



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL - FACULTAD REGIONAL
TUCUMÁN

Carrera: Ingeniería Electrónica

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada (FM)”

Ing. Juan C. Colombo

Año:2007

“Análisis, ensayos y mediciones de los parámetros que definen la calidad de un Receptor de Frecuencia Modulada en versión Autoradio”

1.- Introducción

En este documento se analizan los parámetros técnicos que definen la Calidad de un Receptor de FM, describiéndose los métodos normalizados de ensayos y mediciones y las especificaciones correspondientes a cada cifra de mérito. Al igual que para ensayos y mediciones en AM los resultados serán útiles para comparar con los valores que dan los fabricantes de diferentes marcas de equipos, siempre considerando a los mismos como producto terminados.

Al aumentar la emisión en Banda de FM también aumentan los requisitos que deben cumplir las características del Receptor, que para este caso se considera una Auto Radio por tener mayores requerimientos que una radio fija. De esta manera se llegará a la conclusión que a la Sensibilidad y Selectividad, como factores de méritos típicos, se deben agregar otros parámetros igualmente importantes que permiten analizar el comportamiento de los receptores de FM para señales grandes, poco ruido, variación despreciable en la sintonía, fuerte rechazo a la AM y baja distorsión de BF.

Para evaluar las características de un Receptor de FM en forma adecuada es imprescindible definir correctamente los factores mencionados anteriormente y sus mediciones deben llevarnos a resultados sin ambigüedades y reproducibles.

Al igual que para receptores de AM, los valores indicados son ilustrativos, ya que pueden coincidir o no con las características que cada fabricante asigna a su receptor, pero los métodos de medición son similares para todas las distintas marcas.

En el Ensayo de un Radio Receptor Fijo de FM se procede de la misma forma, quitando aquellos ensayos que correspondan a un equipo en movimiento.

2.- Sensibilidad

2.1.- Sensibilidad de Silenciamiento

Definición:

Es la mínima tensión de portadora capaz de dar una relación $S/R = 30$ dB cuando se corta la modulación normal caracterizada por: Desviación $\Delta F = 22,5$ KHZ y 400 HZ de modulación.

$$S/R = \frac{\text{Señal de Audio + Ruido}}{\text{Ruido}} = 30 \text{ dB}$$

Medición

- Se inyecta al Receptor a través de la Antena Fantasma, una Portadora Modulada a Desviación Normal $\Delta F = 22,5$ KHZ, tomándose como referencia sobre el medidor de

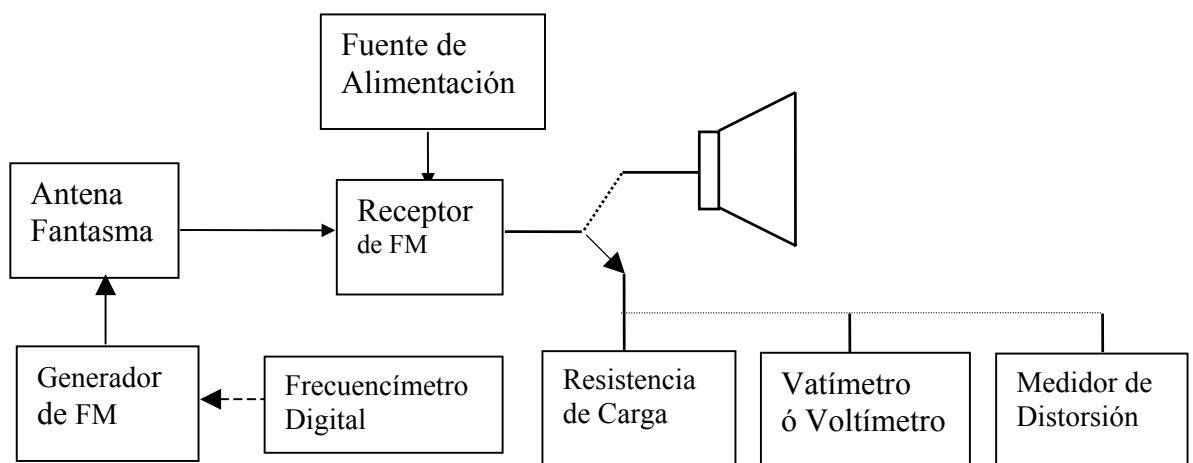
“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada” FRT - UTN

