

## PRÁCTICA 1:

### ANÁLISIS DE SEÑALES EN EL DOMINIO DE LA FRECUENCIA: EL ANALIZADOR DE ESPECTROS

<b>1. INTRODUCCIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>2</b>
1.1. ANÁLISIS ESPECTRAL. TIPOS .....	2
1.2. UTILIDAD DEL ANALIZADOR. MEDIDAS.....	4
1.3. ELECCIÓN DEL ANCHO DE BANDA DE RESOLUCIÓN .....	5
1.4. ELECCIÓN DEL TIEMPO DE BARRIDO .....	5
1.5. MEDIDA DE TONOS .....	7
1.6. SENSIBILIDAD DEL ANALIZADOR.....	7
1.7. SATURACIÓN DEL EQUIPO .....	9
1.8. LA OPCIÓN ZERO-SPAN .....	9
1.9. MODULACIÓN AM.....	9
1.10. SEÑALES DE RADIODIFUSIÓN .....	11
1.11. SEÑALES PULSADAS DE RF .....	12
<b>ANEXO I - ANALIZADOR DE ESPECTROS, HP ESA-L1500A.....</b>	<b>14</b>
<b>ANEXO II - GENERADOR DE FUNCIONES GF-1000B PROMAX.....</b>	<b>19</b>
<b>ANEXO III - GENERADOR DE RF BK .....</b>	<b>20</b>
<b>2. MONTAJES Y MEDIDAS EN EL LABORATORIO .....</b>	<b>21</b>
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA .....	21
2.2. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE MEDIDA.....	21
2.3. EXPERIMENTO 1. OBSERVACIÓN DE TONOS Y MANEJO DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS. MEDIDA DEL NIVEL DE RUIDO.....	22
2.4. EXPERIMENTO 2. MODULACIÓN AM.....	26
2.5. EXPERIMENTO 3. OBSERVACIÓN DE LAS SEÑALES DE RADIODIFUSIÓN .....	29
2.6. EXPERIMENTO 4. MEDIDA DE SEÑALES PULSADAS .....	31

# 1. INTRODUCCIÓN TEÓRICA

## 1.1. ANÁLISIS ESPECTRAL. TIPOS

El análisis de una señal, para extraer sus características, puede hacerse en el dominio del tiempo o de la frecuencia. El análisis en el tiempo se hace habitualmente con un osciloscopio (al menos en bandas bajas de frecuencia). El análisis del contenido en frecuencia se realiza con un analizador de espectros (A.E.). Existen tres formas básicas de hacer el análisis espectral:

- Analizador en tiempo real. Consiste en pasar la señal por un banco de filtros y detectar el nivel de salida en cada uno de ellos. La resolución en frecuencia está limitada por el ancho de banda de los filtros. Su mayor ventaja es que captura totalmente cualquier evento, ya que los filtros están permanentemente abiertos a la señal. Por la tecnología empleada, en la práctica están limitados a aplicaciones de audio.
- Transformada de Fourier. Se digitaliza y almacena un determinado intervalo de tiempo de una señal. Posteriormente un procesador digital calcula numéricamente la transformada de Fourier. La ventaja de este método es que obtiene tanto el módulo como la fase de la transformada. Sólo tiene aplicación hasta unas decenas de MHz.
- Analizador sintonizado de barrido. Es el único que llega hasta frecuencias de radio y el que se utilizará en esta práctica.

### Analizador sintonizado de barrido

La estructura de este tipo de analizador puede verse en la figura 1.1. Como se observa, es un receptor heterodino de barrido. Va barriendo el margen de frecuencias de entrada según una señal de rampa y presenta en una pantalla el nivel de actividad (amplitud detectada) que encuentra en cada frecuencia. El sistema puede verse como un filtro *de banda estrecha* (el filtro de FI o **filtro de resolución**) que va desplazando *lentamente* su frecuencia central y detectando el nivel de señal a su salida (véase la figura 1.2).

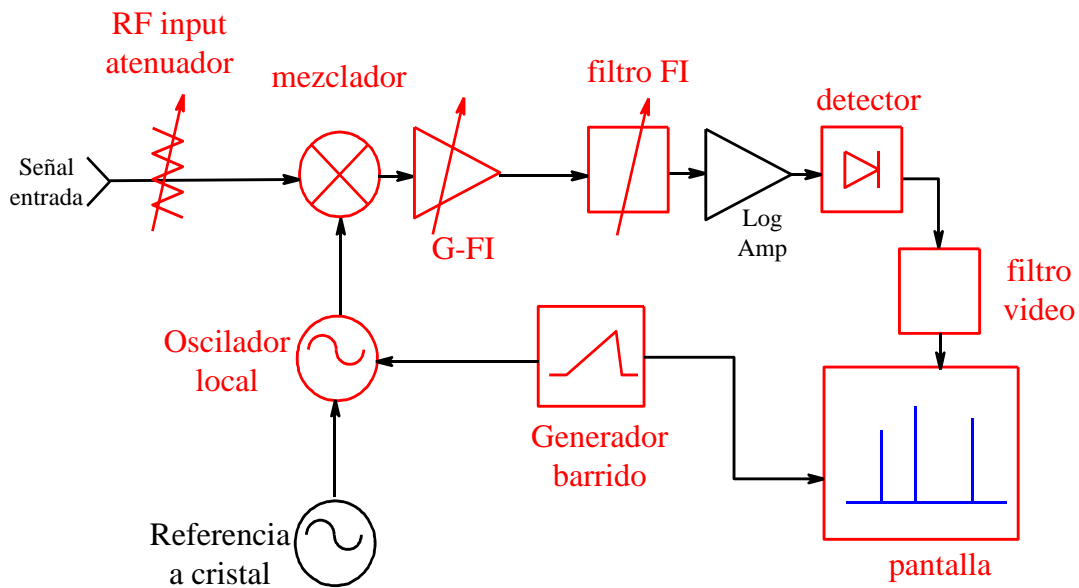


Figura 1.1 Estructura del analizador

El resultado es como ir *viendo* el espectro a través de la ventana definida por el filtro. El detector **integra** en un único nivel de potencia todo lo que pasa por el filtro (realmente el efecto de integración es debido al filtro). Por ello, para que el resultado obtenido en la pantalla sea similar al espectro de la señal, el filtro de FI (que en definitiva marca la **resolución** del analizador) debe ser mucho más estrecho que el espectro a medir.

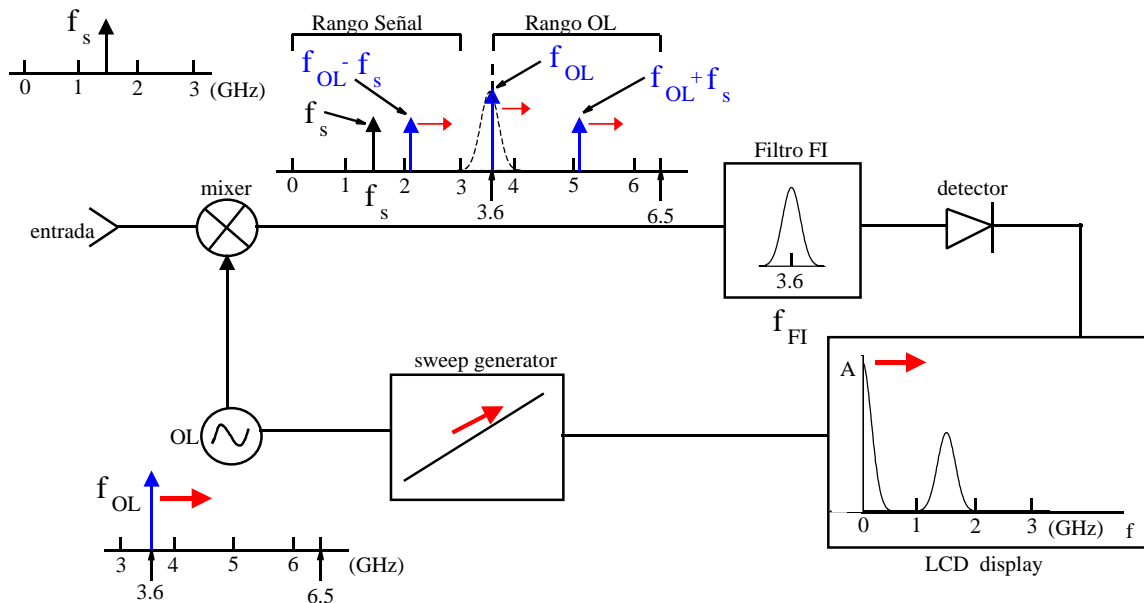


Figura 1.2 Efecto del proceso de medida

También se ha comentado que el barrido debe hacerse lentamente. Los analizadores del laboratorio permiten modificar este parámetro así como el ancho de banda del filtro. En apartados posteriores se discutirán los efectos que esto tiene. Obsérvese que este tipo de analizadores puede no detectar alguna señal que sólo aparezca de forma espuria ya que el receptor no permanece abierto a todas las frecuencias durante todo el tiempo. En cualquier caso, eso no suele ser un problema en la mayor parte de las aplicaciones.

Otra opción que suelen incorporar los equipos es la de detener el barrido (*zero span*). En tal caso, el filtro queda sintonizado a frecuencia fija y la pantalla muestra la envolvente de la señal, detectada en función del tiempo (el eje x del display sigue barriendo a la velocidad que se le haya indicado).

## 1.2. UTILIDAD DEL ANALIZADOR. MEDIDAS

Un analizador de espectros como el descrito en el apartado anterior resulta extremadamente útil para la medida de equipos de sistemas de comunicaciones. De modo muy resumido se comentan los tipos de medidas más significativos que pueden realizarse:

- Medidas básicas de frecuencia: Frecuencia de una señal, separación de frecuencias entre rayas espectrales, ancho de banda de una señal, etc.
- Medidas de potencia: Debe decirse que no todos los analizadores están calibrados para la medida absoluta de potencia (sí lo están de los que dispone el laboratorio). En cualquier caso, siempre pueden realizarse medidas relativas: entre distintas componentes espectrales, medidas de ganancia/atenuación, relación señal a interferencia en un sistema, etc.
- Distorsión lineal: Puede medirse como cambia el espectro de una señal antes y después de un filtro.
- Distorsión no lineal: Contenido de armónicos, productos de intermodulación, etc.
- Osciladores: Pureza espectral, ruido de fase, estabilidad de la frecuencia, etc.
- Ruido: Factor de ruido de un subsistema en función de la frecuencia. Relación señal a ruido.
- Mezcladores: Pérdidas de conversión.
- Modulaciones: Extracción del índice de modulación, modulación residual AM (sistemas FM), distorsión en modulaciones AM, ocupación espectral (modulaciones digitales), etc.

### 1.3. ELECCIÓN DEL ANCHO DE BANDA DE RESOLUCIÓN

Los analizadores de barrido permiten al usuario seleccionar, dentro de unos márgenes, la anchura de banda del filtro de frecuencia intermedia (FI), esto es, la resolución con la que se ve el espectro. En principio, lo mejor sería seleccionar el filtro más estrecho posible, para que el gráfico mostrado en la pantalla sea lo más parecido posible al espectro real de la señal.

