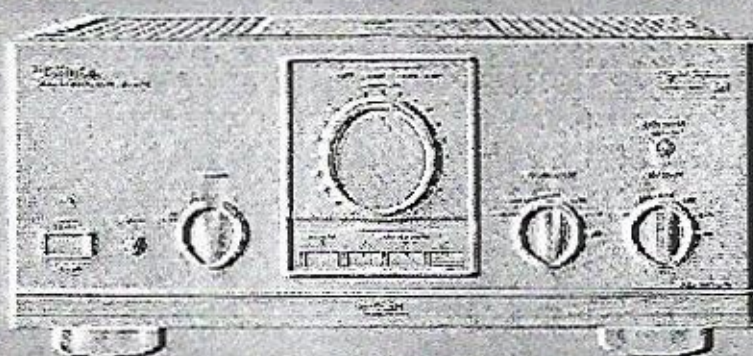


TEMA 2



La Transmisión del Sonido



2.1. FUNDAMENTOS DE LA TRANSMISIÓN

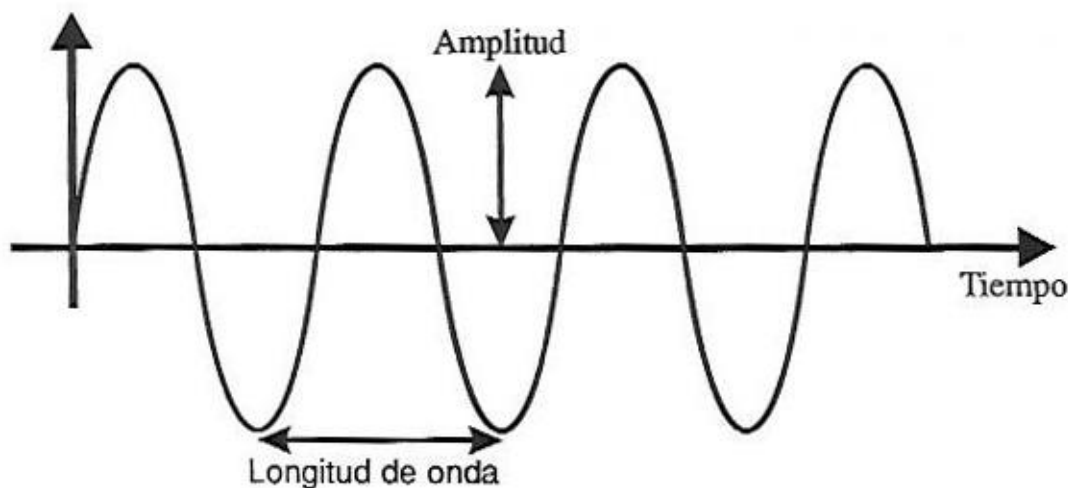
2.1.1. LAS ONDAS

Una onda es, básicamente una oscilación que se propaga transmitiendo así energía. Una onda es la luz que nos llega, tanto la del sol como la que hace que podamos ver los objetos; una onda también es el sonido, transmitiendo así la energía que excita nuestro oído y hace que podamos escuchar; ondas son también los anillos provocados por una piedra en un lago, o las olas del mar, etc.

2.1.2. PARÁMETROS QUE DEFINEN UNA ONDA

Una onda, es algo que oscila, en realidad una onda sonora, o una onda electromagnética es la suma de muchas oscilaciones, pero nos centraremos en una oscilación pura para analizar los parámetros que la definen.

La representación temporal de la oscilación pura, tiene el siguiente aspecto:



Oscilación pura y principales parámetros que la definen

Como hemos dicho, una onda transporta energía, el primer parámetro es la energía de la onda, definido por la integral del cuadrado de la amplitud, sin embargo, como vamos a suponer que las ondas no tienen principio ni fin, la energía es infinita, por lo tanto el parámetro utilizado es la potencia de la onda, o lo que es lo mismo, la energía por unidad de tiempo. El parámetro con el que suele medir la potencia de una onda es el decibelio (dB).



El decibelio es una unidad logarítmica, si aumentamos una potencia 3 dB quiere decir que estamos duplicando la potencia, y si la aumentamos 6 dB la estamos multiplicando por 4, y 9 dB equivalen a multiplicar por 8, y así sucesivamente. Esto, a pesar de que es más engorroso que trabajar con parámetros lineales (vatios), se debe a que los sentidos en el hombre tienen, también, carácter logarítmico, es decir, apreciamos el mismo cambio de volumen cuando un sonido pasa de 3 dB a 6 dB que cuando pasa de 6 a 9 dB, aunque linealmente el primero tenga una potencia P, el segundo tenga una potencia 2xP y el tercero 4xP.

El decibelio es un parámetro relativo, es decir, no equivale a ninguna unidad, sino que es una relación de valores, por ejemplo cuando decimos que una onda sonora tiene 40 dB, nos referimos a que es x veces mayor que una potencia de referencia, en el caso del sonido dicha potencia de referencia es el denominado umbral de audición.

Por lo tanto, si queremos utilizar la relación logarítmica como unidad, (con referencia a 1), el resultado serán unidades del tipo dBvatio (cuando transformemos vatios) o dBm (cuando transformemos milivatios).

En resumen interesa quedarse con la idea de que la potencia se mide en dBm o dBvatios, y las ganancias se miden en decibelios (dB), siendo 3 decibelios el equivalente a duplicar la potencia.

Otro parámetro muy importante de una onda es, siendo como es algo que oscila, las veces que se produce esa oscilación por unidad de tiempo, es decir la **frecuencia** de la oscilación. La frecuencia se mide en hercios (Hz), cada hercio es una oscilación por segundo, por lo tanto, si la frecuencia de la red eléctrica, (la que hay en cualquier enchufe), es de 50 Hz quiere decir que oscila 50 veces en cada segundo, y si las ondas que emite Radio Utopía se sitúan en los 99,2 megahercios (MHz), significa que las ondas que emite oscilan 99,2 millones de veces en un segundo. La frecuencia, como veremos más adelante, es un parámetro fundamental de las ondas.

Por último definiremos lo que es la velocidad de la onda y su longitud de onda. Hemos dicho que la onda transmite energía, la velocidad de la onda es aquella a la cual transmite dicha energía, en el caso de las ondas de radio dicha velocidad es la de la luz (300.000 kilómetros por segundo), y en el caso de la voz es la del sonido (340 metros por segundo). La longitud de onda es un parámetro que relaciona la frecuencia y la velocidad de la onda, tomemos por ejemplo un anillo provocado por una piedra que hemos tirado en un charco, si el anillo recorre un metro en un segundo (velocidad un metro por segundo), y, si nos fijamos en un palito que flota, y vemos que, al paso de los anillos, el palito, en un segundo sube y baja dos veces (frecuencia 2 ciclos por segundo, es decir, 2 hercios), es fácil deducir que, la longitud de cada anillo es de medio metro, o lo que es lo mismo:

$$\text{Longitud de Onda} = \frac{\text{Velocidad}}{\text{Frecuencia}}$$



Aplicando esta simple fórmula veríamos que la longitud de onda de las ondas emitidas por Radio Utopía sería de, aproximadamente, 3 metros.

