

TRABAJO PRACTICO No 12

MEDICIONES EN RECEPTORES

INTRODUCCION TEORICA:

Un Receptor es un sistema selectivo y amplificador que selecciona una señal de RF modulada y la amplifica, demodula (extrae la información impresa) y luego la amplifica para ser entregada al dispositivo de audio, de visualización, ó a un instrumento de medición.

El receptor más elemental tiene una antena de recepción, un demodulador, un amplificador y la carga.

Los receptores super-heterodinos agregan a esta configuración un conversor que convierte la RF en IF, un amplificador de FI que la amplifica y luego es demodulada por medio de una etapa detectora.

Las características que identifican la calidad del mismo son:

- Selectividad,
- Sensibilidad,
- Atenuación de los canales adyacentes,
- Fidelidad,
- CAS
- Relación señal – ruido,
- Modulación cruzada,
- Ruido, etc.

La medición de las características anteriores esta regida por normas que establecen las condiciones de excitación del receptor. Así, en los receptores de radiodifusión de Modulación de Amplitud (AM) la modulación normalizada es del 30 % con una modulante de 400 ciclos.

En los receptores de radiodifusión de Modulación de Frecuencia (FM) la norma establece una desviación de frecuencia de 22,5 Kciclos (30 % de modulación de la desviación máxima de 75 Kciclos) a 400 ciclos.

El los receptores de televisión, la sección de audio debe ser modulada con una desviación de 7,5 Kciclos (30 % de máxima desviación máxima de 25 Kciclos).

Sensibilidad

Es la capacidad de un receptor de recibir señales débiles y poderlas reproducir sin distorsión y con un valor de relación señal a ruido lo mayor posible.

Este ensayo se realiza en condiciones normalizadas para que los valores obtenidos sean válidos en cualquier lugar y tiempo y sirvan de comparaciones entre receptores.

Además de esas condiciones, en este caso se exige además que la relación señal a ruido sea mayor a 26 dB, puesto que de otra forma, el receptor puede captar señales muy pequeñas y si no discrimina el ruido, esta señal no puede ser identificada por ser enmascarada por el ruido.

En consecuencia, la definición más completa de la sensibilidad útil es: La Sensibilidad Util es la capacidad para recibir señales moduladas en forma normalizada que da una potencia P_{ON} con una

relación de señal a ruido mayor a 26 dB. La sensibilidad se expresa en micro voltios [μV].

$$S_u = X[\mu\text{V}] \quad \text{Para } S/R > 26 \text{ dB}$$

Cuanto menor sea su valor, mejor desempeño tiene el receptor, o de mayor calidad es.

La sensibilidad expresada en dB:

$$S_{dBu} = 20 \log \frac{1[\text{Volt}]}{x[\mu\text{V}]} = 20 \log \frac{10^6[\mu\text{V}]}{x[\mu\text{V}]}$$

$$S_{dBu} = 120\text{dB} - 20 \log x[\mu\text{V}]$$

En este caso cuanto mayor sea su valor mejor será el receptor.

Para determinar la relación señal a ruido generada por el receptor se sintoniza el receptor a la frecuencia del generador con modulación normalizada (400 Hz al 30%) y se ajusta el nivel de generador hasta obtener la potencia normalizada P_{ON} , y luego se retira la modulación (modulante cero) y se lee el valor de potencia de salida P_R .

Esta potencia P_R debe ser lo menor posible y es generada exclusivamente por el ruido interno del receptor. La relación es fácilmente obtenible si el voltímetro esto calibrado en dB, ya que los valores de potencia en dB se restan.

Este ensayo se hace ajustando al máximo los niveles de ganancia del amplificador (Control de Volumen) y sintonizados a la frecuencia de entrada de los amplificadores de FI.

Si con la potencia normalizada, no se consigue obtener una $S/R > 26$ dB, hay que realizar sucesivos pasos variando el control de ganancia y sensibilidad, si lo tiene, y compensar esa disminución de ganancia con aumento de la señal del generador para obtener la potencia total normalizada. En esas condiciones se trabaja hasta obtener una $S/R > 26$ dB. Esto se logra porque el ruido es generado internamente en el receptor, y al reducir la ganancia del mismo para igual potencia de salida (lo que implica mayor señal del generador), se reduce la amplificación del ruido interno por lo cual mejora la S/R .