Como ejemplo supóngase que se pretende analizar una señal que contiene dos rayas espectrales separadas 300 KHz. La figura 1.3 muestra aproximadamente el espectro que se presentará en pantalla (SPAN de 10 MHz) en función de que se eligiese un ancho de banda de 1MHz, 500 KHz o de 100 KHz. Como conclusión puede decirse que debe seleccionarse un ancho del filtro menor que las mínimas separaciones en frecuencia que se desee observar.

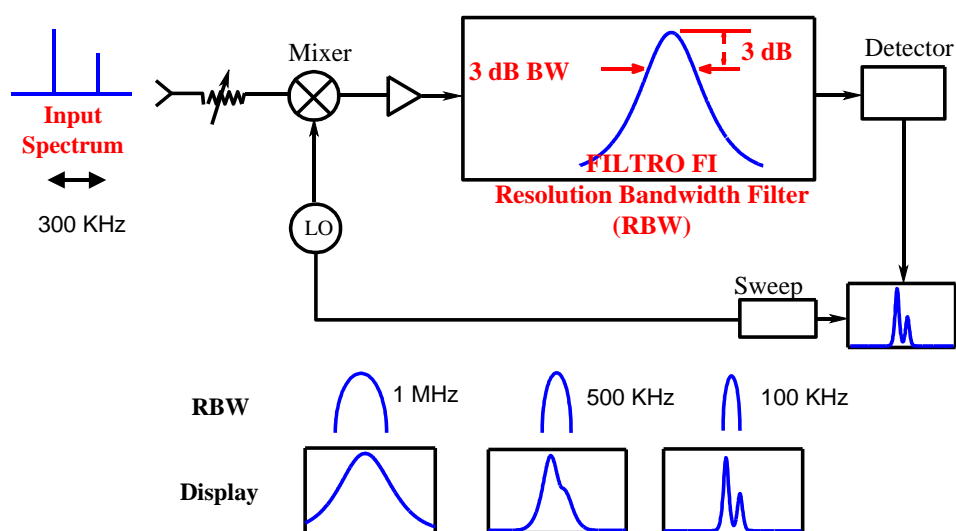


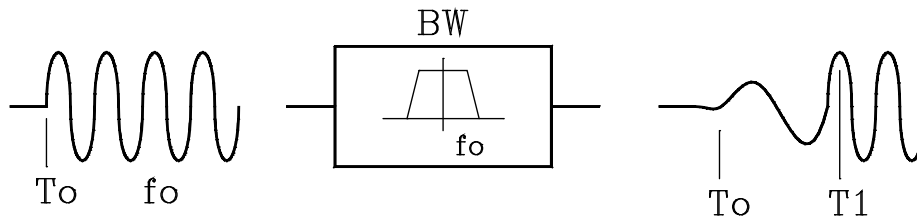
Figura 1.3 Efecto del ancho de banda de resolución en la medida de dos tonos

También debe decirse que, sin embargo, a veces interesa utilizar anchos grandes del filtro. Una razón es que en ocasiones interesa "integrar" el espectro en un cierto ancho de banda (por ejemplo al analizar ruido o medir potencia de señales con espectros con muchas rayas muy próximas). Otra razón es que la anchura del filtro debe elegirse coherentemente con el tiempo de barrido, como se discutirá en el siguiente apartado.

### 1.4. ELECCIÓN DEL TIEMPO DE BARRIDO

Cuando se coloca una señal a la entrada de un filtro, la salida pasa por un periodo transitorio hasta que finalmente se estabiliza al valor en régimen permanente (véase la figura 1.4). El tiempo entre  $T_0$  y  $T_1$  se denomina a veces tiempo de integración del filtro y es, aproximadamente, el inverso de su ancho de banda. Por ello, al efectuar el barrido del filtro en el analizador, éste

deberá hacerse de manera suficientemente lenta para permitir que el filtro permanezca sintonizado a cada frecuencia durante, al menos, el tiempo de integración.

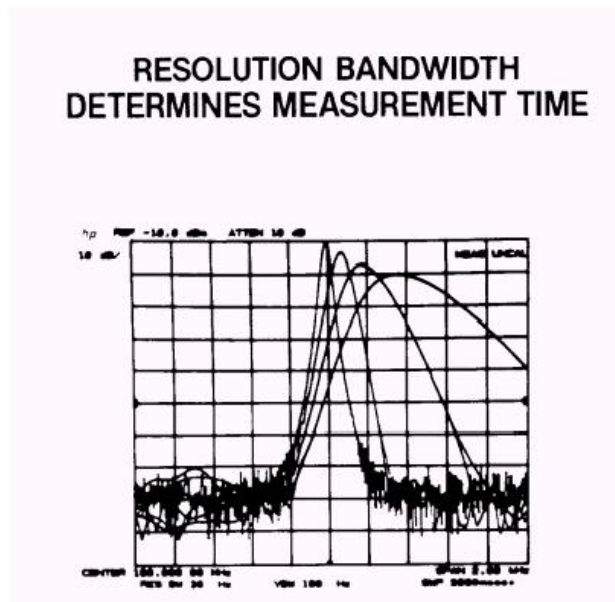


**Figura 1.4 Tiempo de integración del filtro**

Lo anterior se traduce en que, a menos anchura del filtro (mejor resolución), el tiempo de barrido deberá hacerse mayor. Especialmente si se analiza una porción ancha del espectro. Es posible entonces que el seleccionar un filtro demasiado estrecho lleve a un tiempo prohibitivo para hacer la medida. Para evitar problemas con el transitorio del filtro puede estimarse el mínimo tiempo de barrido necesario a través de la siguiente expresión aproximada:

$$\text{Tiempo de barrido} \propto \frac{\text{Margen total de frecuencias}}{(BW)^2}$$

La figura 1.5 muestra el efecto que tiene, sobre la medida de un tono, utilizar un tiempo de barrido excesivamente pequeño (obsérvese el aviso del sistema en la parte superior derecha de la pantalla: MEAS UNCAL, medida no calibrada).



**Figura 1.5 Selección del tiempo de barrido**

### 1.5. MEDIDA DE TONOS

Si se utiliza un *Span* (margen de frecuencias analizado) grande, las señales sinusoidales, sin modular, aparecen como rayas en el espectro. Su localización en el eje de abscisas permite conocer su frecuencia, y su amplitud en el eje de ordenadas, su potencia en dBm u otra unidad. Si se quiere observar más en detalle una determinada raya, deberá actuarse sobre el mando de frecuencia central hasta que la raya quede situada en el centro de la pantalla. Una vez hecho esto, se reducirá el *Span* para ver la señal con más detalle.

Si la senoide es muy pura (es por ejemplo la señal entregada por un buen generador de radiofrecuencia), tendrá unas modulaciones FM (ruido de fase) y AM (ruido de amplitud) muy bajas, y en consecuencia un ancho de banda muy pequeño. En esas condiciones es típico que la anchura del filtro de FI sea mucho mayor que el espectro a medir (véase la figura 1.6). Lo que se presenta entonces en la pantalla del analizador es **precisamente la forma del filtro**. Si se desea medir el ruido de fase de la señal sinusoidal, sería necesario utilizar un filtro mucho más estrecho, lo cual puede ser muy complicado si el generador es bueno.

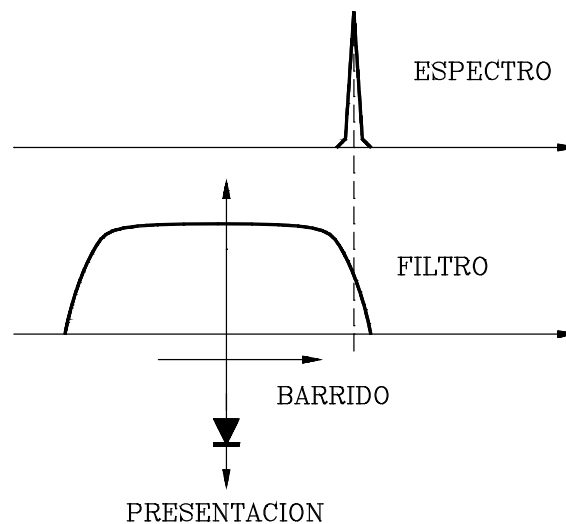


Figura 1.6 Analizador ante un tono muy puro

### 1.6. SENSIBILIDAD DEL ANALIZADOR

La sensibilidad del analizador se define como la potencia de la menor senoide que el equipo es capaz de medir. Los analizadores permiten normalmente conectar un atenuador a la entrada del equipo. El aumento de la atenuación de ese atenuador hace aumentar también el nivel de ruido del analizador y, por tanto, se enmascaran las señales más débiles. El ruido también depende del ancho del filtro de FI, ya que si se hace más ancho se integra más ancho de banda

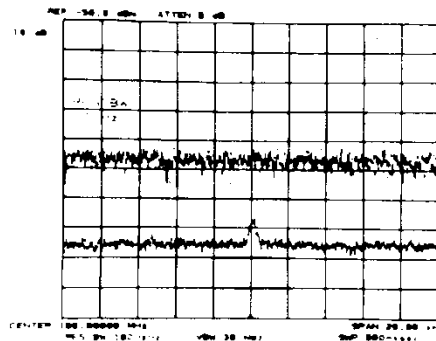
y el nivel de ruido detectado aumenta.

Para obtener la sensibilidad del analizador deberá colocarse la mínima atenuación de RF posible y el menor ancho del filtro posible. La amplitud de una senoide que, en esas condiciones, quede a 3dB por encima del ruido, es la sensibilidad del equipo (véase la figura).

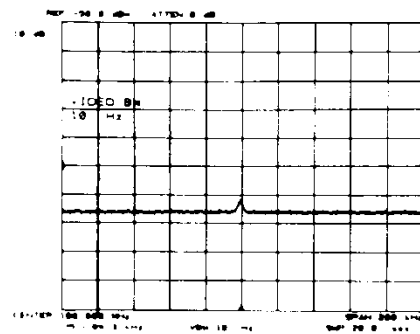
## SENSITIVITY IS THE SMALLEST SIGNAL THAT CAN BE MEASURED

CONDITIONS

LOWEST IF BANDWIDTH



NO RF ATTENUATION



3 dB OUT OF NOISE

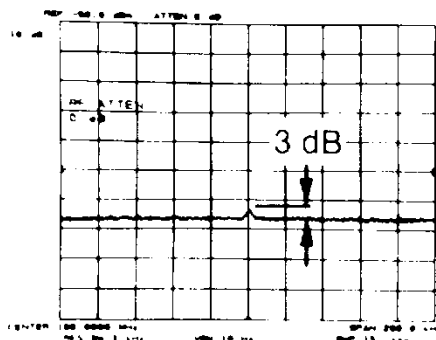


Figura 1.7 Sensibilidad del analizador de espectros.



