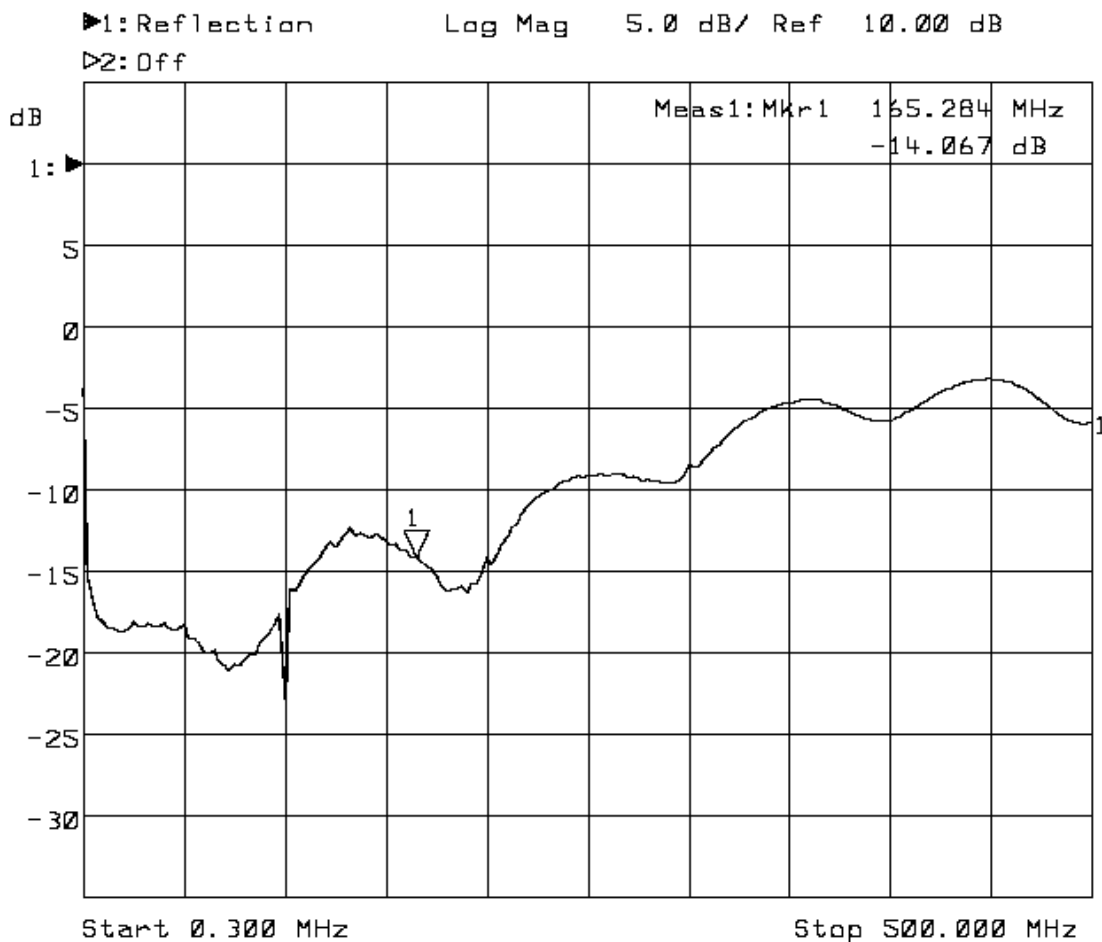


Figura 2-49. Pérdidas de Retorno del puerto RF

P.3.3. ¿Determine las *Pérdidas de Retorno* mínimas del puerto RF del mezclador?

16. Medida de pérdidas de retorno del puerto RF usando el filtro RF y la carga de 50 Ω .

Realice el montaje de la Figura 2-50 conectando la carga de 50 Ω al puerto IF a través del filtro RF, para observar el efecto del filtro en la medida. Para realizar el montaje es necesario apagar las fuentes de potencia RF, así:

Apagar la señal RF OUT del Analizador de Red presione: **[POWER][RF on/OFF]**.

Suprimir la señal del Oscilador Local presionando la tecla **[RF ON/OFF]**.

Conecte el Filtro RF como muestra la Figura 2-50, active las señales RF del Analizador de Red presionando **[POWER][RF ON/off]** y del Oscilador Local presionando **[RF ON/OFF]**.

Presione **[SCALE] [Autoscale] [MARKER] 165.284 Mhz**

Y obtendrá los resultados de la Figura 2-51.

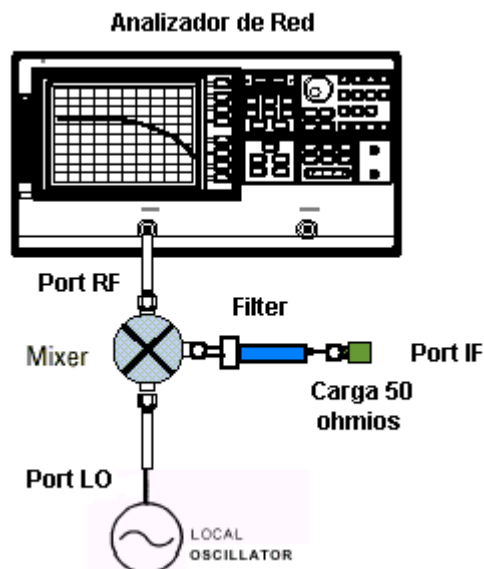


Figura 2-50. Configuración para Pérdidas de Retorno del puerto RF usando el Filtro.

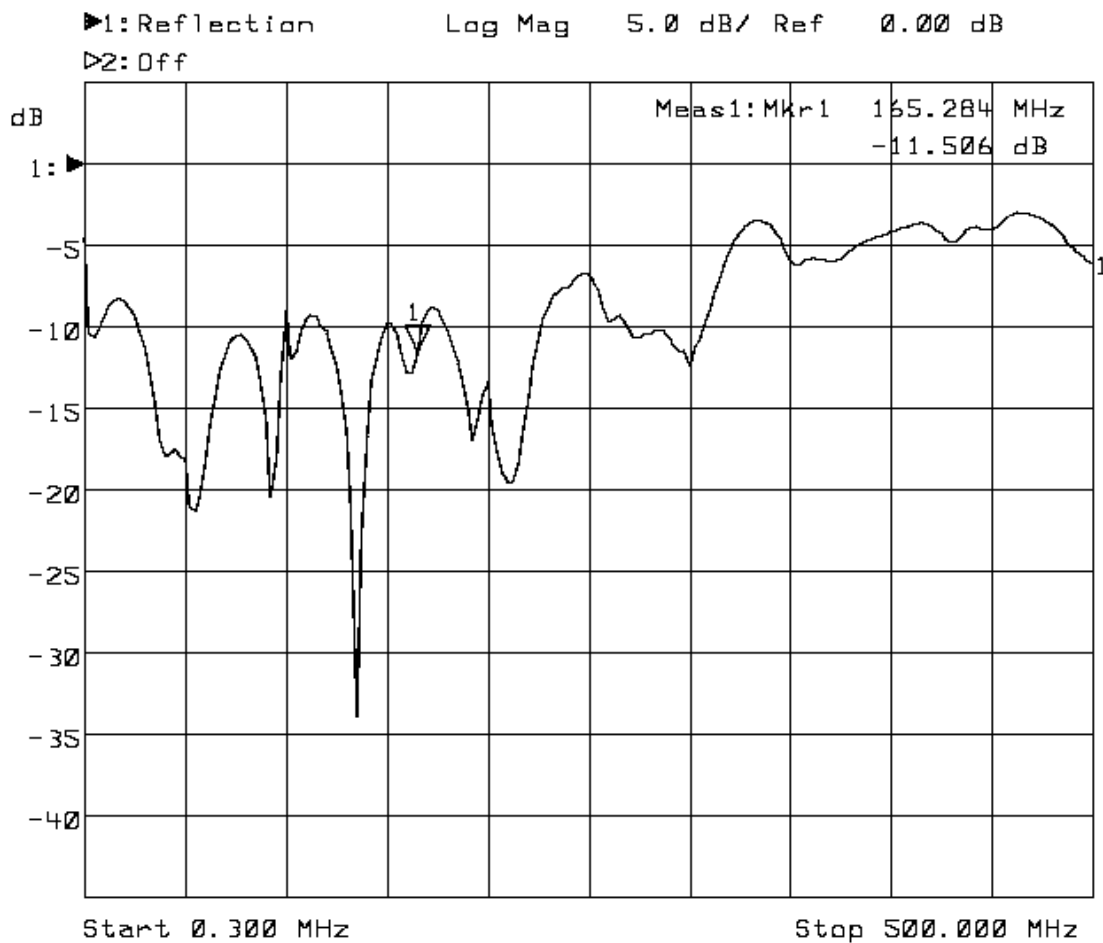


Figura 2-51. Pérdidas de Retorno del puerto RF usando el filtro.

P.3.4. ¿Explique el efecto del filtro sobre las *Pérdidas de Retorno* en el puerto RF del mezclador?

17. Medida de pérdidas de retorno del puerto IF.

Para realizar el montaje de la Figura 2-52 es necesario apagar las fuentes de potencia RF, así:

Apagar la señal RF OUT del Analizador de Red presione: **[POWER][RF on/OFF]**.

Suprimir la señal del Oscilador Local presionando la tecla **[RF ON/OFF]**.

Realice la configuración como se muestra en Figura 2-52. Conecte el puerto IF OUT del mezclador al puerto RF OUT del Analizador de Red y termine el puerto RF del mezclador con una carga de 50 Ω .

Active las señales RF del Analizador de Red presionando **[POWER][RF ON/off]** y del Oscilador Local presionando **[RF ON/OFF]**.

Presione **[PRESET] [BEGIN][Mixer][Reflection]**

[FREQ] [Start] 0.300 [Mhz] [] [Stop] 500 [Mhz]

Presione **[SCALE] [Autoscale]** Y obtendrá los resultados de la Figura 2-53.

Para determinar rápidamente las *Pérdidas de Retorno* mínimas del mezclador presione **[MARKER] Marker Search Min Search Mkr Min.**

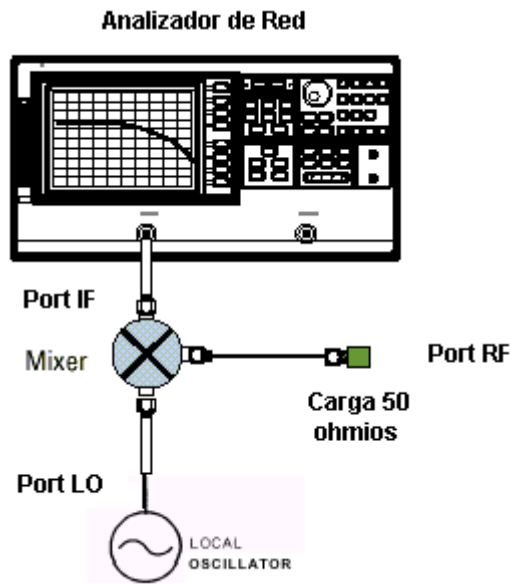


Figura 2-52. Configuración para Pérdidas de Retorno del puerto IF.

Las *Pérdidas de Retorno* como una función de la frecuencia del puerto IF de un mezclador de banda ancha es medido en el Analizador de Red. El puerto RF del mezclador es terminado con una carga de 50Ω . El oscilador local se ajusta con los mismos niveles de frecuencia y amplitud utilizados anteriormente (50 Mhz y +4 dBm).

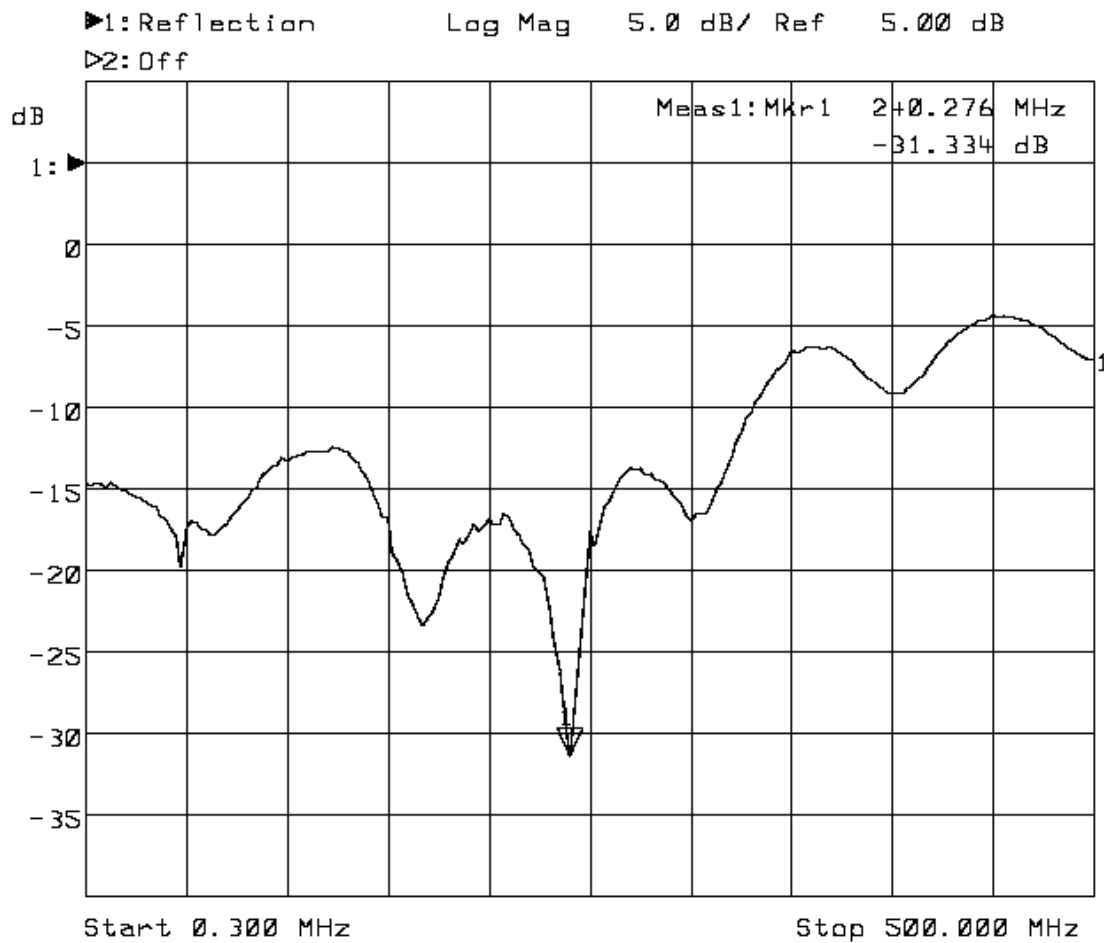


Figura 2-53. Pérdidas de Retorno del puerto IF.

P.3.5. ¿Halle las *Pérdidas de Retorno* del puerto IF colocando una carga de 75Ω en el puerto RF del mezclador y compare los resultados obtenidos con la grafica anterior?

Las *Pérdidas de Retorno* del puerto IF como una función de frecuencia es mostrada en la Figura 2-53. Las *Pérdidas Retorno* muestran los picos típicos y los valles que ocurren cuando hay múltiples reflexiones que se suman y restan sobre el rango de frecuencia medido.

La amplitud de cada impulso muestra la cantidad promedio de la señal reflejada de cada discontinuidad. Las reflexiones de la figura son causadas por discontinuidades presentes dentro del mezclador: por ejemplo, los conectores de entrada, salida y los transformadores.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS.

P.3.1. ¿Encuentre la frecuencia donde las *Pérdidas de Conversión* son máximas y mínimas?

P.3.2. Varíe el nivel de potencia LO de +4 dBm a +7 dBm. Las *pérdida de conversión* aumentan o disminuyen?

P.3.3. ¿Determine las *Pérdidas de Retorno* mínimas del puerto RF del mezclador?

P.3.4. ¿Explique el efecto del filtro sobre las *Pérdidas de Retorno* en el puerto RF del mezclador?

P.3.5. ¿Halle las *Pérdidas de Retorno* del puerto IF colocando una carga de 75Ω en el puerto RF del mezclador y compare los resultados obtenidos con la gráfica anterior?

P.3.6. ¿Es importante el nivel de señal LO presente en el puerto del oscilador local en un mezclador de radiofrecuencia, cuando se desea realizar medidas de *Pérdidas de Conversión* y de *retorno*?

P.3.7. Al medir reflexión sobre un dispositivo de tres puertos, es importante terminar los puertos que no están siendo medidos con una impedancia típica de 50 o 75Ω . ¿Por qué?

P.3.8. ¿Es posible que un mezclador de RF en su rango de trabajo para alguna frecuencia, presente *Pérdidas de Conversión* de 0 dB o mayores a 0 dB (Ganancia)?

6. RESPUESTAS.

7. CONCLUSIONES.

PRACTICA No 4. MEDIDA DE PARÁMETROS DE UN AMPLIFICADOR DE RF.

1. OBJETIVOS.

- Estudiar los principales parámetros que caracterizan un Amplificador.
- Conocer las precauciones necesarias en la medida de Amplificadores con el Analizador de Red.
- Determinar los *parámetros S* (S_{11} , S_{21} , S_{12} y S_{22}), el SWR y la *potencia* de salida absoluta de un Amplificador Monolítico.

2. MARCO TEORICO

Parámetros de Amplificador

Ganancia

La *ganancia* de un amplificador se define como la relación de la potencia de salida del amplificador entregada a la carga a la *potencia* de entrada entregada desde una fuente de *impedancia* Z_0 , donde Z_0 es la *impedancia* característica en la cual el amplificador se usa.

En términos logarítmicos, la *ganancia* es la diferencia en dB entre los niveles de potencia de salida y de entrada.

Ganancia plana

La variación de la *ganancia* sobre el rango de frecuencia del amplificador.

Aislamiento inverso

La medida de transmisión desde la salida a la entrada. Similar a la medida de *ganancia* excepto que el estímulo de la señal se aplica a la salida del amplificador.

Desviación de fase lineal

La cantidad de variación de un cambio de *fase lineal*. Idealmente, el cambio de *fase* a través de un amplificador es una *función lineal* de la frecuencia.

Pérdidas de Retorno (SWR, ρ)

La medida de la desigualdad de la reflexión a la entrada o a la salida del amplificador relativa a la *impedancia característica* Z_0 del sistema.

$$\text{Coeficiente de Reflexión } \Gamma = \frac{V_{\text{reflejado}}}{V_{\text{incidente}}} = \rho \angle \Phi$$

$$\text{Perdidas de Retorno} = -20 \text{ Log } (\rho), \quad \rho = |\Gamma|$$

$$\text{SWR} = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$

Impedancia compleja

La cantidad de energía reflejada de un amplificador se relaciona directamente a su *impedancia*. La *impedancia compleja* consiste de un componente resistivo y un componente reactivo. Se deriva de la *impedancia característica* del sistema y el *coeficiente de reflexión*.

$$Z = (1 + \Gamma / 1 - \Gamma) * Z_0 = R + jX$$

Ganancia de compresión

Un amplificador tiene una región de *ganancia* lineal donde la *ganancia* es independiente del nivel de potencia de entrada “ganancia de señal pequeña”. Cuando la potencia se aumenta a un nivel que causa saturación del amplificador, la *ganancia* disminuye, resultando una respuesta de “señal grande”. Ver Figura 2-54 (a)

La *ganancia de compresión* se determinada midiendo el punto de compresión de *ganancia* de 1 dB del amplificador. Este es el punto donde la potencia de salida cae 1 dB relativa a la *ganancia* de señal pequeña. Ver Figura 2-54 (b). Ésta es una medida común de la capacidad de salida de potencia de un amplificador.

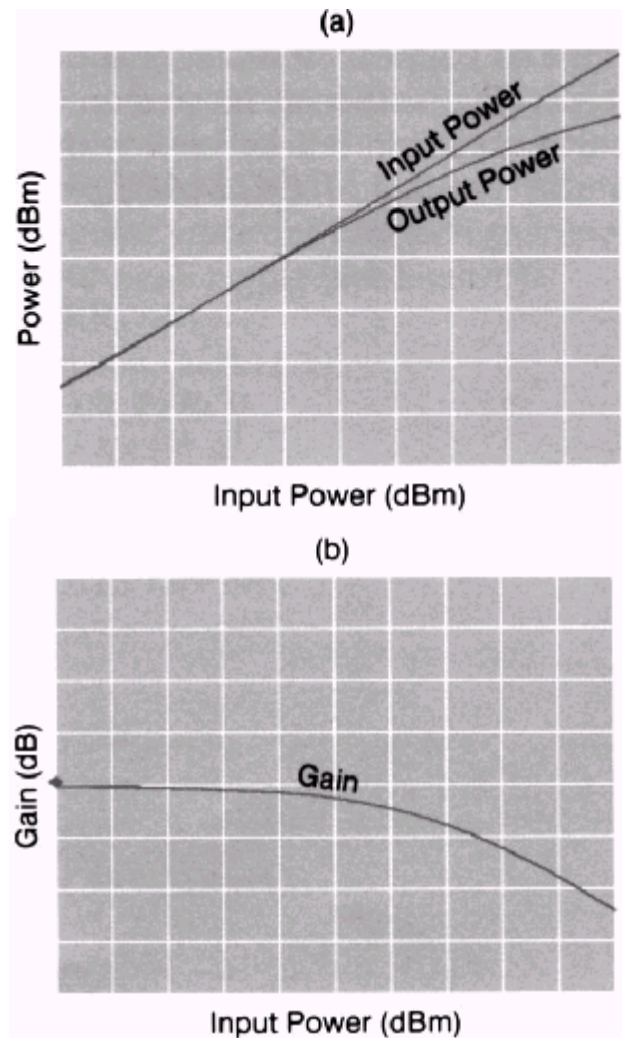


Figura 2-54. Características típicas de un Amplificador: (a) Potencia de Salida vs Potencia de Entrada y (b) Ganancia vs Potencia de Entrada.

Parámetros S

Para caracterizar completamente un dispositivo de dos puertos lineal desconocido, debemos hacer medidas bajo varias condiciones y calcular un conjunto de *parámetros*. Estos *parámetros* pueden usarse para describir completamente el comportamiento eléctrico

de un dispositivo (o red), incluso bajo condiciones distintas de fuente y de carga que cuando hacemos medidas. La caracterización de dispositivos de baja frecuencia o redes usualmente se basa en la medida de parámetros H , Y , y Z . Para hacer esto, el voltaje y la corriente total a la entrada o la salida de los puertos de un dispositivo o nodo de una red deben medirse. Además, las medidas deben hacerse en condiciones de circuito abierto y corto-circuito.

Dado que es difícil de medir corriente o voltaje total a frecuencias más altas, los *parámetros S* se miden generalmente en su lugar. Estos parámetros relacionan medidas familiares tales como *ganancia*, *pérdidas*, y *coeficiente de reflexión*. Estos son relativamente simples de medir y no requieren conexión de carga al DUT. La medida de *parámetros S* de múltiples dispositivos puede hacerse en forma de cascada para predecir el funcionamiento del sistema completo. Los *parámetros S* son fácilmente usados en herramientas de simulación de circuitos CAE lineales y no lineales, y los parámetros H , Y , y Z pueden derivarse de los *parámetros S* cuando es necesario.

El número de *parámetros S* para un dispositivo dado es igual al cuadrado del número de puertos. Por ejemplo, un dispositivo de dos puertos tiene cuatro *parámetros S* . La convención de números para los *parámetros S* es que el primer número que sigue a la S es el puerto del cual la energía surge, y el segundo número es el puerto donde la energía entra. Así S_{21} es la medida de potencia que surge del puerto 2 como resultado de aplicar un estímulo de RF por al puerto 1. Cuando los números son iguales (ej. S_{11}), indica una medida de reflexión.

Los *parámetros S* hacia adelante son determinados midiendo la *magnitud* y *fase* de las señales transmitida, reflejada e incidente cuando la salida se termina en una carga que es precisamente igual a la *impedancia característica* del sistema de prueba. En el caso de un DUT de dos puertos simple, S_{11} es equivalente al *coeficiente de reflexión complejo* a la entrada o impedancia del DUT, mientras que S_{21} es el *coeficiente de transmisión complejo* hacia adelante. Colocando la fuente al puerto de salida del DUT y terminando el puerto de

entrada en una carga perfecta, es posible medir los otros dos *parámetros S* (al revés) . El parámetro S22 es equivalente al *coeficiente de reflexión complejo* a la salida o *impedancia* de salida del DUT mientras S12 es el *coeficiente de transmisión complejo* inverso (Figura 2-55).

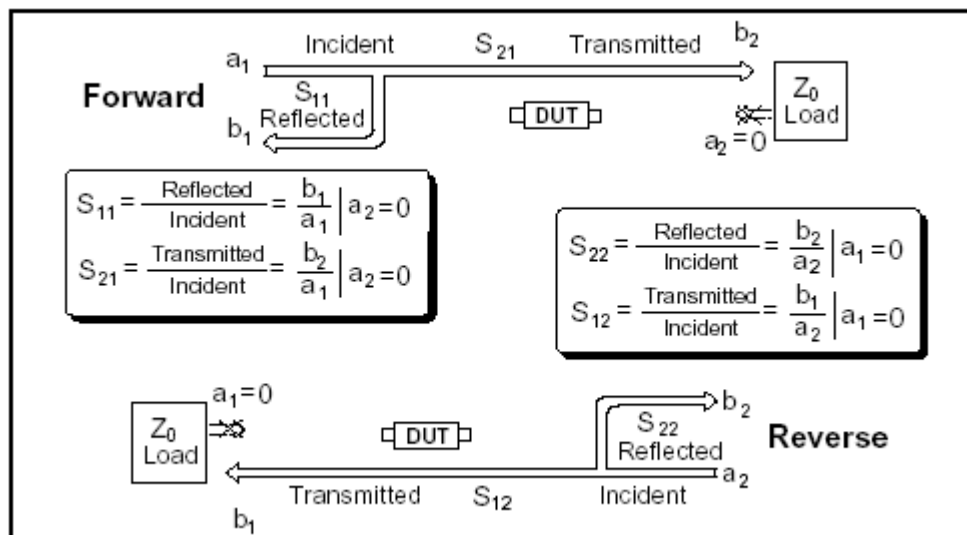


Figura 2-55. Medida de parámetros S.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1 MATERIALES UTILIZADOS

- Analizador de Red HP 8714C.
- Kit de calibración
- Amplificador monolítico Mini-Circuits MAR- 8
- Fuente de voltaje DC HP 6291A
- Cables cortos HP 10121A
- Conectores

Características del Amplificador Mini-Circuits MAR-8

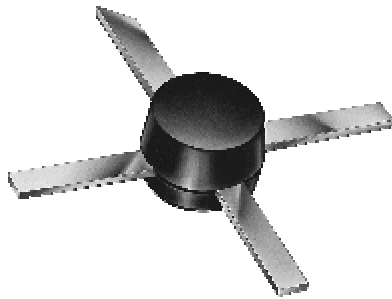


Figura 2-56. Amplificador Mini-Circuits MAR-8.