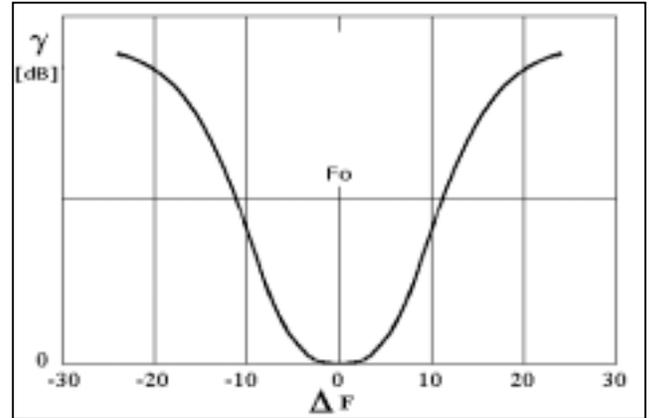
$$\frac{S}{R} = 10 \log \frac{P_{ON} + P_R}{P_R}$$

La sensibilidad depende fundamentalmente de las etapas de RF (Antena y mezclador) y de FI, ya que la sensibilidad será mayor cuanto mayor sea la ganancia de las etapas de RF, porque de esa forma mayor será la señal de entrada a la etapa de mayor ruido que es la convertora y a su salida mayor será la relación señal a ruido. La salida del convertor se aplica a las etapas de FI que amplifican por igual a la señal y al ruido, y por lo tanto la relación señal a ruido se mantiene constante., pero se agrega el ruido propio de las etapas de FI. Por ello, la relación S/R es menor a la salida del canal de FI.

Selectividad

Es la capacidad que tiene un receptor de aceptar una señal y rechazar a todas las demás que llegan a la antena. Cuantitativamente la selectividad se expresa en forma gráfica a través de un gráfico que representa la relación entre la tensión de entrada fuera de resonancia y la tensión de entrada en la resonancia, en función de la desviación de frecuencias por encima y por debajo de la frecuencia de resonancia aceptada por receptor. O sea, se comportaría como un filtro pasabanda que cuanto más estrecho, mejor se comporta dejando pasar la frecuencia seleccionada y rechazando el resto.

Se representa la relación entre el nivel de amplitud de la frecuencia fuera de resonancia al nivel de la frecuencia en resonancia como γ .



Para obtener este gráfico, se sintoniza el receptor a la frecuencia de referencia y se ajusta la salida normalizada del generador para obtener la potencia normalizada. Luego, la salida del generador se desplaza valores predeterminados en frecuencia por encima y por debajo de la frecuencia de referencia, y se ajusta para cada frecuencia el nivel de salida del generador hasta obtener los valores de potencia normalizada. Con esos valores se construye la gráfica.

Mientras se aleja más la frecuencia utilizada de la frecuencia de referencia, mayor será el nivel necesario para excitar a la antena y obtener la potencia normalizada.

$$\gamma = \frac{\text{Nivel fuera de resonancia } [\mu V]}{\text{Nivel en resonancia } [\mu V]}$$

Este ensayo de selectividad permite también determinar el rechazo a los canales adyacentes y a la frecuencia Imagen.

Un canal adyacente es la frecuencia a la cual la portadora difiere por encima y por debajo en 10 KHz respecto de la frecuencia de resonancia. El primer canal adyacente difiere 10 KHz y el segundo en 20 KHz. X0 (a Fo), X1 (a Fo \pm 10 KHz), X2 (a Fo \pm 20 KHz),...etc. son los valores del nivel de salida del generador para las distintas frecuencias.

Una característica de calidad establece que la atenuación a los canales adyacente cumplan como mínimo con la siguiente condición:

ACA: Atenuación al primer canal adyacente \geq a 25 dB. (O sea, **X1** > 18 **X0**)

AC2A: Atenuación al segundo canal adyacente \geq a 50 dB.