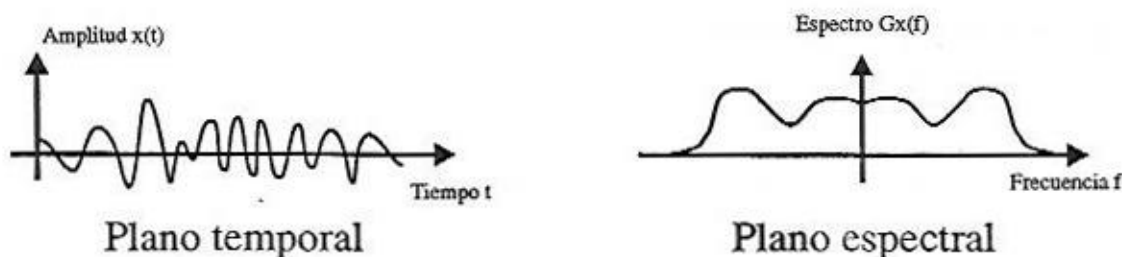
Nos centraremos un poco más en el estudio de dos tipos de ondas que son las que nos atañen directamente para comprender la "magia de la radio".

Ondas Sonoras: Las ondas sonoras son vibraciones del aire, es decir, las partículas que forman el aire, los átomos de oxígeno, nitrógeno y demás componentes se mueven hacia delante y hacia atrás empujando al que tienen al lado y propagando así el sonido, es por esto que la velocidad del sonido depende del medio en que se propague. Las ondas sonoras que una persona normal puede oír van desde los 20 Hz las más graves hasta los 20 KHz las más agudas, por encima de estas están los ultrasonidos.

Ondas electromagnéticas: Las ondas electromagnéticas están formadas por fotones, que es la mínima cantidad de energía que se puede tener de una onda electromagnética. Estas ondas se propagan en cualquier medio, incluso en el vacío, aunque la atenuación de la onda depende del material y de la frecuencia, ondas electromagnéticas son las ondas de radio, la luz, los rayos x, las microondas, etc...

2.1.3. EL ESPECTRO DE LA FRECUENCIA

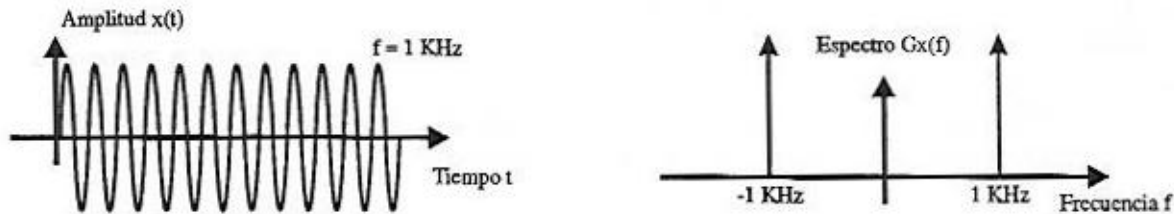
Mediante complejas operaciones matemáticas, que no viene al caso explicar, se puede demostrar que una señal definida en el tiempo $x(t)$, es decir, representada en un plano formado por un eje temporal y un eje de amplitud, tiene una representación $Gx(f)$ en un plano formado por un eje de frecuencias y un eje de amplitud, tal y como se ve en la figura, a esta representación, que indica la distribución de la potencia según la frecuencia, la denominaremos espectro de la señal.



Representación temporal y espectral de una señal

A efectos puramente matemáticos, el espectro de la frecuencia se representa simétrico respecto a un eje en la frecuencia 0, esto quiere decir que la potencia se divide entre una parte de frecuencias positivas y otra de frecuencias negativas, esto como digo es a efectos matemáticos, pues las frecuencias negativas no existen, sin embargo esto es muy importante para entender luego las modulaciones.

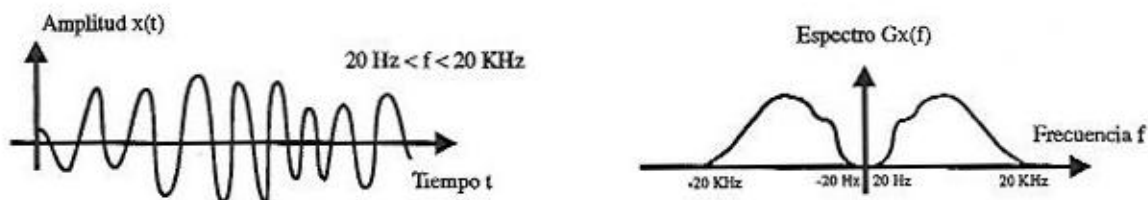
Además, una señal ilimitada en el tiempo, genera una señal limitada en la frecuencia, como ejemplo, una señal cosenoidal, (un tono puro), de frecuencia 1 Hz, genera un espectro en la frecuencia formado por una delta de dirac situada en un Hz, (la señal delta de Dirac, es una señal puntual de valor infinito, de tal manera que la potencia (la integral), sea un valor conocido, y que define a la delta).



Oscilación pura y espectro en la frecuencia correspondiente

La potencia de la señal temporal es la misma que la de su representación en la frecuencia, por lo que, viendo el espectro de la señal, se puede saber fácilmente cual es la potencia de la señal.

Por lo tanto, según lo dicho anteriormente, si una persona está hablando continuamente, generará un espectro finito en la frecuencia, y limitado por un límite inferior de 20 Hz y uno superior de 20 KHz.



Representación temporal y espectral de una señal vocal



2.2 NECESIDAD E HISTORIA DE LA TRANSMISIÓN

La comunicación ha sido fundamental a lo largo de la historia, desde siempre el hombre ha inventado códigos para poder comunicarse a distancia, desde las señales de humo de los indios, señales luminosas o sonoras en clave, o el código de las banderas, incluso la izada de una bandera con dos tibias y una calavera era una forma de comunicarse a distancia.



Morse, inventor del telégrafo

Sin embargo cada vez las necesidades de comunicación empiezan a ser mayores y en 1838, Morse inventa el telégrafo, mediante el cual, se podían mandar impulsos a través de un hilo. De esta manera, mediante un código prefijado, el código Morse, se podían mandar mensajes completos a largas distancias. Y a finales del siglo pasado, Bell inventa el teléfono.