salida 0dB \rightarrow 1 W. La frecuencia de portadora y nivel de tensión de portadora son:
 $F_p = 98 \text{ MHz}$, $E_p = 100 \mu\text{V}$.

- Se corta la modulación y lo que queda, es Ruido, debe tener un nivel de - 30 dB respecto a 0dB (1W) tomado como referencia.
- De no obtenerse dicho nivel se repiten las fases anteriores para otra posición de referencia del Control de Volúmen hasta obtener - 30 dB [c/> señal].

ESQUEMA PARA REALIZAR LAS MEDICIONES

El esquema general con el que se realizan las distintas mediciones se indica continuación.



Particularidades

Si la amplitud de RF de una emisora de FM llega al Receptor con un nivel menor que el correspondiente a la Sensibilidad de Silenciamiento, el ruido a la salida del Receptor será molesto durante las pausas de modulación.

En la medición de este parámetro no está comprometida la Distorsión del Receptor.

2.2.- Medición de la Relación SINAD

La relación SINAD, considerando Señal, Ruido y Distorsión, de un Receptor determina en que medida es aprovechable su salida.

Es la relación entre la Señal más Ruido Más Distorsión y el Ruido más Distorsión medidas a la salida del Receptor de FM.

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada” FRT - UTN

$$\text{SINAD} = 10 \text{ Lg} \frac{\text{S} + \text{N} + \text{D}}{\text{N} + \text{D}} \text{ [dB]}$$

N = Noise = Ruido
S = Señal
D = Distorsión

La medida de la Relación SINAD se efectúa con un Analizador de Distorsión y un Vatímetro.

La salida del Receptor se conecta al Vatímetro para medir la Señal más Ruido más Distorsión de la señal de Audio obtenida (señal de modulación de 400 HZ). Luego se elimina la modulación de 400 HZ y se mide la señal resultante formada por el Ruido más Distorsión. Esta medida la hace el Analizador de Distorsión, estando el Receptor sintonizado en 98 MHz.

2.2.1.- Sensibilidad Útil

Definición

Es una medida que determina la mínima tensión de RF a la Entrada del Receptor que al ser modulada a 400 HZ y $\Delta F = 75 \text{ KHZ}$ proporciona a la salida del Receptor una relación de SU, Sensibilidad Útil, mayor o igual a 30 dB.

$$\text{SU} = 10 \text{ Lg} \frac{\text{S} + \text{N} + \text{D}}{\text{N} + \text{D}} \geq 30 \text{ dB}$$

Cuando se hace pasar la señal de salida a través de un filtro de 400 HZ queda anulada la componente de Audio quedando Ruido más Distorsión.

Si la SU es $< 30 \text{ dB}$ hay que aumentar el nivel de señal.

Medición

- Inyectar al Receptor a través del Adaptador, Antena Fantasma, una señal de RF, $f_p = 98 \text{ MHz}$, modulada con 400 HZ y con una desviación $\Delta F = 75 \text{ KHZ}$.
- Tomar como referencia 0 dB $\rightarrow 1 \text{ W}$ para Señal + Ruido + Distorsión. Esta salida se hace pasar por un filtro de 400 HZ, del Distorsímetro, se elimina la frecuencia central quedando Ruido + Distorsión.
- Esta última medición tiene que acusar una caída de -30 dB respecto a la referencia de 0 dB $\rightarrow 1 \text{ W}$. Si esto no se logra, hay que variar el nivel de RF y repetir las