La tercer característica de calidad del receptor en cuanto a selectividad es la Atenuación o Rechazo a la Frecuencia Imagen. El oscilador local del receptor se sintoniza con la frecuencia de resonancia f_c que llega a la antena, de forma que a la salida del convertidor se obtiene entre otras, una frecuencia f_{OF} mayor y/o menor en 465 KHz, de modo que al ser restada de la frecuencia entrante, da por

resultado una frecuencia f_I útil de 465 KHz que es la que pasa por las etapas de FI. Normalmente el oscilador genera una frecuencia mayor que al mezclarse con la f_c se puede generar la f_I , mediante la expresión $f_I = f_{OF} - f_c$, pero de la salida del mezclador también puede salir una expresión $f_I = f_c - f_{OF}$ y que puede ser amplificada por las etapas de FI. Despejando de las dos expresiones anteriores se obtiene la expresión de la frecuencia imagen la cual, para ser eliminada, debe ser rechazada por el receptor en las etapas de RF anteriores a las FI.

En los receptores sin etapas de RF, en donde la señal de entrada va desde la antena al mezclador directamente, la **F Imagen** no será rechazada y pasará a las etapas de FI porque estas no distinguen si la señal es útil o no.

Una solución práctica es diseñar el receptor con doble FI, donde la señal de entrada se convierte en una FI alta, con baja sensibilidad porque en alta frecuencia no se puede tener alta ganancia, y luego con un segundo conversor se reduce a la segunda FI más baja y mucho más selectiva y con mayor sensibilidad.

$$F \text{ Imagen} = F_c \pm 2 FI$$

La frecuencia Imagen es la frecuencia que difiere de la señal sintonizada en $\pm 2 FI$.

En los receptores de AM (Banda de 555 a 1600 KHz) la FI se sitúa en 455 KHz.

En los receptores de FM (Banda de 8 a 108 MHz) se tienen dos FI siendo la primera de 10,7 MHz y la segunda a 100 KHz.

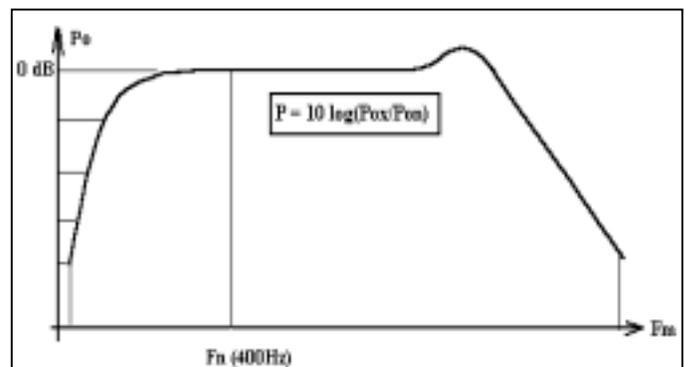
Fidelidad

La Fidelidad eléctrica del receptor es la cualidad de reproducir la información con la menor distorsión posible la señal de entrada (modulante), o sea representa la respuesta en frecuencia del receptor.

Esta cualidad se representa cualitativamente por un gráfico de respuesta en frecuencia que representa la salida P_o en función de la frecuencia modulante f_m .

Esta fidelidad se refiere a la parte electrónica del receptor, por lo cual el parlante se reemplaza por una resistencia de carga. No tiene en cuenta la salida acústica porque es muy difícil reproducir las condiciones acústicas donde funcionará el receptor, teniendo en cuenta las características del parlante, caja acústica, sala donde se encuentra, volumen de la misma, cantidad de personas, etc.

El ensayo de fidelidad se realizará inyectando una señal RF normalizada con una modulación al 30% a través de un generador de audio externo de frecuencia variable desde 0 Hz a 15 KHz. Para un nivel de salida dado del generador de RF, se ajusta el control de volumen a un valor (lo mayor posible) que produzca sobre la resistencia de carga una potencia normalizada. El control de Tono, si lo tiene, debe colocarse en su parte media.