### 1.7. SATURACIÓN DEL EQUIPO

La máxima señal que puede medir el equipo está limitada por los efectos no lineales que ocurren en el mezclador de entrada cuando le alcanzan señales muy potentes. El resultado es la aparición de rayas de intermodulación, ensanchamiento de los espectros y falta de fidelidad en las amplitudes leídas. Los equipos suelen incorporar un atenuador a la entrada previo al mezclador, de tal forma que si el nivel que le llega es muy alto se puede aumentar la atenuación. El problema es que entonces no pueden verse señales muy débiles al aumentar el nivel de ruido. Se denomina margen dinámico del analizador al cociente entre la señal más potente y la más débil que pueden observarse simultáneamente en la pantalla.

### 1.8. LA OPCIÓN ZERO-SPAN

El mando de **Span** controla el margen de frecuencias que barre el analizador. Si este parámetro se deja a cero, el equipo se convierte en un receptor superheterodino convencional, sintonizado a la frecuencia que se halla seleccionado como frecuencia central y con un ancho de banda de FI dado por el filtro seleccionado. La señal es detectada en amplitud y presentada en la pantalla en función del tiempo. En consecuencia, la opción *zero span* permite demodular directamente cualquier señal con modulación de amplitud.

También es posible hacer una demodulación (introduciendo bastante distorsión) de señales FM. Para ello se emplea la banda de transición del filtro de FI, que tiene una respuesta de amplitud suave con la frecuencia. Si se sintoniza el A.E. de modo que la portadora coincida con el centro de la banda de transición, las modulaciones de frecuencia de la señal de entrada inducen modulaciones de amplitud (conversión FM-AM) que son demoduladas por el detector de envolvente.

### 1.9. MODULACIÓN AM

#### Medida del índice de modulación

Como es sabido, la modulación AM por un tono de frecuencia  $f_m$  consta de tres rayas: la portadora y dos rayas a ambos lados de la portadora (las bandas laterales), separadas  $f_m$  (frecuencia del tono modulador) de ésta. La relación entre la potencia de cada una de estas rayas laterales y la central está fijada por el Índice de modulación  $m$ , de tal forma que:

$$P_{BL} / P_C = \frac{m^2}{4}$$

Teniendo en cuenta que el A.E. dará una indicación logarítmica del cociente de potencias entre la portadora y cada raya lateral, puede escribirse:

$$20 \log m = 6 \text{dB} - \Delta$$

siendo  $\Delta$  la diferencia en dB entre la raya central y las laterales. Aplicando la expresión anterior es posible calcular  $m$  en función de la diferencia de niveles, tal como se muestra en la figura 1.8. Obsérvese que para  $m = 100\%$  la amplitud relativa entre rayas es de 6 dB. Por encima de ese valor se tendrá el fenómeno de la sobremodulación.

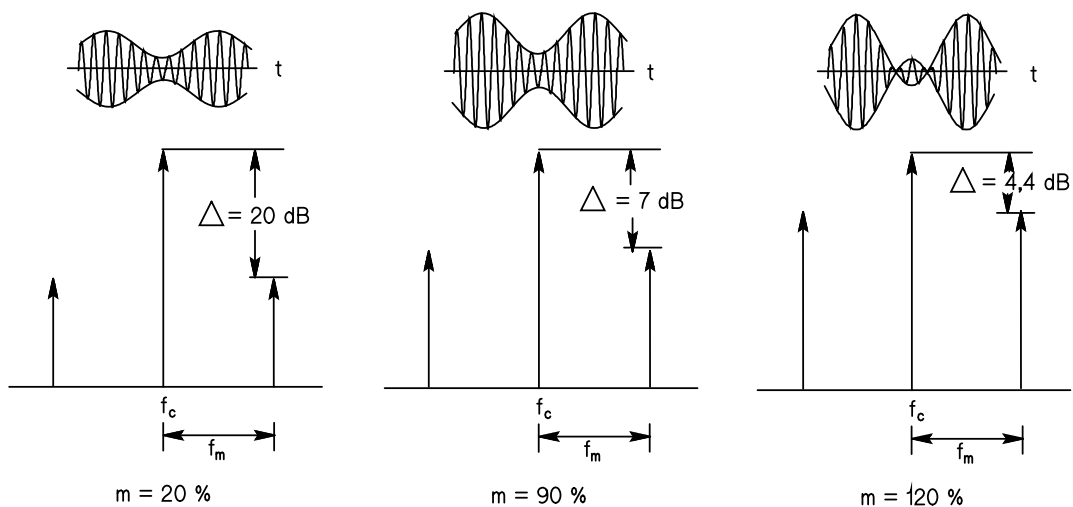


Figura 1.8 Índice de modulación en función de la amplitud relativa de las rayas del espectro AM.

### Eficiencia de potencia

En la transmisión AM la parte del espectro que transporta la información son las bandas laterales. La portadora se elimina durante el proceso de recepción. Se define la eficiencia de potencia como el cociente entre la potencia útil (de información, es decir, las bandas laterales) y la potencia total:

$$E_p = \frac{2 P_{BL}}{P_C + 2 P_{BL}} = \frac{m^2}{2 + m^2}, \text{ si la moduladora es un tono}$$

Como se observa en la expresión anterior, la eficiencia de potencia es tanto mayor cuanto mayor es  $m$ . Si la señal moduladora es un tono, en el caso mejor ( $m = 1$ ) la eficiencia será de 1/3, es decir, 2/3 de la potencia de señal se *desperdicia* en enviar portadora.

### Demodulación con detector de envolvente

La gran ventaja de la AM es que se puede demodular de forma muy sencilla (por ello se utilizó inicialmente en radiodifusión, y todavía se emplea en aquellos sistemas donde los receptores

tienen que ser muy baratos). La AM admite demodulación no coherente, es decir, sin necesidad de una referencia de la portadora. La forma más simple de hacerlo es utilizar un detector de envolvente (un rectificador) (véase con más detalle en la introducción teórica de la práctica 2, Modulaciones Analógicas). **Un analizador de espectros en la opción zero span** es precisamente un receptor heterodino con detección de envolvente (de la parte de señal que entre por el filtro seleccionado), por lo que permite de forma muy sencilla demodular señales AM.

### Otras rayas

Por último, cabe mencionar que aunque el espectro teórico de una señal modulada en AM por un tono consta exclusivamente de tres rayas (la portadora y las bandas laterales), sin embargo, por la forma como se hacen normalmente estos moduladores (usando dispositivos no lineales) se suelen generar otras rayas adicionales (véase la figura 1.9). Estas rayas son indeseadas y deberán tener un nivel muy bajo. De hecho, lo pequeñas que sean estas rayas es un buen indicativo de la calidad del modulador, en particular de su linealidad.

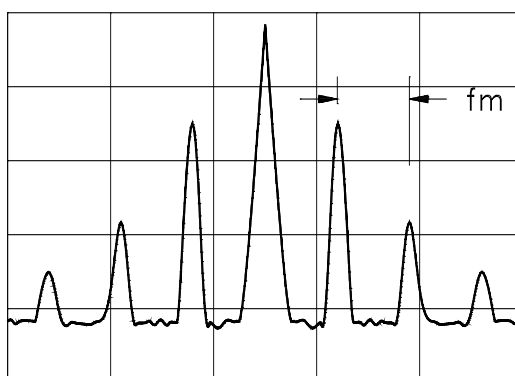


Figura 1.9 Aspecto del espectro de una modulación AM con un modulador no ideal

### 1.10. SEÑALES DE RADIODIFUSIÓN

En la práctica se observarán también las señales de radiodifusión en FM. En una modulación FM, el ancho de banda de la señal modulada se estima habitualmente mediante la regla de Carson:

$$BW = 2 (f_D + W)$$

siendo  $f_D$  la máxima desviación de frecuencia de la modulación y  $W$  el ancho de banda de la moduladora. La regla de Carson da normalmente valores de ancho de banda algo mayores que los que se miden en realidad.

### 1.11. SEÑALES PULSADAS DE RF

Otra señal interesante que se analizará en el laboratorio son pulsos periódicos de RF (véase la figura 1.10). Como se observa, la señal consta de intervalos de duración  $\tau$  en los que se emite una señal de RF de frecuencia  $f_0$ . Los pulsos se repiten periódicamente a ritmo de la frecuencia de repetición de pulsos (PRF).

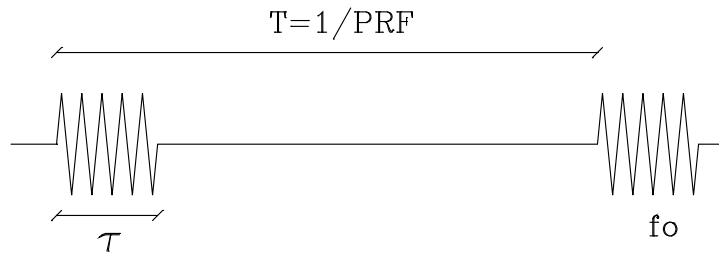


Figura 1.10 Señal pulsada de RF

Esta es la típica señal emitida por un radar. Analizando las reflexiones que se producen en los blancos se puede determinar su posición. En los radares, así como en la práctica, se manejan señales con bajo ciclo de trabajo, es decir,  $\tau \ll T = 1/PRF$ . La transformada de Fourier de este tipo de señal puede observarse en la figura 1.11. Al ser una señal periódica su espectro estará formado por "rayas" separadas justamente la PRF. La envolvente de todas esas rayas viene condicionada por el ancho del pulso  $\tau$ . Es una función *sinc* cuyo ancho entre nulos es  $BW = 1/\tau$ .