Port	RF in	RF Out	DC	Case GND	Not Used
Cb	1	3	3	2,4	-

Tabla 2-4. Conexión de pines MAR 8.

MAR-8										
Frequency MHz	GAIN, dB	Maximum Power, dBm		Dynamic Range		Absolute Maximum Rating		DC Power		Thermal resistance Øjc °C/W
		Output (1 dB Comp.)	Input (no damage)	NF dB Typ.	IP3 dBm Typ.	I (mA)	P (mW)	Cur- rent (mA)	Volt(V.)	
DC-1000	19.00	+12.50	+13.00	3.30	27.00	65.00	500.00	36.00	7.80	130.00

L_w =low range(f_L to $f_U/2$) U =upper range($f_U/2$ to f_U)

Tabla 2-5. Especificaciones MAR 8.

FREQ (MHz)	S ₁₁ (Input Return Loss)			S ₂₁ (Power Gain)		S ₁₂ (Isolation Out-in)			S ₂₂ (Output Return Loss)		
	dB	Mag	Ang	dB	Ang	dB	Mag	Ang	dB	Mag	Ang
100.00	-15.92	0.61	-21.00	33.00	162.00	-40.00	0.01	38.00	-4.73	0.58	-24.00
500.00	-8.18	0.39	-77.00	27.80	109.00	-27.96	0.04	52.00	-9.37	0.34	-96.00
1000.00	-11.37	0.27	-113.00	23.00	80.00	-24.44	0.06	51.00	-13.56	0.21	-147.00
1500.00	-11.70	0.26	-139.00	19.40	62.00	-21.94	0.08	46.00	-14.89	0.18	174.00
2000.00	-10.46	0.30	-155.00	16.90	47.00	-20.00	0.10	41.00	-15.39	0.17	153.00
2500.00	-9.63	0.33	-180.00	14.80	32.00	-18.42	0.12	32.00	-14.42	0.19	127.00
3000.00	-8.84	0.36	167.00	12.90	20.00	-17.72	0.13	27.00	-17.08	0.14	111.00
3500.00	-7.54	0.42	153.00	11.40	6.00	-17.08	0.14	21.00	-17.72	0.13	107.00
4000.00	-6.94	0.45	141.00	9.80	-5.00	-16.48	0.15	14.00	-19.17	0.11	106.00

Tabla 2-6. Parámetros S del amplificador MAR 8.

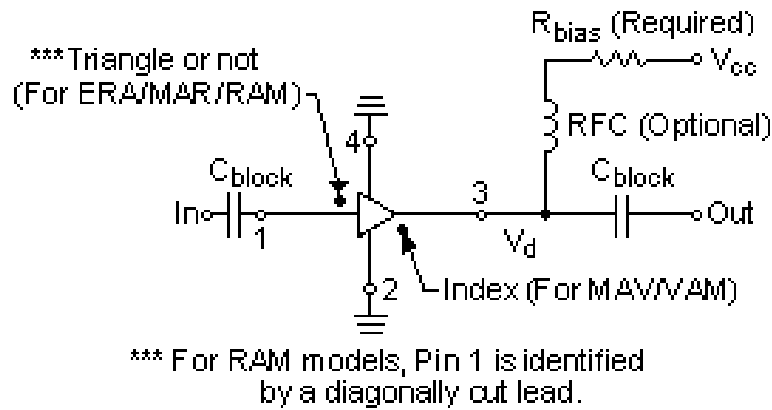


Figura 2-57. Configuración típica MAR 8.

3.2 PROCEDIMIENTO.

Medida de ganancia de potencia (o S_{21})

1. Presione: [BEGIN] **Amplifier Transmissn**
[FREQ] **Star 10 Mhz Stop 1000 Mhz** [ENTER]
2. Conecte el Amplificador al Analizador de Red como se muestra en la Figura 2-59 siguiendo el siguiente procedimiento:
 - a. Conecte la salida (1 o 2) del Amplificador a la entrada del puerto RF IN del Analizador de Red.
 - b. Fije la fuente en 12 V DC y conéctela al Amplificador como se muestra en la Figura 2-58.
 - c. Conecte la salida RF Out del Analizador a la entrada del Amplificador (RF IN).

Para desconectar el Amplificador:

- a. Retire la señal RF de entrada al amplificador
- b. Retire el voltaje DC
- c. Retire la salida RF del amplificador.

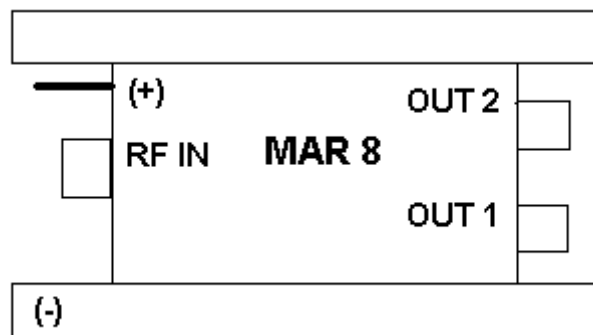


Figura 2-58. Amplificador Mar 8.

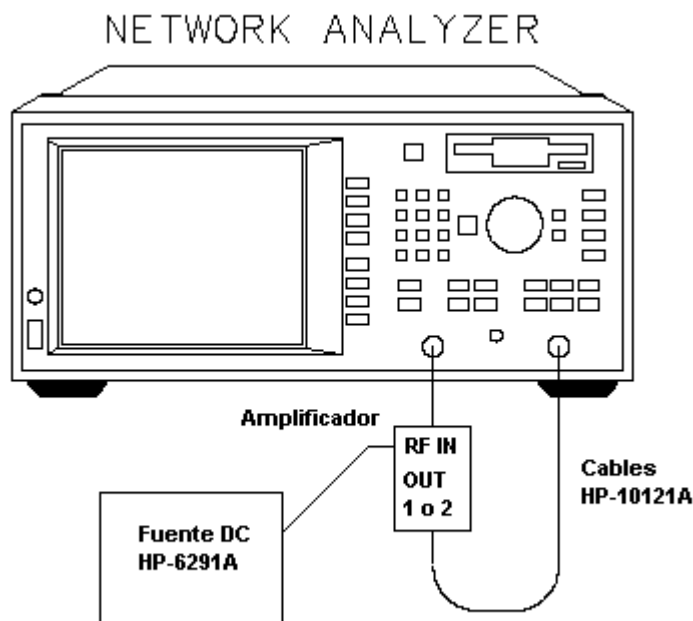


Figura 2-59. Configuración para medida de parámetros de un amplificador.

3. Para ver las medidas trazadas en la pantalla, presione [SCALE] **Autoscale** .
4. Para hallar el máximo presione: [MARKER] **Marker Search Max Search Mkr Max**.
5. Active la marca 2 presionando [MARKER] **2: Off 200 Mhz** [ENTER], siga el mismo procedimiento para activar la marca 3,4,5,6,7,8 en 300, 400, 500, 600, 700, 800 Mhz respectivamente. Se obtiene la Figura 2-60

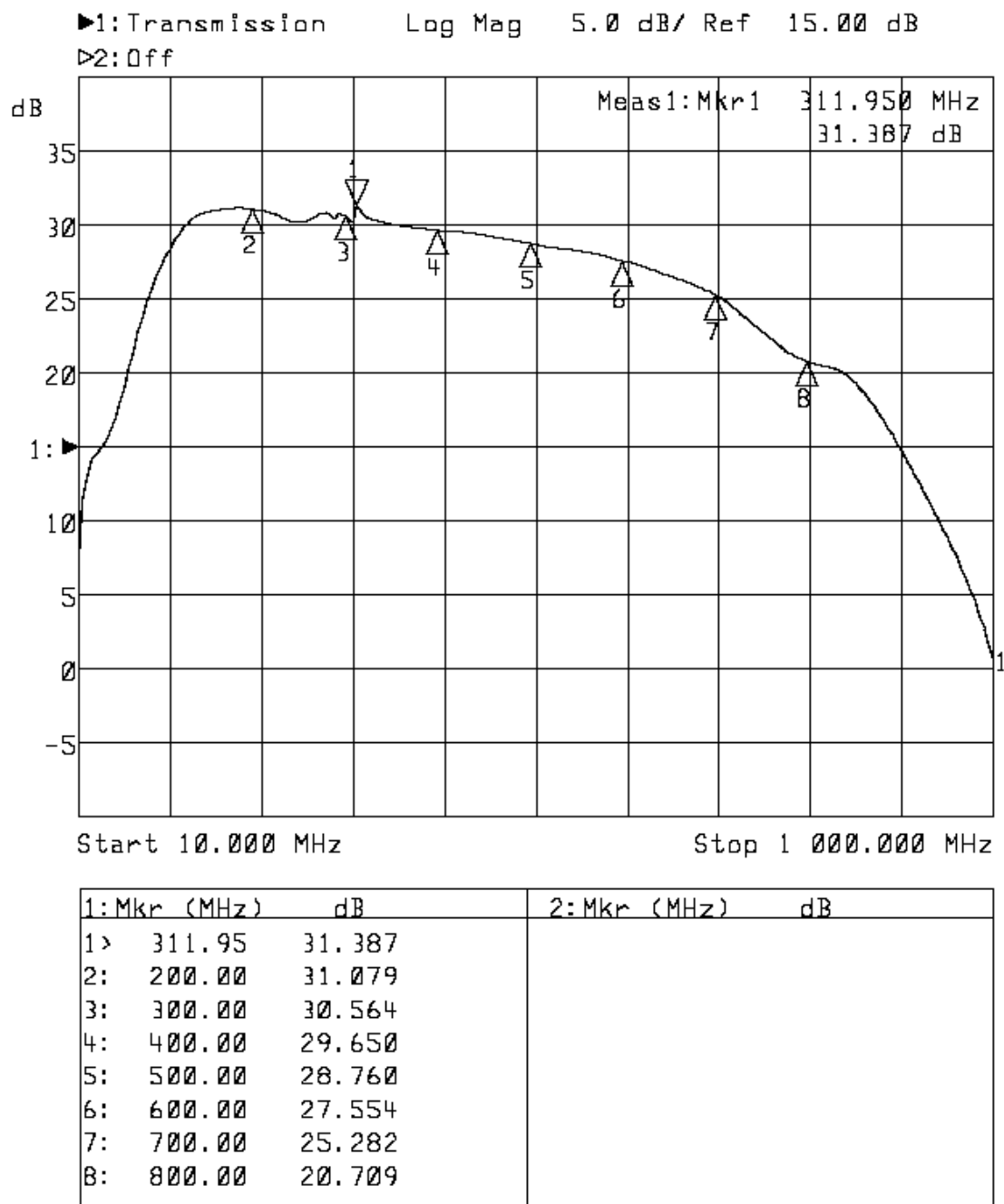


Figura 2-60. Medida de Transmisión.

P.4.1. Qué representan la grafica obtenida en la medida de transmisión?

Medida de perdidas de retorno (o *S11*)

6. Presione: [BEGIN] Amplifier Reflection

7. Presione: [SCALE] **Autoscale** . La figura obtenida será la siguiente:

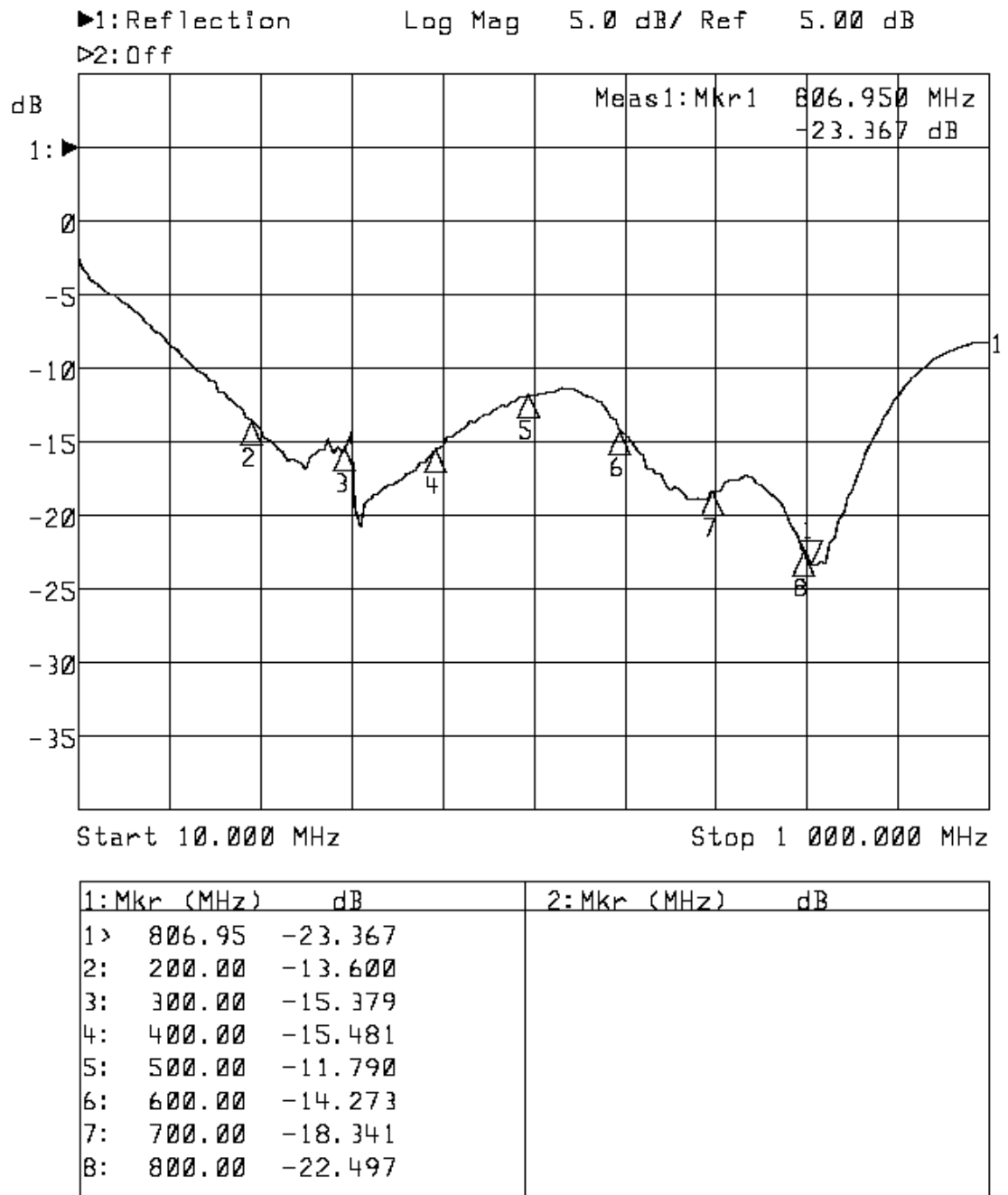


Figura 2-61. Medida de reflexión.

P.4.2. Qué representan la grafica obtenida en la medida de reflexión?

Medida de SWR

8. Presione: [FORMAT] Swr [SCALE] Autoscale. La figura obtenida será la siguiente:

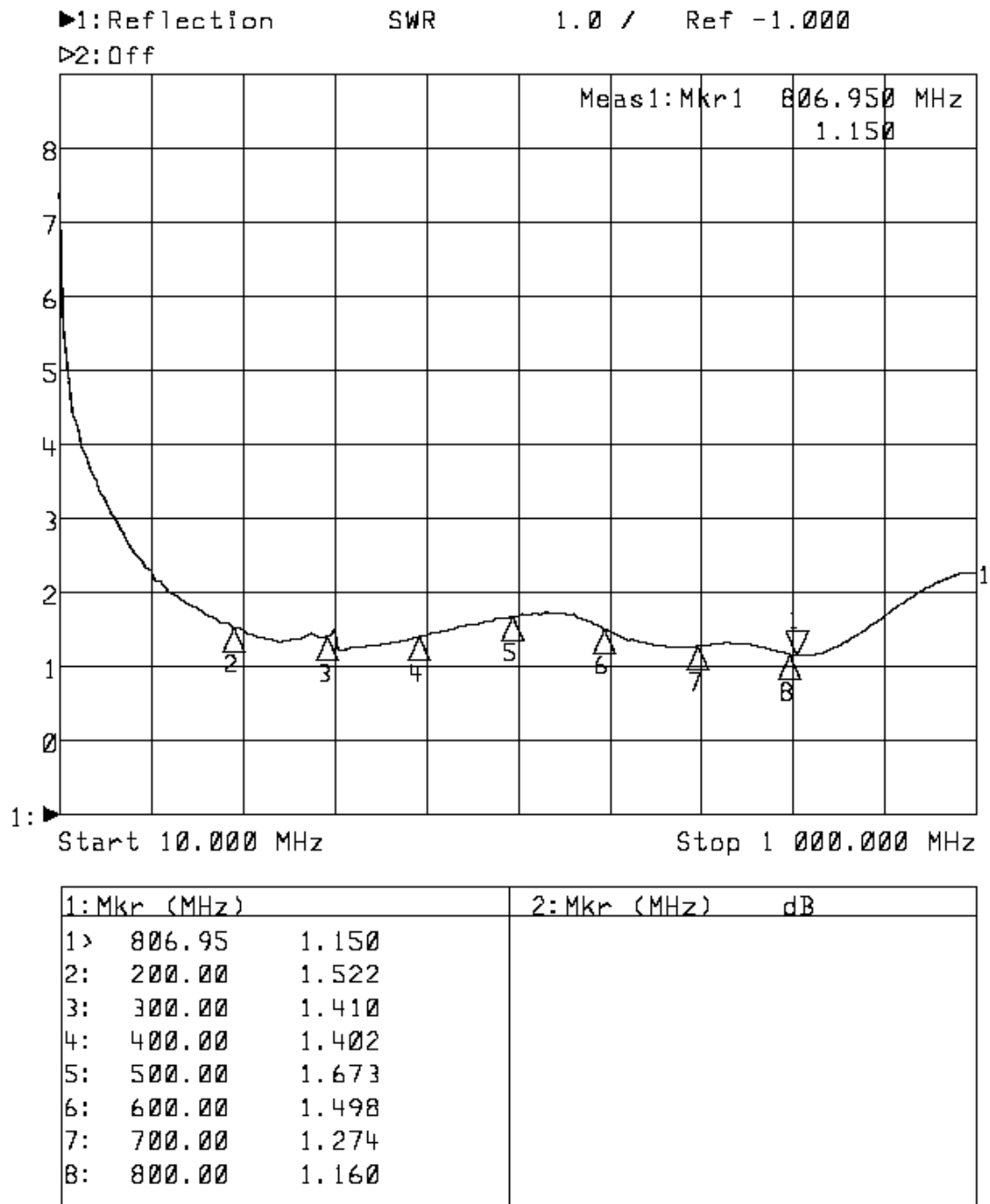


Figura 2-62. Medida de SWR.

En esta figura el mejor SWR esta en la marca 1

9. Para usar marcas estadísticas presione: [MARKER] **Marker Funtions** **Marker Math Statistics**. La figura obtenida es la siguiente:

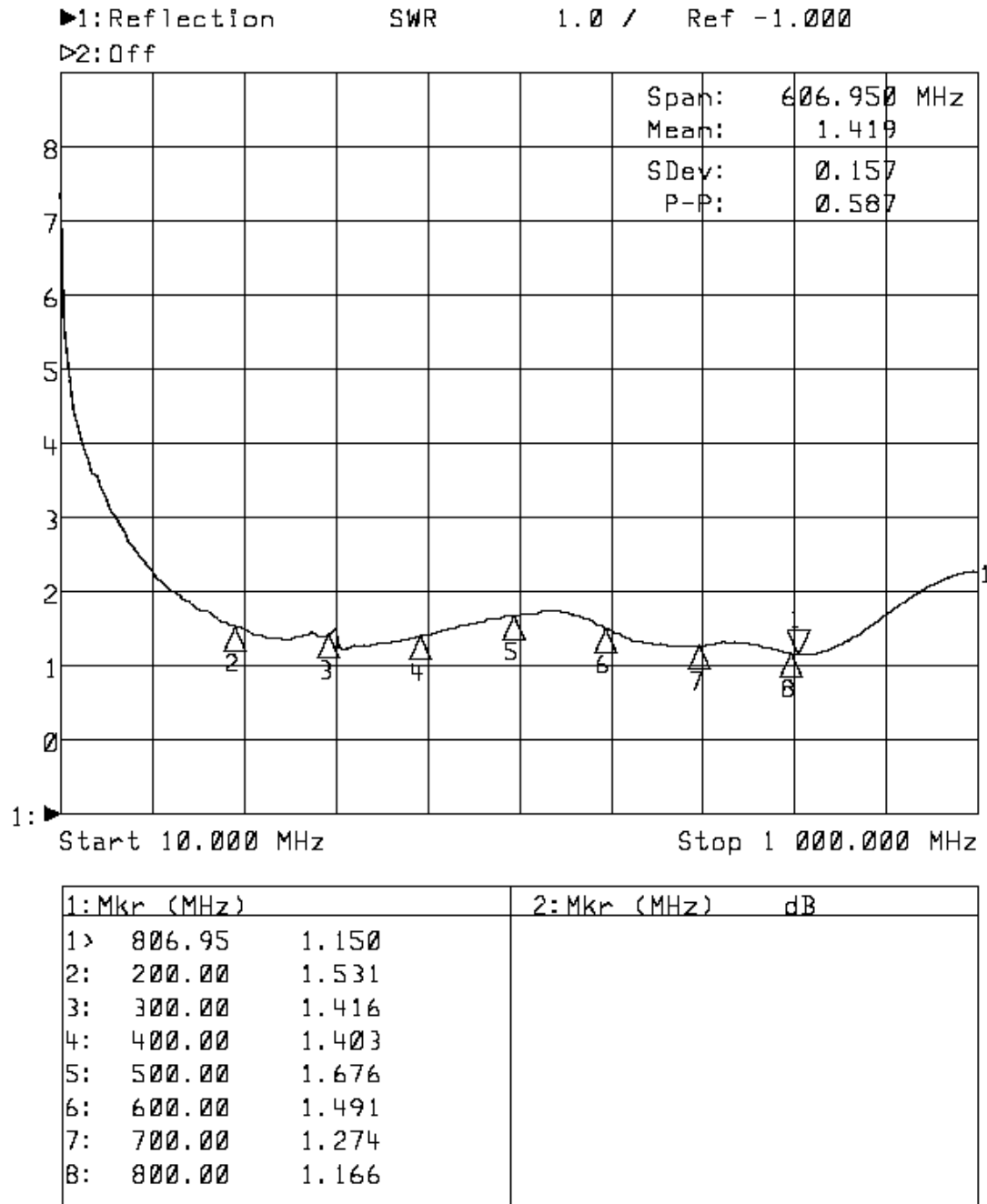


Figura 2-63. Medida de SWR con función de marcas estadísticas.

Las marcas 1 y 2 definen el segmento de medida donde:

Span: Rango de frecuencia	606.950 Mhz
Mean: SWR promedio	1.419
Sdev: Desviación estándar del SWR	0.157
P-P: Rizo pico a pico	0.587

Para desactivar la función de marcas estadísticas presione:

[MARKER] Marker Functions Marker Math Math off

P.4.3. Como se podría medir los *parámetros S* inversos (S_{22} y S_{12}) en un amplificador RF?

P.4.4. Obtenga los *parámetros S* inversos y analice los resultados obtenidos?

Precaución:

Antes de hacer cualquier cambio en la conexión del amplificador desactive la señal RF del Analizador de Red presionando: **[POWER] RF ON/off**, y apague la fuente de voltaje.

MEDIDA DE POTENCIA

Medidas de *potencia* pueden hacerse usando ambas detecciones, detección de banda ancha y banda angosta. En esta práctica se hace una medida de potencia de banda ancha. Si se está interesado en la potencia de salida de un dispositivo a la misma frecuencia que la fuente del Analizador de Red, puede seleccionar **[MEAS 1] Detection Option Narrowband Internal B** para una medida de *potencia* de banda angosta. Una medida de potencia de banda angosta únicamente mide la potencia dentro del ancho de banda del receptor, centrado a la frecuencia de la fuente.

Cuando se mide un dispositivo para potencia de salida absoluta, el Analizador de Red usa el modo de detección de banda ancha y mide la *potencia* total de todas las frecuencias

presentes de la señal transmitida (B^*) . Estas señales pueden contener frecuencias diferentes a la frecuencia de la fuente tal como cuando el DUT es un mezclador.

NOTA:

Las medidas de potencia de banda ancha son especificadas únicamente para medidas con frecuencias de inicio ≥ 10 Mhz.

(B^*) Entrada para el modo de detección en banda ancha de la señal transmitida.

10. Utilizando la configuración de la Figura 2-59, entre los parámetros de medida.

Presionando las siguientes teclas:

[PRESET] [MEAS1] More Power [FREQ] Start [10] Mhz Stop [1000] Mhz

Precaución:

El Analizador de Red se podría dañar si la *potencia* de entrada en RF IN excede los **23 dBm o 25 Vdc**. La fuente del Analizador de Red no puede exceder este nivel, sin embargo si el amplificador tiene una *ganancia* que excede este valor se necesitara atenuación a la entrada del puerto RF del Analizador de Red.