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada” FRT - UTN

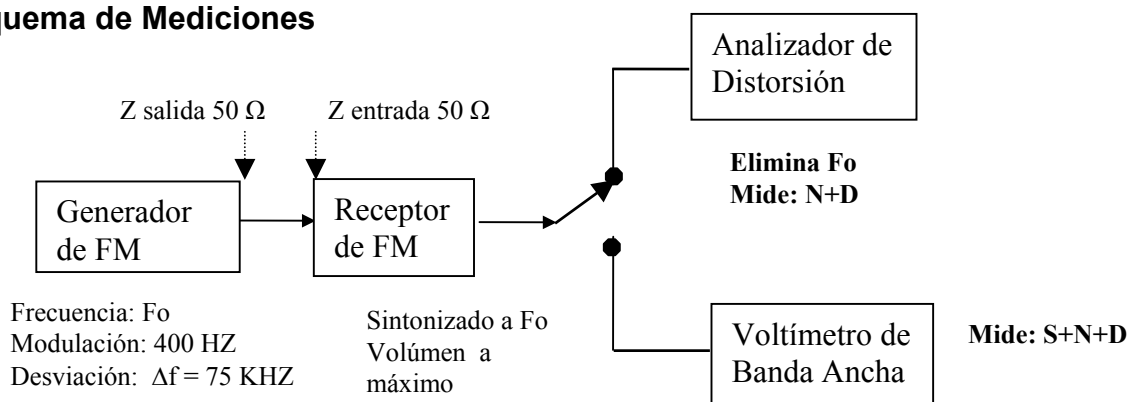
fases del procedimiento hasta obtener una $S/R = 30$ dB, siendo valores típicos de sensibilidad 6 ó 7 μ V.

NOTA: El nivel de portadora debe ser el mismo cuando se fija el 0dB y cuando se mide a través del Filtro, Ruido + Distorsión. Esto es válido para todos los puntos anteriores.

Particularidades

Esta medición además de comprometer el comportamiento del Receptor en las pausas de Modulación da un índice de la Fidelidad del mismo (distorsión).

Esquema de Mediciones



3.- Límites de Sensibilidad

Definición

Es la mínima tensión de señal de RF capaz de configurar la mínima señal de Audio.

Medición

- Inyectar al Receptor una señal modulada con 400 HZ y $\Delta F = 22,5$ KHZ. Su valor, como en los casos anteriores, se toma normalmente en 100 μ V para seguridad de actuación de la Etapa Limitadora. Pueden adoptarse otros valores, dependiendo de lo que cada fabricante o usuario determine como exigencia de Calidad.
- Considerar como referencia 0 dB \rightarrow 1 W en el Medidor de Salida.
- Disminuir la salida del Generador de RF hasta que el Indicador de referencia, en la Salida de Audio, muestre una caída de - 3 dB \rightarrow $\frac{1}{2}$ W. En este punto se debe leer la Cifra de Límite de Sensibilidad que indique el Generador de RF.

Particularidades

Ampliando la definición dada se puede decir que el Límite de Sensibilidad es la mínima señal capaz de ser recepcionada en zonas marginales, no estando comprometida la Fidelidad ni la Claridad de la Recepción ya que sólo se la utiliza como método rápido para medir o comparar otros parámetros.

4.- Sensibilidad a la Desviación

Definición

Es el valor expresado en KHZ de Desviación que proporciona a la salida del Receptor una Potencia de Audio de $\frac{1}{2}$ W.

Medición

- Se inyecta al receptor, sintonizado por ejemplo a Centro de Banda (98 MHZ), una señal de 100 μ V con los controles de Tono y Volúmen al máximo.
- Modular con 400 HZ comenzando desde $\Delta F = 0$ hasta un valor tal que a la salida de audio se tenga $\frac{1}{2}$ W. Este Valor de ΔF expresado en KHZ es la Sensibilidad de Desviación.