Entre 1887 y 1907, Hertz, experimenta con las ondas electromagnéticas, dando, posteriormente su nombre a dichas ondas, "ondas hercianas".

Y en 1897 Marconi, unifica todos los experimentos anteriores, y consigue realizar el primer telégrafo sin hilos, a partir de este momento, el uso se empieza a generalizar, y empieza a ser utilizado de forma comercial por algunas empresas como el New York Times para enviar y recibir información de forma regular desde Europa.

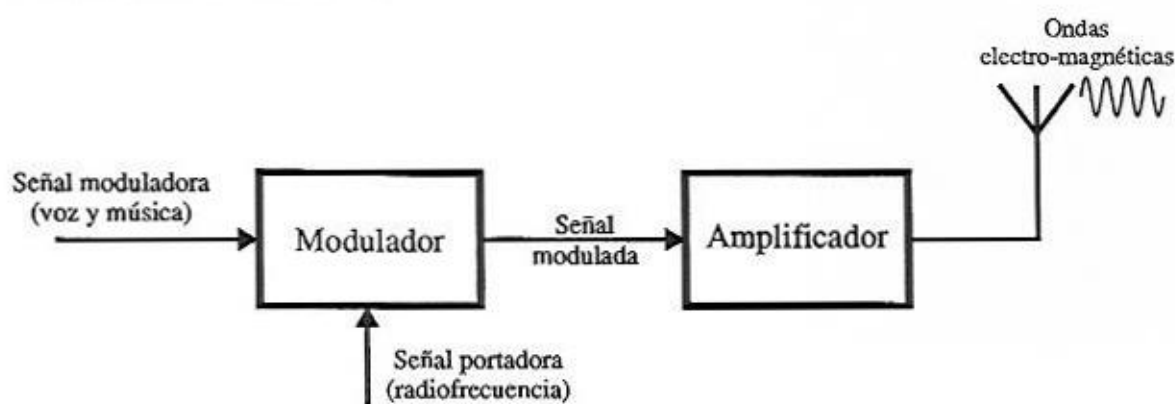
Los avances en radiodifusión sufrieron un gran impulso durante la primera guerra mundial, y ya en 1920, con el invento de la modulación en amplitud (AM), la más simple de todas las modulaciones, como ya veremos, nace la radiodifusión como tal, cuando desde la estación KDKA en Pittsburg (EE.UU.), se hizo un reportaje sobre la elección presidencial de Harding.

Y en 1935 un investigador norteamericano llamado E. Armstrong plantea los principios de la frecuencia modulada (FM) que más tarde comenzaría a funcionar.

2.3 FUNDAMENTOS DE LA RADIODIFUSIÓN

Como hemos visto la radiodifusión nace por la necesidad de comunicarse a largas distancias sin un soporte físico, pero entonces ¿Que hace que lo que un locutor dice en un estudio lo escuchemos en nuestra casa?, y lo que es más importante ¿Porque podemos escuchar a cientos de locutores sin que se interfieran unos a otros (normalmente)?.

Todo esto, es debido a la multiplexación por división en la frecuencia, provocada por la modulación de la señal. Una modulación es una transformación de una señal portadora por una señal moduladora.



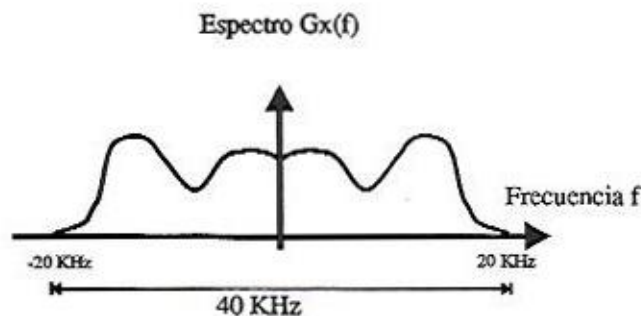
Esquema básico de un emisor de radio

Esto prácticamente no nos dice nada, pero veamos las consecuencias y su aplicación práctica:

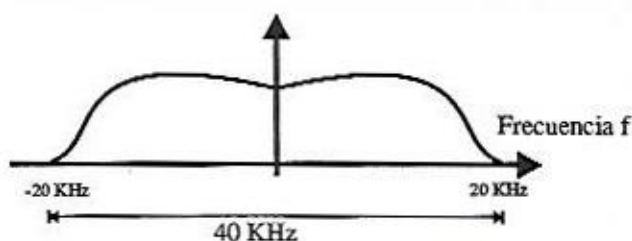
Hemos quedado en que, la señal que nosotros queremos transmitir es una señal eléctrica que es el resultado de la suma de las señales de voz y música que proviene de la mesa de mezclas.

Esta señal, es una señal continua en el tiempo, de duración indefinida, y cuyas componentes de frecuencia no superan los 20 KHz, (es lo que se denomina una señal de "banda base"), por lo tanto su representación espectral (representación en el eje de las frecuencias), es una señal que para valores de frecuencia mayores de 20 KHz es cero.

Tal y como se ve en la figura y por motivos matemáticos, la representación de la señal en frecuencia es una señal simétrica,



Espectro de la señal de banda base (BB) del emisor X

Espectro $G_y(f)$ 

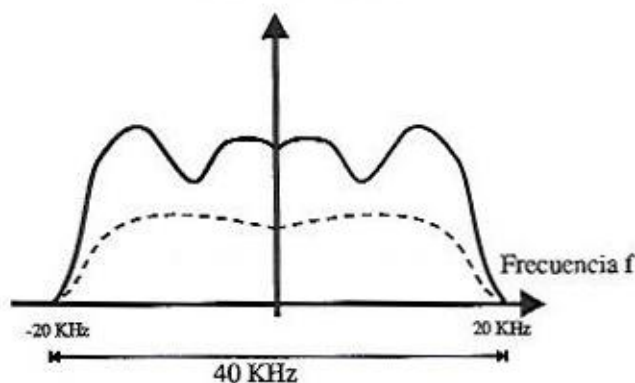
Espectro de la señal del emisor Y

Si nosotros pretendemos mandar ambas señales, simplemente conectando una antena a la salida de la mesa, aparte de problemas físicos y técnicos, (Necesitaríamos una antena de, aproximadamente, 40 Km de alto, y aún así no oiríamos la mayoría de las frecuencias), no encontraríamos con la problemática de que, las señales se sumarían en el aire.

Siendo de esta manera, para el receptor, imposible distinguir y separar la señal que pertenece a cada una de las dos emisoras.