11. Para ver el trazo de la medida, presione **[ESCALE] Autoscale**

12. La Figura 2-64 muestra los resultados de la medida de *potencia*.

13. Interpretación de la Figura obtenida.

- a. Cuando se hace la medida de *potencia* la pantalla muestra la medida de *potencia* en el conector RF IN del Analizador de Red. Esta *potencia* es *potencia* absoluta, opuesta a la relación de *potencia*.
- b. Note que cuando se hace la medida de *potencia* los valores asociados con el eje vertical están en unidades de dBm, la cual es la medida de *potencia* referida a 1mW.

$$0 \text{ dBm} = 1\text{mW}$$

$$-10 \text{ dBm} = 100\mu\text{W}$$

$$+10\text{dBm} = 10\text{mW}$$

Otras unidades disponibles para medidas de potencia son: dBW, dB μ W, W, mW y μ W

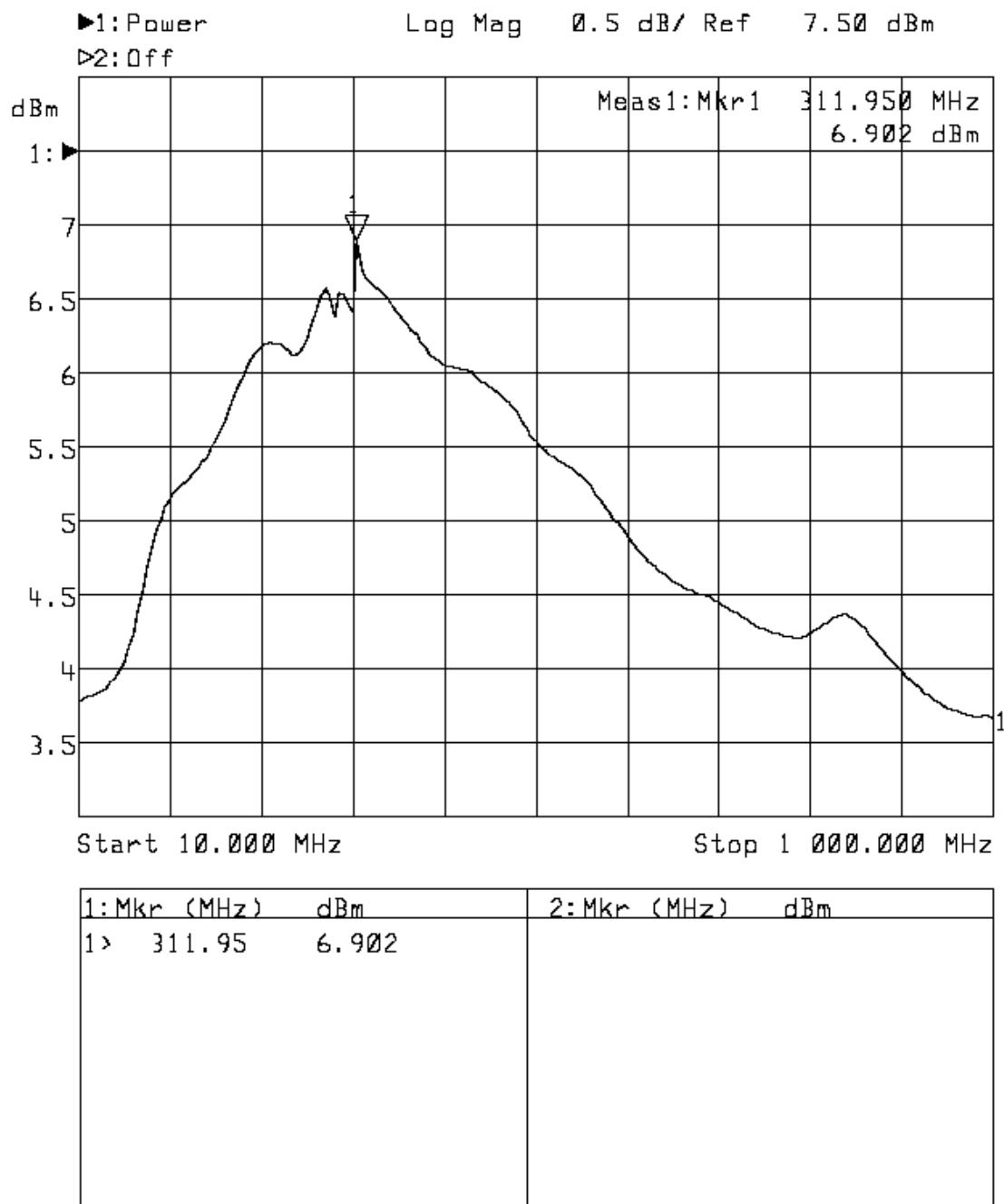


Figura 2-64. Medida de potencia

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS.

P.4.1. Qué representan la grafica obtenida en la medida de transmisión?

P.4.2. Qué representan la grafica obtenida en la medida de reflexión?

P.4.3. Como se podría medir los *parámetros S* inversos en un amplificador?

P.4.4. Obtenga los *parámetros S* inversos y analice los resultados obtenidos?

P.4.5.Cuál es la relación entre *coeficiente de reflexión*, SWR y *Pérdidas de Retorno*?

P.4.6.Cuál es la secuencia de conexión y desconexión de un amplificador de RF, para evitar daños sobre este?

6. RESPUESTAS

7. CONCLUSIONES.

PRACTICA No 5. LOCALIZACION DE FALLAS EN CABLES COAXIALES.

1. OBJETIVOS.

- Aprender a manejar apropiadamente la función de *Localización de Fallas* del Analizador de Red.
- Verificar el estado de líneas de alimentación coaxiales mediante la técnica de *Localización de Fallas*.
- Interpretar resultados para corregir problemas de desacople en los conectores de líneas de transmisión.
- Entender la influencia de las pérdidas y el factor velocidad de un cable en la medida de *Localización de Fallas* del Analizador de Red

2. MARCO TEORICO

Teoría de la Medición de Localización de Fallas

En esta sección se describe la teoría básica de la medición de *Localización de Fallas*, como el Analizador de Red convierte datos en el dominio de la frecuencia al dominio de la distancia, y la relación entre la distancia de inicio, y la distancia final y el intervalo de frecuencia.

Mediciones de *Localización de Fallas* son diseñadas para localizar rápidamente fallas, o discontinuidades, en líneas de transmisión de 50Ω y 75Ω .

La siguiente discusión se refiere a la Figura 2-65.

El Analizador de Red tiene una fuente de señal RF que produce una señal incidente que es usada como estímulo para localizar y medir discontinuidades en las líneas de transmisión o cable. Cada falla o discontinuidad responde reflejando una parte de la señal incidente y transmitiendo la señal restante.

El Analizador de Red mide la respuesta en frecuencia del cable y entonces transforma los datos de frecuencia a datos de distancia.

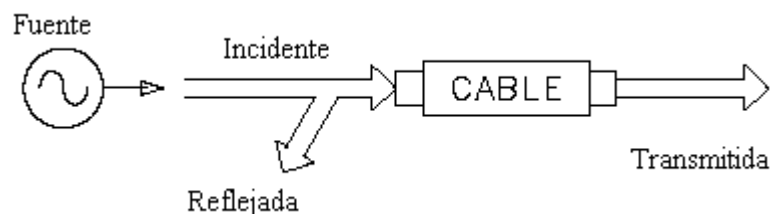


Figura 2-65. Respuesta de una falla a una señal RF

Típicamente, los resultados de las mediciones de *Localización de Fallas* son expresados en una de las cuatro formas:

Formato	Selección [FORMAT]	Descripción
Return Loss (RL)	Log Mag	El numero de dB que la señal reflejada es menor que la señal incidente. Su relación con el <i>coeficiente de reflexión</i> (ρ) se describe por la siguiente formula: $RL = -20 \log \rho$
Reflection Coefficient (ρ)	Lin Mag	La relación de la onda de voltaje reflejada a la onda de voltaje incidente.
Standing Wave Ratio (SWR)	SWR	Cualquiera de las dos ondas viajando en direcciones opuestas (por ejemplo la onda incidente y la onda reflejada) causa una onda estacionaria que se forma en la línea de transmisión. SWR se define como el voltaje máximo sobre el voltaje mínimo de la onda estacionaria. El SWR también puede obtenerse del coeficiente de reflexión (ρ) con la siguiente formula: $SWR = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$
Impedance Magnitude	Impedance Magnitude	La magnitud de la <i>impedancia</i> compleja en cada uno de los puntos medidos. Magnitud de impedancia = $ Z = \sqrt{Z_{real}^2 + Z_{imaginario}^2}$

Como el Analizador de Red Convierte Datos de Frecuencia a Datos de Distancia

La medición de *Localización de Fallas* es una medición simple en la que únicamente el extremo del cable bajo prueba necesita ser conectado a la salida del puerto RF OUT del Analizador de Red (PORT 1).

Este tipo de medición es llamada generalmente medida de reflexión y típicamente despliega una respuesta comúnmente conocida como *Pérdidas de Retorno*.

El Analizador de Red realiza mediciones de barrido de frecuencia de *Pérdidas de Retorno* versus frecuencia, entonces usa la transformada de Fourier para convertir la respuesta versus frecuencia a respuesta versus distancia. El computador interno del Analizador de Red hace los cálculos usando la técnica de la transformada inversa discreta de Fourier o la técnica chirp-Z de la transformada de Fourier.

La técnica de la transformada de Fourier es esencialmente un proceso de sumar las señales medidas por el Analizador de Red en el dominio de la frecuencia y combinarlas para crear la respuesta de *Localización de Fallas* en el dominio del tiempo.

El resultado de la medición es un error o una respuesta de *Localización de Fallas* del cable bajo prueba.

Explicación de Distancia Start/Stop e intervalo de Frecuencia

Cuando el Analizador de Red se establece para mediciones de *Localización de Fallas*, se puede determinar la frecuencia central, y la distancia de inicio y final para las mediciones. El rango de la distancia (distancia de inicio y final) determina el intervalo de frecuencia, lo cual a su vez determina el comienzo y la terminación de las frecuencias.

El Analizador de Red intentara seleccionar el intervalo de frecuencia para lo requerido por el rango de distancia. La máxima selección para el intervalo de frecuencia no puede exceder la capacidad de frecuencia del Analizador de Red. Por ejemplo, la frecuencia de inicio no puede ser inferior que el límite de la frecuencia baja del Analizador de Red, y la frecuencia final no puede ser más alta que el límite de la frecuencia alta del Analizador de Red.

Cuando el rango de distancia requiere un intervalo que excede la capacidad del Analizador de Red, el intervalo de frecuencia se ajusta al máximo disponible y la transformada chirp-Z realiza los datos en el dominio de la frecuencia para suministrar la respuesta en el dominio de la distancia.

La transformada chirp-Z crea una respuesta en el dominio de la distancia mediante distancia de inicio y distancia final para un determinado intervalo de frecuencia. Puesto que la transformada chirp-Z requiere más procesamiento, se disminuirá la velocidad de actualización de la tasa de barrido en este modo. El Analizador de Red generalmente intentara fijar el rango de frecuencia a la configuración permitida para el rango de distancia requerido antes de usar la transformada chirp-Z.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1 MATERIALES UTILIZADOS

- Analizador de Red Hp 8714C
- Conectores tipo N
- Cables RG58 50 Ω
- Conectores tipo BNC
- Cargas de 50 Ω y 75 Ω
- Kit de Calibración.

3.2 PROCEDIMIENTO.

Una medida de *Localización de Fallas* típica consiste de los pasos siguientes:

- A. Seleccionar *Localización de Fallas* como el tipo de medida.
- B. Entrar los parámetros de la medida.
- C. Calibrar el analizador.
- D. Conectar el equipo.
- E. Interpretar la medida.

Los siguientes ejemplos explican cómo realizar cada uno de estos pasos.

Medición de Localización de Fallas en un cable coaxial

1. Seleccione *Localización de Fallas* como el Tipo de medida

Para seleccionar *Localización de Fallas*, presione:

[PRESET] [BEGIN] Cable Fault Location

Asegúrese que las sofkeys **Meters** y **Low Pass** estén activas

2. Entre los parámetros de la medida

Para este ejemplo dejamos el rango de distancia entre 0 y 50 m, si desea cambiar este rango presione:

[MENU] Distance

Use las teclas del panel frontal para entrar los parámetros:

Start Distance xx [Enter]

Stop Distance xx [Enter]

3. Calibre el Analizador

Calibración del equipo usando los estándares de calibración:

Para calibrar el instrumento usando los estándares de calibración, realice los pasos siguientes:

1. Presione. **[CAL] Full Band Cal** (*Localización de Fallas* debe estar seleccionado como el tipo de medida.).
2. Siga las sugerencias de la pantalla del Analizador de Red conectando respectivamente abierto, corto, y carga al RF Out del Analizador de Red (o PORT1) puerto de prueba. (Vea Figura 2-66). Presionando cada vez **Measure Estándar**.
3. Después de que la calibración está completa, un “C” se despliega en el área de anotación del canal en la esquina superior derecha de la pantalla del Analizador. En este momento el plano de calibración esta en el puerto RF OUT.

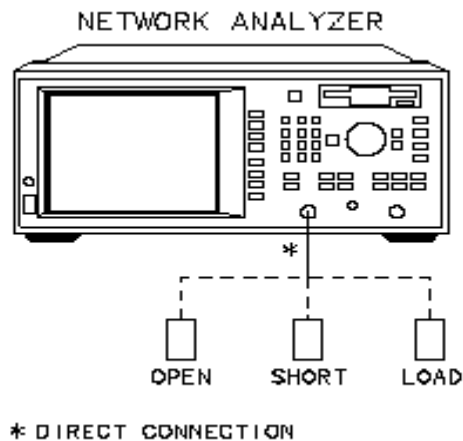


Figura 2-66. Calibración del Analizador.

4. Conecte el Equipo

Conecte el tramo 1 del cable al puerto RF out del Analizador de Red y deje el extremo en circuito abierto como se muestra en la Figura 2-67.

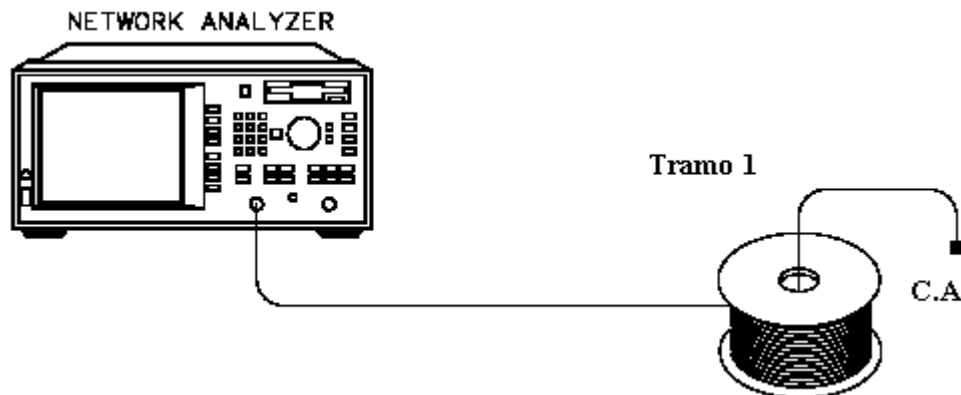


Figura 2-67. Configuración para la medición de Localización de Fallas.

5. Interpretación de la Medida

Una vez los parámetros de la medida han sido fijados, use las marcas para encontrar los picos de respuesta (qué indica las fallas o las discontinuidades)

Para Usar Marcas para encontrar picos de respuesta Presione:

[MARKER] 2: off Marker Search Max Search Mkr -> Max

La marca número 2 se pondrá automáticamente en el pico con la respuesta más alta.
 En este caso la marca 2 esta a 28 m de la salida RF del analizador indicando la longitud del tramo 1 y tiene una *Pérdida del Retorno* de -1.678 dB.

Active la marca 1 presionando: **[MARKER] 1: off** y coloque la marca a la distancia de 0 m . Note que la pantalla indica que la respuesta marcada por el marcador número 1 es la *Perdida de Retorno* del conector del cable.

La Figura obtenida es la siguiente:

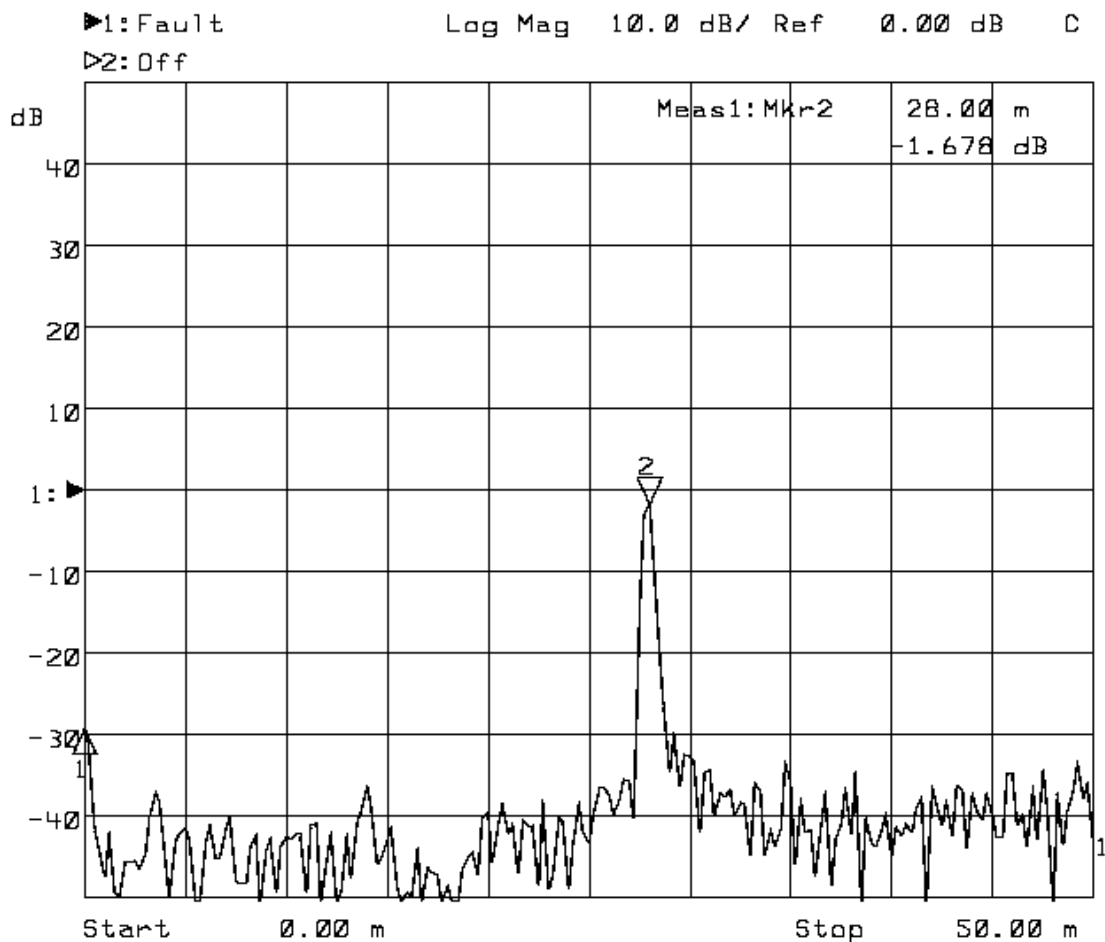


Figura 2-68. Medición de localización de Fallas para cable coaxial (tramo 1).

6. Uso de líneas limite para examinar el cable

Conecte una carga de 75Ω en el extremo del cable.

En este ejemplo se requiere que en la línea de transmisión y la carga las *Pérdidas de Retorno* sean < -25 dB. Para colocar una línea limite en -25 dB presione:

**[DISPLAY] Limit Menu Add Limit Add Max Line Begin Limit -25 [ENTER]
End Limit -25 [ENTER].**

Presione: **Prior Menu Prior Menu** y active la línea limite presionando **Limit Test on OFF**

Si la respuesta esta por encima de esta línea limite, en la pantalla aparecerá FAIL, lo que indica que no paso la prueba. Ver Figura 2-69.

P.5.1. Cambie la carga de 75Ω por la de 50Ω y analice el resultado.

Para eliminar la línea limite presione: **[DISPLAY] Limit Menu Delete Limit Yes
Limit Test ONn off y Prior Menu**

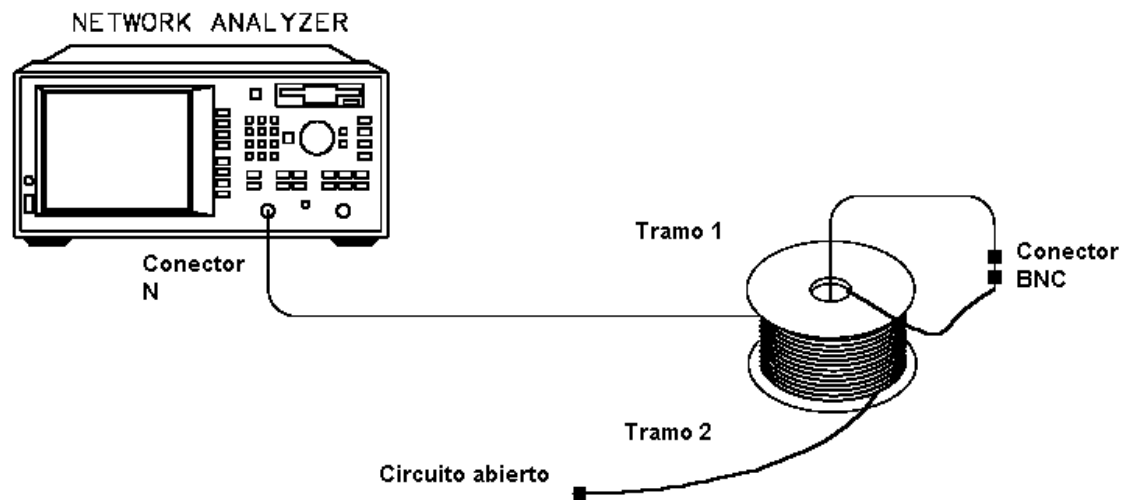


Figura 2-70. Configuración para expresar los desacoples como Pérdidas de Retorno para los tramos 1 y 2.

8. Presione:

[MENU] Distance Stop Distance 100 [Enter]

[MARKER] 3: off para activar la marca 3 y usamos la perilla del panel frontal, las flechas arriba-abajo, la función **Next Peak Left** o **Next Peak Right** para colocar la marca 3 en la próxima respuesta máximo como se muestra en la Figura 2-7.

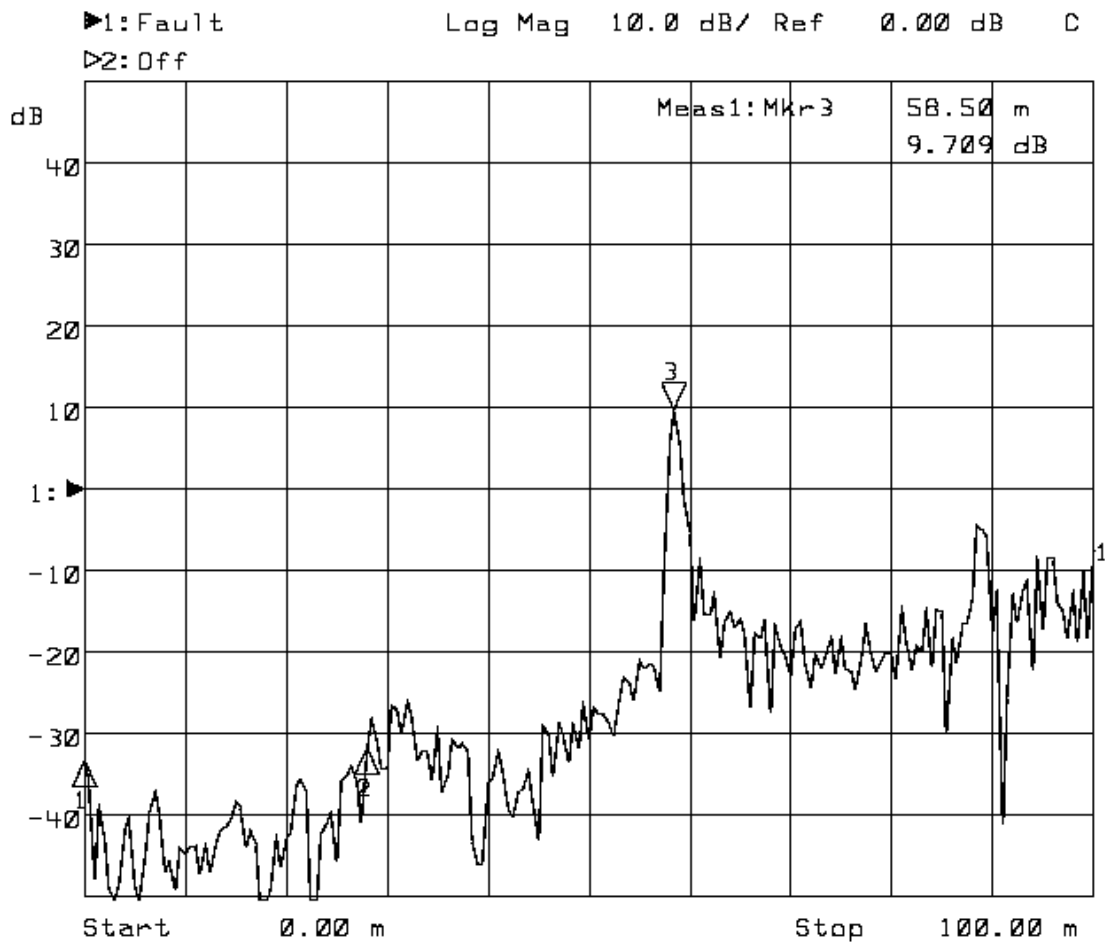


Figura 2-71. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1 y 2 en circuito abierto.

Como se ha cambiado la distancia es necesario calcular las *pérdidas* y el *factor de velocidad* del cable.

9. Entrada de parámetros de calibración

1. Si se ha seleccionado *Localización de Fallas* como el tipo de medida, presione [CAL] y entre los parámetros *factor de velocidad* y *pérdidas* del cable, dados por el fabricante. Si el cable no está marcado con estos parámetros, refiérase a la Tabla 2-7 para encontrar algunos valores típicos.