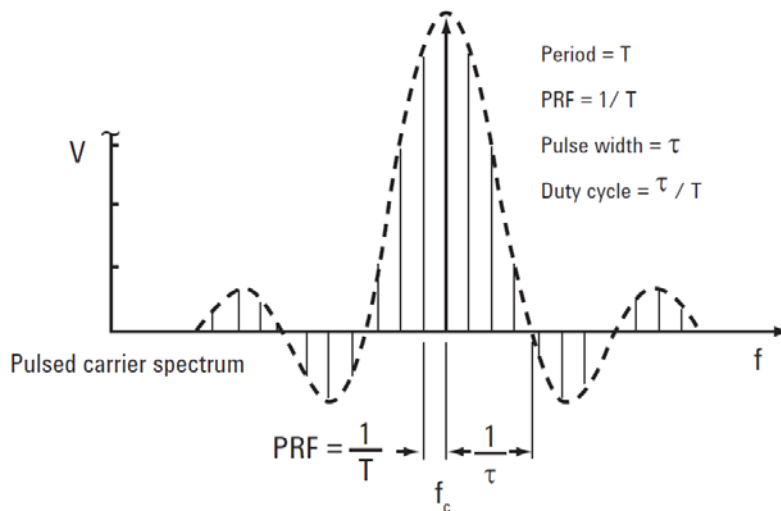
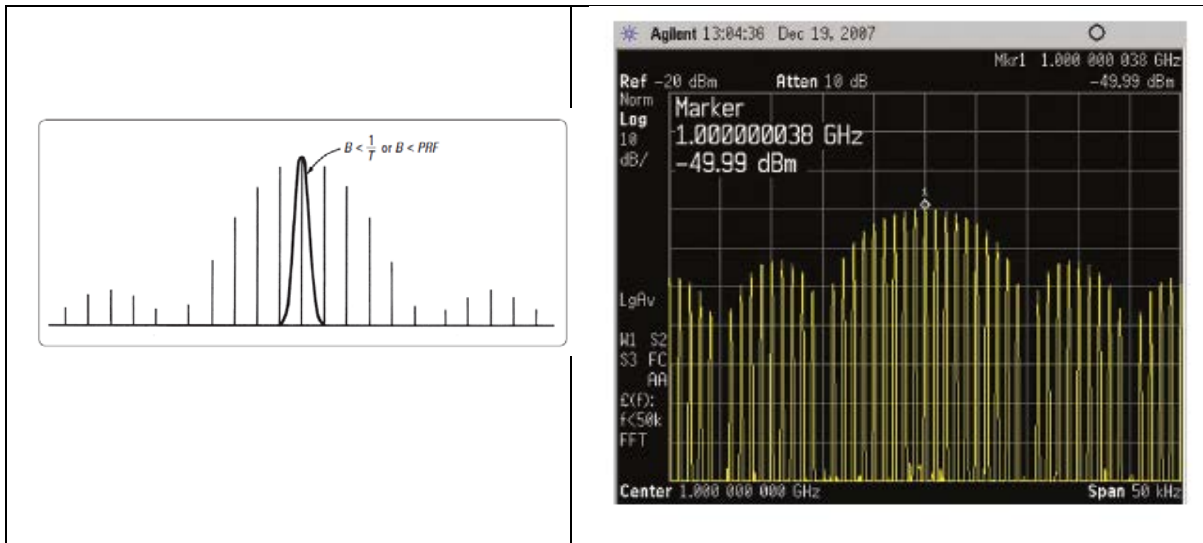
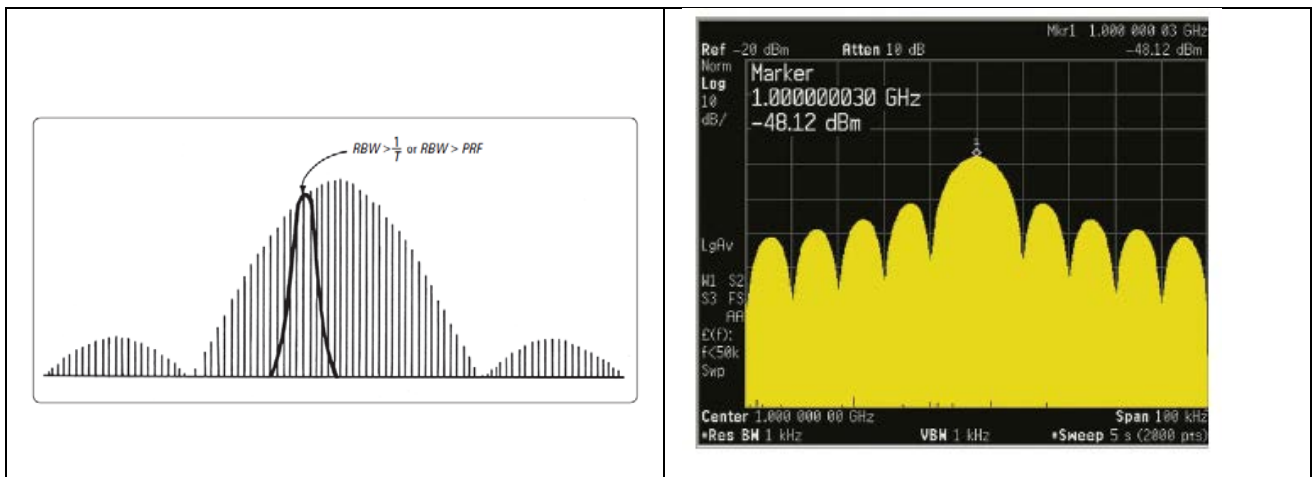


Figura 1.11 Espectro de una señal pulsada

Si el ancho de banda de resolución utilizado en el analizador es menor que la separación espectral entre dos deltas contiguas ( $1/T$ ) podrán distinguirse estas deltas y visualizarse el espectro real de la señal (espectro discreto). La separación entre deltas es precisamente el inverso del período de la señal moduladora.



Si el ancho de banda de resolución utilizado en el analizador es mayor que la separación espectral entre dos deltas contiguas ( $1/T$ ) no podrán distinguirse estas deltas y se visualizará la envolvente del espectro anterior (sinc). Sobre esta envolvente es sencillo medir la separación entre nulos (inverso de la duración del pulso).



## Anexo I - Analizador de espectros, HP ESA-L1500A

Descripción de los controles del panel delantero (véase la figura I).

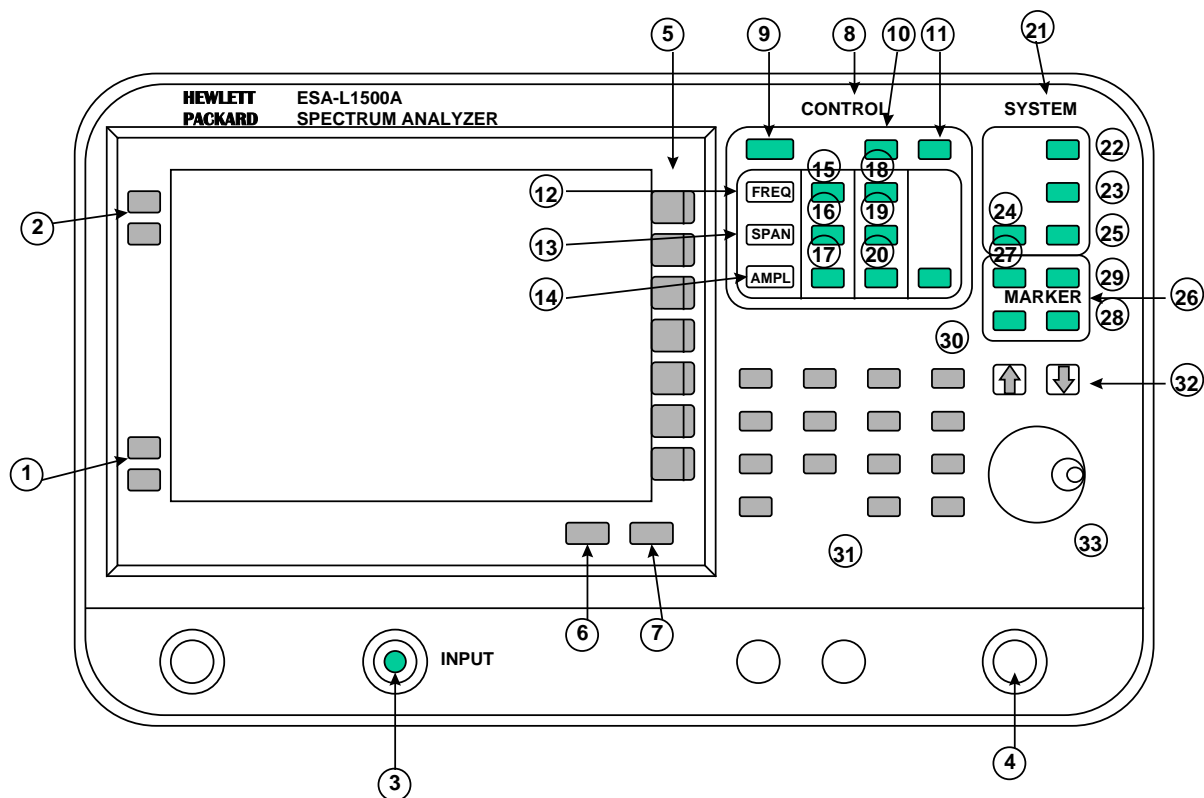


Figura I. Panel delantero del analizador de espectros HP ESA-L1500A.

1. Teclas **On** (encendido) y **Stand by** (desactivación del analizador). Después de encender el analizador deje transcurrir un tiempo de calentamiento de 5 minutos.
2. Teclas **Brightness**, para cambiar el brillo de la pantalla.
3. **INPUT** (50 S), entrada de la señal para el analizador de espectros.
4. **VOLUME**, para ajustar el volumen del altavoz interno. El altavoz se activa y desactiva mediante la tecla **Speaker On Off** del menú **Det/Demod**.
5. Teclas de **menú** no etiquetadas. Las etiquetas son las anotaciones que aparecen en la pantalla, junto a las teclas, y que dependen de la función que se encuentre activada. El acceso a cada menú se efectúa a través de las teclas etiquetadas del panel delantero.
6. **More**, da acceso a otras páginas de un menú de varias páginas. Encima de la tecla se muestra un mensaje numérico (ej., **1 of 2**) si el menú tiene varias páginas.
7. **Esc**, desactiva la función activa y borra de la pantalla el texto correspondiente.

8. Teclas etiquetadas de funciones de **CONTROL** que dan acceso a menús para el ajuste del ancho de banda de resolución, tiempo de barrido, pantalla, etc.
9. **Measure**, da acceso a un menú para mediciones comunes del analizador de espectros.
10. **Display**, da acceso a los menús **Title** (títulos) y **Preferences** así como a otras funciones de la pantalla: **Display Line On Off**, **Threshold On Off**, **Contrast**, **Inverse Video On Off**.
11. **Auto Couple**, acopla las siguientes funciones: ancho de banda de resolución (RBW o Res BW), ancho de banda de vídeo (VBW), atenuación (Atten.), tiempo de barrido, paso de frecuencia central, relación entre el ancho de banda de vídeo y ancho de banda de resolución. Estas funciones están vinculadas entre si. Si se modifica una, se modifica también la función acoplada. El tiempo de barrido, ancho de banda de resolución y ancho de banda de vídeo se acoplan al span para obtener un rendimiento óptimo.
12. **Frequency**, da acceso al menú de funciones de frecuencia. La frecuencia central o los valores de inicio y parada aparecen bajo la cuadrícula de la pantalla. El menú es:
  - Center Freq**
  - Start Freq**
  - Stop Freq**
  - CF Step Auto Man**, cambia el tamaño de paso para la función de frecuencia central. Cuando está acoplado automáticamente, el tamaño de paso es de una cuadrícula (10 % del span).
  - Freq Offset**
  - Signal Track On Off**, mueve la señal que está más cerca del marcador activo al centro de la pantalla.
13. **Span**, da acceso al menú de funciones de span, que permite cambiar el rango de frecuencias simétricamente alrededor de la frecuencia central. El menú se compone de:
  - Span Zoom**, encuentra el pico de señal más alto de la pantalla, sitúa un marcador en él y activa la función de seguimiento de señal. Solicita al usuario que introduzca un span de destino y reduce el span por pasos hasta obtenerlo, manteniendo la señal centrada en la pantalla.
  - Full Span**, cambia a span completo, mostrando todo el rango de frecuencias del analizador. Sitúa en **Off** la función **Signal Track On Off**.
  - Zero Span**, cambia el span de frecuencias a cero. Sitúa en **Off** la función **Signal Track On Off**.