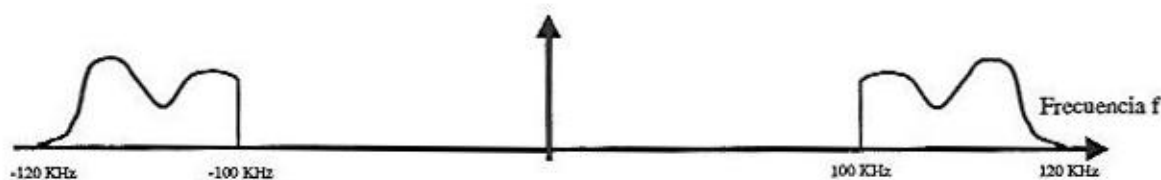
situada en torno al cero, y de 40 KHz de ancho.

Supongamos que al mismo tiempo, en una emisora próxima se está haciendo otro programa, y por lo tanto tendrán una señal temporal de características similares y cuya representación espectral tendrá también características similares:

Espectro $G_x(f) + G_y(f)$ 

El receptor recibe los dos espectros mezclados

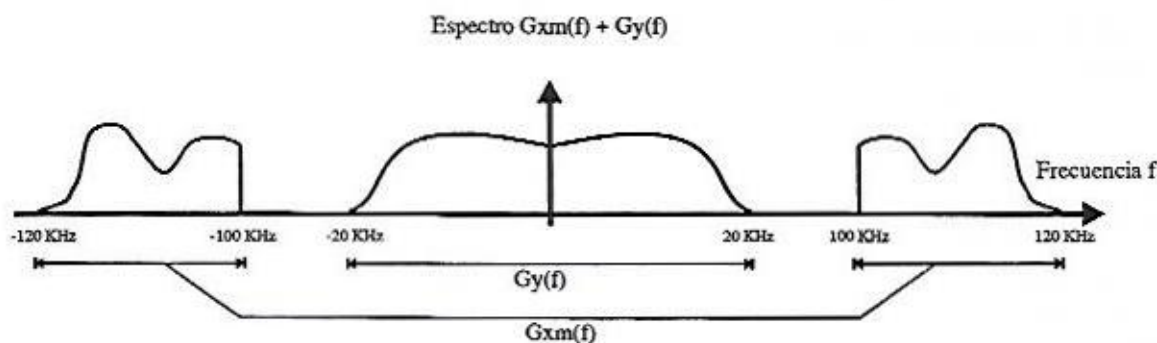
Sin embargo supongamos que decidimos hacer "perrerías" sobre una de las señales y hacemos que su representación espectral se desplace en la frecuencia, (la modulamos), es decir, ya no es una señal entre 0 y 20 KHz, sino que es una señal entre, por ejemplo 100 y 120 KHz, a pesar de que la forma, y por lo tanto la información, se mantiene.

Espectro $G_{xm}(f)$ 

Al modular la señal del emisor x, desplazamos su espectro en la frecuencia



Si enviamos ahora las dos señales, y estas se suman en el aire, aunque en el tiempo no distingamos cual es cual, en la frecuencia está claramente definido el espectro que pertenece a cada una de las dos emisiones.



Ahora los dos espectros son claramente diferenciables, y por lo tanto recuperables

Para poder recuperar cada una de las señales lo que tenemos que hacer es filtrar mediante un filtro paso banda, es decir, un bloque que solo deje pasar el margen de frecuencias que nosotros queremos, y a continuación realizar el proceso inverso a la modulación, es decir, en el espectro de la frecuencia devolver el espectro a su posición original, (en torno al cero).

De esta manera hemos conseguido mandar varias señales por el mismo medio de tal manera que puedan ser recuperadas completamente en el receptor, análogamente podemos hacer con todas las emisoras de radio.



2.4 MODULACIONES

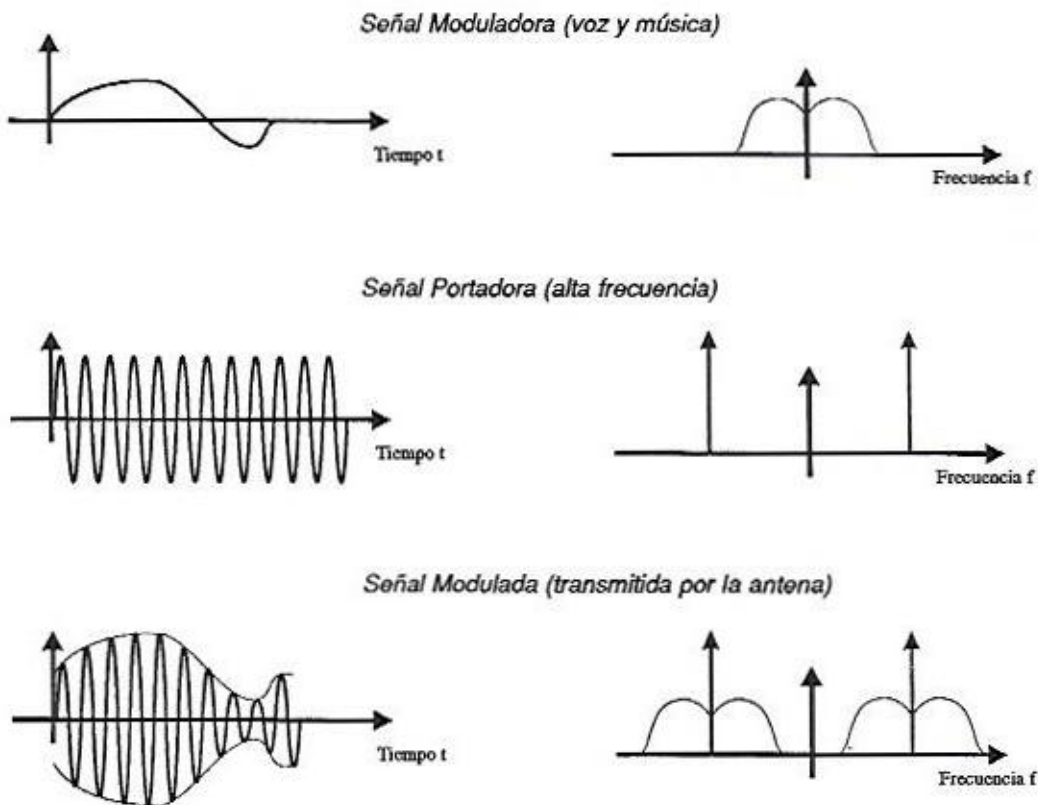
Lo que hemos visto en el apartado anterior, (o al menos algo parecido) se puede hacer de varias maneras, en función de las modulaciones que se utilice, en general hay dos tipos de modulaciones analógicas

- Modulaciones lineales: La señal moduladora modifica la amplitud de la señal portadora.
- Modulaciones angulares: La señal moduladora modifica la fase de la portadora.