2. Otra alternativa para entrar el *factor de velocidad* y las *pérdidas* del cable es usar el algoritmo construido por el analizador para determinar estos valores automáticamente. Para usar esta función se necesita conocer una longitud de cable del mismo tipo del que va a ser medido y que sea por lo menos de 10 metros de largo.

Para este procedimiento calculamos automáticamente el *factor de velocidad* y las *pérdidas* del cable, así:

Presione: **[CAL] Calibrate Cable.**

Siga las instrucciones que aparecen en pantalla:

Conecte un cable no terminado de longitud conocida (Tramo 1 y 2 de 58.5 m) al puerto RF Out del Analizador de Red.

Entre la longitud del cable usando la sofkey **Specify Length 58.5 m [Enter]**

Cuando este listo presione **Measure Cable** para medir las *pérdidas* y el *factor de velocidad* del cable.

Los resultados obtenidos son:

Factor de velocidad: 0.66

Pérdidas del cable: 17.90 dB

La figura obtenida es la siguiente:

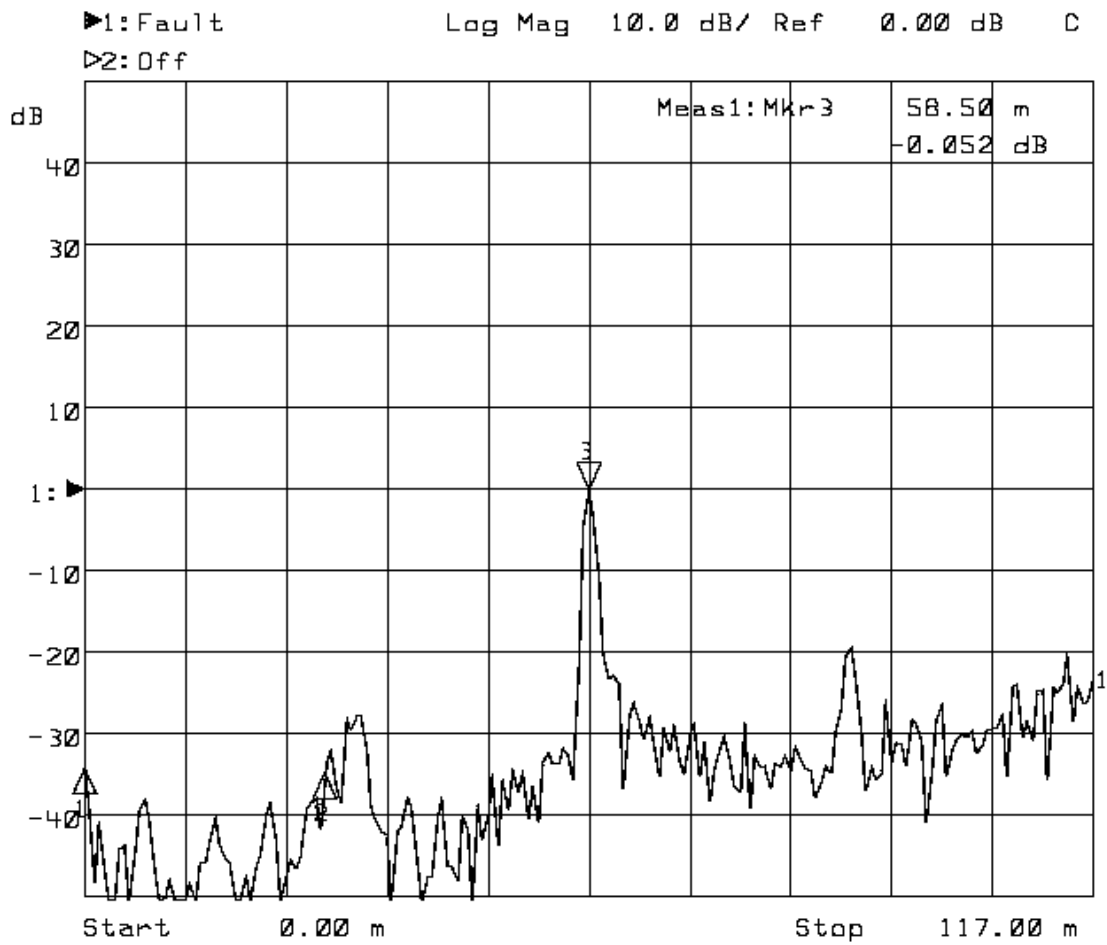


Figura 2-72. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1 y 2 en circuito abierto, después de calibrar.

P.5.2. Cual es el efecto de esta calibración en la grafica?

10. Conecte la carga de 75Ω en el extremo del tramo 2. La grafica obtenida es la siguiente:

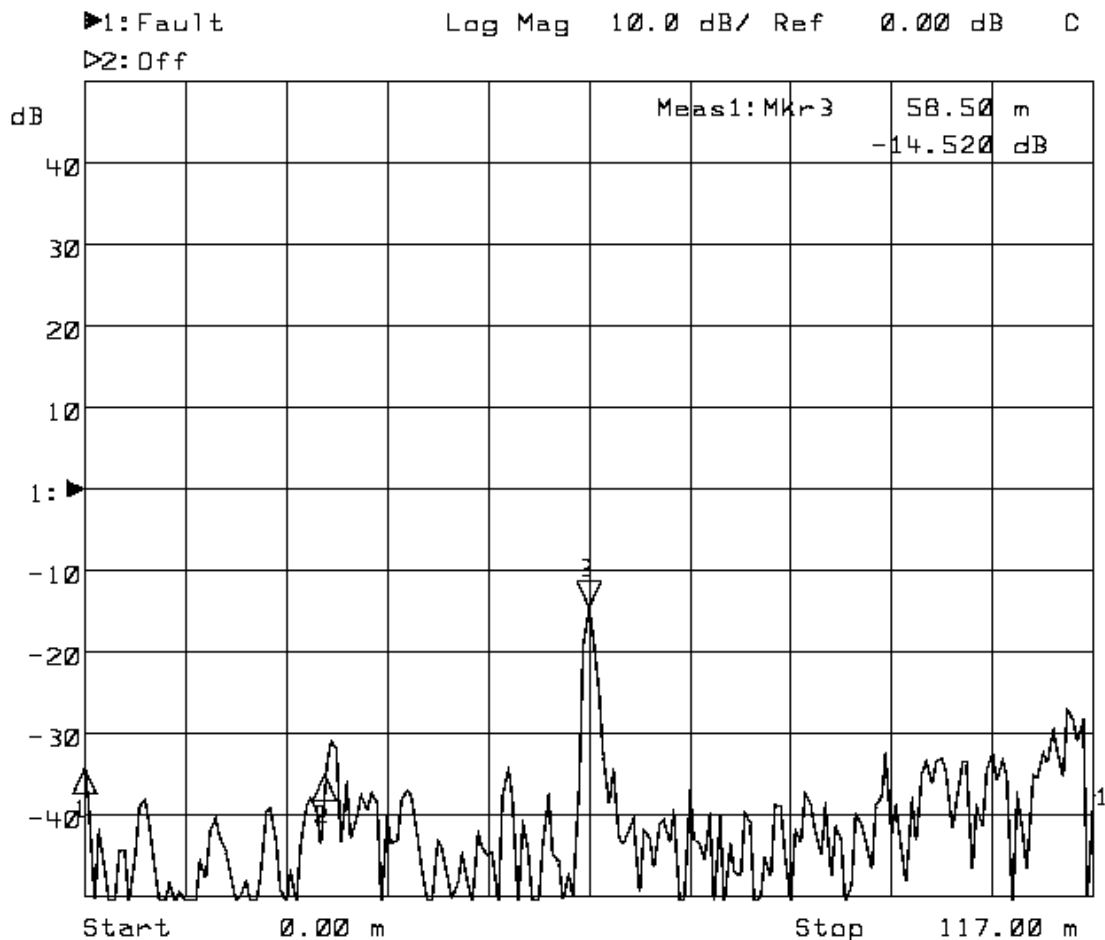


Figura 2-73. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1 y 2 con carga de 75 Ω.

11. Conecte el tercer tramo al segundo tramo de cable usando el conector BNC y deje en circuito abierto.
12. Presione [MARKER] 4: off para activar la marca 4 y use la perilla del panel frontal, las flechas arriba-abajo, la función Next Peak Left o Next Peak Right para colocar la marca 4 en la próxima respuesta como se muestra en la Figura 2-74.

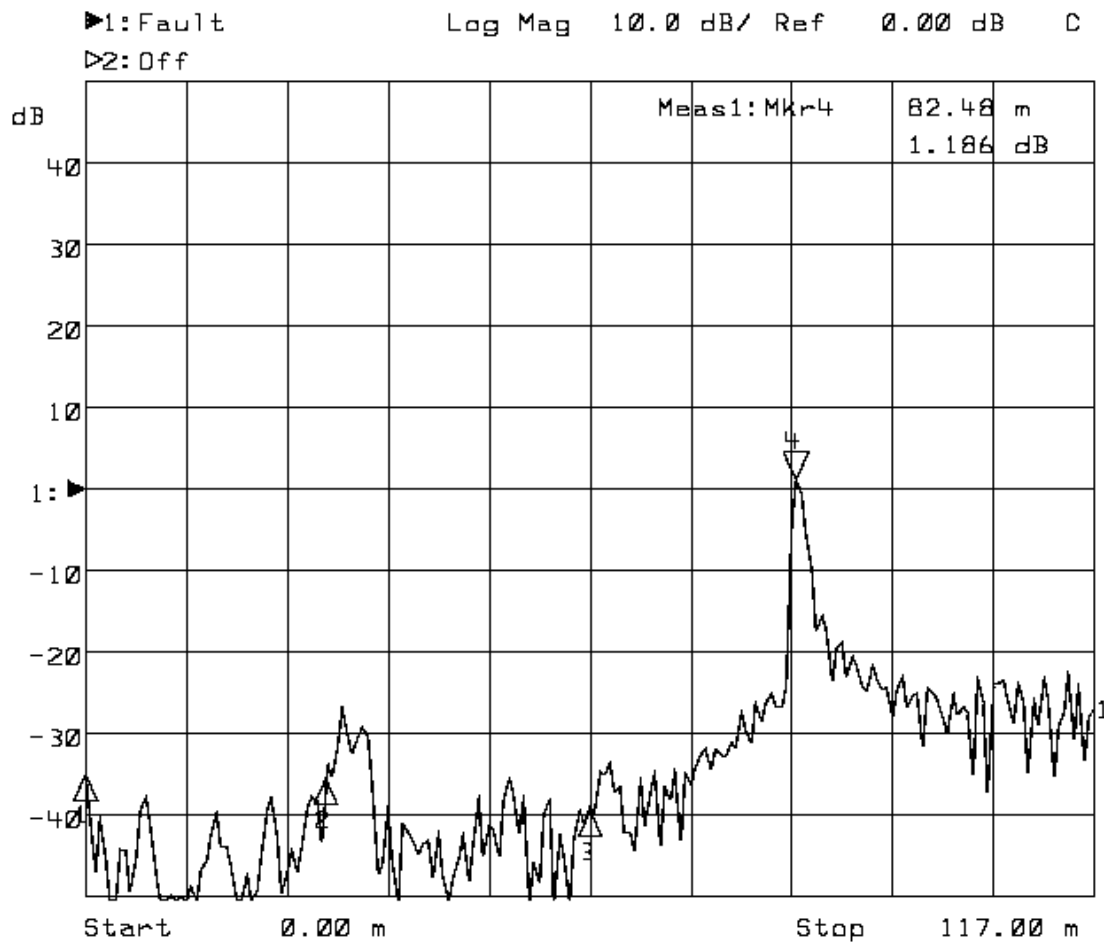


Figura 2-74. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para el tramo 1,2 y 3 en circuito abierto.

13. Conecte la carga de 75Ω .
14. En este ejemplo, la primera marca muestra las *Pérdida del Retorno* para el conector del cable. Las marcas 2, identifica las pérdidas en el conector que une el tramo 1 con el tramo 2. La marca 3 identifica las pérdidas en el conector que une el tramo 2 con el tramo 3 y la marca 4 identifica la terminación del tramo 3 con carga de 75Ω .
La pantalla debería verse similar a la Figura 2-75.

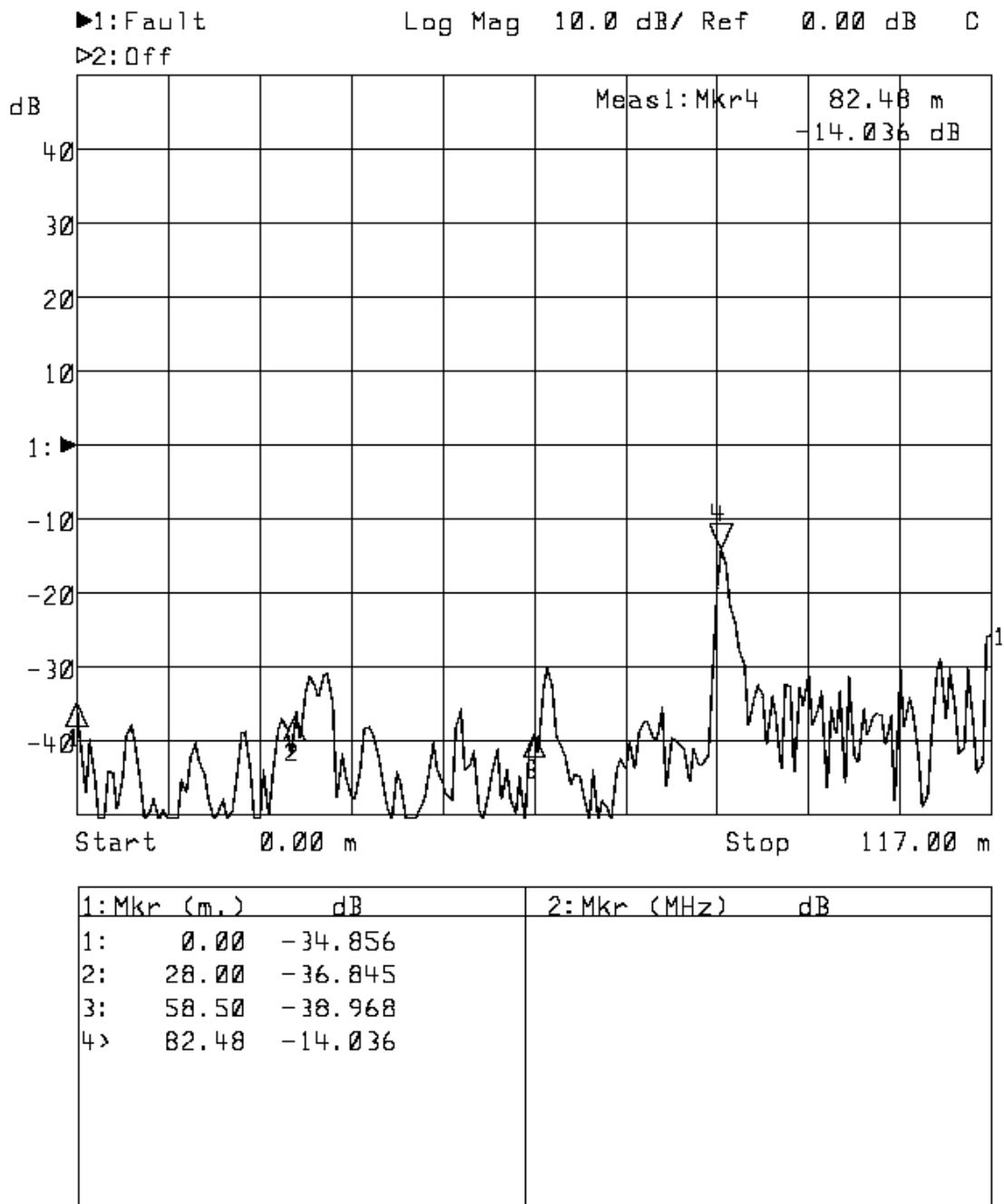


Figura 2-75. Desacoples expresados como Pérdidas de Retorno para los tramos 1, 2 y 3 con carga de 75 Ω .

P.5.3. ¿Cuales son los formatos en los que el Analizador de Red expresa la *Localización de Fallas* en cables coaxiales?

P.5.5. Con los valores de SWR obtenidos de la grafica anterior calcule teóricamente la magnitud del *coeficiente de reflexión* para las cuatro marcas y compare con los de la Figura 2-76.

17. Magnitud de impedancia

Presione: [FORMAT] More format Impedance Magnitude [SCALE] Autoscale

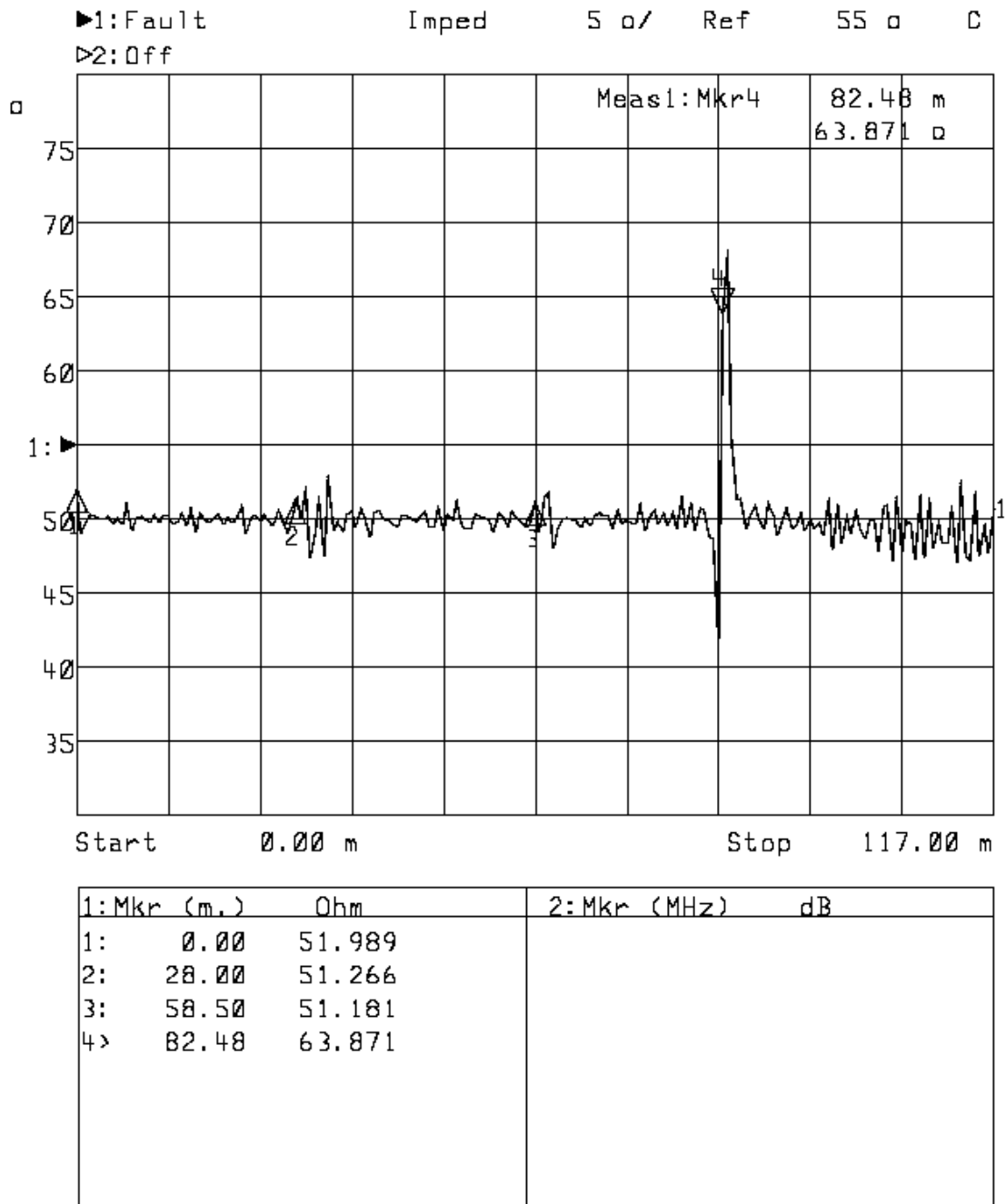


Figura 2-78. Magnitud de impedancia.

P.5.6. Repita los pasos 13 a 17 con la carga de 50 Ω compare resultados.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS.

P.5.1. Cambie la carga de 75 Ω por la de 50 Ω y analice el resultado.

P.5.2. Cual es el efecto de esta calibración en la grafica?

P.5.3. ¿Cuales son los formatos en los que el Analizador de Red expresa la *Localización de Fallas* en cables coaxiales?

P.5.4. Con la magnitud del *coeficiente de reflexión* de la grafica anterior determine teóricamente las *perdidas de retorno* para estos puntos y compare los resultados con los de la Figura 2-75.

P.5.5. Con los valores de SWR obtenidos de la grafica anterior calcule teóricamente la magnitud del *coeficiente de reflexión* para las cuatro marcas y compare con los de la Figura 2-76.

P.5.6. Repita los pasos 13 a 17 con la carga de 50 Ω compare resultados.

6. RESPUESTAS.

7. CONCLUSIONES

Tabla 2-7. Pérdidas y factor de velocidad de cables coaxiales

Coaxial Cable Nominal Loss Characteristics dB per Hundred Feet, Frequency in GHz ¹										
RG/U	Relative Velocity	.01	.05	.10	.20	.40	1	3	5	10
5, 5A, 5B, 6A, 6B, 212	.659	.80	1.40	2.90	4.30	6.40	11.00	22.00	30.00	52.00
7	.659	.66	1.50	2.20	3.20	4.60	9.00	19.00	28.00	47.00
8, 8A, 10A, 70, 213, 215	.659	.66	1.50	2.20	3.20	4.60	9.00	19.00	28.00	47.00
9, 9A, 9B, 214	.659	.66	1.50	2.20	3.20	4.60	9.00	19.00	28.00	47.00
11, 11A, 12, 12A, 13, 13A, 216	.659	.66	1.50	2.20	3.20	4.60	9.00	19.00	28.00	-
14, 14A, 74, 74A, 217, 224, 293, 293A, 388	.659	.41	1.00	1.40	2.10	3.10	5.80	13.00	19.00	31.00
17, 17A, 18, 18A, 84A, 85A, 177, 218, 219, 295	.659	.23	.56	.81	1.20	1.90	3.80	9.00	13.50	-
19, 19A, 20, 20A, 147, 220, 221	.659	.17	.43	.63	.94	1.50	3.00	7.00	-	-
21, 21A, 222	.659	4.40	9.40	12.90	18.20	26.50	44.00	87.00	-	-
22, 22B, 111, 111A	.659	1.20	2.80	4.20	6.30	9.60	-	-	-	-
29	.659	1.35	3.00	4.30	6.00	8.80	16.50	36.00	51.00	85.00
34, 34A, 34B	.659	.32	.90	1.40	2.10	3.30	5.80	16.00	28.00	-
35, 35A, 35B, 164	.659	.24	.60	.90	1.30	2.00	3.70	8.90	15.00	-
54, 54A	.659	.90	2.20	3.30	4.60	6.90	13.10	26.20	35.00	-
55, 55A, 55B, 223	.659	1.35	3.00	4.30	6.00	8.80	16.50	36.00	51.00	85.00
57, 57A, 130, 131, 294, 294A	.659	.65	1.60	2.40	3.60	5.20	10.00	21.20	-	-
58, 58B	.659	1.20	3.10	4.60	7.00	10.00	17.50	38.00	-	-
58A, 58C	.659	1.40	3.30	4.90	7.30	11.00	20.00	41.00	-	-
59, 59A, 59B	.659	1.10	2.30	3.30	4.70	6.70	11.50	25.50	41.00	-
62, 62A, 71, 71A, 71B	.84	.90	1.90	2.80	3.70	5.20	8.50	18.40	29.50	-

PRACTICA No 6. MEDIDA DE PÉRDIDAS DE RETORNO ESTRUCTURAL (SRL)

1. OBJETIVOS.

- Comprender la importancia de la medida SRL sobre un cable coaxial antes de realizar su instalación para detectar pequeñas imperfecciones de fabricación que degradarían el rendimiento del cable acumulando *Pérdidas de Retorno Estructural*.
- Realizar una revisión del cable coaxial RG-58 efectuando cinco barridos de frecuencia con la medida SRL del Analizador de Red para detectar el peor caso de respuesta de las imperfecciones de la línea.
- Diferenciar la medida de SRL con la medida de “*Localización de Fallas*”.
- Entender como están relacionadas las *Pérdidas de Retorno Estructural* (SRL) y la *impedancia* del cable coaxial, tanto en la parte matemática como analítica.
- Conocer como influyen los diferentes tipos de conectores (conector principal, terminación, carga, conector General Radio) en la medida de *Pérdidas de Retorno Estructural*.

2. MARCO TEORICO

INTRODUCCION.

TEORÍA DE IMPEDANCIA DE UN CABLE Y MEDIDAS SRL (STRUCTURAL RETURN LOSS).

La característica SRL es diseñada para medir la *impedancia* del cable y las *Pérdidas de Retorno Estructural*. La *impedancia* del cable es la relación del voltaje a corriente de una señal viajando en una dirección a través del cable. Las *Pérdidas de Retorno Estructural* son la relación de la señal incidente a la señal reflejada en un cable, referenciada a la impedancia del cable.

El Analizador de Red usa la señal RF de la fuente para producir una señal incidente como estímulo. Una medida de reflexión es realizada para calcular la impedancia del cable. Las medidas de *Perdidas de Retorno Estructural* son mostradas en pantalla referidas a la medida de *impedancia* del cable.

Para cable CATV, el cable es medido de 5 Mhz a 1000 Mhz con una resolución de frecuencia inferior a 125 Khz. El Analizador de Red automáticamente revisará el cable, entonces reporta el peor caso de respuesta.

Impedancia del Cable

El Analizador de Red automáticamente calcula la *impedancia* del cable. Sin embargo, se puede apagar la función AUTO Z, y entrar un valor de *impedancia* determinado.