Los 100 μ V garantizan una Saturación del Circuito Limitador de Amplitud.

5.- Selectancia de Canal Adyacente

Definición

Es la relación en dB entre las tensiones de señales de RF que moduladas con 400 HZ y $\Delta F = 75$ KHZ, una en Sintonía con el Receptor y otra corrida 200 KHZ, dando a la salida una relación de 30 dB.

Determina la habilidad del Receptor para diferenciar entre una señal deseada y otra muy próxima a ella, procedente de un Canal Adyacente.

Medición

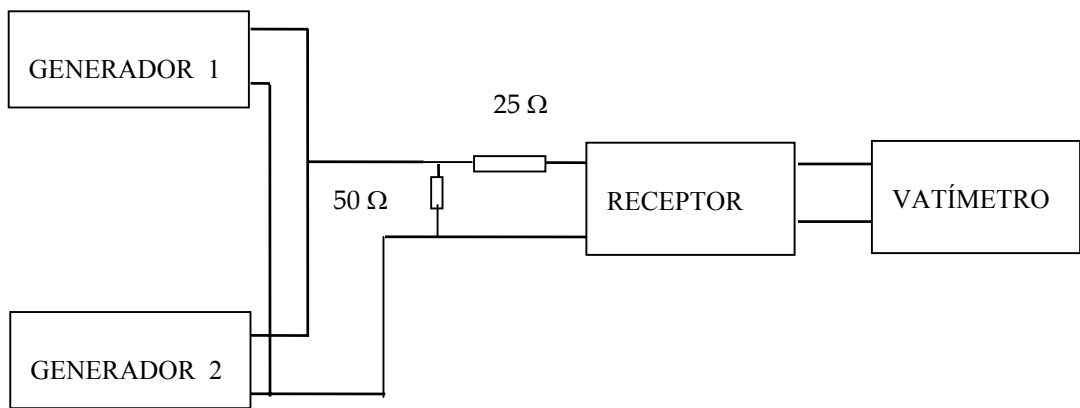
- Inyectar una señal de 100 μ V modulada con 400 HZ y $\Delta F = 75$ KHZ, a la que denominamos EF0, mediante el Generador G1 = 98 MHZ.
Se Sintoniza el Receptor a ésta frecuencia y con el Control de Volumen se obtiene una salida de 1 W \rightarrow 0dB, con la SU del punto 1.2.1) anterior, luego se corta la modulación de G1, se silencia y el indicador cae a cero W (0 Vatio).
- Inyectar con el Generador 2, Canal Adyacente, una señal separada 200 KHZ de la anterior, modulada también con 400 HZ y $\Delta F = 75$ KHZ, a continuación se incrementa el nivel de la misma hasta obtener en la salida de audio una señal de

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada”
FRT - UTN

-30 dB por debajo de la lograda con G1. Este nuevo valor lo denominamos EF30, por lo que la Selectancia de Canal Adyacente es:

$S_{200} \text{ (dB)} = 20 \text{ Lg} \frac{\text{EF30}}{\text{EF0}}$	$\frac{[\text{ Nivel del Generador 2}]}{[\text{ Nivel del Generador 1}]}$
-----------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

Esquema de Mediciones



6.- Selectancia de Canal Alternado (Segundo Canal)

El procedimiento de medición es idéntico al anterior, con el mismo esquema de medición, con la diferencia que este canal está separado del deseado en 400 KHZ.

$S_{400} \text{ (dB)} = 20 \text{ Lg} \frac{\text{EF30}}{\text{EF0}}$	$\frac{[\text{ Nivel del Generador 2}]}{[\text{ Nivel del Generador 1}]}$
-----------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

7.- Relación de Captura

Definición

Es la tendencia en los Receptores de FM a detectar solamente la más intensa de dos o más señales con frecuencias centrales lo suficientemente cercanas.