En esas condiciones, sin variar ningún parámetro, se varía la frecuencia modulante y se toman los valores de P_o (potencia sobre la resistencia de carga para cada frecuencia). Verificar que la amplitud de la señal modulante no varíe al variar su frecuencia y por lo tanto que no cambie el nivel de modulación. Se deben usar osciloscopios a la salida del generador de audio y sobre la salida del receptor para comprobar la pureza de la señal observada. La señal del generador de audio debe ser lo más pura posible.

La fidelidad es una medida de la performance de la etapa de salida de audio (baja frecuencia) pero depende también de la etapa de FI debido a la curva de selectividad, ya si la etapa de audio es excelente pero el ancho de banda de FI es angosto, los extremos del ancho de banda de audio serán recortados por la selectividad del ancho de banda de la FI. O sea, la fidelidad requiere del amplificador de FI un ancho de banda grande, pero la Selectividad requiere que el ancho de banda sea lo más angosto posible, por lo que ambas características se anteponen y es necesario una relación de compromiso.

CAS: Control Automático de Ganancia

Los receptores actuales cuentan con una función automática llamada Control automático de Ganancia o Sensibilidad (CAS). Este tiene por finalidad mantener el nivel de salida de audio más o menos constante dentro de ciertos límites, aunque el nivel de la señal de RF captada por la antena varíe dentro de ciertos niveles. Este circuito actúa modificando la ganancia de las etapas de RF/FI de forma de compensar las variaciones del nivel de la señal de entrada. Este circuito no puede controlar todos los niveles de RF por lo cual sólo tiene acción dentro de un rango delimitado de niveles de entrada.

Otra característica de este circuito es que su respuesta es lenta, de forma de no interferir con los cambios de niveles de audio propio de la señal modulante. Sólo actúa sobre los cambios del nivel medio de la señal de RF durante un cierto tiempo.

Para evaluar el funcionamiento del CAS, se inyecta una señal de RF normalizada (400 Hz al 30%) y de un nivel de salida alto, y se ajusta el control de volumen del receptor lo más alto posible (sin distorsionar). Se lee la potencia o tensión de salida. En este caso no interesa el nivel de potencia normalizado.

Luego se disminuye sistemáticamente el nivel del generador y se toman los valores de potencia de audio de salida. Con esos valores se gráfica la curva de trabajo del CAS.

La eficacia del CAS está determinada por la pendiente de la curva en la zona lineal y por el rango de niveles donde esta curva es lineal.

PRACTICA DE LABORATORIO

Objetivo: Familiarizarse con los bloques de un Receptor y con las mediciones para determinar las características de los mismos.

Elementos a utilizar:

- Radio Receptores:
 Marca: N° de Serie Potencia de Salida: Frecuencia de trabajo:
- Voltímetro:
 Marca: N° de Serie Rango de Salida:
- Generadores de RF:
 Marca: N° de Serie Rango de Salida: Rango de Frecuencia:
- Antenas y cargas fantasma
- Osciloscopio:
 Marca: N° de Serie Rango de Frecuencia:

1- Procedimiento:

Todo ensayo sobre Receptores debe hacerse con procedimientos normalizados a fin de que los datos obtenidos sirvan de comparación con otros receptores.

La normalización del proceso establece que debe inyectarse una señal modulada al 30% con un tono modulante de 400 Hz, produciendo una potencia de salida determinada. Esta potencia normalizada esta especificada de acuerdo a la potencia máxima establecida para el receptor.

$$P_{ON} \text{ (normalizada)} = 50 \text{ mW para receptores de } 100\text{mW} < P_o < 1 \text{ W}$$

$$P_{ON} \text{ (normalizada)} = 500 \text{ mW para receptores de Potencia de salida mayor a } 1\text{W}.$$

Esta normalización es a los efectos de no exigir al equipo y evitar la distorsión de la señal recibida por saturación.

El Generador de RF usado debe ser capaz de entregar una señal RF en la gama que se quiere hacer el ensayo y debe tener un atenuador de control de salida calibrada en *dBu* o en μV . Tiene que tener la posibilidad de modulación interna y externa y un indicador del índice de modulación calibrado y su nivel de salida tendrá que variar desde $1\mu V$ a 1 V ó más.