Las dos principales modulaciones en radiodifusión, son la modulación AM (Amplitud Modulation), del tipo lineal, y la modulación FM (Frecuency Modulation), del tipo angular.

2.4.1 MODULACIÓN AM

Es la primera modulación que surgió debido a la sencillez tanto del modulador como del demodulador. En esta modulación la información (señal moduladora), se superpone a la portadora dando forma a su envolvente tal y como se ve en la figura.



Señales moduladora, portadora y modulada en la modulación AM

A título únicamente indicativo, la fórmula que define una señal modulada en AM es la siguiente:

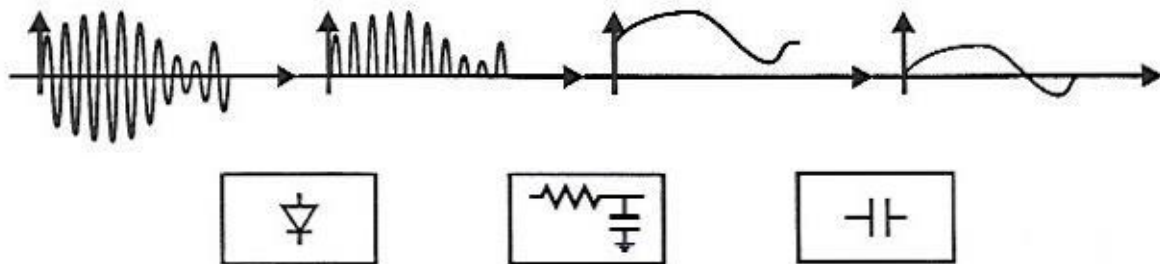
$$y(t) = A_c[1 + m x(t)] \cos(\omega_c t)$$

donde $x(t)$ es la señal moduladora, es decir, la que queremos que llegue al receptor, y m es el índice de de modulación, cuyo valor es $m = A_m / A_c$, siendo A_m la amplitud de la moduladora (amplitud media, ya que es una señal cambiante), y A_c es la amplitud de la portadora. Por lo tanto m deberá ser menor que 1, si no queremos distorsiones en la señal, (sobremodulación).

El ancho de banda ocupado por una señal modulada en AM es, como se ve en la figura anterior, el doble que la señal en banda base.

El rendimiento de una señal en AM es muy bajo, para una modulación máxima, es decir, para $m = 1$, el rendimiento, en el mejor de los casos es del 50%, lo cual significa que de cada vatio que enviamos, solo medio vatio contiene información, y para valores típicos de $m = 0,2$ ó $0,4$, el rendimiento es, en el mejor de los casos del 4% y del 14% respectivamente, lo cual da una idea de la baja eficiencia de esta modulación.

La principal ventaja de la modulación AM es su sencillez en el modulador, y sobre todo en el demodulador, lo cual permite que, con un diodo, y un par de condensadores y resistencias, se pueda construir un demodulador.



Esquema básico de un demodulador AM

Las emisiones en AM se sitúan en el rango de frecuencias entre 525 y 1605 KHz, lo cual supone una longitud de onda entre 187 y 571 metros, lo cual las ha dado también la denominación de emisiones de onda media.



2.4.2 MODULACIÓN FM

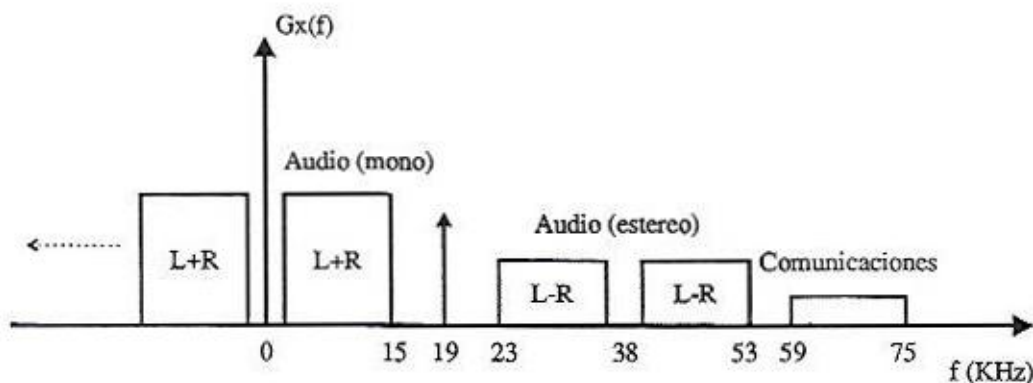
La modulación FM, es una modulación del tipo angular, es decir, la señal moduladora actúa sobre la frecuencia de la portadora, haciendo variar esta en función de la señal de entrada, de esta manera, cuando la señal moduladora sea positiva, la frecuencia de la portadora aumentará por encima de su frecuencia central, y si la señal moduladora es menor que cero, la frecuencia de la portadora disminuirá.

La frecuencia de la señal transmitida ($f_i(t)$) es, por lo tanto, una frecuencia central (f_c) más una desviación debida a la señal moduladora ($F_d x(t)$):

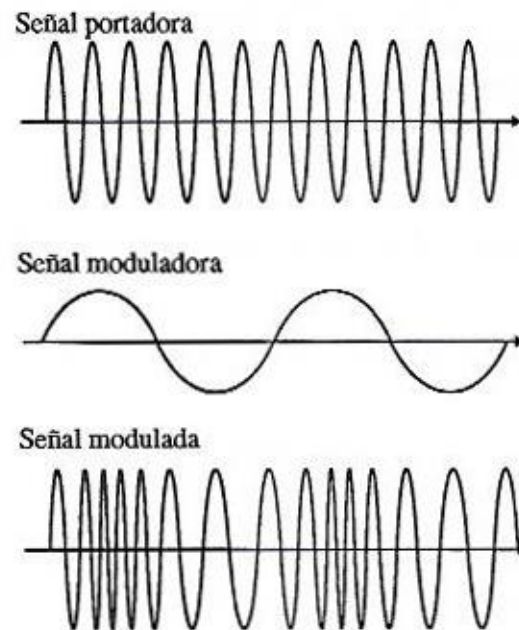
$$f_i(t) = f_c + f_d x(t)$$

La modulación / demodulación de la señal FM es relativamente complicada, por lo tanto no vamos a entrar a analizar su representación espectral. Tan sólo decir que su eficiencia es mucho mayor, es más, si los sistemas fuesen ideales, y el ruido o las interferencias no existieran, el hecho de que, debido a la distancia, la señal se atenúe no influiría en la recepción, pues la atenuación afecta únicamente a la amplitud, pero nunca a la frecuencia.