En un cable coaxial el valor de la *impedancia* dependerá de la relación del diámetro interior y exterior del conductor, y de la constante dieléctrica del material entre el conductor externo e interno. La *impedancia* del cable también será afectada por los cambios de conductividad. Estos cambios son consecuencia natural de corrientes RF que fluyen cerca

de la superficie del conductor. Este efecto es conocido como el “efecto skin”. Además, la construcción del cable puede cambiar a través de la longitud del cable, con diferentes espesores en el conductor, material dieléctrico y cambios del diámetro externo del conductor, debido a las limitaciones en la fabricación. De este modo la *impedancia* del cable puede variar a través de la longitud del cable.

La magnitud por la cual las imperfecciones de fabricación degradan el rendimiento del cable es caracterizada por una especificación llamada *Pérdidas de Retorno Estructural* (SRL). SRL es la relación de la señal incidente a la señal reflejada en un cable. Esta definición implica un conocimiento de la señal incidente y reflejada. En la práctica, la SRL es definida aproximadamente como el *coeficiente de reflexión* del cable referenciado a la *impedancia* del cable. La reflexión vista a la entrada del cable, la cual contribuye a la SRL, es la suma de todas las pequeñas reflexiones a través de la longitud del cable. En términos de la impedancia del cable, SRL puede definirse matemáticamente como:

$$Z_{SRL}(\omega) = \frac{Z_{in}(\omega) - Z_{cable}}{Z_{in}(\omega) + Z_{cable}}$$

Donde Z_{in} es la *impedancia* vista a la entrada del cable, y Z_{cable} es la *impedancia nominal* del cable.

La *impedancia* del Cable es una especificación que se define únicamente para un punto discreto a lo largo del cable, y a una frecuencia discreta. Sin embargo, comúnmente se refiere la *impedancia* del cable, como el promedio de la impedancia sobre la frecuencia de interés. Las *Pérdidas de Retorno Estructurales*, de otra manera es el resultado acumulativo de reflexiones a lo largo del cable vista a partir de la entrada del cable. Las definiciones antes dichas necesitan ser expresadas en forma más rigurosa con el propósito de aplicar una medida metodológica.

Definiendo la impedancia del cable

El siguiente método (normalización Z-promedio) es utilizado por el Analizador de Red para definir la impedancia del cable.

Normalización Z-promedio

La matemática para la Normalización Z-promedio es realizada por el Analizador de Red como se muestra a continuación:

$$(1) Z_{in}(\omega) = Z_0 \times \frac{(1 + \rho(\omega))}{(1 - \rho(\omega))}$$

Z_0 = Impedancia del sistema, 50 o 75 Ω

$$(2) Z_{cable} = \frac{\sum_{n=1}^N |Z_{in}(\omega_n)|}{N}$$

$$(3) \rho_{SRL}(\omega) = \frac{Z_{in}(\omega) - Z_{cable}}{Z_{in}(\omega) + Z_{cable}}$$

En la ecuación 1, $\rho(\omega)$ es el *coeficiente de reflexión* del analizador medido para cada frecuencia y $Z_{in}(\omega)$ es la *impedancia* del cable para el *coeficiente de reflexión* medido.

El cálculo de Z_{cable} , descrito en la ecuación 2, es la *impedancia Z-promedio* del cable sobre número de puntos de frecuencia (N). El rango de frecuencia predefinido es aproximadamente 5 MHz a 200 MHz. Este rango de frecuencia se escoge porque los efectos de desacople a la entrada del conector son pequeños. Deben usarse conectores de alta calidad si la *impedancia promedio* se calcula sobre un rango más ancho. El rango de frecuencia para este cálculo puede ser modificado usando la softkey **Zcuff Frequency** en

el menú de modelo de conector para cambiar la frecuencia de corte de la *impedancia* del cable.

La ecuación 3 es la *Pérdida de Retorno Estructural* para el cable. Este cálculo puede ser hecho por el Analizador de Red o un computador externo.

Para mayor información sobre SRL ver Anexo B

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1. MATERIALES UTILIZADOS

- Analizador de Red Hewlett Packard 8714C.
- Cable coaxial RG-58 de 28 mts, primer tramo del carrete.
- Cargas de 50, 75, y 200 Ω .
- Kit de Calibración del Analizador de Red (HP 85032 Type- N terminaciones Abierto, Corto y Carga).
- Conectores tipo General Radio.
- 2 Conectores de puerto RF.
- 1 Conector de 50 Ω .
- 3 Cables Test Lead Conector.
- Varios tipos de conectores, terminaciones.

3.2. MEDIDA DE PÉRDIDAS DE RETORNO ESTRUCTURAL (SRL).

PROCEDIMIENTO.

1. Verifique que el equipo este apagado y conéctelo a la red de potencia AC. Encienda el equipo subiendo el switch izquierdo. Espere unos segundos mientras el Analizador carga la información del Sistema Operativo.

2. Para realizar las medidas presione **[PRESET]**. Configura y coloca el instrumento en un estado con parámetros predefinidos. Por defecto se incluye el canal 1 para medida de transmisión.
3. Presionar **[BEGIN]** y entonces use una softkey para seleccionar el tipo de dispositivo que usted va a medir (amplificador, filtro, dispositivo pasivo de banda ancha, mezclador, o cable). seleccione la opción **Cable**.
4. Seleccione SRL como tipo de medida. Seleccione el modo SRL, presione **SRL**.
5. Los parámetros de medida aparecen en el menú SRL.
 - a. El rango de trabajo por defecto es 5 Mhz a 1000 Mhz, este es el estándar aceptado para cable de altas frecuencias. Si desea cambiar el rango de frecuencias presione **SRL Star Freq** o **Stop Freq**, introduzca el valor y presione **Enter**.
 - b. Seleccione 1601 puntos de medida. Presione, **SRL Number of Points**. El Analizador por defecto trabaja con 1601 puntos.

6. Calibre el Analizador.

Una calibración debe ser hecha en el plano de referencia de medida usando los estándares de calibración abierto, corto y carga. Si los estándares no están disponibles la calibración por defecto puede ser usada.

La medida SRL se hace usando un cable de prueba principal. Si este es el caso, el plano de referencia de medida requiere ser colocado como muestra la Figura 2-79.

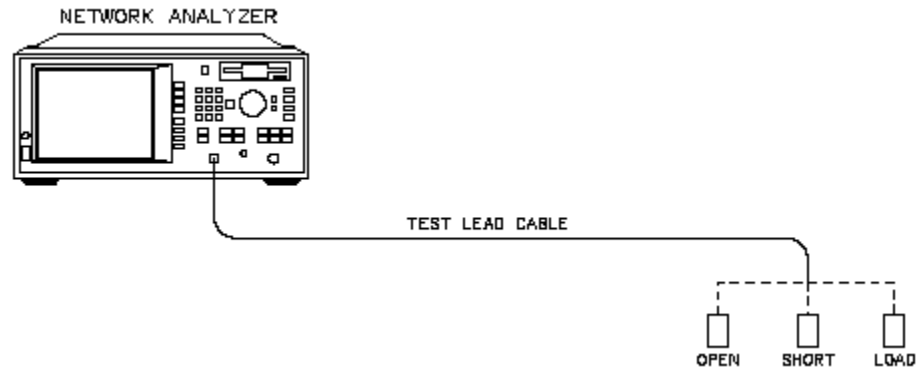


Figura 2-79. Calibración para una medida SRL.

Si usted está probando los cables pero conectándolos directamente al puerto de salida RF OUT, usted requiere llevar a cabo una calibración del puerto del Analizador de Red como se muestra en la Figura 2-79. En esta práctica calibraremos el instrumento en el plano de referencia del puerto RF OUT ver Figura 2-79.

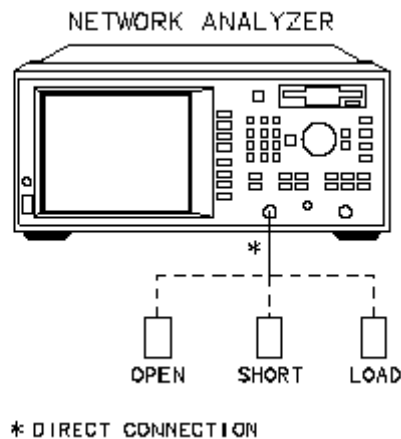


Figura 2-80. Calibración en el plano de referencia.

6.1 Use Calibración Estándar para Calibrar el Instrumento.

Esta calibración será correcta para *directividad*, fuente de error y errores de respuesta de frecuencia. Calibre el instrumento usando estándares de calibración, siguiendo los siguientes pasos.

- a. Si la opción SRL es seleccionada como tipo de medida presione [CAL] **Full Band Call**.
- b. El Analizador de Red indicara que elemento debe conectar. Utilizando el Kit de calibración, y siguiendo el indicador de la pantalla, conecte, abierto, corto y carga al plano de referencia de medida, y presione **Measure Standar** después de conectar cada elemento (Figura 2-79). La calibración finaliza cuando aparece el mensaje “Calibration Completed”.
- c. Después de que la calibración se completa, una C es mostrada en la esquina superior derecha del analizador.

6.1.1 Verificación de la Calibración.

Después de la calibración es importante verificar que la calibración es buena. Para ello, determine la *directividad* del sistema y verifique la calidad del cable de medida después de llevar a cabo la calibración.

Cuando verifique la calibración y la calidad del cable principal, se debe tener una combinación de una buena *directividad* del sistema. (<-40 dB pero aceptable hasta – 30 dB) y variaciones pequeñas de picos de amplitud (<10 dB) cuando el cable principal de prueba es movido o curvado.

6.1.2 Determinación de la Directividad del Sistema.

- a. Determine la *directividad* del sistema conectando la carga estándar al final del cable de prueba principal como muestra la Figura 2-81a. Si su plano de referencia es el puerto de salida RF conecte la carga directamente al puerto RF OUT del panel frontal, como indica la Figura 2-81b. Para nuestro caso el plano de referencia es el de la Figura 2-81b.

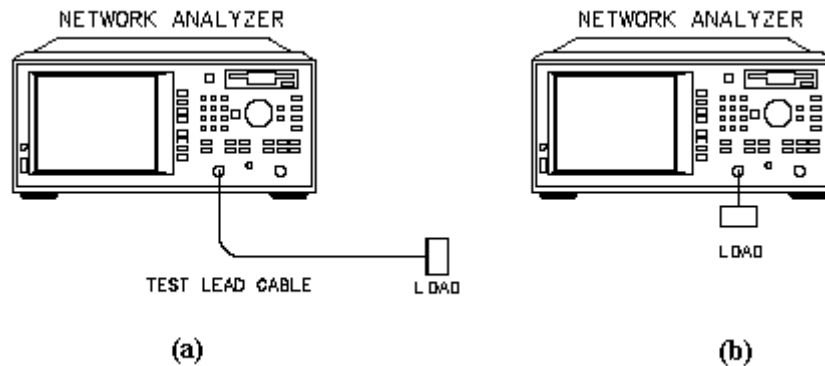


Figura 2-81. Conexión de la carga.

- b. Para observar la grafica, presione [SCALE] **Autoscale** y mueva la perilla de desplazamiento o utilice las teclas [↑][↓] en el panel frontal del Analizador de Red.
- c. Observe la respuesta de magnitud en el canal 1. Vea la Figura 2-82 para un ejemplo de respuesta. La respuesta de picos altos en el canal 1 es la *directividad* del sistema. Si la respuesta de pico en el canal 1 es < -40 dB, entonces la calibración es buena. Si la respuesta del pico es > -30 dB, requiere recalibrar el Analizador de Red nuevamente.

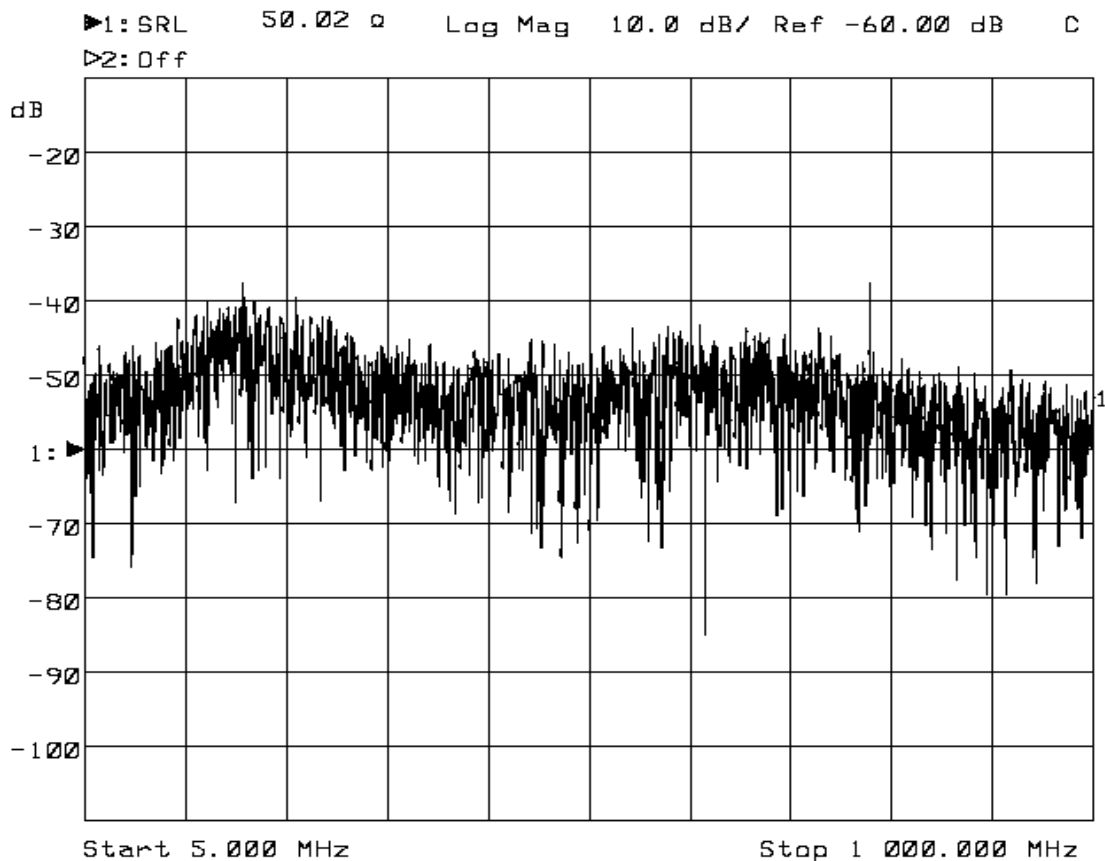


Figura 2-82. Directividad del Sistema.

P.6.1. ¿Active una marca y verifique 2 puntos de frecuencia en donde la *directividad* del sistema es mala (>-40 dB). Establezca un rango de frecuencia en donde hay mejor *directividad*?

6.1.3 Determine la Calidad del Cable de Prueba Principal.

Si su plano de referencia fue realizado como en la Figura 281a, realice los siguientes pasos:

1. Deje la carga conectada al final del cable de prueba principal y note el nivel del pico de respuesta en el canal 1 (La *directividad* del sistema).

2. Mueva el cable principal de prueba mientras observa la respuesta en la pantalla del analizador. Si observa un movimiento significativo en los picos del trazo de medida, cuando este moviendo el cable ($> 10\text{dB}$), el cable de prueba requiere ser remplazado.

NOTA:

Uso de la Calibración por Defecto.

Si el Analizador no fue calibrado por ausencia del kit de calibración para obtener una medida mas precisa, use la calibración por defecto, presione [CAL] **Default Cal**. Entonces NO aparecerá una C en la esquina superior derecha de la pantalla del Analizador de Red.

7. Conecte el Equipo.

La configuración básica del equipo para la medida SRL se muestra en la Figura 2-83. Utilice el cable coaxial de 28 mts, primer tramo del carrete y conéctelo como indica la Figura 2-83, utilizando una carga de $50\ \Omega$.

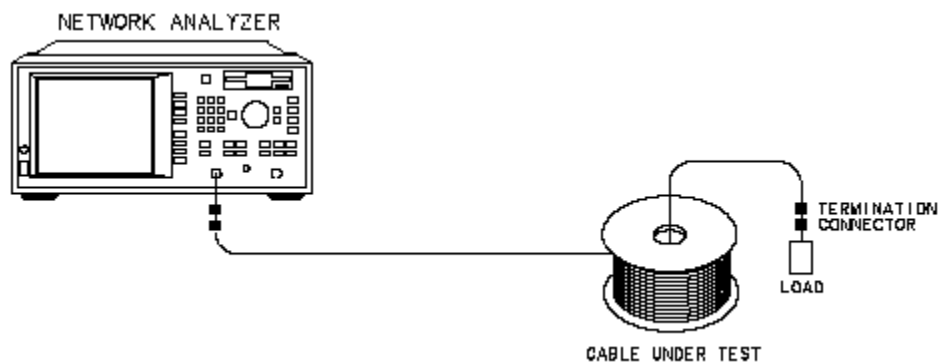


Figura 2-83. Medida básica de SRL

Verificamos que el *tiempo de barrido* sea valido para la longitud del cable al comenzar la medida. Para verificar que el tiempo de barrido es correcto, presione [SWEP] **Swep Time** y use el panel frontal o el teclado numérico para variar datos. Escoja un Swep Time de 1.8 segundos.

Presione [SCALE] **Autoscale**

8. Determine el Modelo de Conector.

Al conectar el cable bajo prueba como muestra en la Figura 2-83, se debe determinar el modelo de conector para mejorar la respuesta.

Cuando se use conectores que tienen interfase conocida, no se requiere para cada nueva conexión del cable especificar el modelo de conector.

Cuando se utilice conectores que no tengan una misma interfase de contacto es necesario, especificar el modelo de conector para cada nueva conexión del cable.

Los efectos de la respuesta de conector pueden ser minimizados con un modelo de conector incorporado en el Analizador de Red y una correcta respuesta de conector que puede ser hecha al comenzar la medida. Para algunos conectores, una respuesta de corrección sobre 15 dB o más, mejora con la incorporación de un modelo de conector.

8.1 Fallas del Conector y modelo de Conector.

Después de que la calibración es completada, el cable es verificado, la respuesta del conector se muestra seleccionando, **[BEGÍN] Cable Srl Conector Fault**.

La *Localización de Falla* de 0 a 15 pies será mostrada en el segundo canal de medida y una marca será colocada en 0 pies. La respuesta del conector es igual a la *Pérdida de Retorno* leída por la marca a una distancia de 0 pies. Ver Figura 2-84.

NOTA:

Si desea cambiar de pies a metros o viceversa puede realizar el siguiente procedimiento:

[MENU] Distance Feet o **[MENU] Distance Meters**.

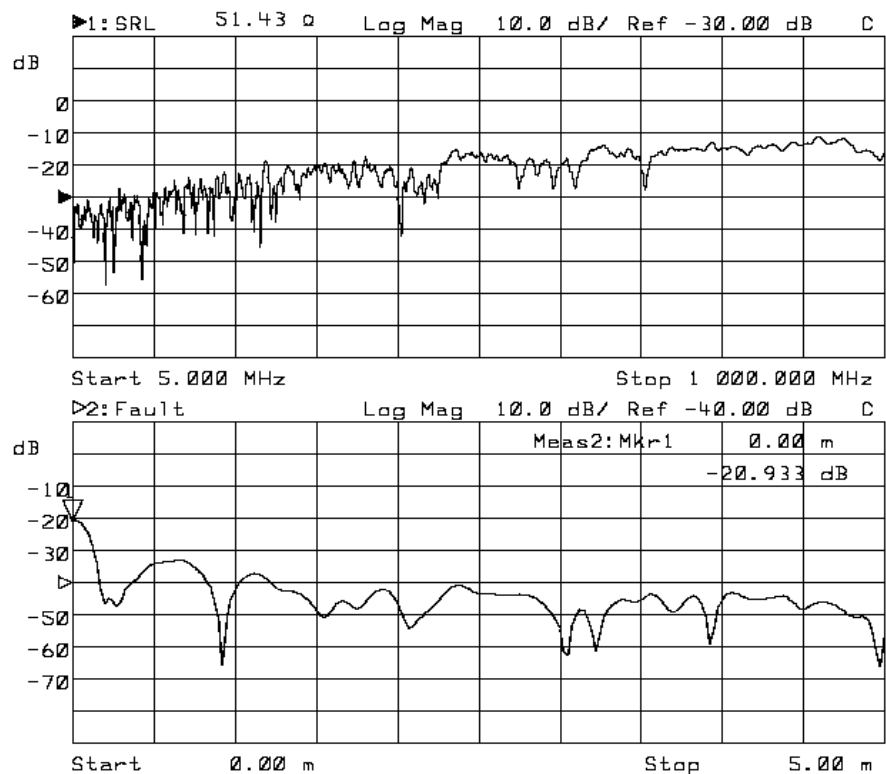


Figura 2-84. Falla de Conector.

Para determinar el modelo de conector, presione [MEAS 1] [BEGÍN] **Cable Sri Conector Model**.

Presione el softkey **Measure Connector** siguiendo las instrucciones del display del Analizador de Red. Lea cuidadosamente el mensaje que aparece en pantalla. Presione **Measure**. El Analizador de Red empieza a medir el modelo de conector, para ello hace un barrido y calcula la *capacitancia* y la longitud del conector. Los valores calculados son aproximadamente:

$$L = 15.94 \text{ mm} \quad \text{y} \quad C = -1.288 \text{ pF.}$$

El Analizador de Red calculara automáticamente el valor óptimo de la longitud del conector y la *capacitancia* C , entonces actualiza la medida de SRL y *Localización de Fallas*, como en la Figura 2-85.

Note la mejora de respuesta en SRL y *Localización de Fallas*.

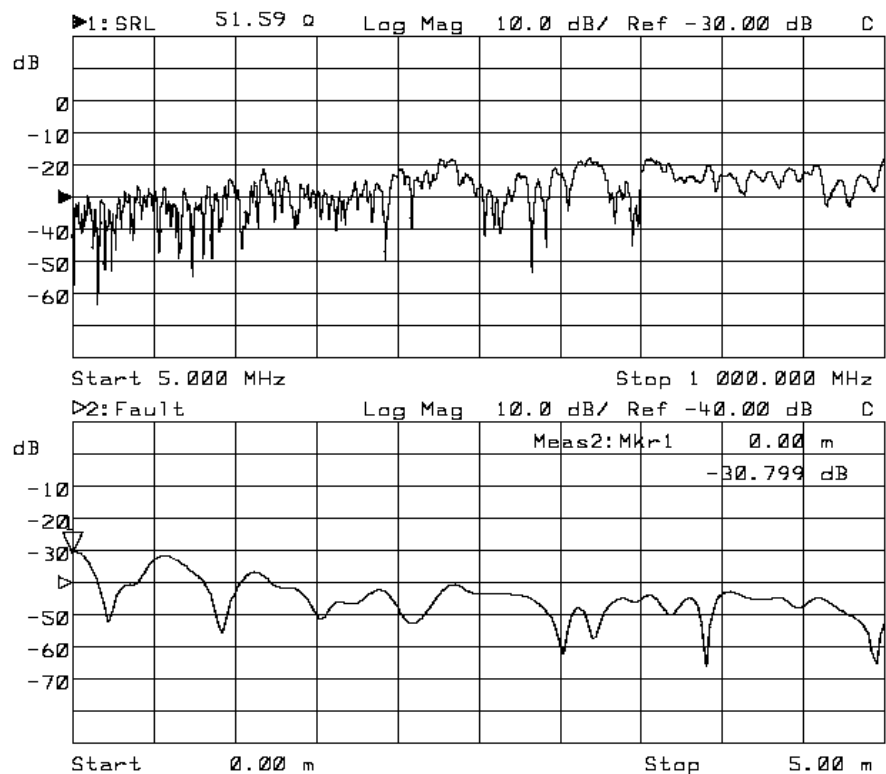


Figura 2-85. Respuesta SRL con un conector y Aplicando Modelo de Conector.

P.6.2. ¿Encuentre las *Pérdidas de Retorno Estructural* SRL a una distancia de 0 mts donde el conector presenta la mayor falla?

Apague el canal de *Localización de Fallas*, así:

Presione: **[DISPLAY] More Display Split Disp Full Split [MEAS 1] o [MEAS 2]** (dependiendo en donde este el canal de *Localización de Fallas*), y presione **Meas Off**.

Queda en pantalla el canal de SRL tal como lo muestra la Figura 2-86.

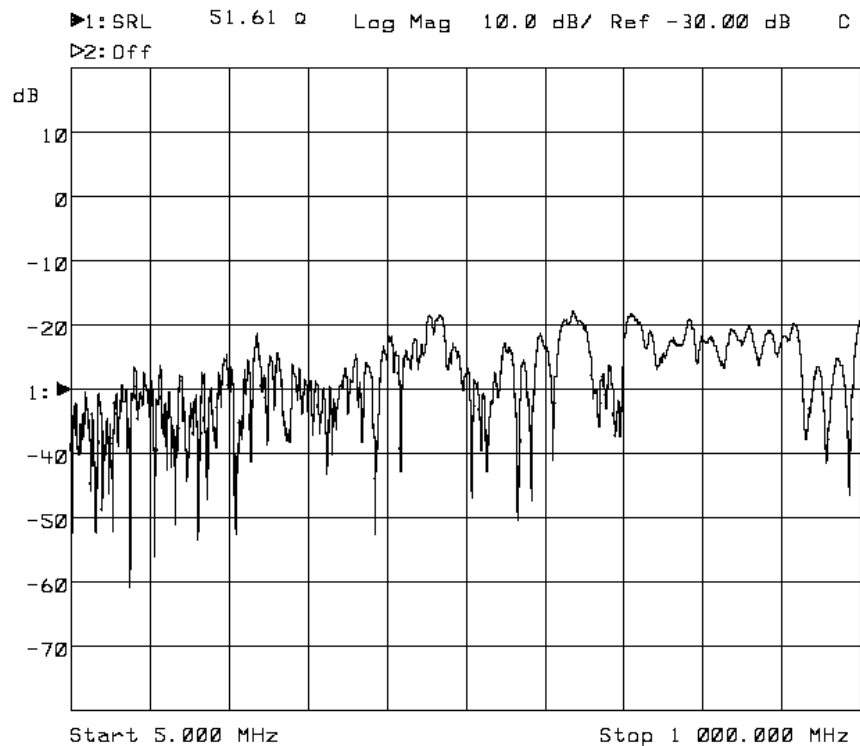


Figura 2-86. Canal de Medida SRL.