También, su impedancia de salida debe ser lo menor posible. Debería usarse si está disponible, de un atenuador opcional que reduce la impedancia de salida y además reduce la salida disponible con una precisión determinada. La atenuación normalizada es de 1/10.

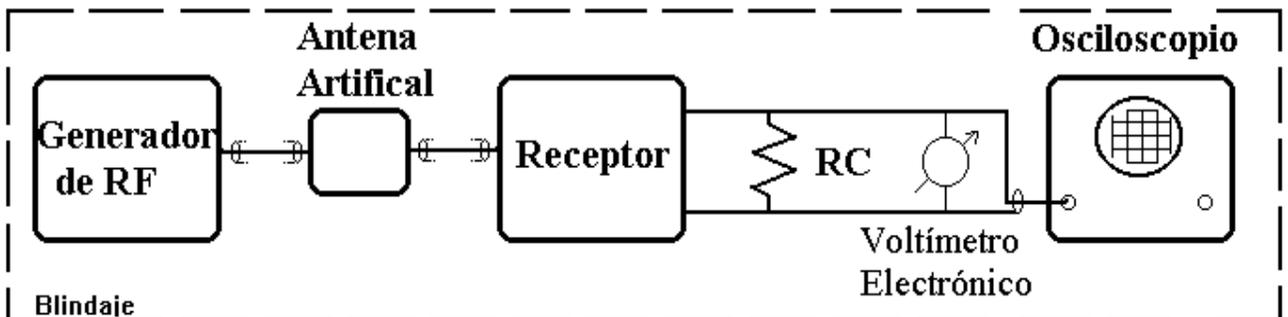
La impedancia de salida de este atenuador en combinación con una impedancia del generador de 50 ohms es $Z_{out \text{ equiv}} = 9 \text{ ohm}$.

Todo ensayo debe hacerse en condiciones que eviten que el receptor capta señales externas a los ensayos. Para ello hay que hacer el ensayo con el sistema (receptor e instrumentos) dentro de una jaula apantallada para evitar captar señales externas.

Para verificar la ausencia de señales externas o ruidos ingresando al receptor, se apaga el generador y se coloca el control de volumen del receptor al máximo. En esas condiciones se barre el dial del receptor y se verifica que la salida del mismo es nula al barrer el espectro de recepción. Esto indica que no hay señal modulada que está siendo recibida.

También se debe verificar que el generador no irradia energía por otro elemento que no sea el cable coaxial conectado a la antena ficticia. Los generadores que tienen pérdidas pueden irradiar energía por los vértices del chasis, por el retorno de tierra, o por otros elementos. Las pérdidas por el cable de tierra son difíciles de controlar porque este cable actúa como antena y además conectado a la línea de alimentación hace que todo el sistema eléctrico se convierta en un irradiante.

Para verificar la no existencia de pérdidas, se alimenta el generador y a la frecuencia de prueba se sintoniza el receptor. Luego se reduce completamente a cero la señal de salida del generador. En estas condiciones la potencia de salida sobre la carga fantasma debe ser cero. De no ser así, se debe buscar la causa de eso. A altas frecuencias, las pérdidas de energía electromagnética son direccionales con lo cual muchas veces sus efectos se pueden reducir o eliminar girando o cambiando de posición los elementos (Generador, antena, receptor) del sistema.

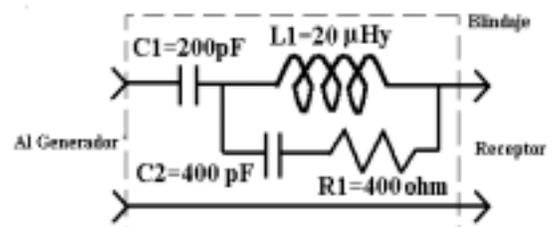


Debido a la imposibilidad de controlar las señales transmitidas por las radiodifusoras, las cuales no nos permiten controlar su frecuencia, modulación y nivel normalizado, una señal de RF controlada debe inyectarse al receptor manteniendo las condiciones normales de trabajo del Receptor.