Medición

- El esquema de conexión corresponde al de los Puntos 6) y 7).
- Sintonizar el Receptor y los dos generadores a una misma frecuencia Central 98 MHZ.
- Modular G1 con 400 HZ y $\mu F = 75$ KHZ, con un nivel de RF de 1.000 μV , se varía el control de Volúmen hasta obtener una salida de Audio de 1 W \rightarrow 0dB.
- Hasta aquí G2 no entrega nivel de RF, por lo que se incrementa dicho nivel, sin modular, hasta que la salida de audio haya bajado 1 dB con respecto a 1 W. A este nivel lo anotamos y denominamos EG2-1dB.
- Se continúa incrementando el nivel de G2 hasta obtener 30 dB de caída en la salida de Audio. A éste valor lo denominamos EG2-30dB y lo anotamos.
La Relación de Captura está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Relación de Captura} = 20 \text{ Lg} \frac{\text{EG2-30dB} \quad (-30\text{dB})}{\text{EG2-1dB} \quad (-1\text{dB})}$$

Cuanto mayor es este valor, más apto es el receptor para rechazar las señales interferentes.

8.- Respuestas Espurias

La respuesta espuria es la salida de frecuencia intermedia producida por una o varias señales de antena con frecuencias distintas a las de sintonía.

Este tipo de respuesta tiene lugar cuando las grandes señales en la entrada de la antena interactúan entre ellas y/ o con la frecuencia del Oscilador Local, dando lugar a productos de frecuencias intermedias. Esto hace dificultoso y en algunos casos imposible la recepción de FM débil.

Las respuestas espurias son producidas por:

- Interferencia de Frecuencia Imagen.
- Interferencia de Frecuencia Intermedia.
- Interferencia por Batido Armónico.

8.1.- Rechazo de Frecuencia Imagen

Definición

Es la relación de los niveles de RF expresada en dB entre la Frecuencia Imagen y la Frecuencia Sintonizada (F_s) por el Receptor. La Frecuencia Imagen es la suma de la Frecuencia Sintonizada más dos veces el valor de FI (Frecuencia Intermedia):

$$F_i = F_s + 2F_I.$$

La Frecuencia Intermedia es: **FI = 10,7 MHZ.**

Medición

- Tomar la Cifra del Límite de Sensibilidad de la Frecuencia Fundamental a medir: **E_f**
- Sin variar la Sintonía del Receptor, llevar el Generador a la Frecuencia Imagen (F_i), aumentar el nivel de salida de RF hasta alcanzar la referencia para el límite de Sensibilidad: **- 3 dB → ½ W → E_i**
- La relación de estas dos lecturas realizadas sobre el Generador de FM es el Rechazo de Frecuencia Imagen.

$$\text{RFi (dB)} = 20 \text{ Lg} \frac{E_i}{E_f}$$

8.2.- Rechazo de Frecuencia Intermedia

Definición

Es la relación de los niveles de RF expresado en dB entre la Frecuencia Intermedia, F_I , del Receptor y la Frecuencia Sintonizada del mismo.

Medición

- Tomar la Cifra del Límite de Sensibilidad de la Frecuencia Fundamental a medir, **E_f**.
- Sin variar la sintonía del Receptor, llevar el Generador a la Frecuencia Intermedia, $F_I = 10,7 \text{ MHZ}$, aumentar el nivel de señal hasta obtener la referencia para el Límite de Sensibilidad **-3 dB → ½ W**.
Las señales están en condiciones normales de ensayo.

La relación entre estas dos mediciones es el Rechazo de FI

$$\text{RFI (dB)} = 20 \text{ Lg} \frac{\text{EFi}}{\text{Ef}}$$

8.3.- Rechazo al Batido Armónico

Definición

Es la relación de los niveles de portadora expresada en dB entre una frecuencia expresada como la suma de la Frecuencia Fundamental (o Frecuencia Sintonizada) más $\frac{1}{2}$ de frecuencia Intermedia (5,35 MHz) y la frecuencia Sintonizada por el Receptor.