De acuerdo a la grafica podemos observar que se presenta un rizado correspondiente a las Pérdidas de Retorno Estructural las cuales disminuyen con la frecuencia, señalando un mal comportamiento del cable por ser de la misma estructura física.

9. Realizando Pruebas SRL del Cable. (Scan)

Una vez el modelo del conector ha sido establecido para la mejor respuesta, el cable requiere ser escaneado a una resolución de frecuencia angosta, para observar picos de respuesta angosta y fallas periódicas en el cable. El escaneo del cable, se requiere para determinar la SRL del cable con resolución de 125 Khz.

	F _{start}	F _{stop}	N	Resolution
<i>No Cable Scan</i>	5 MHz	1000 MHz	201	4.95 MHz
	5 MHz	1000 MHz	1601	612 kHz
<i>Using Cable Scan</i>	5 MHz	1000 MHz	8005	125 kHz

- a. Con el cable bajo prueba todavía conectado como se muestra la Figura 2-83, presione **[BEGIN] Cable SRL SRL Cable Scan.**
- b. El Analizador de Red primero mostrara un mensaje que dice “Setting up SRL Cable Scan”. El mensaje esta en proceso.
- c. Presionando cualquier tecla se aborta el Scan.
- d. Durante la revisión del cable (Scan) el Analizador de Red toma 5 barridos del cable a las siguientes frecuencias:

Sweep Number	Start Frequency (MHz)	Stop Frequency (MHz)
1	5.000	999.500
2	5.125	999.625
3	5.250	999.750
4	5.375	999.875
5	5.500	1000.000

Tabla 2-8. Barridos de frecuencia para la prueba de cable

- e. Después del último barrido el Analizador de Red despliega el peor caso de respuesta de los cinco barridos, donde SRL es mayor, entregando como dato el nivel en dB y la frecuencia en Mhz

f.. Note que la medida de impedancia promedio del cable se despliega en la parte superior de la pantalla del analizador. Ver Figura 2-87.

g. La Figura 2-87 muestra una típica respuesta de medida de revisión del cable SRL.

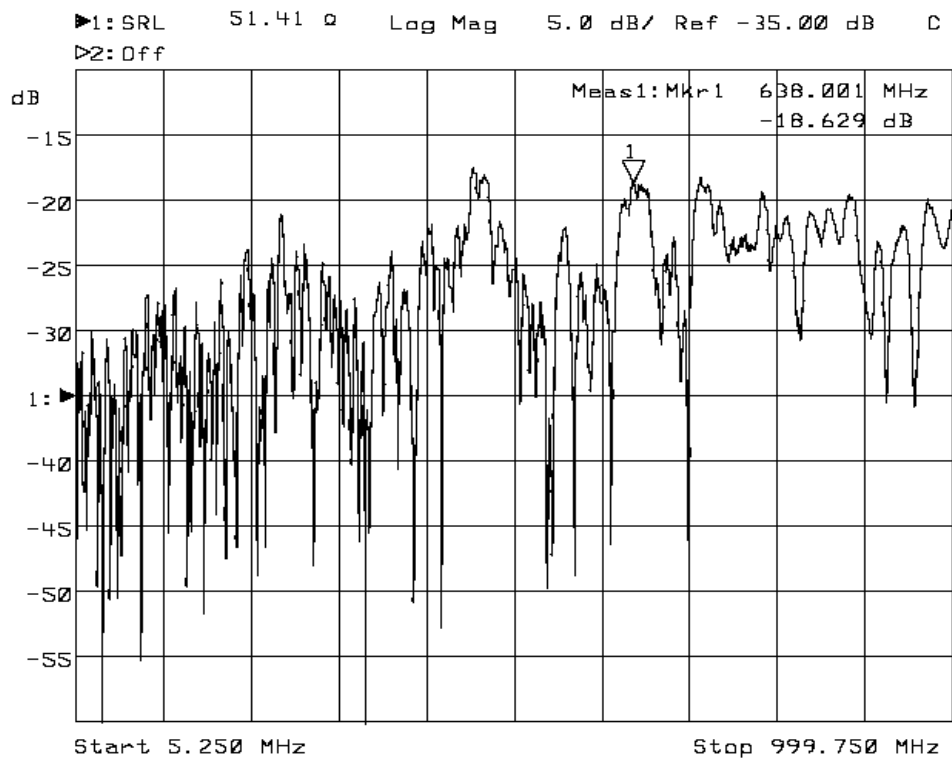


Figura 2-87. Respuesta Típica de Prueba de Cable en medida SRL.

P.6.3. ¿Después de que la prueba de revisión del cable (SRL Scan) se haya cumplido, encuentre los 5 peores casos con el uso de una marca. Llene la siguiente tabla?

Frecuencia (Mhz)	Pérdidas de Retorno Estructural SRL

Para volver a medir el cable o medir uno nuevo, presione **[BEGÍN] Cable SRL SRL Cable Scan**. Puede desear verificar la calibración antes de medir un nuevo cable.

P.6.4. ¿Medir SRL mediante el escaneo de los tramos 2 y 3 del carrete de cable coaxial y encontrar el peor caso de respuesta?

10. Interpretando la Medida SRL.

Periódicamente la respuesta SRL de las protuberancias causaran picos de frecuencia, a la frecuencia dada por las siguientes formulas:

$$\lambda = c/f$$

Donde:

c = Velocidad del la luz en el Cable

f = Frecuencia

λ = Longitud de Onda.

$\lambda / 2$ = Espacio entre Protuberancias.

Las protuberancias pueden localizarse cerca del final del cable o algunas veces en la mitad, aunque las protuberancias de defectos individuales pueden ser pequeñas, la medida de *Localización de Fallas* se usa para determinar la localización de los defectos del cable.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS.

P.6.1. ¿Active una marca y verifique 2 puntos de frecuencia en donde la *directividad* del sistema es mala (>-40 dB). Establezca un rango de frecuencia en donde hay mejor *directividad*?

P.6.2. ¿Encuentre las *Pérdidas de Retorno Estructural* SRL a una distancia de 0 mts donde el conector presenta la mayor falla?

P.6.3. ¿Después de que la prueba de revisión del cable (SRL Scan) se haya cumplido, encuentre los 5 peores casos con el uso de una marca. Llene la siguiente tabla?.

Frecuencia (Mhz)	Perdidas de Retorno Estructural SRL(dB)

P.6.4. ¿Medir SRL mediante el escaneo de los tramos 2 y 3 del carrete de cable coaxial y encontrar el peor caso de respuesta?

P.6.5. ¿Por qué para algunas medidas SRL, la respuesta del conector puede ser crítica para obtener una medida verdadera de *Pérdidas de Retorno Estructural*?

P.6.6. El Analizador de Red puede usar la medida de conector automática para determinar los valores de L y C en cables largos (mayores de 300 mts). Sin embargo usted puede introducirlos manualmente. ¿Por qué se debe ajustar la longitud del conector en una medida SRL?

P.6.7. ¿Cuáles son las diferencias entre las medidas de *Pérdidas de Retorno Estructural* (SRL) y la medida de *Localización de Fallas*?

P.6.8. ¿Por qué se debe examinar el cable coaxial con la técnica de “*Localización de Fallas*” antes de realizar la medida SRL?

6. RESPUESTAS

7. CONCLUSIONES.

PRACTICA No 7. CARACTERIZANDO Y VERIFICANDO UN SISTEMA DE ANTENA

1. OBJETIVOS

- Aprender a realizar un plan de instalación y mantenimiento de un sistema de antena.
- Ubicar y corregir fallas en un sistema de antena mediante la función de *Localización de Fallas* del Analizador de Red
- Determinar los principales parámetros para caracterizar el funcionamiento de un sistema de antena.

2. MARCO TEORICO

Caracterizando y Verificando un Sistema de Antena

Mediciones de *Localización de Fallas* se necesitan para Verificar y Caracterizar un Sistema de Antena.

Esta práctica proporciona una introducción al sistema de Feedline* de antena, incluyendo los problemas potenciales que pueden ocurrir. Las medidas típicas para caracterizar éstos Sistemas de Antena también se describen. En conclusión, se presenta la instalación y el plan de mantenimiento que pueden usarse para verificar el funcionamiento de un sistema de antena.

Esta práctica contiene la siguiente información:

- Sistema de alimentación de una antena

* Feddline: Línea de alimentación del sistema de antena

- Problemas potenciales
- Mediciones típicas
- Instalación y planificación de mantenimiento

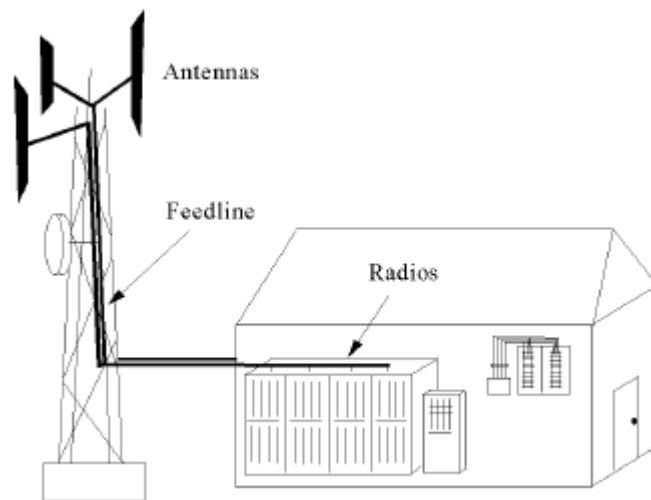


Figura 2-88. Sitio celular típico

Un sitio celular típico contiene muchos elementos hardware. Este puede incluir, entre otros:

- Racks de radios
- Combinadores
- Línea de alimentación coaxial
- Amplificadores
- Torre de montaje
- Dispositivos de protección contra relámpagos
- Filtros
- Antenas

Estos pueden operar en múltiples células, sistema de comunicación personal (PCS), y frecuencias de microondas.

Los componentes de un sitio celular que se encuentran entre los puertos de transmisión/recepción (radios) e incluso la antena son normalmente llamados “Sistema de antena.” Aquellos componentes entre la antena y los puertos de radio son llamados “Sistema de alimentación de la Antena.”

Evaluar la calidad de los componentes dentro del sistema feedline de la antena es de suma importancia en los sistemas de comunicación de hoy. Por ejemplo, la atenuación de las líneas de transmisión, junto con las pérdidas de inserción del combinador, determina la mayoría de pérdidas que ocurren en la parte de transmisión del sistema de antena. Cualquier imperfección o daño a esta feedline puede impactar severamente la calidad de la transmisión del sistema completo.

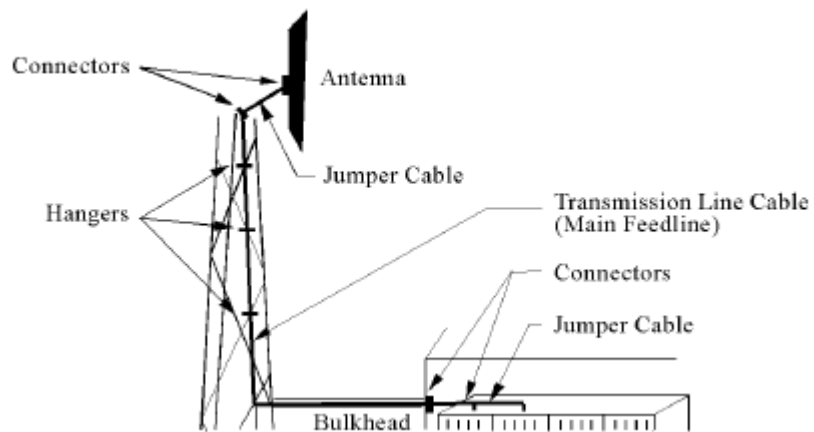


Figura 2-89. Sistema Feedline de antena

El montaje de un sistema de antena consiste de:

- Línea de alimentación principal y cables puentes (coaxial o waveguide)

- Conectores o abrazaderas
- Soportes
- Antena

Es importante entender el efecto que el montaje de la línea de alimentación tiene en el sistema entero para ayudar a evitar problemas intermitentes y fallas.

Conocer los parámetros de funcionamiento como la pérdida del feedline es especialmente crucial cuando se opera en los rangos de frecuencia de los 800 a 900 MHz y 1.8 a 2.0 Ghz. En estas frecuencias, la longitud de onda es muy corta y sufre gran atenuación de propagación mayor que la longitud de onda más larga para señales de más baja frecuencia. Así, el funcionamiento del sistema, por lo que se refiere a la potencia transferida desde el transmisor a la antena, y de la antena al receptor, se caracteriza por el feedline de la antena.

Problemas potenciales

Los sistemas de feedline de antena son típicamente las fuentes más comunes de fallas en un sistema de comunicación. Los problemas asociados con estos sistemas pueden ser difíciles identificar y, una vez encontrados, normalmente se localizan en lo alto de la torre. Con el equipo de prueba apropiado (Analizador de Red), identificar y aislar los problemas se vuelve muy fácil, y puede hacerse al nivel del suelo.

Los problemas siguientes pueden ocurrir con líneas de transmisión o antenas:

- Daño a la intemperie
 - Relámpagos
 - Humedad
 - Corrosión
- Vandalismo
- Discontinuidades en los cables
- Cables pinchados

Las líneas de transmisión se exponen a todas clases de condiciones de tiempo lo cual causa daño por tensión mecánica, relámpagos, humedad, y atmósferas corrosivas. Las torres son los blancos para los vándalos, como una causa común de fallas es creada por agujeros de bala en los cables o las antenas. Otros problemas comunes en los feedlines o antenas incluyen las discontinuidades como uniones dañadas o soportes torcidos, y cables pinchados causados por ganchos apretados, o abolladuras causadas por personas que suben a la torre.

Conectores

Las siguientes condiciones pueden causar problemas con los conectores:

- Conectores de baja calidad
- Contacto del conector pobre
- Humedad
- Corrosión

Los conectores presentan un gran potencial para los problemas, si la humedad encuentre un camino hacia adentro. La presión atmosférica normal cambia siempre a menos que el sistema se presurice a propósito. Baja calidad de los conectores, contacto de conector pobre, conectores corroídos, y tensión inadecuada o conectores sueltos son ejemplos de condiciones de falla crítica. Con el tiempo, estas condiciones pueden causar degradación o fallas del sistema completo.

Mediciones típicas

Las mediciones típicas siguientes se usan para caracterizar el sistema de feedline de antena y ayudan a identificar los problemas:

- **Antes de la instalación**—*Inspección de entrada*
–Pérdidas de retorno del cable

–Impedancia característica

–Factor de velocidad

• **Instalación**—*Línea básica de prueba*

–Pérdidas de inserción

–Pérdidas de retorno de la antena (SWR)

–Pérdidas de retorno del sistema de alimentación (SWR)

–Localización de fallas

–Longitud

• **Mantenimiento**—*Semejante a la línea básica*

–Pérdidas de retorno de la antena (SWR)

–Pérdidas de retorno del sistema de alimentación (SWR)

–Localización de fallas

Antes de la Instalación

Antes de la instalación, asegurando el funcionamiento especificado con una inspección de entrada puede ahorrar horas de desmontaje innecesario y reensamblaje del sistema de antena de un sitio celular. Las características importantes en esta fase incluyen pérdida de retorno de cable, impedancia característica, y factor de velocidad.

Instalación

En la instalación, es necesario hacer un completo conjunto de pruebas sobre la línea de alimentación del sistema de antena con el propósito de caracterizar totalmente su funcionamiento inicial. Durante el ensamblaje, la pérdida de retorno es normalmente medida después de la adición de cada componente. Una vez el ensamble está completo, pruebas tales como pérdida de inserción, pérdida de retorno del sistema de alimentación, localización de fallas y longitud son realizadas. Para la caracterización de la antena,

independiente de las contribuciones hechas por el sistema de alimentación un parámetro importante es la pérdida de retorno de la antena.

Una propiedad significativa de una antena es la característica de propagación que resulta de una antena patrón. Muchas de las propiedades medidas del sistema de antena completo (las cuales se determinan en la instalación) son indicadores buenos de si o no la antena patrón ha sido alterada.

Típicamente, esta condición es confirmada a partir de datos recogidos por las pruebas realizadas en el sitio celular.

La habilidad de sacar adelante los datos de la medida tomada a la instalación para una línea base es muy importante. Esto le permite comparar los datos originales con los resultados de medida futuros, haciendo el descubrimiento del problema y arreglándolos mucho más fácil.

Mantenimiento

El mantenimiento rutinario permite el descubrimiento temprano de problemas, de este modo, se evita costosos cierres del sistema. Sin embargo, cuando el servicio debe ser interrumpido, el paro puede minimizarse con un procedimiento de diagnóstico rápido. La frecuencia con que el mantenimiento rutinario ha de realizarse varía ampliamente. Pero en promedio, se hace cada seis meses. Esto es a menudo realizado por el proveedor de servicio, o puede contratarse a un grupo independiente. Se limitan las pruebas de mantenimiento típicamente para pérdida de retorno y localización de fallas, los dos indicadores importantes de la integridad de la línea de alimentación de la antena.

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA.

3.1 MATERIALES UTILIZADOS

- Analizador de Red Hp 8714C
- Antena Yagui Rango de frecuencia 219-220 Mhz
- Cable RG 8 50 Ω de 10 m
- Conectores tipo PL
- Kit de Calibración.
- Trípode
- Mástil de antena

3.2 PROCEDIMIENTO.

Para hacer mediciones de Localización de Fallas

1. Escoja los parámetros de medida presionando:

[PRESET] [BEGIN] Cable Fault Location
Start Distance 0 [ENTER] Stop Distance 20 [ENTER]

2. Para reducir la interferencia cuando realice mediciones de *Localización de Fallas*, presione:

[BEGIN] Cable Fault Location Band Pass

Entre la frecuencia central de la antena presionando:

Center Frequency 220 MHz

Configure la frecuencia span presionando:

[FREQ] Fault Loc Frequency Band Pass Max Span 90 MHz [Enter]

Reduzca el ancho de banda IF presionando:

[AVG] System Bandwidth Narrow 250 Hz

3. Para calibrar el Analizador, presione:

[CAL] **Full Band Cal**, siga las instrucciones que aparecen en la pantalla, conectando abierto, corto y carga en el puerto RF out del Analizador.

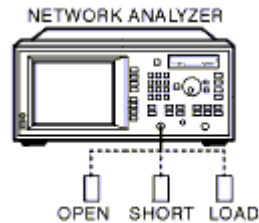


Figura 2-90. Calibración del Analizador.

Nota Si la medida de amplitud y distancia del cable es incorrecta (cuando se conecta el cable sin terminar en el puerto RF Out del Analizador), calcule el *factor de velocidad* y las *pérdidas* del cable. Presione: [CAL] **Calibrate Cable**.

Siga las instrucciones que aparecen en pantalla:

Conecte el cable no terminado de longitud conocida (10 m) al puerto RF Out del Analizador.

Entre la longitud del cable usando la sofkey **Specify Length 10 m [Enter]**. Cuando este listo presione **[Measure Cable]** para medir las pérdidas del cable y el factor de velocidad.

4. Conecte el equipo como se muestra en la Figura 2-91.

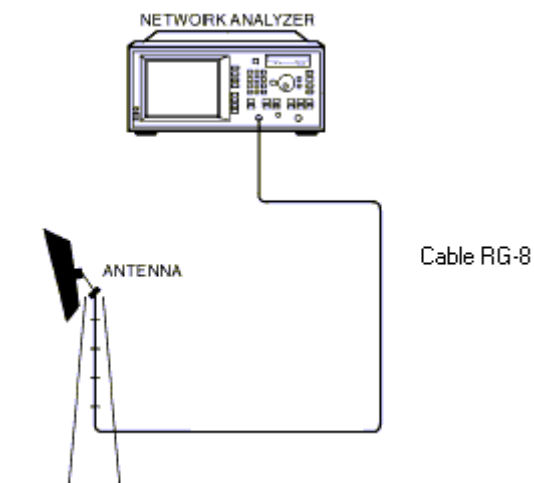


Figura 2-91. Configuración para la medición.

5. Para encontrar el pico de respuesta máximo presione:

[SCALE] **Autoscale** [MARKER] **Marker Search** **Max Search** **Mkr -> Max**

La grafica obtenida será la siguiente:

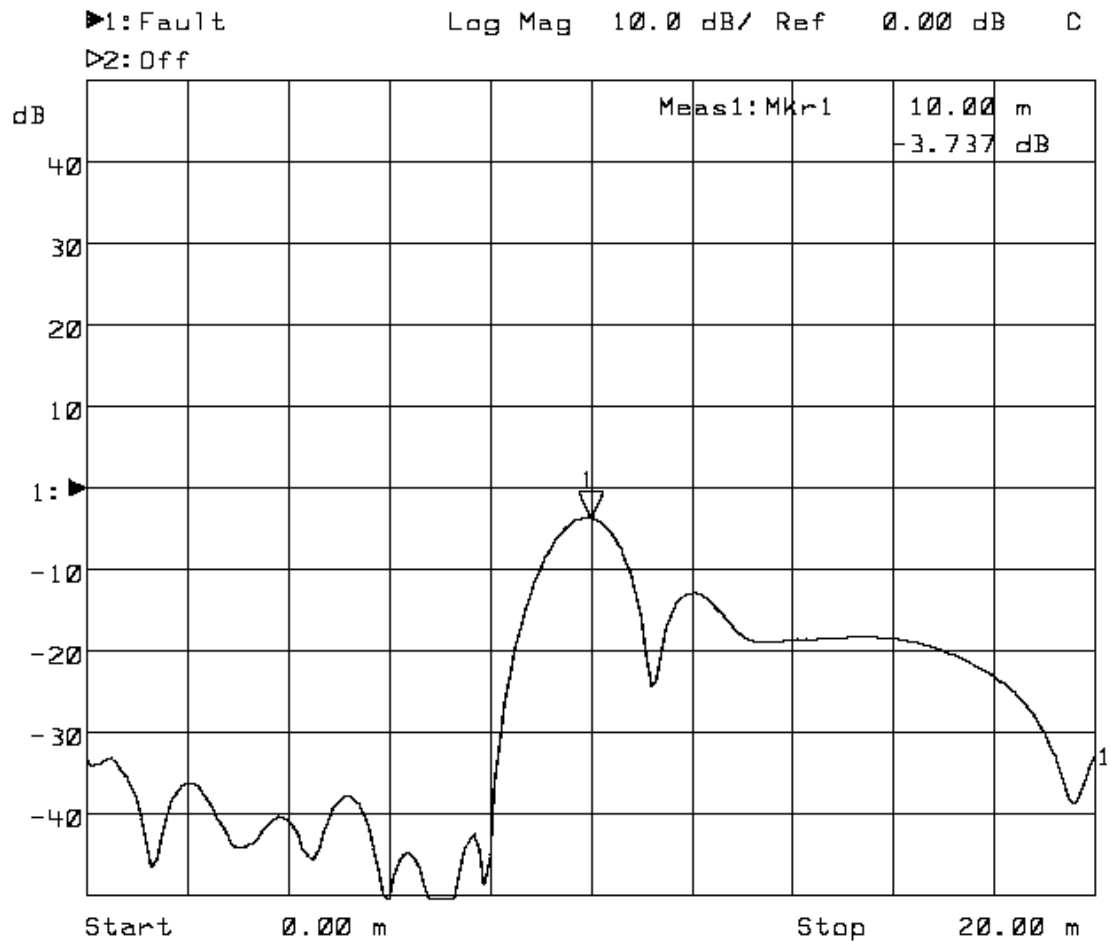


Figura 2-92. Medida de Localización de Fallas para el sistema de antena.

6. Para grabar los resultados presione:

[SAVE RECALL] **Define Save** **Data ON** **Prior Menu** **Save State**

Medición de Perdidas de Retorno

7. Escoja los parámetros de medida presionando:

[PRESET] [MEAS 1] Reflection [AVG] System Bandwidth Narrow 250 Hz
[FREQ] Center 220 Mhz Span 15 Mhz [SCALE] Autoscale

8. Para encontrar las *Pérdidas de Retorno* mínimas presione:

[MARKER] Marker Search Max Search Mkr -> Max

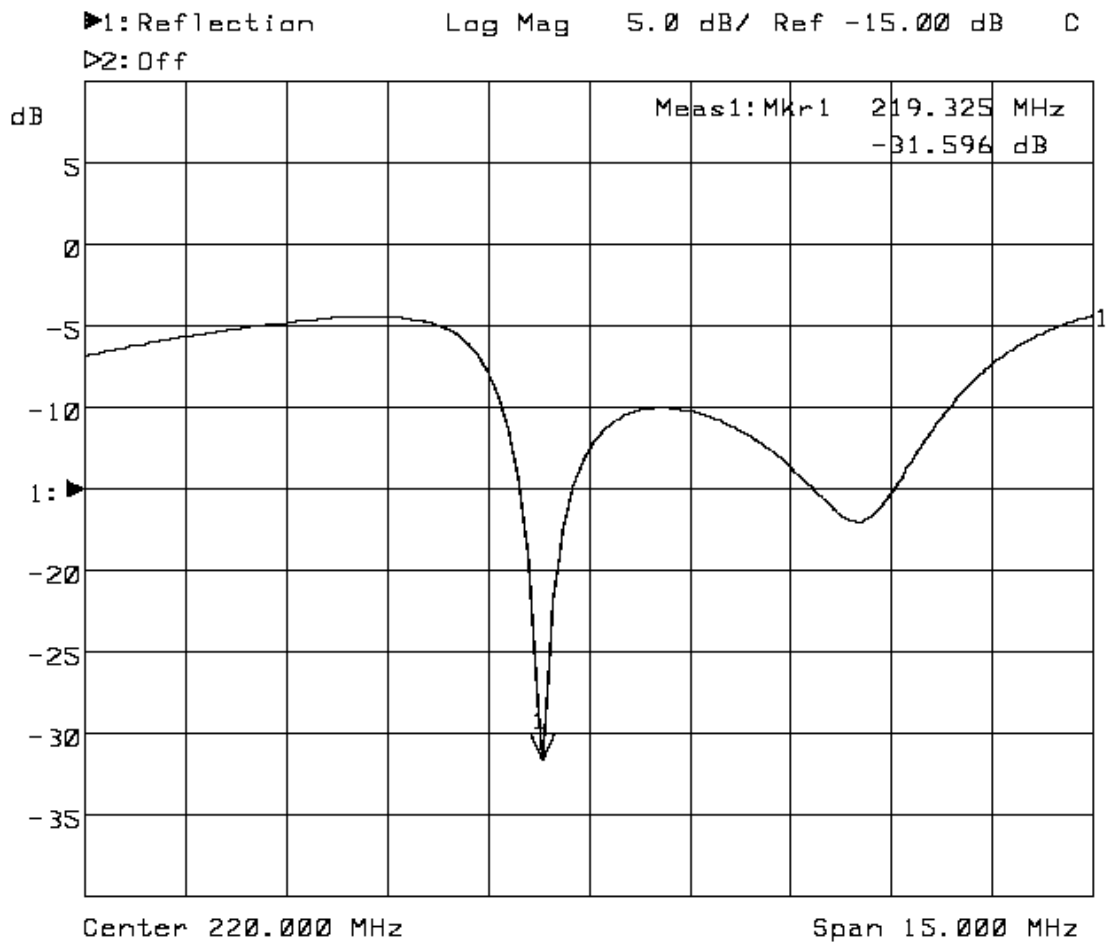


Figura 2-93. Pérdidas de Retorno.