Muchas de las emisoras de FM emiten en FM estéreo, esto se hace de la siguiente manera: Al transmitir la señal, es necesario transmitir los dos canales estéreo (L y R), y el canal mono (L + R) y actualmente se ha añadido un canal más para la transmisión de informaciones complementarias. Para ello, el espectro de la señal moduladora, en realidad, es lo que se ve en la siguiente figura:



Espectro de una señal moduladora en FM estéreo



Señales portadora, moduladora y modulada en FM



De esta manera, al demodular la señal, si se quiere escuchar la señal en modo mono, (o porque el equipo no tiene la función estéreo), simplemente tiene que filtrar la señal mediante un filtro paso bajo, y quedarse con la señal mono ($L + R$). Y para obtener las señales estéreo hay que recuperar, además de la señal $L + R$, la señal $L - R$, para ello se utiliza el tono piloto que se ha incluido a 19 KHz, por medio del cual se recupera el espectro de la señal $L - R$, y ya tan sólo hay que sumar $L + R$ y $L - R$ para obtener el canal izquierdo (L), y restar $L - R$ a $L + R$ para obtener el canal derecho (R).

2.4.3. RESPUESTA ANTE EL RUIDO

Además la modulación AM tiene una peor respuesta ante el ruido que la señal FM. Primero porque el propio demodulador empeora la calidad de la señal, esto es, por la propia definición de la señal, aunque los componentes fuesen ideales, la relación entre potencia de señal y potencia de ruido (S/N) empeora al demodular la señal. Y segundo porque la respuesta ante el ruido es lineal, lo cual hace que por poco ruido que exista este ya se nota, sin embargo en FM, cuya relación es cuadrática con el ruido, cuando hay poco ruido este apenas repercute al ser demodulado, aunque por el contrario, cuando se supera un umbral, la señal pasa, casi de golpe, de recibirse bien, a no recibirse apenas.

Lo explicado anteriormente se aprecia bien viajando en coche, en AM, a medida que nos alejamos del emisor, la señal cada vez se escucha menos, y cada vez tiene más ruido, pero todo ello de forma progresiva. Sin embargo en FM todo es mucho más "brusco", la señal, al principio se escucha bien, sin debilitarse (recordemos que la atenuación afecta a la amplitud, pero no a la frecuencia), sin embargo, en cuanto nos alejamos lo suficiente empezamos a escuchar ruido, y en poco tiempo la señal ha dejado prácticamente de escucharse.



2.5 PERTURBACIONES EN LA ONDA

2.5.1. EL RUIDO

El ruido característico de los equipos electrónicos es el denominado *ruido blanco*, y es una señal aleatoria que se suma a la señal procesada en todo dispositivo por el que pasa.



Representación temporal y espectral del ruido blanco

El hecho de que todo dispositivo introduzca ruido a la señal, es la razón por la cual, en los sistemas de recepción el amplificador esté siempre lo primero y lo más cerca posible de la antena, para evitar que amplifique también el ruido introducido por otro dispositivo.

El ruido es algo provocado por las vibraciones de los átomos, y por lo tanto es algo inevitable. Sin embargo hay dispositivos más ruidosos que otros, y existen medios para eliminar dicho ruido, al menos aparentemente (Dolby NR, etc...)

El espectro del ruido blanco, es una señal continua en frecuencia, (en realidad hasta aproximadamente 10^{13} Hz) por ello la caracterización del ruido de un dispositivo se da en vatios por unidad de frecuencia (W/Hz).

2.5.2. LAS INTERFERENCIAS

Las interferencias se producen cuando, otra señal, procedente de otro punto emisor, se suma a la nuestra mezclándose con ella. Esto puede ser provocado porque, las ondas de radio de dos emisoras emiten en canales de radiofrecuencia muy próximos, mezclándose en la frecuencia. También se pueden provocar interferencias en banda base, por ejemplo cuando el receptor de radio está cerca de una televisión, y las ondas electromagnéticas generadas por las bobinas de uno, le lleguen y se acoplen a cualquier cable que funcione de antena del otro elemento, muy parecida a esta es la interferencia provocada por la red eléctrica de cualquier casa, que genera ondas electromagnéticas a 50 Hz, frecuencia perfectamente audible.

Otra forma por medio de la cual se pueden “colar” interferencias, aparte de las ondas electromagnéticas, es por medios físicos de unión, como puede ser la propia red eléctrica,



un equipo que no tenga los filtros adecuados puede acoplar parte de su señal a través del enchufe a la red eléctrica, transpasándose esta señal a otros equipos que se alimentan de enchufes que se encuentren próximos.

Para evitar las interferencias de las ondas electromagnéticas lo mejor es apantallar los equipos por medio de una cubierta metálica conectada a masa, evitando así que las ondas lleguen a los dispositivos electrónicos. Y en el caso de las señales inducidas en la red eléctrica, hay que utilizar filtros paso-bajo.

2.5.3. LA EQUALIZACIÓN

Equalizar significa balancear en frecuencia, y se hace para ajustar la señal en banda base al gusto propio, dándole ganancia a unas frecuencias y atenuando otras. Dependiendo de lo que se esté emitiendo se debe equalizar de una manera u otra, por ejemplo, en las discotecas, se amplifican las señales de baja frecuencia (provocada por bajos, tambores, etc.) que es donde suele ir el ritmo en la música, dejando la melodía, que suele estar en frecuencias más altas, en un segundo plano.

La equalización, al estar destinada a ajustar el sonido al oído humano, también se rige, como este, por leyes logarítmicas tanto en la ganancia aplicada (medida en dB), como en la distribución de las bandas de equalización, (por ejemplo, si las regletas de equalización son 3, suelen marcar 100 Hz, 1 KHz y 10 KHz). Es por esto que también sirve para reducir el ruido, mediante una atenuación de las altas frecuencias, hemos dicho que el espectro del ruido es continuo en frecuencia, por lo tanto, si tenemos, por ejemplo un ruido a la entrada de la equalización de 200 milivatios / Hz, si la primera banda de equalización controla las frecuencias de 0 Hz a 200 Hz, controlará también 40 milivatios de ruido, si la segunda banda de equalización controla las frecuencias entre 200 Hz y 2 KHz, controlará una potencia de ruido de 360 milivatios de ruido, y si la última banda de equalización controla las frecuencias de los 2 KHz a los 20 KHz, controlará una potencia de ruido de 3.6 vatios. Esta distribución del ruido en la equalización se puede comprobar muy fácilmente en un equipo de música, seleccionando la cinta o el CD pero sin poner nada, a continuación se sube el volumen al máximo, hasta que se oiga en ruido generado por los circuitos electrónicos, por último se juega con las regletas del equalizador para ver el efecto que causa cada uno de ellos en la señal.