-**Last Span**, cambia el span al valor anterior.

**14. Amplitude**, da acceso al menú de funciones de amplitud:

-**Ref Level**, permite cambiar el nivel de referencia, la tensión o potencia representada por la línea superior de la pantalla.

-**Attenuation Auto Man**, establece la atenuación de entrada en incrementos de 5 dB. El atenuador de entrada del A.E. suele estar acoplado al nivel de referencia. Se vuelve a acoplar cuando Auto está subrayado.

-**Scale/Div**, establece las unidades logarítmicas por división vertical. Sólo aparece en el menú, si la tecla **Scale Type Log Lin** está en **Log**. Los valores pueden variar entre 0,1 y 20 dB por división.

-**Scale Type Log Lin**, establece la escala vertical en unidades logarítmicas (**Log** subrayado). Por defecto las unidades son en dBm, cuando **Lin** está subrayado.

-**Amptd Units**, da acceso a las teclas que cambian las unidades de amplitud.

-**Ref Lvl Offset**, añade un valor de desviación al nivel de referencia visualizado. Dicho valor se introduce mediante el teclado numérico.

-**Ampcor**, da acceso al menú **Ampcor** que permite crear o modificar una tabla de factores de corrección de amplitud.

-**Ext Amp Gain**, añade un valor de ganancia de preamplificador, positivo o negativo, a la señal mostrada. Similar a **Ref Lvl Offset**.

-**Max Mixer Lvl**, cambia el nivel máximo del mezclador de entrada de -10 dBm a -100 dBm en pasos de 10 dB (teclas de paso) o de 1 dB (botón).

-**Input Z 50 75**, establece la impedancia de entrada para las conversiones de tensión a potencia.

**15. BW/Avg**, da acceso al menú de ancho de banda:

-**Resolution BW Auto Man**, cambia el ancho de banda de resolución de 1KHz a 3MHz, mediante las teclas de paso y hasta 5 MHz mediante el teclado numérico. El ancho de banda de resolución está acoplado con el tiempo de barrido. Si aquél se reduce, éste aumenta para mantener la calibración de amplitud. También está relacionado con el span. Si éste disminuye, el ancho de banda de resolución se reduce. Una marca # aparece junto a **Res BW** en la pantalla cuando no está acoplado. Para volver a acoplarlo, pulse esta tecla de modo que Auto esté subrayado o pulse **Auto Couple**.

-**Video BW Auto Man**, cambia el ancho de banda del filtro posterior a la detección (el filtro paso bajo de Vídeo). Está acoplado con el tiempo de barrido. Una marca # aparece junto a **VBW** en la pantalla cuando no está acoplado. Para volver a acoplarlo, pulse esta tecla de modo que Auto esté subrayado o pulse



**Auto Couple.**

-**VBW/RBW Ratio**, selecciona la relación entre los anchos de banda de vídeo y de resolución. Puede ser inferior a la unidad para reducir el ruido.

-**Video Average On Off**, activa o desactiva la rutina de promediado de ruido y señal que obtiene la media de una serie de barridos sucesivos.

16. **Det/Demod**, da acceso a las funciones siguientes:

-**Detector**, da acceso al menú de detección, que permite seleccionar entre **Peak** (valor de pico), **Sample** (muestras: suele utilizarse para medidas de ruido), **Negative Peak** (señal mínima).

-**Demod**, activa o desactiva la demodulación de **AM**.

-**Speaker On Off**, activa o desactiva el altavoz interno.

-**Dwell Time On Off**, establece el tiempo de parada para la pausa del marcador durante la que se lleva a cabo la demodulación. Puede variar entre 2 msg y 100 sg.

17. **Trace**, da acceso a las teclas que permiten manipular y almacenar la traza.

18. **Trig**, da acceso al menú que permite seleccionar el modo de barrido: **Free Run**, **Video**, **Line**, **External**.

19. **Sweep**, da acceso al menú de barrido:

-**Sweep Time Auto Man**, selecciona el tiempo de barrido (entre 5 msg y 200 sg). Su reducción aumenta la velocidad de barrido.

-**Sweep Cont Single**, cambia de modo de barrido continuo a modo de barrido dnico. Por defecto, el modo es continuo.

-**Swp Coupling SR SA**, selecciona los tiempos de barrido estímulo-respuesta (SR) o del A.E. (SA).

20. **Single Sweep**, cambia el control de barrido a barrido único.

21. **SYSTEM**, teclas etiquetadas de funciones del sistema que afectan al estado de todo el analizador.

22. **Preset**, selecciona los valores por defecto.

23. **System**, da acceso a las rutinas de alineación, impresión, etc.

24. **File**, permite guardar y cargar datos, trazas, etc.

25. **Print**, permite enviar datos a una impresora.

26. **MARKER**, teclas de las funciones de los marcadores.

27. **Marker**, da acceso a las teclas de control que selecciona el tipo y número de marcadores. Puede haber un máximo de cuatro, aunque en cada momento sólo hay uno activo. El menú se compone de: **Marker Normal**, **Marker )** (proporciona las diferencias respecto al marcador normal),

**Select Marker 1 2 3 4, Marker # On Off, Marker Noise On Off, Mkr Readout, Marker All Off, Marker Trace Auto A B C.**

28. **Peak Search**, sitúa un marcador en el pico más alto.
29. **Search**, da acceso al menú de funciones de marcador y búsqueda:
- Max Pk** → **CF**: sitúa el marcador en el pico más alto y lo centra en la pantalla.
  - Mkr** → **CF**: toma como frecuencia central del A.E. la del marcador.
  - Mkr** → **Ref Lvl**: toma como nivel de referencia del A.E. la amplitud del marcador.
  - Next Peak**
  - Next Pk Right**
  - Next Pk Left**
  - Peak Excursn**, establece la variación de amplitud mínima que el marcador puede identificar como un pico.
  - Pk Threshold**, establece un límite inferior para la traza activa.
  - Pk-Pk Search**, muestra las diferencias de frecuencia y amplitud entre los puntos de traza superior e inferior.
  - Min Search**, sitúa el marcador en el valor de amplitud detectado mínimo.
  - Mkr** → **Start**, toma como frecuencia de inicio la del marcador.
  - Mkr** → **CF Step**, toma como paso de la frecuencia central la del marcador.
  - Mkr  $\Delta$**  → **Span**, toma como frecuencias de inicio y parada las de los marcadores delta.
30. **Freq Cont**, activa la función **Marker Normal**. Da acceso a:
- Marker Count On Off**
  - Resolution Auto Man**
31. Teclas **numéricas** de entrada de datos.
32. Teclas  $\uparrow \downarrow$  de entrada de datos por pasos.
33. **Botón** de entrada de datos.

## Anexo II - Generador de funciones GF-1000B PROMAX

Mandos del panel delantero (véase la figura III):

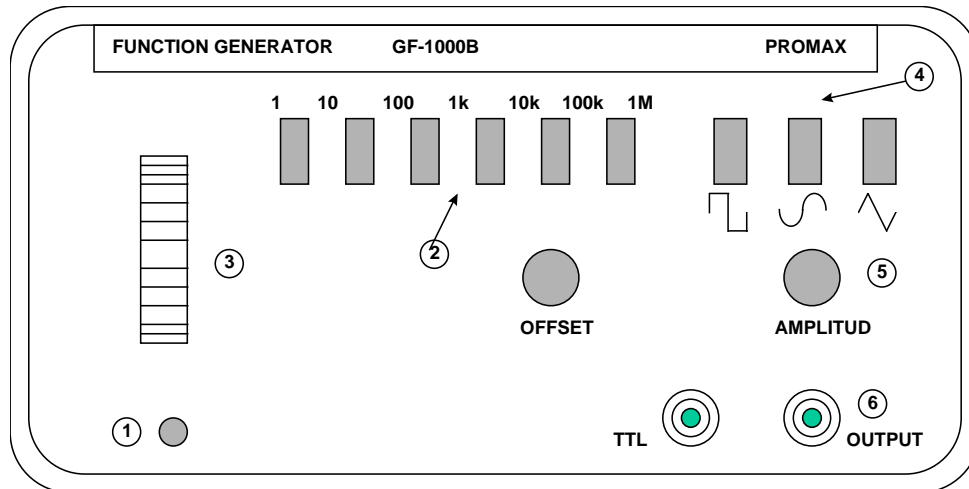
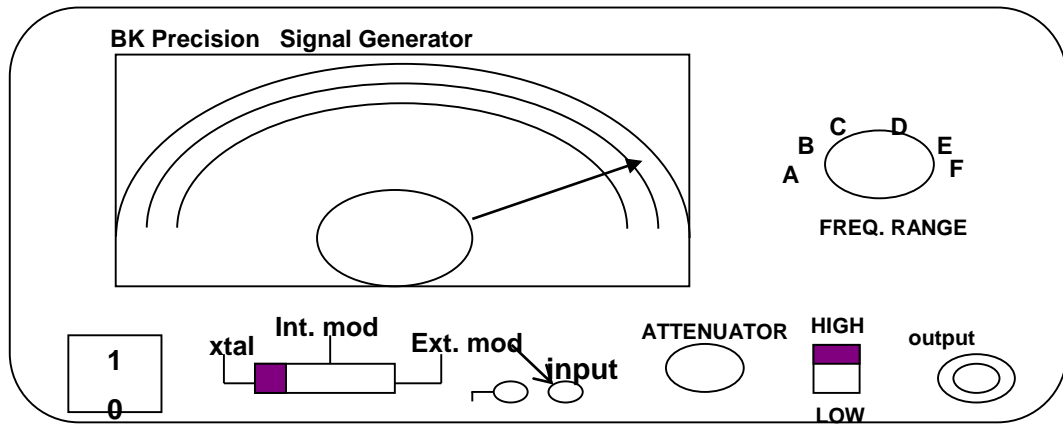


Figura III. Panel delantero del generador de funciones GF-1000B

1. **LINE**, interruptor de encendido.
2. Teclas de selección de la banda: si ninguna está pulsada la banda será de 0,1 Hz a 1 Hz.
3. Selector de frecuencia dentro de la banda elegida.
4. **FUNCTION**, selector de función.
5. **AMPLITUDE**, control de la amplitud de la señal de salida.
6. Salida de la señal, con una impedancia interna de 600  $\Omega$ .

### Anexo III - Generador de RF BK



=

DIAL CENTRAL: Selección de la frecuencia de salida dentro del rango seleccionado (A-F)

XTAL: Modo de funcionamiento por defecto

Int. Mod.: Modulación AM interna con un tono de 1 KHz

Ext. Mod.: Modulación externa a través de la entrada bipolar

Control de amplitud: en la posición HIGH y con el botón de atenuador a la derecha se obtiene la máxima amplitud.