9. Para grabar los resultados presione:

[SAVE RECALL] Define Save Data ON Prior Menu Save State

Medición de SWR

10. Presione: **[FORMAT] SWR [SCALE] Scale/Div [0.2] [ENTER]**

11. Uso de línea límite:

En este ejemplo se desea que la antena tenga un $SWR < 1.5$ en el rango de frecuencia de 219-29.800 Mhz. Para esta prueba utilizamos una línea límite con el fin de verificar el requerimiento. Presione:

[DISPLAY] Limit Menu Add Limit Add Max Line

Begín Frecuency 219 Mhz [ENTER]

End Frecuency 219.800 Mhz [ENTER].

Begín Limit 1.5 [ENTER]

End Limit 1.5 [ENTER].

Presione: **Prior Menu Prior Menu** y active la línea límite presionando: **Limit Test on OFF**

La grafica obtenida será la siguiente:

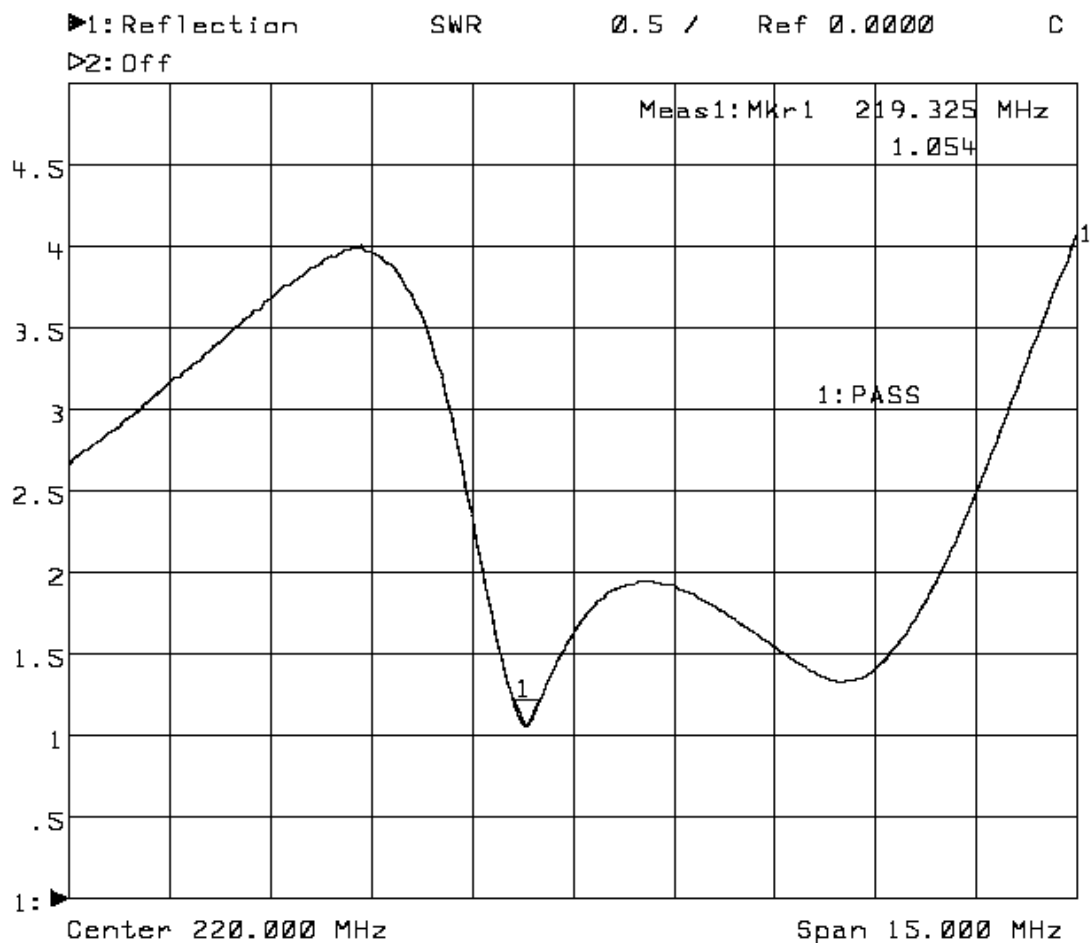


Figura 2-94. Medición de SWR.

Para eliminar la línea limite presione: **[DISPLAY] Limit Menu Delete Limit Yes Limit Test ON off y Prior Menu**

P.7.1. Calcule el *coeficiente de reflexión* y analice los resultados.

12. Para grabar el resultado presione:

[SAVE RECALL] Save State

15. Para ver la impedancia de la antena en la Carta de Smith

Presione: **[FORMAT] Smith Chart [SCALE] Autoscale**

Se obtiene la siguiente grafica aproximadamente:

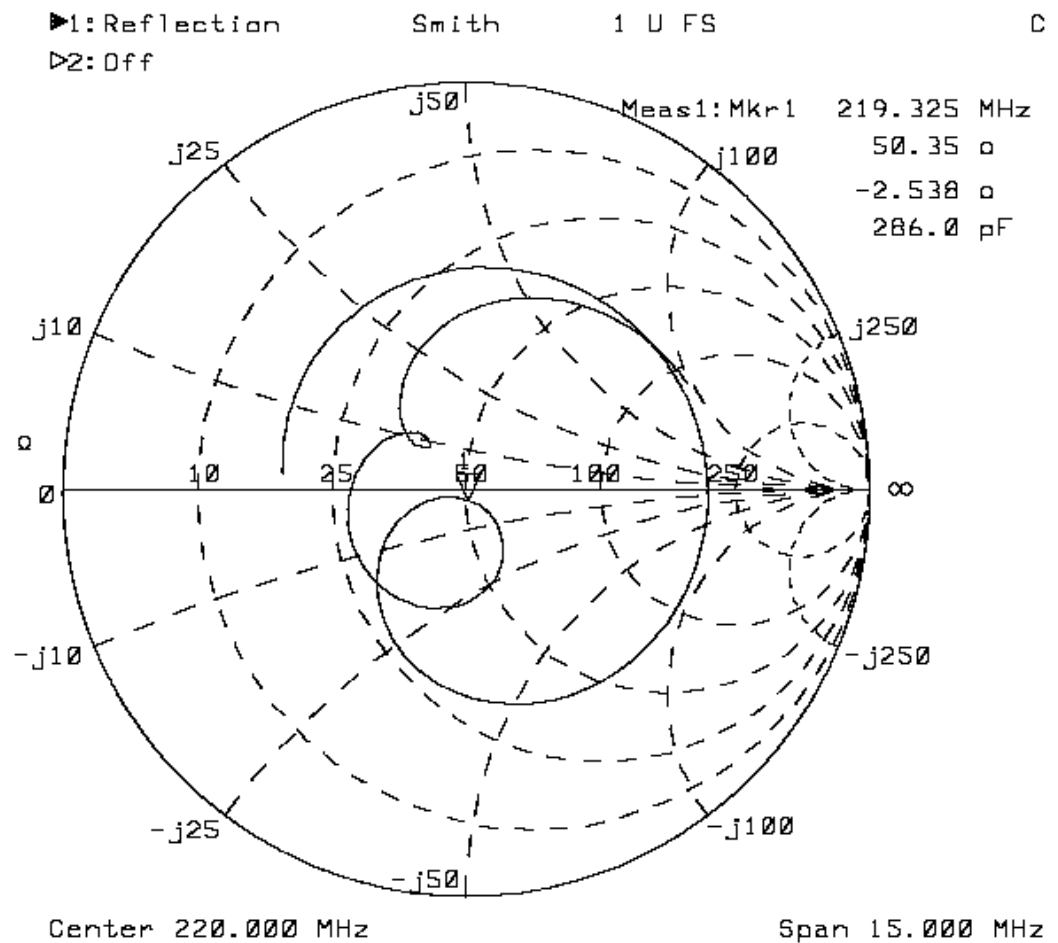


Figura 2-95. Medida de la impedancia de la antena.

En la Figura 8 observamos la frecuencia, resistencia, reactancia, y capacitancia de la antena.

16. Para ver la magnitud de la impedancia presione:

[FORMAT] More Format Impedance Magnitude[SCALE] Autoscale

Se obtiene la siguiente grafica aproximadamente:

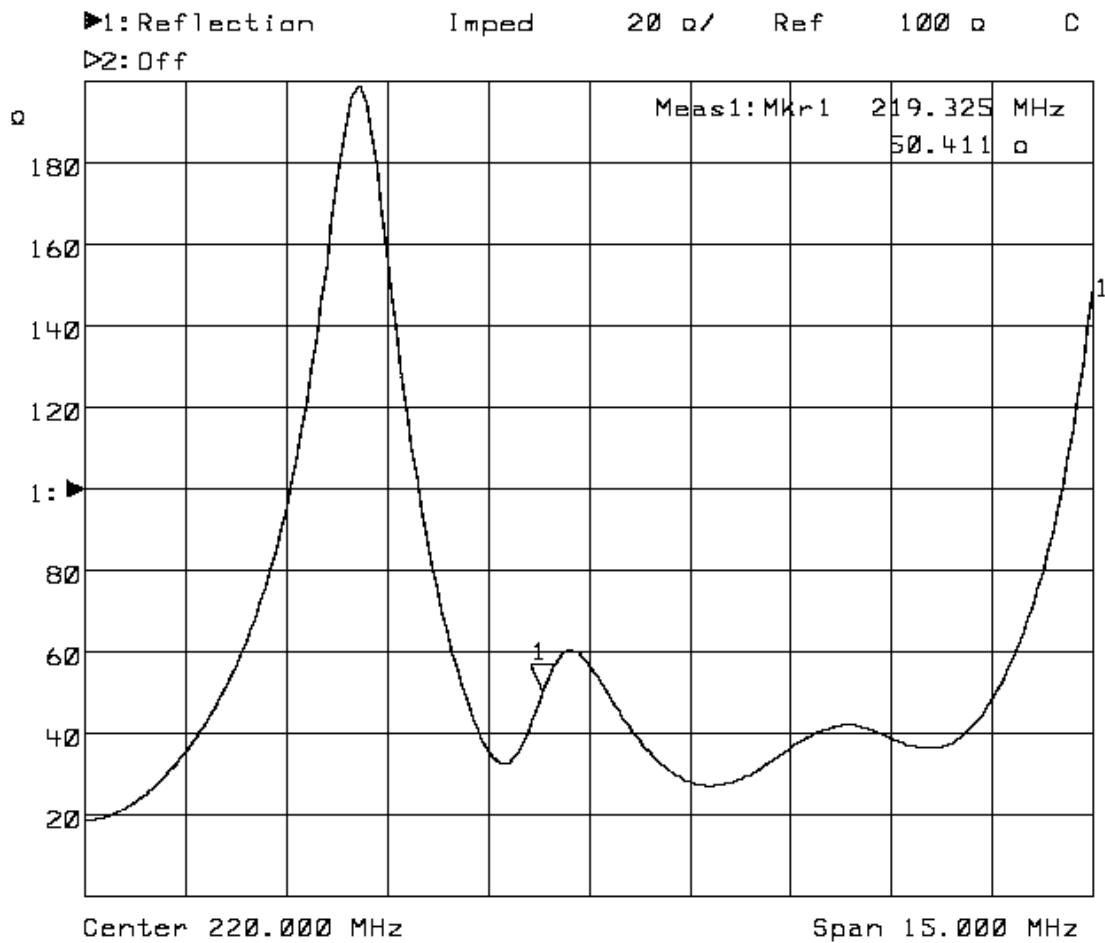


Figura 2-96. Medida de la magnitud de impedancia de la antena.

La marca en la Figura 2-96 muestra la frecuencia de trabajo de la antena y la magnitud de impedancia.

P.7.2 Enumere los principales problemas que pueden afectar el funcionamiento de un sistema de antena

P.7.3 Cuales son las mediciones típicas que se deben realizar para caracterizar un sistema de antena e identificar problemas?

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5. PREGUNTAS.

P.7.1 Calcule el *coeficiente de reflexión* y analice los resultados.

P.7.2 Enumere los principales problemas que pueden afectar el funcionamiento de un sistema de antena

P.7.3 Cuales son las mediciones típicas que se deben realizar para caracterizar un sistema de antena e identificar problemas?

6. RESPUESTAS

7. CONCLUSIONES.

CAPITULO III

RECOMENDACIONES PARA EL ANALIZADOR DE RED HP 8714C.

3.1 RECOMENDACIONES PARA NUEVAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

3.1.1 Medición de Cables de Par Trenzado.

En una medida de cable coaxial normal, la señal está referenciada al blindaje o tierra. Hay un conductor central el cual se centra en un cilindro dieléctrico y rodeado externamente, por una capa de blindaje en el exterior del cilindro. Es un tipo de medida desbalanceada.

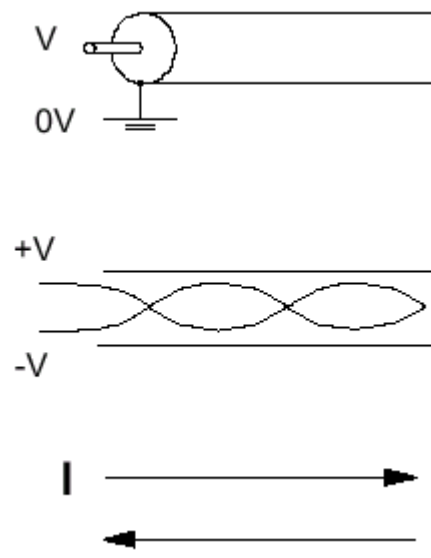


Figura 3-1. Tipos de Medida Balanceada y Desbalanceada.

La transmisión balanceada es cumplida con una corriente igual y opuesta que fluye a través del par. El voltaje potencial entre los pares, no es referenciado a tierra. Cada línea del par es igual y opuesta en voltaje con respecto a las otras. Figura 3-1.

La dificultad asociada con medición de cable par trenzado radica en el tipo de configuración en el que se va a realizar la medida. Los cables se usan en una configuración balanceada y requieren un dispositivo balun o interface con el equipo de prueba. Los pares trenzados tienen una impedancia distinta a 50 Ohms, normalmente 100 o 150 Ohms.

Cada uno de los pares debe tratarse individualmente y como un grupo en la medida. Cada par debe terminarse con una carga para evitar influencia en las medidas de los otros pares.

3.1.1.1 Configuración Balanceada para Cable par Trenzado.

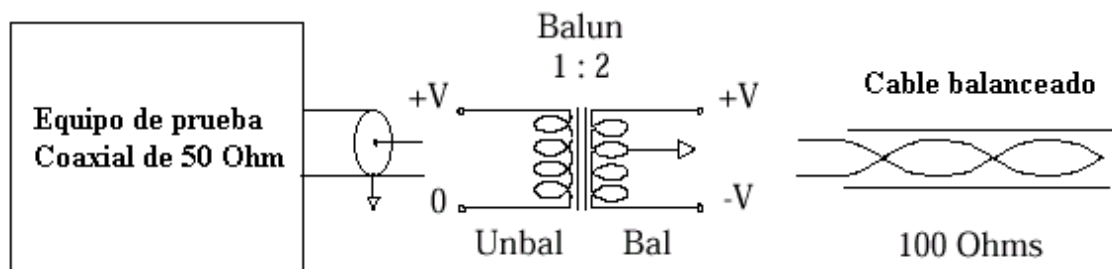


Figura 3-2. Configuración Balanceada para Cable par Trenzado.

La Figura 4-2 muestra un transformador balun usando para convertir una señal simple terminada en 50 Ohm, a 100 Ohm de par trenzado balanceado.

El balun es usado para realizar una transformación de impedancia, como también el balance de un par trenzado. El extremo balanceado es usualmente colocado al terminal de la línea de salida.

Debe tenerse cuidado en la escogencia de los conectores ya que ellos afectarán la medida del par trenzado. Al incrementar la frecuencia, la elección de conectores y la configuración del balun llega a ser más crítica.

3.1.1.2 Medida de Reflexión

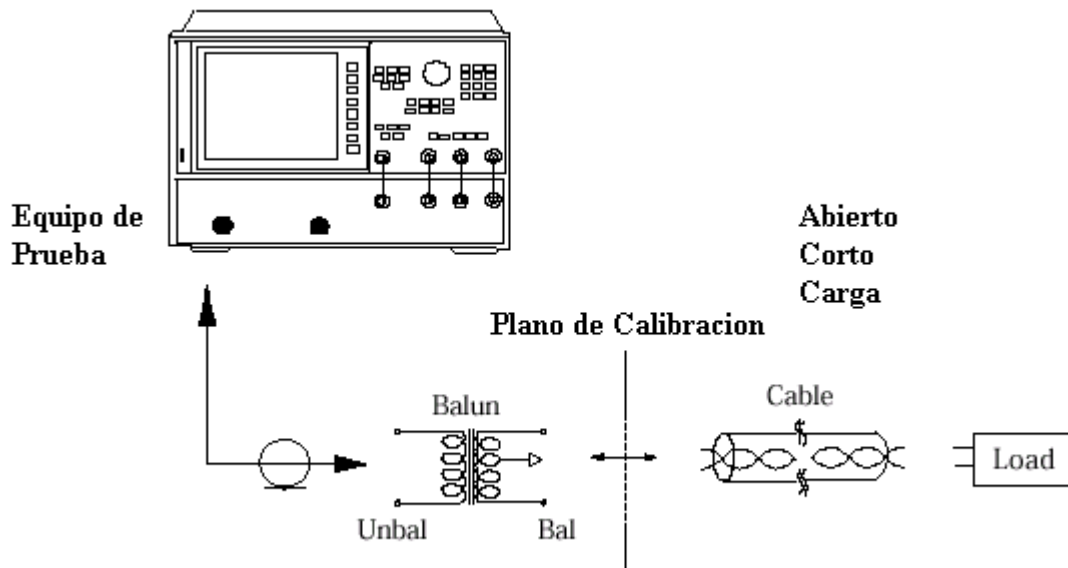


Figura 3-3. Medida de Reflexión.

Se adiciona el balun y la medida de reflexión se realiza como antes. La calibración quita los errores de la medida asociados con el balun y el sistema. Esto es cierto cuando la impedancia del par trenzado no varía. Debajo de 1 MHz, la impedancia varía ampliamente y puede cancelar cualquier calibración. En la Figura 3-3 se muestra el arreglo para medir las Pérdidas de Retorno de un par trenzado.

El puerto de prueba del equipo de medida se conecta al extremo de 50 Ohm del balun. Una calibración o plano de referencia es establecido en el extremo de salida del balun. Este puerto es calibrado con un corto, abierto y una carga para emparejar el balun.

El par trenzado se conecta entonces al balun y se termina con la carga. La medida es entonces realizada y los datos interpretados como en un sistema coaxial desbalanceado.

Calibraciones estándares deben escogerse cuidadosamente como la exactitud de la calibración y medida depende de ellas. Una buena conexión eléctrica con los conectores de prueba es muy importante para todos los tres estándares.

El corto y abierto requieren ser precisos. La carga debe medirse cuidadosamente para proporcionar la resistencia exacta.

3.1.1.3 Medida de Transmisión.

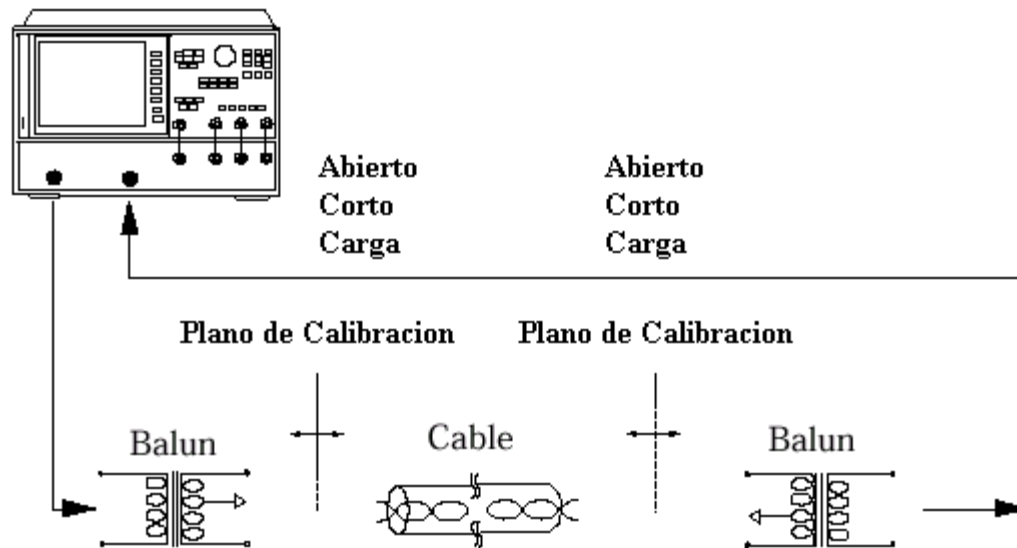


Figura 3-4. Medida de Transmisión.

Se coloca otro balun y se usa el puerto 2 para realizar una medida de transmisión. El plano de calibración es colocado al final del cable.

La realización de una medida de transmisión requiere alto rango dinámico en el sistema de medida y un puerto del receptor que deberá ser balanceado. Un segundo balun se usa como una terminación para el par trenzado y es conectado al puerto de entrada para del Analizador de Red. Un segundo plano de calibración se establece para la entrada del

Analizador de Red lo cual remueve los errores sistemáticos de la medida. La configuración de la Figura 3-4 permite medidas de transmisión y medida de la reflexión.

3.1.2 Opción AM Delay.

Una medida AM Delay caracteriza el Retraso de Grupo (o retraso de envolvente) de un dispositivo. Para realizar esta medida se requiere tener cualquiera de las siguientes opciones instaladas en el Analizador de Red:

- Opción 1DA (Am Delay, 50 Ohm)
- Opción 1DB (Am Delay, 75 Ohm).

Estas opciones incluyen hardware y firmware interno del instrumento, 2 detectores escalares y 1 divisor de potencia. Figura 3-5.



Figura 3-5. Divisor de Potencia.

La lisura de Retraso de Grupo puede ser una especificación importante para muchos componentes y sistemas. Las distorsiones de transmisión de una señal requieren amplitud constante y una respuesta de Retraso de Grupo por encima del ancho de banda de frecuencia. El Retraso de Grupo es la medida del tiempo de transmisión de la señal a través de un dispositivo. Se define como la derivada de la fase característica con respecto a la frecuencia.

Si el dispositivo bajo prueba es de traslación de frecuencia, la entrada del dispositivo y las frecuencias de salida serán diferentes por definición. Esto generalmente hace las medidas de respuesta de fase de dispositivos (Retraso de Grupo) muy difíciles.

La opción AM Delay supera esta dificultad usando la técnica de modulación de amplitud para medir Retraso de Grupo. En esta técnica, una pequeña cantidad de modulación de amplitud se aplica a la salida RF del Analizador de Red. Se usan detectores escalares para detectar esta modulación antes y después del dispositivo bajo la prueba. El Retraso de Grupo puede calcularse de la *diferencia de fase* entre estas dos señales (envolventes de modulación) Figura 3-6. Entonces la detección de banda ancha usa, la opción IDA / IDB del Analizador de Red y puede medir Retraso a través de cualquier dispositivo, incluyendo traductores de frecuencia.

Hay varias consideraciones importantes en una medida AM Delay, el dispositivo es un limitador o tiene AGC (control de ganancia automática), esto tenderá a distorsionar o remover la modulación de amplitud usada para la medida. Algún límite o AGC en el dispositivo deben desactivarse antes de hacer una medida AM Delay. La detección de banda ancha usada para AM Delay es susceptible a señales espurias y ruido. Deben removerse las señales espurias de niveles altos. Los niveles de ambas referencias y los detectores de prueba deben mantenerse tan alto como sea posible. El rango de potencia incidente especificado para ambos detectores en una medida AM Delay es de - 10 a + 13 dBm. Si la potencia de entrada de dispositivo esta fuera de este rango, debe usarse amplificación o atenuación directamente antes del dispositivo. Si la potencia de salida del dispositivo esta fuera del rango de -10 o +13 dBm debe usarse atenuación o amplificación directamente después del dispositivo.

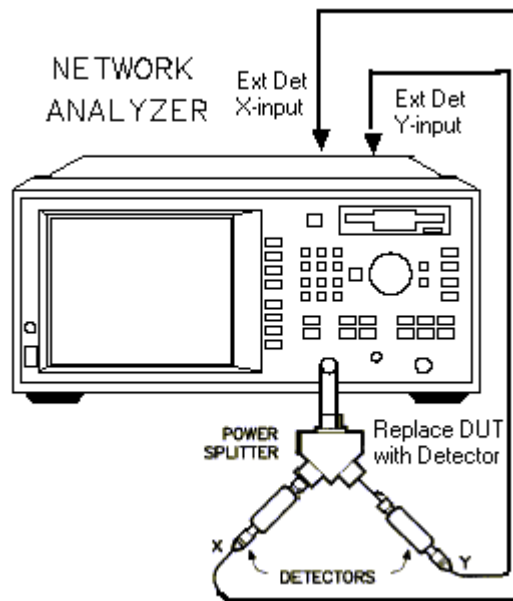


Figura 3-6. Medida de AM Delay.