De todas maneras hay que saber jugar con la equalización, pues lo mismo que afecta al ruido, afecta a la señal, e intentando quitar ruido podemos distorsionar demasiado la señal.



2.6. LA PROPAGACIÓN

La propagación de las ondas de radio es uno de los más complejos campos de las telecomunicaciones. Las condiciones que influyen en la propagación son tantas y tan diversas que a menudo hacen imposible el cálculo, debiendo recurrirse a la experimentación propia, (o ajena) para conocer los alcances de las transmisiones. Algunos factores que influyen en la propagación son:

- Curvatura de la tierra
- Conductibilidad del suelo
- Frecuencia de la transmisión
- Altura de la antena emisora
- Orografía del terreno
- Densidad de edificación
- Climatografía
- Magnetismo terrestre
- Manchas solares
- Día y noche
- Polarización
- Etc...

Quizas lo que más define el alcance en espacio libre de una onda es su frecuencia, o lo que es lo mismo, su longitud de onda, en las ondas de radio las mas importantes son:

- Ondas largas (150 - 285 KHz): Tienen grán alcance, por el día puede ser de varios miles de quilómetros, por la noche se refleja en la ionosfera y el alcance es mayor.

- Ondas medias (525 - 1.605 KHz): Tienen alcance de algunos cientos de kilómetros.

- Ondas cortas (6 - 26 MHz): El alcance es variable, algunas ondas se reflejan en la ionosfera durante el día y otras durante la noche.

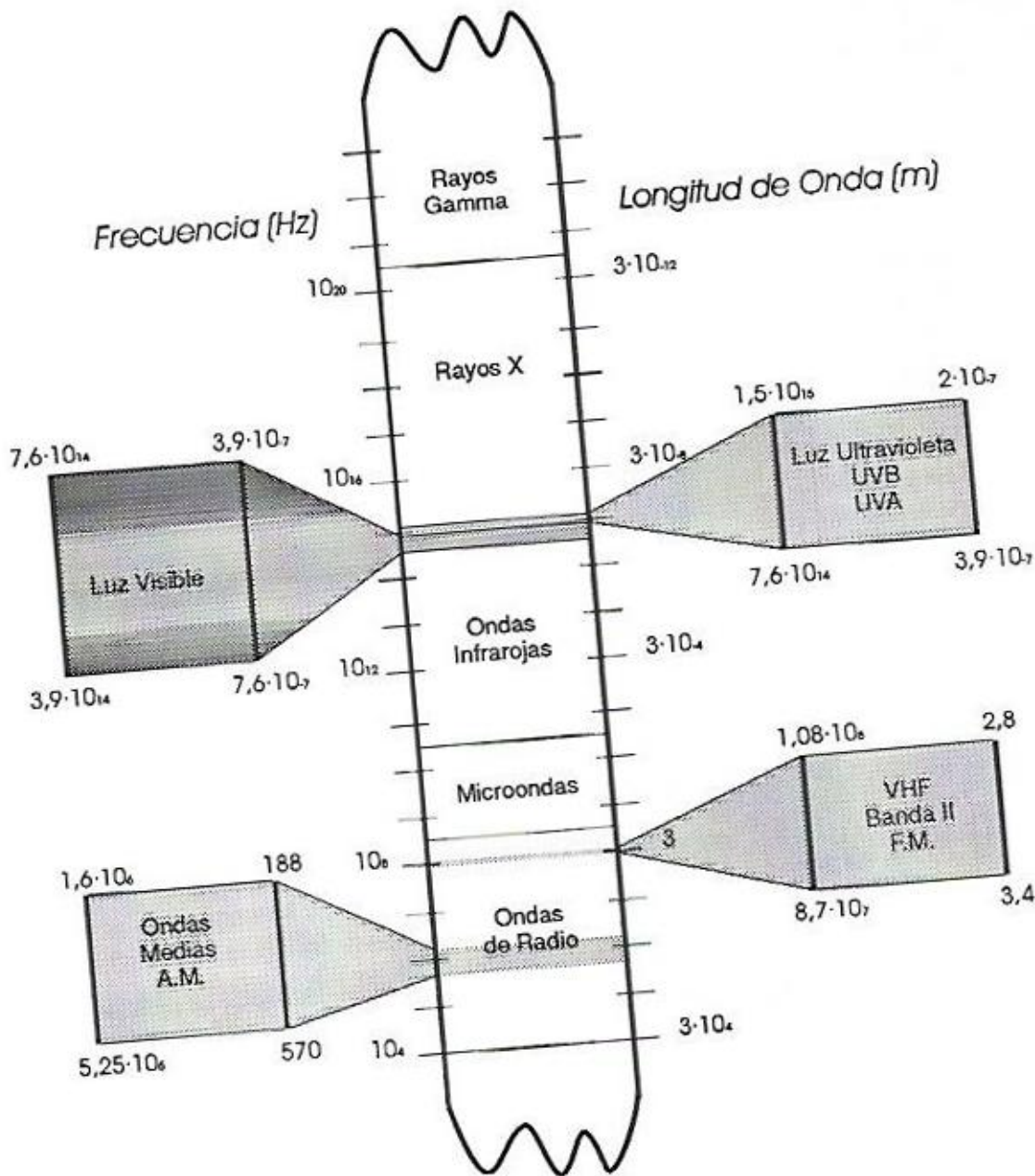
- VHF Banda I (47 - 68 MHz): Frecuencia utilizada por algunos canales de T.V.; en estas frecuencias los obstáculos (edificios, colinas, etc...) empiezan a afectar seriamente a las ondas.

- VHF Banda II (87,5 - 108 MHz): Frecuencia utilizada para las señales FM, el alcance es visual, no se refleja en la ionosfera, el factor fundamental es la altura de las antenas transmisora y receptora.

- VHF Banda III (174 - 230 MHz) y UHF Bandas IV/V (470 - 830 MHz): Bandas utilizadas por canales de televisión y radioenlaces punto a punto, el alcance es visual, obstáculos como edificios y muros eliminan prácticamente la señal.



A continuación se muestra todo el espectro electromagnético para ver donde se sitúan las ondas de radiofrecuencia.