Output: conector BNC de salida

## 2. MONTAJES Y MEDIDAS EN EL LABORATORIO

### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

El objetivo de la práctica es familiarizarse con el uso del analizador de espectros y efectuar varias medidas de experimentos sencillos. Se observarán señales generadas en el laboratorio, sobre las que se tendrá la capacidad de variar sus parámetros característicos. En concreto se observarán señales sinusoidales o tonos (con el objeto básico de medir los parámetros más relevantes del propio analizador) y señales moduladas en AM y FM. Además, se observarán señales externas, pertenecientes a equipos y sistemas de comunicación reales. En concreto se observarán las señales de radiodifusión FM así como señales pulsadas similares a las emitidas por un radar.

### 2.2. DESCRIPCIÓN DEL BANCO DE MEDIDA

El equipamiento encontrado en el banco de medida es el siguiente:

- Un analizador de espectros, HP ESA-L1500A.
- Un generador sinusoidal de RF con capacidad de modulación en AM con una señal externa: Generador BK Precision Modelo 2005B.
- Un generador de funciones, GF-1000B, PROMAX.
- Una antena activa para las bandas de VHF y UHF.
- Cables BNC-BNC y BNC-Bipolar

#### **Analizador de espectros, HP ESA-L1500A**

Los analizadores utilizados en el laboratorio son de la marca HP y cubren un margen entre 9 KHz y 1,5 GHz. La descripción de los controles de su panel delantero puede encontrarse en el Anexo I.

#### **Generador RF BK-Precision 2005B**

Su manejo es muy sencillo, pues simplemente hay que seleccionar una de las seis bandas de trabajo y ajustar la amplitud de salida con el mando **attenuator**. Por otra parte admite modulación AM interna (fija de 1 KHz) o externa a través de la entrada bipolar al efecto, el modo de funcionamiento se selecciona mediante un interruptor en la parte inferior central. El mando de atenuación utilizado para ajustar la amplitud de salida consta de un potenciómetro y un interruptor (HIGH-LOW). **Cuando el potenciómetro se sitúa en el extremo de la derecha y el interruptor en HIGH se obtiene la máxima amplitud de salida** (algo menos de 0 dBm a 100 MHz).

### Generador de funciones GF-1000B PROMAX

Este aparato genera en el margen de frecuencias de 0,1 Hz a 1 MHz, las tres señales básicas (sinusoidal, triangular y cuadrada), así como impulsos positivos (salida TTL). Posee una entrada para control externo de la frecuencia y un control para añadir a la señal una tensión continua de la polaridad deseada. Los mandos de su panel delantero se describen en el Anexo II.

### 2.3. EXPERIMENTO 1. OBSERVACIÓN DE TONOS Y MANEJO DEL ANALIZADOR DE ESPECTROS. MEDIDA DEL NIVEL DE RUIDO.

Como primer experimento, se va a generar una señal sinusoidal (teóricamente una delta en el espectro) y se van a medir su frecuencia y potencia con el analizador de espectros (A.E.). Asimismo se observará el efecto que, sobre la representación en pantalla, tienen los controles básicos del aparato.

Ajuste los controles del generador sinusoidal de RF de modo que obtenga un tono de 80 MHz:

#### Generador de RF BK-Precision:

- Interruptor LINE ON: pulsado
- Rango de frecuencias F (32-150 MHz)
- Dial de frecuencia de 80 MHz (escala 32-150)
- Atenuación del nivel de la señal de salida: se ajustará posteriormente para obtener un nivel de  $-20$  dBm (sobre 50 ohmios)

Encienda el analizador de espectros (si no estuviera ya encendido) y póngalo en modo full span. Para ello, pulse la tecla de encendido **I (On)** y espere unos segundos hasta la finalización del arranque (si estuviese ya encendido, pulse **Preset**). Observe el **Span** que aparece en la pantalla. Por defecto, debería ser **Full** (1.5 GHz). Si no fuese así, pulse la tecla **Span** y luego la tecla junto a la etiqueta **Full Span** que aparece en la pantalla. Lleve la señal de salida del **generador de RF** a la entrada del analizador utilizando un cable coaxial con conectores BNC. Actúe sobre el atenuador del generador de RF reduciendo la atenuación a 0 dB (amplitud máxima). En la pantalla del analizador observará varias rayas situadas en la parte baja de la banda.

Ajuste la raya más alta (de más potencia) a la frecuencia de 80 MHz y sitúela en el centro de la pantalla del analizador. Puede hacerse de varias maneras. Aquí se indica una: pulse la tecla **Frequency**. En la pantalla aparece el menú correspondiente a las teclas no etiquetadas. Pulse **Center Frequency** e introduzca, mediante las teclas numéricas, **80**; luego pulse la tecla junto a la que aparece la etiqueta **MHz**. Observará que el *Span* se reduce automáticamente y que en el centro de la pantalla (aproximadamente) aparece la raya del tono generado y, eventualmente,

una raya por debajo y otras por encima. Utilizando la función **Marker** del analizador, active un marcador (para ello, pulse **Marker**, **Marker Normal**) y colóquelo (moviendo el botón del panel delantero del analizador) sobre la raya más alta (puede hacerlo también, directamente, seleccionando la tecla **Peak Search**). Obtendrá la lectura de la frecuencia y potencia del tono generado. Actúe sobre el ajuste de frecuencia (FREQUENCY TUNE) del generador de RF hasta que el tono esté aproximadamente centrado en la pantalla. Ajuste el **atenuador del generador** para obtener una lectura de  $-20$  dBm en la raya correspondiente a 80 MHz.

**NOTA:** Además de la raya a 80 MHz es normal que, cuando se ponga un SPAN grande, aparezcan más rayas en la pantalla del A.E. Concretamente, a frecuencia cero siempre parece haber presente una raya, incluso sin ninguna señal conectada a la entrada del A.E. Esa raya es en realidad una “marca” que pone el A.E. para indicar el comienzo del eje de frecuencias, no corresponde a ninguna señal. También es normal que aparezcan rayas en los múltiplos de 80 MHz. Son los armónicos de la señal generada y se deben a que el generador no produce una señal perfectamente sinusoidal. Un nivel bajo de estos armónicos es indicativo de una buena calidad del generador.

A continuación se va a realizar una serie de experimentos para observar que influencia tienen los controles **Resolution BW** y **Sweep Time** sobre la medida. Se observará que la traza obtenida en pantalla puede cambiar mucho su forma sin que haya variado la señal a medir.

Reduzca el *span* a 10 MHz y ponga una frecuencia central de 80 MHz. Observe el resultado obtenido en la pantalla haciendo variar el ancho del filtro de FI entre  $RBW = 1$  KHz y 1 MHz. Para ello pulse la tecla **BW/Avg**, y active la opción manual en **Resolution BW Auto Man**. Introduzca los datos para el ancho de banda mediante el teclado numérico o las teclas por pasos, marcadas con flechas. Interprete las figuras obtenidas en la pantalla. ¿Qué característica del analizador se puede medir de esta forma?

---



---

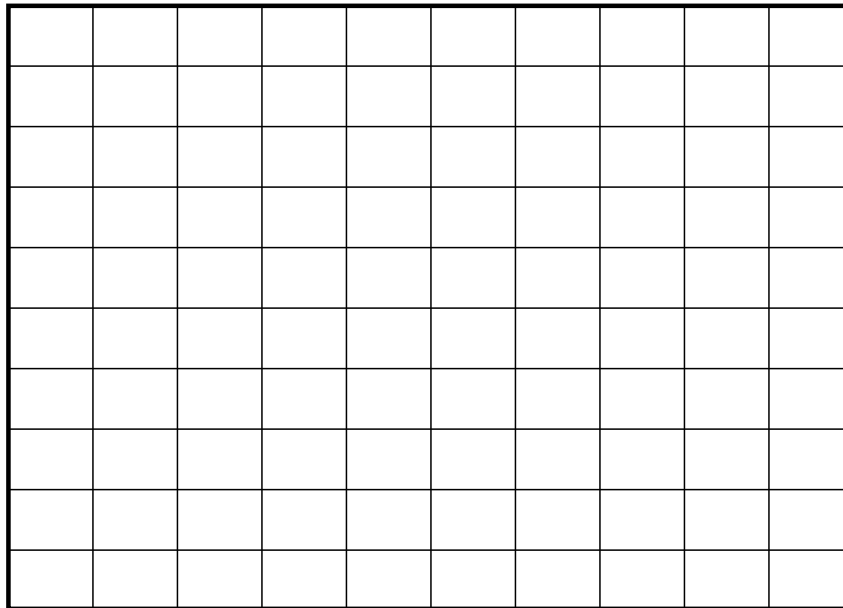


---



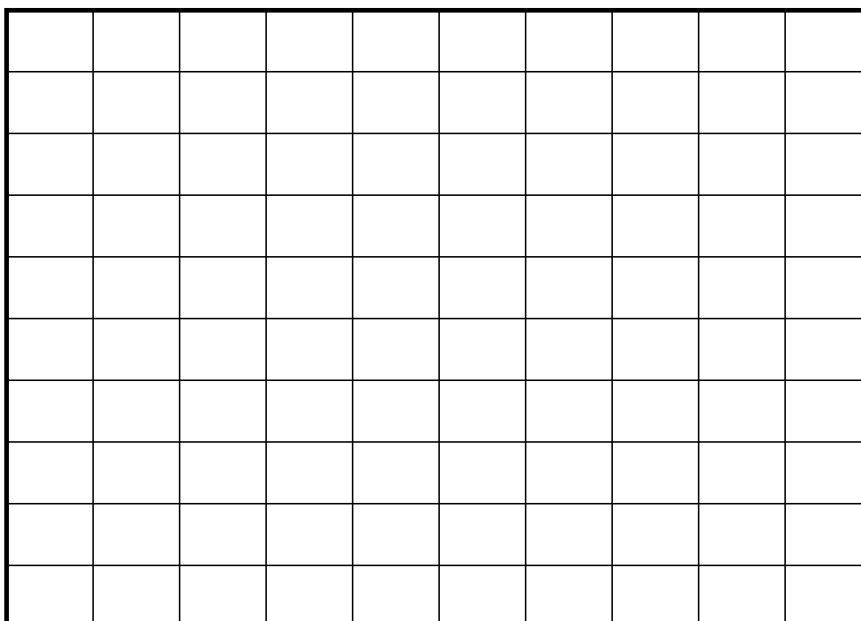
---

**Realice una fotografía** de la medida del tono obtenida con  $RBW = 1$  MHz e indique el ancho de banda entre puntos a  $-3$  dB del máximo de la traza. Este ancho de banda debe ser el del filtro de FI del analizador pues es la forma de este filtro lo que se está visualizando. Para medirlo active el marcador (pulse **Marker**) y llévelo con el botón a dichos puntos (puede hacerlo también con ayuda del marcador delta).