Medición

- Tomar la Cifra del Límite de Sensibilidad de la Frecuencia Fundamental a medir, **Ef**.
- Sin variar la sintonía del Receptor llevar el Generador a la frecuencia donde se produce el Batido Armónico: 98 MHz + 5,35 MHz = 103,35 MHz
- Aumentar el nivel de señal hasta obtener la referencia para el límite de sensibilidad. Siempre se efectúa la experiencia en condiciones normales de modulación.
- La relación entre estas dos mediciones es el rechazo al Batido Armónico.

$$\text{RBA (dB)} = 20 \text{ Lg} \frac{\text{EBA}}{\text{Ef}}$$

Particularidades

Si la amplitud de una señal de RF Espuria que está a $\frac{1}{2}$ FI arriba de la frecuencia Sintonizada (fundamental = 98 MHz, Espuria = 103,35 MHz) llega al Receptor con un nivel muy grande, el Oscilador Local producirá un batido de 5,35 MHz, cuya segunda armónica 10,7 MHz, será de suficiente nivel como para interferir la recepción de la emisora deseada.

9.- Rechazo de Espurias por Intermodulación con tres Generadores

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada”

FRT - UTN

Definición

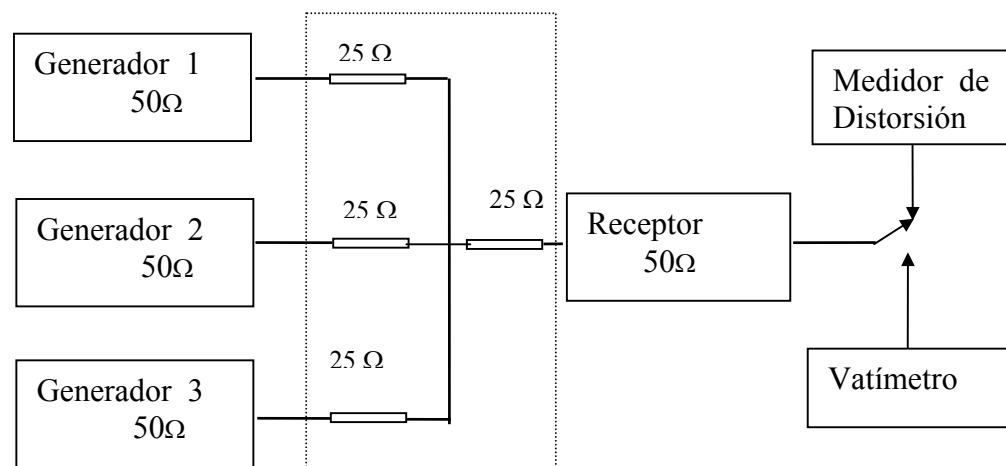
Es la habilidad de un Receptor para discernir entre una señal deseada y otra formada por la combinación de dos o más señales no deseables.

Medición

Se utilizan 3 Generadores, efectuándose la adaptación entre ellos y el Receptor con una red de 4 resistencias de $25\ \Omega$

- Sintonizar el Generador 1 a la frecuencia de la señal que se quiere medir modulándola con un tono de 1 KHZ y una desviación de frecuencia igual al $2/3$ de la máxima. Ajustar la salida para obtener una relación SINAD = 12 dB.
- Sintonizar el Generador 2, sin modular, a la frecuencia del Canal Adyacente.
- Sintonizar el Generador 3 a la frecuencia del Canal Adyacente modulándola con un tono de 400 HZ y una desviación de frecuencia igual a $2/3$ de la máxima.
- Aumentar el nivel de los Generadores 2 y 3 por igual hasta disminuir la relación SINAD en 6 dB.
- La relación entre el Generador 2 y 1 es la Atenuación de Intermodulación.