Debido a eso, se debe reemplazar la antena asociada al receptor por un dispositivo que permite el acoplamiento de la RF normalizada al receptor, en condiciones normales de trabajo. Este dispositivo se denomina antena artificial o fantasma.

La antena fantasma o artificial reemplaza a la antena real del receptor y ella está normalizada para cada gama de frecuencias a utilizar. Esta antena tiene una impedancia similar a la presentada por la real y está entre los 100 a 600 ohms. La antena ficticia normal para AM en el rango de 540 KHz a 23 MHz es la mostrada, siendo su impedancia aproximadamente 400 ohms. (Ref # 1)

La carga del receptor se reemplaza por una resistencia óhmica igual a la impedancia que el parlante presenta a un tono de 400 Hz. Esta resistencia debe tener una potencia de disipación doble o mayor que la entregada por el receptor.



A) Medición de la Sensibilidad

A1- Se arma el sistema conectando el generador a la antena ficticia y esta al receptor a través de cables coaxiales de impedancia normalizada (50 Ohms). Se conecta a la salida del receptor a la carga fantasma, el voltímetro electrónico (para realizar las mediciones de potencia) y el osciloscopio para visualizar la forma de onda y detectar distorsión.

A2- Se coloca el control de volumen (ganancia de audio) y el control de sensibilidad (ganancia de FI) si lo tiene, al máximo.

A3- Se configura el generador para una frecuencia portadora, con modulación al 30% con tono modulante de 400 Hz, y salida a un nivel menor a 1 mVolt. Se enciende el receptor y se lo sintoniza a la frecuencia seleccionada. Se detectará esa sintonía al obtener un máximo de la señal de salida del receptor.

A4- Se ajusta la señal de salida del generador para obtener la potencia normalizada P_{ON} sobre la carga normalizada. Dejar estabilizar el sistema por unos minutos para lograr las condiciones de trabajo. Se toma el valor de la señal del generador x [μV o mV].

A5- Se corta la modulante y se mide la salida del receptor (debería ser lo más baja posible). Se verifica el cumplimiento de la $S/N > a 26dB$. De no ser así, se procede a bajar el control de volumen y/o el control de sensibilidad, y aumentar el nivel de la señal de salida del generador, manteniendo constante la Potencia de salida normalizada, hasta obtener la menor S/N que cumpla con la condición anterior.

A6- Cumplida la condición de S/N , el valor de la señal de salida del generador que produce con el tono modulante la P_{ON} , da la sensibilidad, la cual se puede expresar en dB para mayor comodidad.

Impedancia de antena $Z_a =$	[Ohm]	Impedancia de carga $Z_c =$	[Ohm]
Frecuencia portadora $F_c =$	[MHz]	Frecuencia modulante $F_m =$	[KHz]
$\frac{S}{R} = 10 \log \frac{P_{ON} + I}{P_R}$		$P_R =$	[W]
$S_u =$	[μV]	$S_u [dB] =$	

B) Medición de Selectividad

B1 – 4. Se ejecutan los pasos A1 a A4 inclusive del proceso de medición de sensibilidad. Se toma la señal de salida de generador como señal de referencia. Anotamos este valor X_0 [μV].

B5- Se desplaza en frecuencia la portadora del generador en incrementos de 10 KHz hacia ambos lados de la frecuencia f_0 . Se incrementa para cada valor de frecuencia desplazada, el valor del nivel de salida del generador a fin de obtener la potencia normalizada a la salida del receptor. Se anotan

esos valores de salida del generador. Se realiza el cociente entre los valores respecto del valor en resonancia y se grafican los resultados.

$$\begin{aligned} \text{Impedancia de antena} &= [\text{Ohm}] & \text{Impedancia de carga} &= [\text{Ohm}] \\ \text{Frecuencia portadora } F_c &= [\text{MHz}] & \text{Frecuencia modulante } F_m &= [\text{KHz}] \\ \text{Nivel de salida del generador a frecuencia de resonancia } X_0 &= [\mu\text{V}] \end{aligned}$$

Niveles de salida del generador a frecuencias de canales adyacentes en $[\mu\text{V}]$