Ancho de banda a -3 dB: \_\_\_\_\_ KHz

Coloque ahora un *span* de 5 MHz y un filtro de FI de 3 KHz. Actúe sobre el tiempo de barrido bajándolo a 50, 20, 10 y 5 msec. Para ello active la opción manual en **Sweep, Sweep Time Auto Man** e introduzca los datos. Realice una fotografía de la medida obtenida para el último caso (5 msec) y comente a qué se debe la diferencia entre lo medido ahora y en el apartado anterior).





---



---



---



---



---

A continuación se va a realizar una serie de experimentos encaminados a medir el nivel de ruido blanco presente en el espectro y medido por el analizador (ruido de entrada más ruido añadido por el propio analizador). Concretamente se va a observar cómo el valor de la atenuación de entrada y el ancho de banda del filtro de resolución influyen en dicho nivel.

Dado que la traza de las zonas espectrales donde sólo hay ruido es muy irregular (ruidosa) para realizar la medida con mayor precisión conviene promediar varias trazas (entre 10 y 20). Para ello presione la tecla **Resolution BW**. En pantalla aparece la opción **Video Average**. Actívela (ON) e introduzca el número de trazas que desea promediar utilizando el teclado numérico. Ajuste **el nivel de referencia del analizador a -10 dBm** (menú amplitud).

Vuelva a poner los controles **Resolution BW** y **Sweep Time** en modo automático y defina un *span* de 1 MHz. Mida el nivel de ruido para distintos valores del atenuador (20 dB, 30 dB y 40 dB) a la entrada del analizador. Para ello active el marcador y llévelo con el botón fuera de la banda del tono, situándolo sobre el ruido. Pulse la tecla **Amplitude**, active la opción manual en **Attenuation Auto Man** e introduzca los datos. Rellene la tabla siguiente:

Atten (dB)	Nivel de ruido (dBm)
20	
30	
40	

Comente el resultado que ha observado como consecuencia de modificar la atenuación a la entrada del analizador.

---



---



---



---



---

Coloque el *span* en 1 MHz y la atenuación del A.E. en 40 dB (menú Amplitud). Mida el nivel de ruido haciendo variar el ancho del filtro de FI entre 1 KHz y 100 KHz. Rellene la tabla siguiente:

RBW (KHz)	Nivel de ruido (dBm)
1	
10	
100	

Comente el resultado que ha observado:

---



---



---



---



---

Desactive la opción **Average** y vuelva a poner la atenuación y la resolución en modo automático.

## 2.4. EXPERIMENTO 2. MODULACIÓN AM

En este apartado se va a generar una señal modulada en amplitud por un tono y se van a medir sus principales parámetros espectrales, observando cómo dependen de la amplitud y frecuencia del tono modulador.

Consiga, en el **generador de funciones de baja frecuencia (PROMAX)**, una señal sinusoidal de 100 KHz y amplitud muy baja. Para ello coloque los mandos del siguiente modo:

- Teclas FUNCTION: pulsada la función sinusoidal
- Teclas de selección de banda: pulsada la de 100 K - 1 M (ó la de 10 K - 100 K)
- Conmutador FREQ Hz: ajustado a 1 (ó 10, si seleccionó la banda 10 K - 100 K)
- AMPLITUDE: la mínima posible (mando hacia la izquierda)

Coloque los controles del **generador de RF (BK)** de modo que se consiga una portadora de 50 MHz que será modulada en AM externamente mediante el tono de 100 KHz del generador de funciones:

Generador de RF BK-Precision:

- Banda F: dial ajustado a 50 MHz

- Interruptor de modulación en la posición EXT.MOD ( a la derecha)
- Atenuación del nivel de la señal de salida: se ajustará posteriormente para obtener un nivel de  $-20$  dBm (sobre 50 ohmios)

Module externamente la portadora obtenida. Para ello lleve la señal de la salida ( $600 \Omega$ ) del generador de funciones a la entrada de modulación externa en AM del generador de RF mediante el cable BNC-bipolar. Ha de conectarla entre la tierra (negro) y la entrada marcada EXT MOD (rojo). Coloque el analizador de espectros en las siguientes condiciones:

- Center Frequency: 50 MHz
- Span: 1 MHz

Lleve la salida del generador de RF a la entrada del A.E. Disminuya la atenuación del **generador de RF** (BK) a 0 dB (amplitud máxima). Observará una raya central y eventualmente las rayas laterales correspondientes al tono modulador. Ajuste la frecuencia del generador para que la portadora quede centrada en la pantalla. Una vez sintonizado, disminuya el *span* a 500 KHz y ajuste el nivel del generador de RF para obtener una amplitud de  $-20$  dBm leída en el A.E. Actúe sobre el mando AMPLITUDE del generador de funciones para aumentar el nivel de la moduladora ( $A_m$ ) hasta que las rayas laterales sean claramente visibles. Ajuste  $A_m$  hasta que las rayas laterales estén 25 dB por debajo de la portadora. Varíe  $A_m$  y observe el espectro. Varíe ligeramente  $f_m$  y observe el espectro. Describa la forma del espectro observado y la influencia sobre el mismo de los parámetros  $f_m$  y  $A_m$ .

---

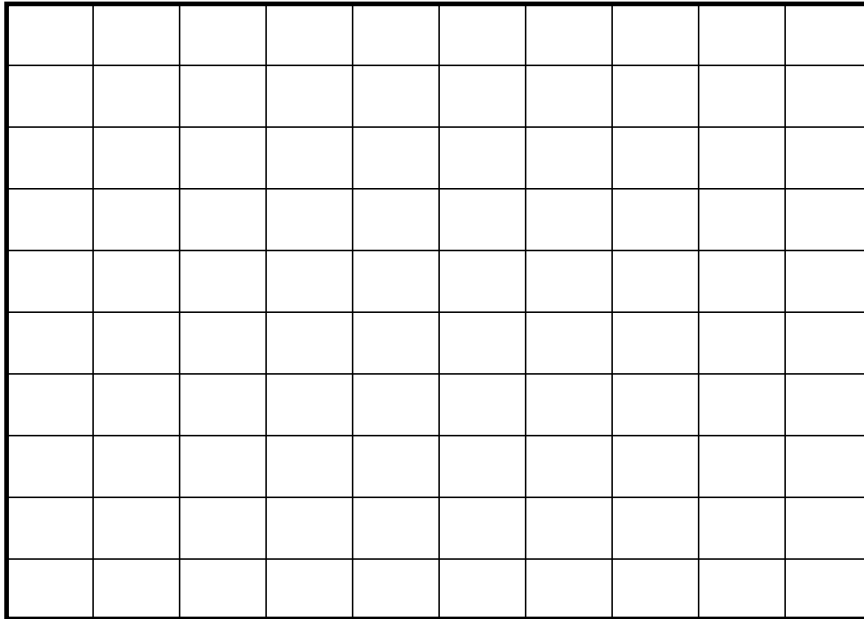
---

---

---

Ajuste de nuevo la frecuencia de la moduladora ( $f_m$ ) a 100 KHz y su amplitud  $A_m$  hasta que las rayas laterales estén a unos 25 dB por debajo de la portadora. Realice una fotografía de la medida en estas condiciones y calcule el índice de modulación  $m$ :

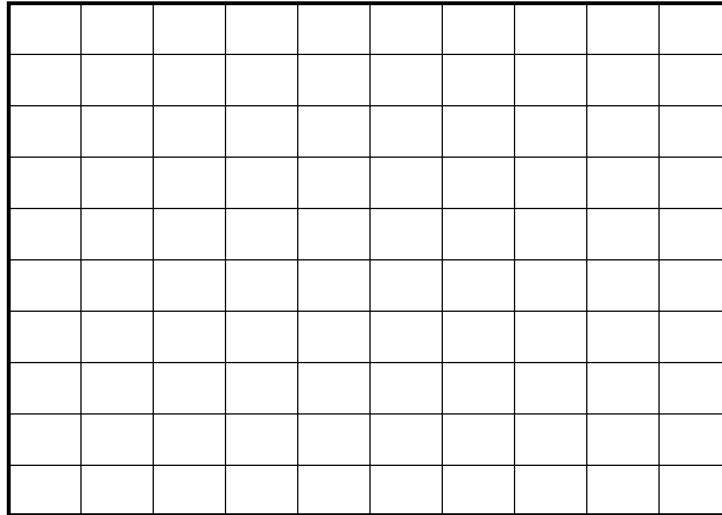
$m =$



Espectro de la Señal modulada en AM

A continuación se va a utilizar el A.E. para demodular la señal AM mediante la función *zero-span*. Actúe sobre los mandos del generador de funciones para modificar la frecuencia del tono sinusoidal de la señal moduladora a 6 KHz. Actúe sobre los mandos del analizador, reduciendo el *span*, para ver lo mejor posible el nuevo espectro. Observará que no resulta fácil (ya que no se dispone de un filtro de FI menor de 1 KHz), y posiblemente deba reajustar el mando de amplitud del generador de funciones.

Demodule la señal AM con la opción *zero span*. Para ello la señal modulada **debe estar centrada** en la pantalla del analizador. Pulse **Span, Zero Span**. Ponga un ancho de banda del filtro de FI de 30 KHz (mayor que el ancho de banda total de la señal de AM). Pase de escala logarítmica a escala lineal para la presentación de la pantalla para poder observar correctamente la señal demodulada (pulse **Amplitude**, y active **Lin** pulsando las veces necesarias la tecla **Scale Type Log Lin**). Modifique el nivel de referencia de la señal visualizada de modo que ésta se vea con claridad. Para ello pulse **Amplitude, Ref Level** y mueva el botón del panel delantero. **Disminuya el tiempo de barrido a 5 msec**. Observará entonces la señal demodulada en el dominio del tiempo. Para observarla mejor utilice la opción barrido único (**Sweep, single**). Si el nivel de  $A_m$  era suficientemente bajo verá una senoide. Si el nivel de  $A_m$  era elevado, de tal modo que la señal AM estuviese sobremodulada, observará que la senoide aparece distorsionada. Realice una fotografía de la medida de la señal demodulada:



Señal AM demodulada

Varíe la frecuencia, forma y amplitud de la señal moduladora observando los cambios que se producen en la señal demodulada en el A.E. En concreto, compruebe que si la señal moduladora es cuadrada necesitará incrementar el ancho de banda de resolución del analizador para que la demodulación sea correcta. Cuando finalice, pulse el botón **Preset** del analizador.

## 2.5. EXPERIMENTO 3. OBSERVACIÓN DE LAS SEÑALES DE RADIODIFUSIÓN

En este experimento se observarán las señales presentes “en el aire” correspondientes a al servicio de radiodifusión de audio en FM. También se utilizará aquí la opción *zero-span* para demodular alguna de las señales.

Coloque el A.E. de modo que pueda observar la banda de radiodifusión de audio FM. La normativa existente asigna a este servicio la banda comprendida entre 87,5 MHz y 108 MHz. Por tanto, pulse **Frequency**; pulse **Start Freq**; introduzca 88 MHz; pulse **Stop Freq**; introduzca 108 MHz.