3.1.3 Mediciones de Sistemas de 75 Ohm.

Actualmente el Analizador de Red cuenta con la opción de 50 Ohm instalada. Sin embargo, se pueden realizar mediciones de sistemas de 75 Ohm, para ello es conveniente adquirir un conector que adapte de 50 a 75 Ohm dicho dispositivo es llamado *Minimum Loss Pad*. Este adaptador se conectaría en los puertos RF OUT y RF IN del Analizador de Red permitiendo realizar mediciones de transmisión y reflexión.

Con este dispositivo se podrían realizar nuevas prácticas de laboratorio o adaptar para sistema de 75 Ohm las desarrolladas a lo largo de este proyecto. (Capítulo II).

Por ejemplo, con el uso del adaptador *Minimum Loss Pad* se podrían hacer medidas para cables coaxiales de 75 Ohm y medir su impedancia, pérdidas y todos sus parámetros.

El adaptador *Minimum Loss Pad* permitiría también realizar mediciones a distintos tipos de antenas con impedancias diferentes a 50 Ohm. Así mismo, permitirá realizar la medición de la línea de alimentación de la antena, para localizar fallas y pérdidas por desacople.

Más adelante se detallan las especificaciones y características del adaptador *Minimum Loss Pad*, así como también las recomendaciones para su uso y las precauciones para su manejo y conexión.

3.1.4 Medición de Diferentes Tipos de Filtros RF.

Las características más comunes medidas en un filtro RF son las *Pérdidas de Inserción*, el *ancho de banda BW*, y otro parámetro importante de medida es la salida de *Rechazo de Banda*. Ésta es una medida de un filtro donde pasan señales dentro de su *ancho de banda* mientras simultáneamente se rechaza señales fuera de ese mismo *ancho de banda*.

Así mismo es importante medir la *impedancia* en la banda pasante, la *frecuencia central* de trabajo, la *frecuencia de corte* en los puntos de 3 dB, el *SWR* y *Retraso de Grupo*.

Todos los parámetros anteriormente mencionados se pueden medir en 3 tipos de Filtros RF: Figura 3-7.

- Filtros Pasa Bajos.
- Filtros Pasa Altos.
- Filtros Pasa Banda.

Los parámetros del Filtro Pasa Banda fueron medidos en la segunda práctica de laboratorio desarrollada a lo largo de este proyecto. (Capítulo II).



Figura 3-7. Tipos de Filtros Pasa-alta, Pasa-bajo y Pasa-banda de MiniCircuits.

Las características y referencias para cada tipo de Filtro RF se muestran a continuación en las hojas de especificaciones. Dichos filtros se pueden utilizar con el Analizador de Red HP 8714C.

Filtros pasa-bajas

Low Pass DC to 2700 MHz



MODEL NO.	PASSBAND, MHz	f _{co} , MHz Nom.	STOP BAND, MHz		VSWR		CASE STYLE	PRICE \$ (Note 2)
	(loss < 1 dB)		(loss > 20dB)	(loss > 40 dB)	Passband	Stopband		
BLP-1.9**	DC-1.9	2.5	3.4-4.1	4.1-200	1.7:1	18:1	FF55	34.95
BLP-2.5**	DC-2.5	2.75	3.8-5.0	5.0-200	1.7:1	18:1	FF55	35.95
■ BLP-5	DC-5	6	8-10	10-200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-7.75	DC-7	8	11-15	15-200	1.7:1	18:1	FF55	33.95
BLP-10.7	DC-11	14	19-24	24-200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-10.7-75	DC-11	14	19-24	24-200	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-15	DC-15	17	23-32	32-200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-15-75	DC-15	17	23-32	32-200	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-21.4	DC-22	24.5	32-41	41-200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-21.4-75	DC-22	24.5	32-41	41-200	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-30	DC-32	35	47-61	61-200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-30-75	DC-32	35	47-61	61-200	1.7:1	18:1	FF55	33.95
BLP-50	DC-48	55	70-90	90-200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-50-75	DC-48	55	70-90	90-200	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-70	DC-60	67	90-117	117-300	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-90	DC-81	90	121-157	157-400	1.7:1	18:1	FF55	32.95
BLP-100	DC-98	108	146-189	189-400	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-100-75	DC-98	108	146-189	189-400	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-150	DC-140	155	210-300	300-900	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-200	DC-190	210	290-390	390-900	1.7:1	18:1	FF55	32.95
BLP-250	DC-225	250	320-400	400-1200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-300	DC-270	297	410-550	550-1200	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-450	DC-400	440	580-750	750-1800	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-550	DC-520	570	750-920	920-2000	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-600	DC-580	640	840-1120	1120-2000	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-600-75	DC-580	640	840-1120	1120-2000	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-750	DC-780	770	1000-1300	1300-2000	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-900	DC-720	800	1080-1400	1400-2000	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-850	DC-780	850	1100-1400	1400-2000	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-850-75	DC-750	850	1150-1490	1490-2000	1.7:1	18:1	FF55	33.95
■ BLP-1000	DC-900	990	1340-1750	1750-2000	1.7:1	18:1	FF55	32.95
■ BLP-1200	DC-1000	1200	1620-2100	2100-2500	1.7:1	18:1	FF55	32.95

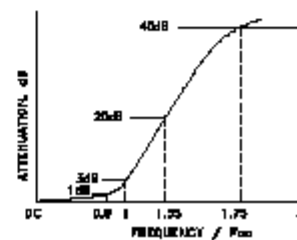
NOTES:

- ** 1dB compression at +13 dBm input power
- Denotes 75 ohm model, for coax connector models 75 ohm BNC connectors are standard.
- A. General Quality Control Procedures, Environmental Specifications, Hi-Rel and MIL description are given in General Information (section 0).
- B. Connector types and case mounted options, case finishes are given in section 0, see "Case styles & outline drawings".
- C. Prices and specifications subject to change without notice.
- 1. Absolute maximum power, voltage and current rating: 1a. RF power, 0.5 Watt
- 2. Models are available with male/female coax connectors, for other configurations and inter-series versions consult factory. See section 0, case styles and outline drawings.

MSN GUIDE

MCL NO.	MSN
BLP-5	5915-01-454-6890
SIP-30	5915-01-327-4692
SIP-21.4	5915-01-414-9165

LOW PASS TYPICAL FREQUENCY RESPONSE



Filtro pasa-altas



MODEL NO.	STOP BAND, MHz		f _{co} , MHz	PASSBAND, MHz	VSWR		CASE STYLE	C <small>OM</small> P <small>AT</small> I <small>B</small> L <small>E</small>	PRICE \$
	(loss > 40dB)	(loss > 20 dB)	(loss 3 dB)		Stopband	Passband			
BHP-25	DC-13	13-19	25	27.5-200	18:1	1.7:1	FF55	—	38.95
BHP-50	DC-20	20-26	37	41-200	17:1	1.5:1	FF55	—	36.95
BHP-100	DC-40	40-55	82	90-400	17:1	1.5:1	FF55	—	36.95
BHP-150	DC-70	70-96	120	133-600	17:1	1.8:1	FF55	—	36.95
BHP-175	DC-70	70-105	140	160-800	17:1	1.5:1	FF55	—	36.95
BHP-200	DC-90	90-116	164	185-800	17:1	1.6:1	FF55	—	36.95
BHP-250	DC-100	100-150	205	225-1200	17:1	1.3:1	FF55	—	36.95
BHP-300	DC-145	145-190	245	290-1200	17:1	1.7:1	FF55	—	36.95
BHP-400	DC-210	210-290	300	395-1600	17:1	1.7:1	FF55	—	36.95
BHP-500	DC-290	290-365	454	500-1600	17:1	1.9:1	FF55	—	36.95
BHP-600	DC-350	350-440	545	600-1600	17:1	2.0:1	FF55	—	36.95
BHP-700	DC-400	400-520	640	700-1800	17:1	1.6:1	FF55	—	36.95
BHP-800	DC-445	445-570	770	780-2000	17:1	2.1:1	FF55	—	36.95
BHP-900	DC-520	520-660	820	910-2100	17:1	1.8:1	FF55	—	36.95
BHP-1000	DC-550	550-720	900	1000-2200	17:1	1.9:1	FF55	—	36.95
NHP-25	DC-13	13-19	25	27.5-200	18:1	1.7:1	FF57	—	41.95
NHP-50	DC-20	20-26	37	41-200	17:1	1.5:1	FF57	—	39.95
NHP-100	DC-40	40-55	82	90-400	17:1	1.5:1	FF57	—	39.95
NHP-150	DC-70	70-96	120	133-600	17:1	1.8:1	FF57	—	39.95
NHP-175	DC-70	70-105	140	160-800	17:1	1.5:1	FF57	—	39.95
NHP-200	DC-90	90-116	164	185-800	17:1	1.6:1	FF57	—	39.95
NHP-250	DC-100	100-150	205	225-1200	17:1	1.3:1	FF57	—	39.95
NHP-300	DC-145	145-190	245	290-1200	17:1	1.7:1	FF57	—	39.95
NHP-400	DC-210	210-290	300	395-1600	17:1	1.7:1	FF57	—	39.95
NHP-500	DC-290	290-365	454	500-1600	17:1	1.9:1	FF57	—	39.95
NHP-600	DC-350	350-440	545	600-1600	17:1	2.0:1	FF57	—	39.95
NHP-700	DC-400	400-520	640	700-1800	17:1	1.6:1	FF57	—	39.95
NHP-800	DC-445	445-570	770	780-2000	17:1	2.1:1	FF57	—	39.95
NHP-900	DC-520	520-660	820	910-2100	17:1	1.8:1	FF57	—	39.95
NHP-1000	DC-550	550-720	900	1000-2200	17:1	1.9:1	FF57	—	39.95
SHP-25	DC-13	13-19	25	27.5-200	18:1	1.7:1	FF99	—	40.95
SHP-50	DC-20	20-26	37	41-200	17:1	1.5:1	FF99	—	38.95
SHP-100	DC-40	40-55	82	90-400	17:1	1.5:1	FF99	—	38.95
SHP-150	DC-70	70-96	120	133-600	17:1	1.8:1	FF99	—	38.95
SHP-175	DC-70	70-105	140	160-800	17:1	1.5:1	FF99	—	38.95
SHP-200	DC-90	90-116	164	185-800	17:1	1.6:1	FF99	—	38.95
SHP-250	DC-100	100-150	205	225-1200	17:1	1.3:1	FF99	—	38.95
SHP-300	DC-145	145-190	245	290-1200	17:1	1.7:1	FF99	—	38.95
SHP-400	DC-210	210-290	300	395-1600	17:1	1.7:1	FF99	—	38.95
SHP-500	DC-290	290-365	454	500-1600	17:1	1.9:1	FF99	—	38.95
SHP-600	DC-350	350-440	545	600-1600	17:1	2.0:1	FF99	—	38.95
SHP-700	DC-400	400-520	640	700-1800	17:1	1.6:1	FF99	—	38.95
SHP-800	DC-445	445-570	770	780-2000	17:1	2.1:1	FF99	—	38.95
SHP-900	DC-520	520-660	820	910-2100	17:1	1.8:1	FF99	—	38.95
SHP-1000	DC-550	550-720	900	1000-2200	17:1	1.9:1	FF99	—	38.95

3.1.5 Medición a Diferentes Tipos de Antenas.

A lo largo de es capitulo se explican varios dispositivos que permiten realizar mediciones para diferentes impedancias, lo que es valido para los distintos tipos de antenas.

La práctica de laboratorio de sistemas de antenas se puede realizar para diferentes tipos de antenas siguiendo el mismo procedimiento de la practica 7. (Capitulo II). Varios tipos de antenas se pueden medir, entre ellos: Antena Paraflector, antena Yagui, etc.

3.2 RECOMENDACIONES PARA LA ADQUISICIÓN DE NUEVOS MODULOS.

3.2.1 Otras Opciones.

3.2.1.1 IBASIC (Opción 1C2)

Esta opción agrega un sistema controlador permanente IBASIC, facilitando la automatización de medidas, y control de otros dispositivos. Usando un teclado para registrar las aplicaciones simples, o un teclado opcional para escritura, control complejo y programas de cálculo, IBASIC mejora la productividad para las medidas.

Usa un amplio rango de aplicaciones, mediante el lenguaje IBASIC se puede controlar sistemas externos vía comandos GPIB. También permite comunicarse con otros instrumentos, computadores y periféricos usando una interface GPIB, o los puertos serial y paralelo (I/O).

3.2.1.2 AM Delay (Opción 1DA [50 Ohm], 1DB [75 Ohm])

Estas opciones adicionan la capacidad de modulación de amplitud del *retraso de grupo*, las cuales permiten medir un *retraso de grupo* a través de dispositivos de traslación de

frecuencia tales como sintonizadores o mezcladores. Esta opción mide el *retraso de grupo* en algún dispositivo, y en amplificadores saturados, o de control de ganancia automática.

Se requiere tener cualquiera de las siguientes opciones instaladas:

- Opción 1DA (Am Delay, 50 Ohm)
- Opción 1DB (Am Delay, 75 Ohm).

Estas opciones incluyen hardware y firmware interno del instrumento, 2 detectores escalares y 1 divisor de potencia.

3.2.1.3 LAN (Opción 1F7)

La opción 1F7 adiciona una interfaz LAN, software y hardware para soportar datos y control del sistema vía conexión directa a una red 10 Base-T (Ethertwist). Ambos protocolos TCP/IP y FTP son soportados.

3.2.1.4 Opción 1EC (75 Ohms)

La opción 1EC provee una impedancia de sistema de 75 Ohm. Sin embargo, con el uso de un adaptador se pueden realizar mediciones a dispositivos de diferentes impedancias (50 o 75 Ohm).

3.2.2 Adaptador de Sistema de 50 Ohm a 75 Ohm.

Actualmente el Analizador de Red cuenta con la opción de 50 Ohm instalada. Sin embargo, se pueden realizar mediciones de sistemas de 75 Ohm, para ello es conveniente adquirir un conector que adapte de 50 a 75 Ohm dicho dispositivo es llamado *Minimum Loss Pad*. Figura 3-8.



Figura 3-8. Minimum Loss Pad.

3.2.2.1 Información General del Adaptador.

El adaptador de Agilent 11852B es un dispositivo de 50 Ohm tipo-N hembra a 75 Ohm tipo-N macho y trabaja en el rango de frecuencia DC hasta 3 Ghz.

3.2.2.2 Características y Especificaciones.

- Tipo de Conector: 50 Ohm tipo-N (f) , 75 Ohm tipo -N (m)
- Rango de Frecuencia: DC a 3 GHz
- Pérdidas de Retorno: 30 dB max.
- Longitud Eléctrica: 50.2 (1.98)
- Longitud global: 60.1 (2.37)
- Diámetro: 22.0 (0.87)
- Longitud de Plano de Referencia (nominal): 50.2 mm (1.98 in)
- Perdidas de Inserción: 5.7 dB, típica.

Para obtener un rendimiento optimo del Minimum Loss Pad, observe estas precauciones:

- Realizar conexiones cuidadosamente para evitar desalineación y daños del adaptador o mediciones inexactas.
- Guardar el conector libre de impurezas o partículas metálicas.

3.2.2.3 Precaución

Emparejar un conector macho de 50 Ohm con un conector hembra de 75 Ohm, se corre el riesgo de destruir el conductor central del conector de 75 Ohm.

3.2.3 Adquisición de Conectores o Adaptadores de Diferente Impedancia.

3.2.3.1 Adaptador de 75 Ohm

Actualmente el Analizador de Red cuenta con el Kit de accesorios de 75 Ω (*HP 11855A Type N*) el cual cuenta con 2 conectores o adaptadores de 75 Ω . Figura 3-9.



Figura 3-9. Adaptador de 75 Ohm.

3.2.3.1.1 Características y Especificaciones.

El conector es de propósito general, con impedancia de 75 Ohms, sirviendo de empalme para varios dispositivos de medida.

3.2.3.1.2 Adaptador tipo-N (hembra) a tipo-N (hembra)

- Clasificación: Propósito General.
- Rango de Frecuencia: dc - 3 GHz.
- Longitud Completa: 48.0 mm (1.89 pulgadas).
- Diámetro: 17.52 mm (0.69 pulgadas).

3.2.3.2 Kit de Accesorios y Adaptador de 50 Ohm.

Se recomienda la adquisición del Kit de accesorios de 50 Ω (*HP 11853A Type N*). Este kit contiene adaptadores de 50 Ohm útiles para realizar las mediciones bajo un sistema de 50 Ohm Figura 3-10. Los conductores centrales de los adaptadores son de *diferente* dimensión a los adaptadores de 75 Ohm, por tanto, no son compatibles y la conexión entre ellos causa daños en el conductor central.

Se recomienda conectar elementos de la misma impedancia. Las características y especificaciones de los adaptadores de 50 Ohm son:

3.2.3.2.1 Características y Especificaciones

El conector es de propósito general, con impedancia de 50 Ohms, sirviendo para realizar la conexión para varios dispositivos de medida en sistemas de 50 Ohm. Se recomienda su uso para futuras prácticas de laboratorio, incluyendo las prácticas de laboratorio desarrolladas a lo largo de este proyecto. (Monografía).

3.2.3.2.2 Adaptador tipo-N (hembra) a tipo-N (hembra), 50 Ohm

- Clasificación: Propósito General.
- Pérdidas de Retorno: 32 dB a 3 GHZ.
- Longitud Completa: 47.48 mm (1.86 pulgadas).
- Diámetro: 17.61 mm (0.69 pulgadas).



Figura 3-10. Adaptador de 50 Ohm.

3.3 RECOMENDACIONES Y PRECAUCIONES PARA EL MANEJO DEL ANALIZADOR DE RED.

3.3.1 Precauciones

3.3.1.1 Kits de Accesorios y Calibración.

Los Kits que actualmente tiene el Analizador de Red HP 8714C son los siguientes:

- Kit de Accesorios de 75 Ω (*HP 11855A Type N*).

Posee los siguientes elementos:

2 conectores tipo N hembra, terminaciones, cargas, corto.

- Kit de Calibración 50 Ω (*HP 85032 Type N*).

Posee los siguientes elementos:

1 Filtro RF modelo NBP -177-1. MiniCircuits Figura 3-11, conector abierto-corto tipo N, carga de 50 Ω .



Figura 3-11. Filtro RF y Kit de Accesorios.

El uso de los Kits de Accesorios y de Calibración de diferente impedancia debe realizarse con mucho cuidado. El Kit de Accesorios de 75Ω (*HP 11855A Type N*) tiene conectores con pin central interno *diferente* al utilizado por los accesorios del Kit de Calibración 50Ω (*HP 85032 Type N*). Por tanto, no son compatibles y la conexión de uno u otro elemento causa daños en el conductor central. Figura 3-12.

Se recomienda utilizar elementos de la misma impedancia ya que son compatibles, pudiéndose conectar diferentes elementos sin correr riesgo de daño.



Figura 3-12. Adaptadores de 50 y 75 Ohm.

3.3.1.2 Uso de Atenuadores.

En las prácticas de laboratorio donde se utilice *dispositivos activos* es recomendable el uso de atenuadores de diferentes niveles de atenuación en dB o tener cuidado con los niveles de potencia manejados y que ingresan por el puerto RF IN del Analizador de Red HP 8714C.

Esta precaución es importante cuando se vaya a medir amplificadores RF, ya que estos elementos tienen una buena ganancia y se corre el riesgo de superar el límite permitido por el Analizador de Red de +23 dBm o 25 Vdc de entrada.

3.3.1.3 Drive del Disco 3^½

Drive del disco de 3^½ permite guardar datos, estados de instrumento (incluyendo datos de calibración), y programas IBASIC (solamente para la opción 1C2). Los datos pueden ser guardados en formato MS-DOS (R) y en formatos: binario, PCX, HP-GL, o ASCII.

Por tanto, es recomendable hacer buen uso del drive de 3^½, utilizando en lo posible un disco nuevo para la salida de datos.

3.3.1.4 La intensidad de la pantalla.

La intensidad de la pantalla no debe ser alta para evitar su desgaste, debido a que el equipo deberá permanecer encendido durante varias horas. La intensidad se gradúa con el botón izquierdo al panel frontal del Analizador de Red. Figura 3-13.

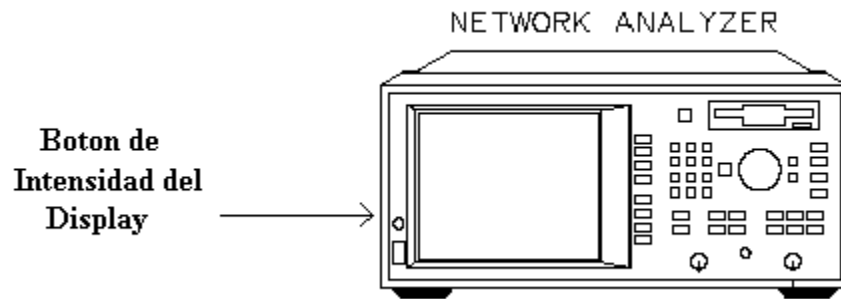


Figura 3-13. Botón de Intensidad de la pantalla.

3.3.1.5 Consideraciones de Encendido.

Es recomendable verificar que el Analizador de Red este apagado antes de conectarlo a la red de potencia AC. Posteriormente se enciende el equipo subiendo el switch izquierdo.

3.3.2 Requerimientos de Seguridad

3.3.2.1 Chequeo de los Conectores del Panel Frontal RF.

Antes de usar el equipo inspeccione los conectores del panel frontal. Los conectores mas importantes son aquellos en los cuales se conecta el DUT (Dispositivo Bajo Prueba), típicamente donde finaliza el cable RF, o el conector RF de entrada. Todos los conectores requieren ser limpiados y centrados sus pines. Las terminaciones de los conectores hembra no deben estar rotas o quebradas y deben tener una apariencia uniforme. Si se está inseguro de la dimensiones de un conector, mida los conectores para confirmar que las dimensiones son correctas antes de conectar a los puertos RF IN y RF OUT. Figura 3-14.

3.3.2.2 Verificación de Protección a Tierra.

Verifique que el cable de potencia no este dañado y que la fuente de potencia provea una conexión con protección de contacto a tierra. Figura 3-15.

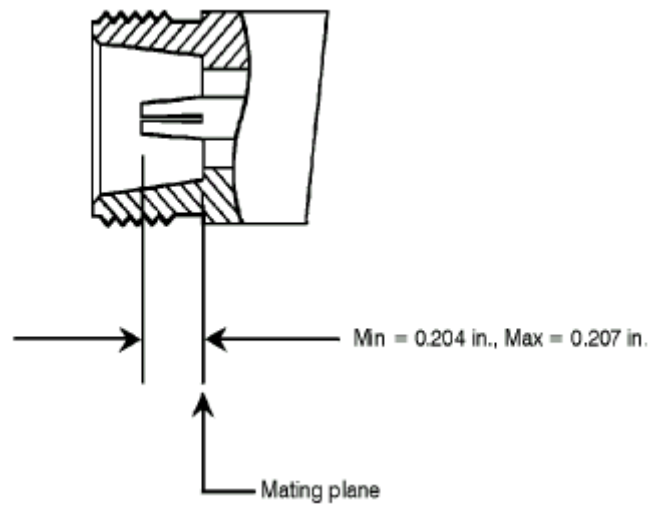


Figura 3-14. Dimensiones Máxima y Mínima del Conductor Central de los Puertos RF.

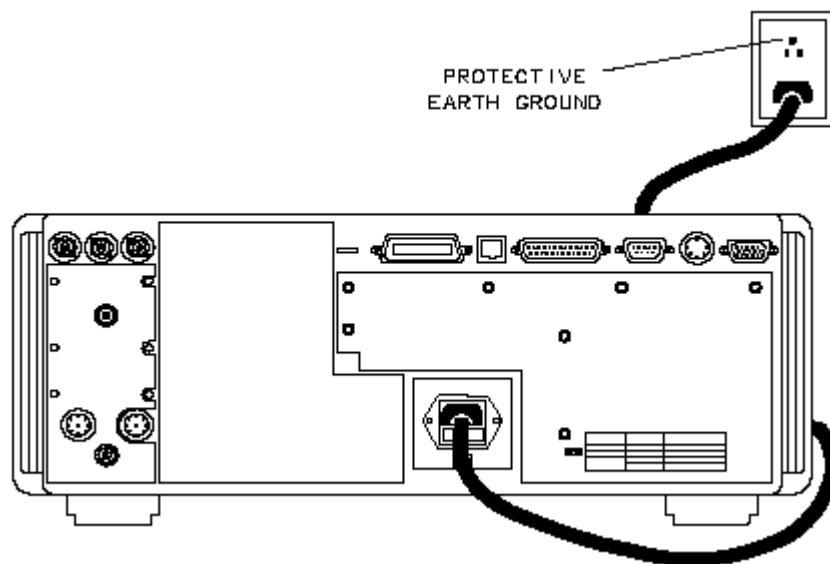


Figura 3-15. Protección de Conexión a Tierra.

3.3.2.2.1 Precaución.

El cordón de alimentación provee protección a tierra. Los conectores solamente se insertaran en contactos que tengan protección a tierra. Alguna interrupción del conductor de protección, dentro o fuera del instrumento podría poner en peligro el equipo.

BIBLIOGRAFÍA

- Guía de usuario del equipo Hewlett Packard RF Analyzer Network 8714C.
- Opción 100. Mediciones de Localización de Fallas y Pérdidas de Retorno Estructural. Guía de usuario suplementaria de Agilent Technologies.
- Guía de Conceptos Básicos.
David Ballo
Hewlett-Packard Company
Microwave Instruments Division
U.S.A. 1998.
- Revista RF Designer de Mini_Circuits
- Enciclopedia ELECTRÓNICA PRÁCTICA Tomo1, Tomo 2. McGraw-Hill, 1992.

Paginas Web

www.minicircuits.com

www.agilent.com

www.agilent.com/find/assist

www.agilent.com/find/na

www.agilent.com/find/multiport

www.agilent.com/find/balanced

www.agilent.com/find/ecal

www.agilent.com/find/tmdir

www.agilent.com/find/nfu

www.agilent.com/find/nf

www.agilent.com/find/component_test

www.agilent.com/find/accesories