	-40 KHz	-30 KHz	-20 KHz	-10 KHz	Fc	+10 KHz	+20 KHz	+30 KHz	+40KHz
X(V)									

B6- Determinar los rechazos a los canales adyacentes de los valores de la tabla anterior:

$$\begin{aligned} ACA /_{dB} &= 20 \log (X_1/X_0) = \\ AC2A /_{dB} &= 20 \log (X_2/X_0) = \end{aligned}$$

B7- Averiguar la FI (Frecuencia Intermedia) del receptor en estudio y si tiene CAS, y hacer las mediciones para determinar la atenuación a la Frecuencia Imagen AFI y a la Frecuencia Intermedia FI. Ajustar el generador a una frecuencia de $F_c + 2F_i$ manteniendo el nivel de salida del generador para P_{ON} a la frecuencia de resonancia.

En estas condiciones la salida de potencia debería ser cero o casi nula. En función de los resultados hacer los análisis correspondientes del receptor y sacar las conclusiones.

Ajustar la frecuencia del generador a la frecuencia intermedia $F_c = F_i$ y ajustar el nivel de salida del generador hasta obtener el valor de potencia normalizada a la salida del receptor.

Determinar el rechazo/atenuación a la FI por la relación:

$$X_{FI} = \quad AFI = 20 \log \frac{X_{FI} [\mu\text{Volt}]}{X_0 [\mu\text{V}]} =$$

C) Medición de la Fidelidad

C1-4: Se configura y ajusta el sistema siguiendo los pasos A1 a A4. En este caso, se configura el generador de radio para modulación externa y se conecta un generador de audio sintonizado a una frecuencia de 400 Hz. El nivel de salida de este generador se ajusta de modo que la señal de salida no esté distorsionada en todo el rango de trabajo dentro del cual se lo hará trabajar (10Hz a 15 KHz). También es recomendado conectar un osciloscopio a la salida del generador de audio para visualizar las señales salientes de él.

C5- Ajustar el nivel de tono en su región media. Ajustar el control de volumen para obtener la potencia normalizada y sin distorsión. Tomar ese valor X_0 [mV].

C6- Variar la frecuencia modulante desde 400 Hz para abajo y hacia arriba sin cambiar las condiciones de medición, sólo cambiando el valor de frecuencia de modulación y manteniendo constante el nivel de modulante y el índice de modulación. Tomar los valores de potencia de salida en R_o y hacer la tabla.

Frec.	20Hz	30Hz	50Hz	100Hz	200Hz	400Hz	1KHz	5KHz	10Kz	25KHz
P _{0x}										

Calcular la potencia en dB referida a la potencia normalizada y realizar la gráfica de fidelidad.

$$Px_{dB} = 10 \log \frac{Px}{P_{ON}}$$

Explicar conclusiones.

D) Determinación de la curva característica del CAS

D1-4: Se configura y ajusta el sistema siguiendo los pasos A1 a A4. El nivel de salida de este generador se ajusta a un nivel de salida (100mV). Se ajusta el control de volumen al máximo posible sin distorsionar la señal de salida.

Se toma el valor de tensión ó la potencia de salida del receptor y el valor del nivel de salida del generador. Se determina la tensión normalizada en dB para ese nivel de generador.

$$Vo = \quad \quad \quad Vg = \quad \quad \quad VodB = 20 \log \frac{Vo[\mu Volt]}{Vg[\mu V]} =$$

Se reduce sistemáticamente el valor del nivel de salida del generador y se toman los valores de Vg y Vo y se determina la relación en dB para cada nivel de salida del generador.

Se hace la tabla de valores y se gráfica la curva característica del CAS.

Vg	100 mV									
Vo										
Vo dB										

Hacer los diagramas, cálculos y dar las conclusiones correspondientes en cada caso.

Preguntas:

- 1- Qué representa la sensibilidad en dB de un receptor?.
- 2- Puede una sensibilidad en dB ser negativa?
- 3- Dibujar la forma ideal de un gráfico de selectividad.
- 4- Cuáles son las características de un CAS de buena calidad?

Bibliografía :

Ref #1: Mediciones Electronicas - Terman y Pettit pag. 382 – Mediciones en Receptores