Situación de las ondas de radio AM y FM en el marco de las ondas electromagnéticas

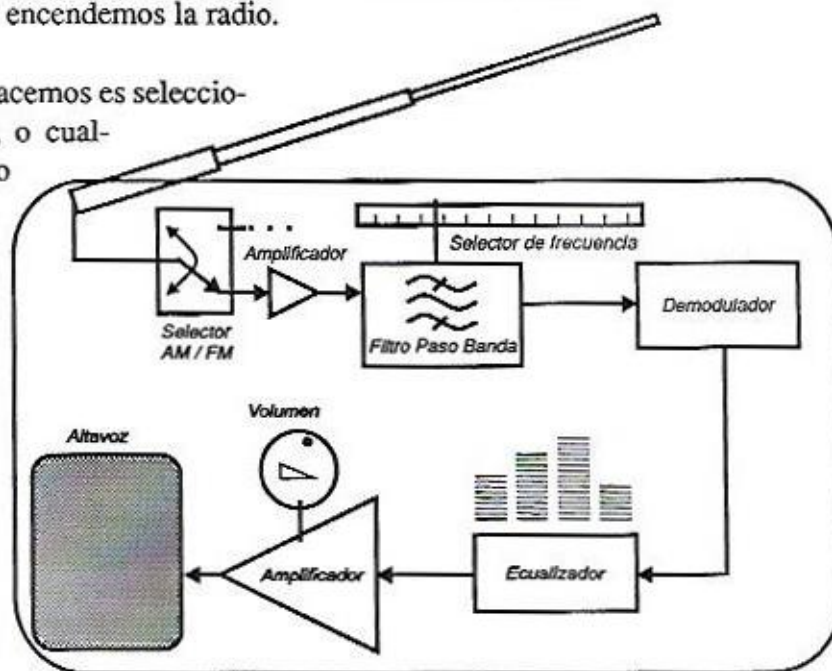
En la propagación de señales FM, el símil óptico es bastante útil, cuando un obstáculo se interpone entre el transmisor y el receptor se impide prácticamente la propagación de dichas frecuencias (87 -108 MHz). La mejor forma de solventar este problema es ganar altura en las antenas.



2.7.LA RECEPCIÓN

Vamos a ver a continuación que pasa en la recepción, es decir en la casa de cada uno cuando encendemos la radio.

Lo primero que hacemos es seleccionar la banda (AM, FM, o cualquier otra), con ello lo que hacemos es conmutar entre distintos equipos, pues el tratamiento de la señal es distinto para cada caso. Una vez seleccionada la banda, seleccionamos la frecuencia de la emisora que deseamos escuchar mediante la rueda (o ahora, en los equipos digitales un botón) de sintonización, con ello lo que hacemos es variar el centro



Esquema de un receptor de radio

de un filtro paso banda (deja pasar únicamente las señales de la frecuencia en cuestión, y las próximas), por ello, si centramos ese filtro en los 99,2 MHz, sólo dejaremos pasar las señales que se encuentren en dicha frecuencia y en frecuencias muy próximas (entre 99,1 y 99,3 MHz aproximadamente), donde la mayoría de esas señales serán provenientes de la antena de Radio Utopía, aunque también habrá ruido por la propagación, e interferencias de las emisoras próximas en frecuencia, debido a que los filtros tanto en emisión como en recepción no son perfectos, y se puede colar, sobretodo si la señal deseada es muy débil, parte de la señal de otras emisoras (Cadena 100 en el 99,5 MHz, por ejemplo).

Antes de demodular la señal, hay que amplificarla, pues el nivel de señal que capta una antena de un transistor es muy pequeña. El amplificador está siempre lo primero, pues, de esta manera, no amplifica el ruido introducido por equipos anteriores. A continuación se sitúa el demodulador, sencillo para AM y más complejo, sobre todo si tiene capacidad de estéreo, para FM. En el demodulador, a partir de la señal de alta frecuencia captada por la antena, se recupera la señal de banda base compuesta en el estudio de la radio.

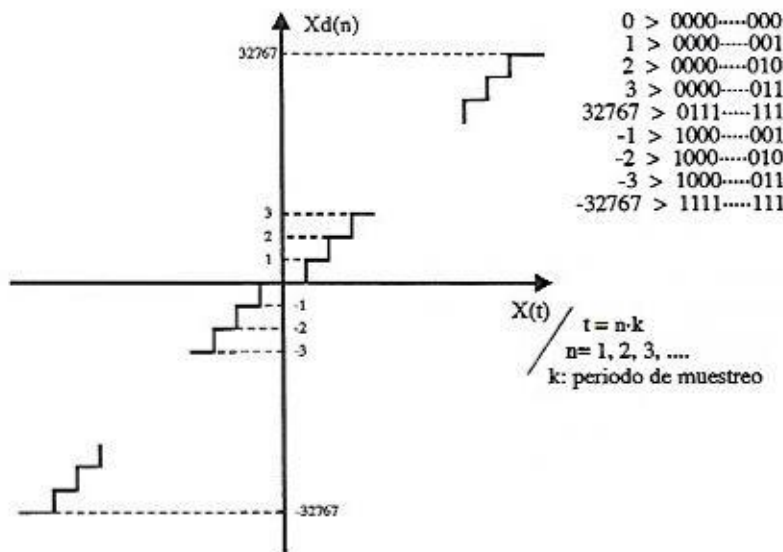
La señal de banda base pasa al amplificador de potencia, que genera la señal suficiente para alimentar los altavoces del transistor o del equipo de música (p. ej. para emitir 100 vatios de potencia por un altavoz de 8 ohmios, se necesita una señal de 40 voltios de pico a pico).



2.8. LA RADIO DIGITAL

El futuro de las telecomunicaciones avanza hacia la digitalización de las señales transmitidas. Y la radio digital está empezando a dar sus primeros pasos, por ello vamos a ver brevemente lo que será, en el futuro la radio digital.

Para transmitir la música y la voz en formato digital, lo primero que hay que hacer es convertirla en digital, para ello se muestrea la señal (convierte una señal continua en puntos), y luego se cuantifica (se asigna a cada punto un valor binario), la cuantificación siempre introduce pérdidas, pues el número de valores posibles es limitado, esta limitación la define el número de bits que codifican cada punto, por ejemplo, palabras de 8 bits equivalen a 256 niveles, y palabras de 16 bits (lo utilizado en equipos digitales como CDs, cintas digitales, y posiblemente lo utilizado en el futuro para la radio digital) equivale a 65,535 niveles.



Escalera de conversión de una señal analógica a digital

Ahora la señal moduladora es un chorro de bits, que contienen los niveles de cada punto, así como bytes de paridad y de cabecera de trama para evitar errores en la transmisión.

Los métodos de codificación son similares a los utilizados en señales analógicas, y también se basan en actuar sobre la frecuencia, la fase, y la amplitud de la señal portadora.

La principal ventaja de las señales digitales es que son mucho más inmunes al ruido, pues en una señal analógica no es posible distinguir el ruido de la señal, sin embargo en una señal digital la mayoría de las veces sí (si recibimos 1,1 en una transmisión analógica, desconocemos la parte de ruido que tiene, pero si la transmisión es digital, sabemos que la señal es 1, y el ruido 0,1). Y la principal desventaja es su complicación tecnológica.