Esquema de Mediciones



10.- Rechazo de AM

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada” FRT - UTN

La modulación espuria de AM de una señal de entrada grande produce variación rítmica en el punto de funcionamiento de C.C. de los transistores incluyendo el transistor /mezclador.

Debido al cambio periódico de la susceptancia de entrada, en el mezclador, la frecuencia del oscilador será modulada en frecuencia. Como consecuencia de esto aparece una componente de AM en la salida del detector a pesar de que el Amplificador de FI ejerce una excelente limitación de señal. El resultado final es una disminución en la supresión de AM.

Definición

Es la relación expresada en dB, de los niveles de audio que se obtiene a la salida del Receptor cuando a una misma portadora se la modula en frecuencia y amplitud simultáneamente.

Medición

- Se inyecta un nivel de portadora de $100 \mu\text{V}$ modulada en frecuencia con 400 HZ y $\Delta F = 22,5 \text{ KHZ}$. Mediante el Control de Volúmen llevar la salida de audio a 1 W (0dB).
- Sin variar el nivel de portadora, quitar la modulación de frecuencia, y modular en amplitud con 400 HZ y $m = 30\%$, midiendo la salida de audio.
- La relación de estas dos mediciones expresadas en dB es el Rechazo de AM. Esta relación toma valores muy grandes (80 dB).

11.- Control Automático de Frecuencia - CAF

Definición

El CAF tiene la propiedad de dotar al Receptor de la capacidad de enganchar y retener una emisora con mayor facilidad.

Medición

- Inyectar al Receptor una señal modulada con 400 HZ y $\Delta F = 22,5 \text{ KHZ}$.
- Se toma una referencia de 0dB = 1W (buscar el punto de mejor sintonía) en el Medidor de Salida del Generador.
- Variar la frecuencia del Generador hacia un lado hasta obtener una salida de - 30 dB en el Medidor de Salida. Repetir el mismo proceso desde el punto central de mejor sintonía hacia el otro extremo.

“Medición de Características Técnicas de un Receptor de Frecuencia Modulada” FRT - UTN

- Tomar nota del desplazamiento de frecuencia de cada uno de los lados, para verificar simetría y la suma de ambos para el rango de sintonía total.

12.- Selectividad

El concepto es el mismo que el visto para AM

Medición

- Seguir el mismo procedimiento anterior, Punto 11) anterior, pero el nivel de RF debe ser el correspondiente a la Sensibilidad de Silenciamiento.

13.- Distorsión a $\Delta F = 75$ KHZ (Máxima Desviación)

Medición

- Inyectar al Receptor una señal de RF de $100 \mu V$ modulada con 400 HZ y $\Delta F = 75$ KHZ, con el control de Volúmen se ajusta una salida de audio de 1 W. En estas condiciones se mide la Distorsión Armónica.
El Centro de Banda es 98 MHZ.

Particularidades

En ésta medición, están comprometidas la planicidad de respuesta de la sección de FI y la linealidad de características del Discriminador.

14.- Bibliografía

- “Emisores y Receptores”. Juan Kagi Reymann. Universidad Politécnica de Madrid.1985.
- “Temas Prácticos sobre Emisores y Receptores. Victor Perea Guirado. Universidad Politécnica de Madrid. 1985.
- “ Mediciones Electrónicas “.Terman y Pettit. Editorial ARBÓ (1972).
- Etapas de entrada de FM, especificaciones y medidas. FAPESA – PHILIPS (1979).
- Stanley Wolf – Richard F.M. Smith: “ Guía para Mediciones Electrónicas y Prácticas de Laboratorio “. México. Prentice Hall. (1992).
- “Mediciones Electrónicas “. Hugo Omar Grazzini. UNIVERSITAS (2003).

Ing. Juan C. Colombo
Prof. Medidas Electrónicas II
FRT- UTN
27/09/07