Ponga la antena en su posición de encendido y conéctela al analizador de espectros. Podrá observar el espectro de la banda indicada. Como las señales son débiles, puede que necesite reducir el nivel de referencia (Menú amplitud del A.E.).

Determine las frecuencias de la emisora más alta y más baja dentro de la banda. Para ello, active un marcador. Llévelo con el botón hasta el extremo de la izquierda de la pantalla. Pulse **Search, Next Pk Right**. Lea la frecuencia de la primera emisora. Active el marcador de nuevo. Llévelo hasta el extremo derecho de la pantalla. Pulse **Search, Next Pk Left**. Lea la frecuencia de la

última emisora:

Frecuencia mínima: .....

Frecuencia máxima: .....

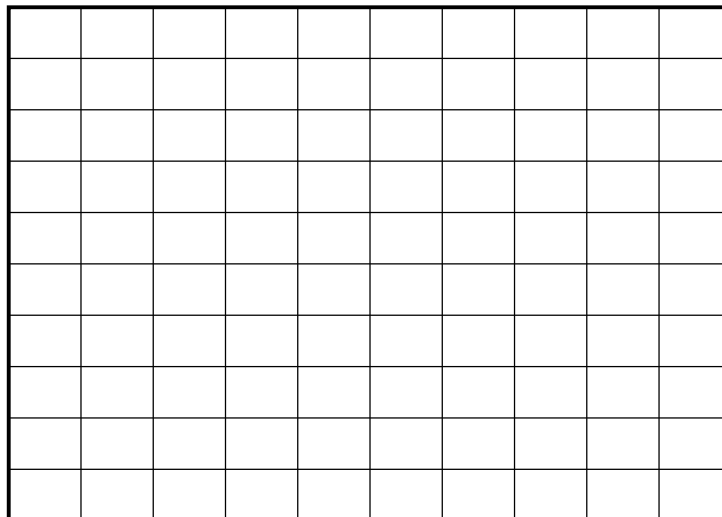
Seleccione ahora la emisora situada en 95.8 MHz y sitúela en el centro de la pantalla. Reduzca el *span* a 1 MHz para verla en más detalle.

Determine, de forma aproximada, el ancho de banda ocupado a 20 dB (deberá utilizar la opción **Max Hold** en el menú **trace**, una vez realizada la medida desactivar la opción presionando **Clr Wrt** en el mismo menú). Sabiendo que la moduladora tiene un ancho de banda de 53 KHz, para emisión estéreo, ó 15 KHz, para emisión mono, y que la modulación tiene una desviación de pico de  $\pm 75$  KHz, compare el ancho de banda anteriormente medido con el calculado por la regla de Carson ( $BW = 2W(\beta+1)$ ), siendo BW el ancho de banda de la señal modulada, W el ancho de banda de la señal moduladora y  $\beta=f_d/f_m$  la desviación de frecuencia.

BW medido .....

BW calculado .....

Realice una fotografía de la medida del ancho de banda de la señal FM:



Señal FM (ancho de banda)

Desactivar **MAX HOLD**.

Demodule la emisora seleccionada y escúchela. Para ello, sitúe la frecuencia central del analizador en el flanco de caída de la emisora (p.e. 95.7 MHz). Coloque un filtro de FI de 100 KHz y pulse **Span, Zero Span**. Pulse **Det/Demod** (el altavoz se activa automáticamente,

observará en el menú desplegado que aparece subrayado **On** en **Speaker On Off**. Pulse **Demod**. Pulse **AM**. Si sube el volumen (botón **Volume** del panel del analizador) oirá la emisora, si no se oye con suficiente claridad actúe ligeramente sobre el mando de frecuencia central para sintonizarla mejor (ajuste de la portadora sobre el flanco de caída del filtro de FI del analizador). No eleve demasiado el volumen para evitar molestias a sus compañeros de laboratorio. Pulse el botón **Preset** del analizador.

**2.6. EXPERIMENTO 4. MEDIDA DE SEÑALES PULSADAS**

En este último experimento se utilizará la antena para captar una señal generada en otro punto del laboratorio. Concretamente se trata de una señal pulsada de RF en 125 MHz. Se medirán con el A.E. sus principales parámetros.

Conecte la antena a la entrada del A.E. Sintonice éste a 125 MHz y coloque un span de 500 KHz una vez que haya sintonizado y centrado la señal en la pantalla.

Actúe sobre los mandos del A.E. hasta que pueda visualizar correctamente el espectro. Mida la PRF y el ancho del pulso y realice una fotografía de los espectros sobre los que ha realizado las medidas indicando cómo se obtienen los parámetros de la señal a partir de dichas medidas.

---

---

---

---

---

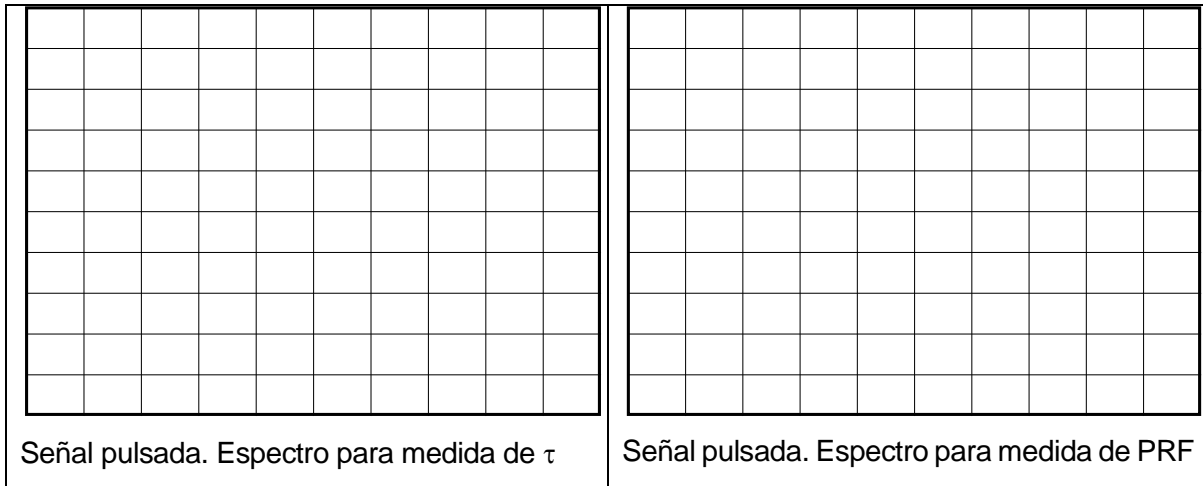
---

---

---

---

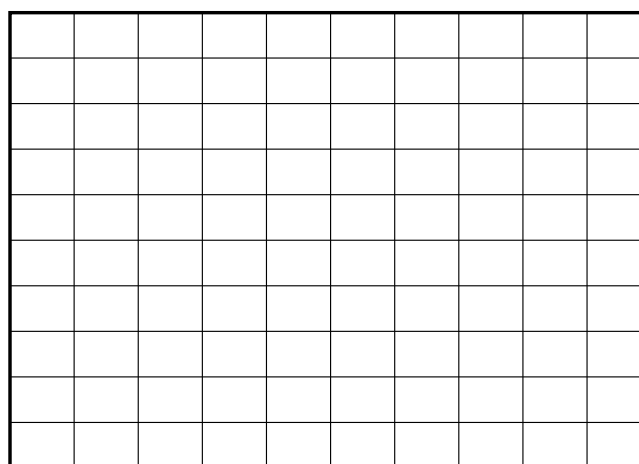
---



PRF (KHz)	
$\tau$ ( $\mu$ S)	

Según ha realizado en apartados anteriores, demodule esta señal con el A.E. (igual que se realizó la demodulación de una señal AM ajustando convenientemente la anchura del filtro de resolución del analizador). Realice una fotografía de la señal demodulada y anote los parámetros del analizador utilizados, comprobando que la señal es coherente con las medidas realizadas anteriormente.

RBW :	Span:
Sweep Time:	Freq. Center:



Señal pulsada demodulada

Retire la antena del A.E. y apague todo el instrumental.



**CUESTIONES:**

1. Dibujar de forma aproximada y **justificada** el espectro de una señal AM de frecuencia portadora 99.8 MHz , frecuencia moduladora de 300 KHz, índice de modulación 20% y potencia media -20 dBm si los controles del aparato se sitúan de la siguiente manera (téngase en cuenta la relación  $20 \log(m) = 6 \text{ dB} - \Delta$ ) :

RBW= 10 KHz

SPAN = 1 MHz

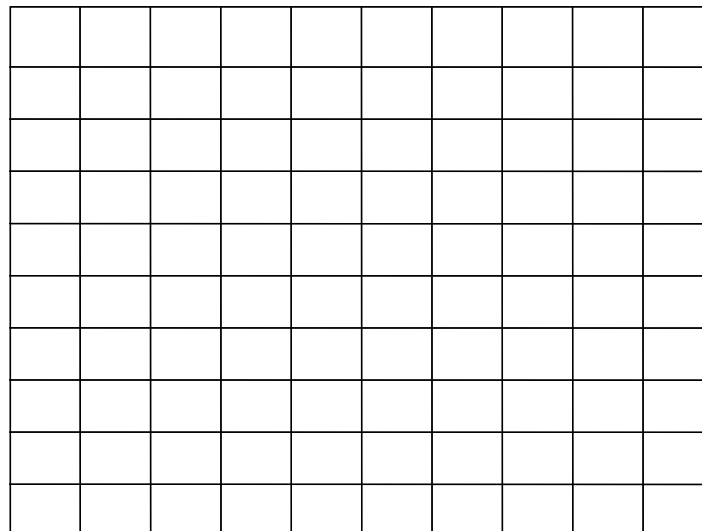
Frecuencia central = 100 MHz

Nivel de referencia = -10 dBm

Escala vertical: 10 dB/div

Atenuación = 10 dB

Densidad espectral de potencia de ruido a la entrada del analizador: -120 dBm /Hz




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2.- La lectura del nivel de ruido proporcionada por el Analizador de Espectros:

- a) Es una medida de ruido absoluta
- b) Es una medida de densidad espectral de potencia de ruido
- c) Las dos anteriores son ciertas

3.- Sea una señal FM modulada por un tono de frecuencia 60 KHz, e índice de modulación  $\beta=2.4$  cuya potencia media quiere ser medida en el Analizador de Espectros. ¿Qué valor de RBW considera más adecuado?

- a) 1 MHz
- b) 100 KHz
- c) 300 KHz

4.- Un analizador de espectros es:

- a) Un receptor superheterodino de barrido
- b) Un receptor superheterodino de anchura de banda variable
- c) Las dos anteriores son ciertas

5.- Sea una señal modulada en amplitud por un tono de 2 KHz. Esta señal se demodula en un analizador de espectros con la opción zero-span. Si se desean ver diez periodos de la señal demodulada en pantalla el tiempo de barrido (sweep-time) seleccionado ha de ser:

- a) 5 msg
- b) 2 msg
- c) Ninguna de las anteriores es cierta

**Nombres, Turno y puesto de laboratorio:**

---



---



---



---



---