

TEMA 7

Transmisión por modulación de amplitud.

- × Características de un Transmisor
- × Estructura de los Transmisores de AM: bajo nivel y alto nivel.
- × Configuración de Transmisores de AM: Homodino, Heterodino
- × Transmisores de BLU.

Requisitos de un transmisor

- Debe generar una señal con el tipo de modulación deseado, con suficiente potencia, en la frecuencia de portadora correcta, con razonable rendimiento.
- La señal de salida debe estar acoplada a una antena
- Fidelidad de la modulación para que pueda ser recuperada razonablemente.

Cualidades de un transmisor:

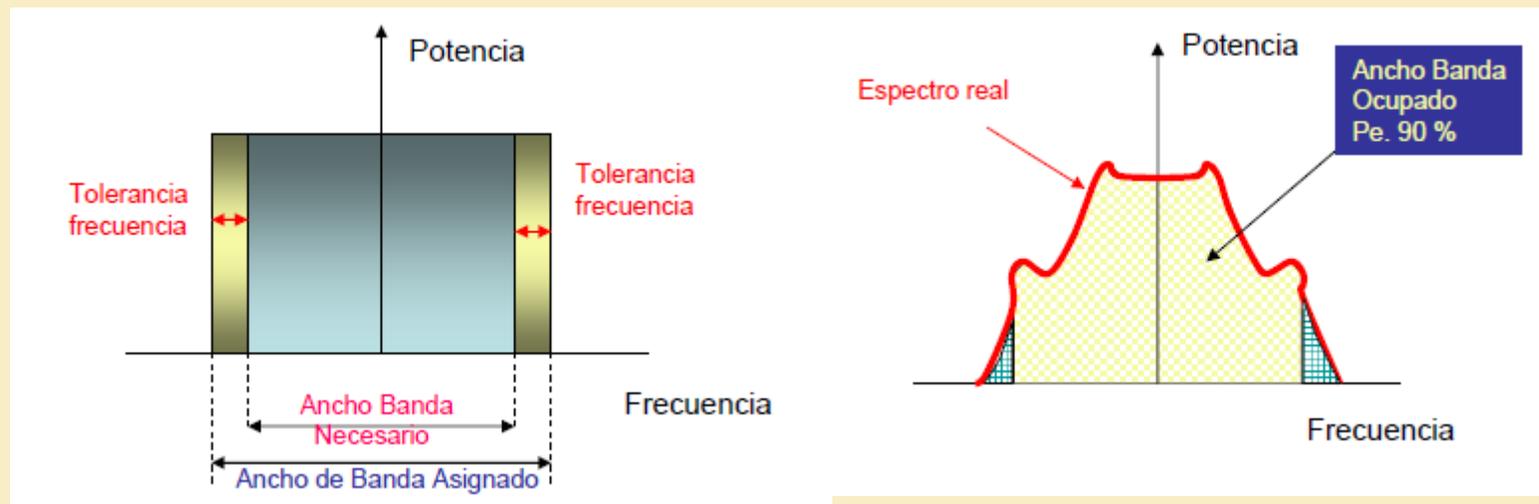
- **Ancho de Banda**
- **Exactitud y Estabilidad de frecuencia.**
- **Agilidad de frecuencia**
- **Pureza espectral de la señal de salida.**
- **Potencia (requiere definiciones específicas en función del tipo de modulación).**
- **Rendimiento del transmisor.**
- **Fidelidad de la modulación.**

Ancho de banda.

Ancho de banda necesario: es el que precisa el sistema para asegurar la trasmisión de la información a la velocidad y con la calidad requerida en condiciones específicas.

Ancho de banda asignado: Es el AB necesario mas 2 veces la tolerancia.

Ancho de banda ocupado: AB tal que por debajo de su frecuencia inferior y por encima de la superior se emiten potencia medias menor o igual a un % de la potencia media emitida



Frecuencia de portadora.

Es la frecuencia de la señal radioeléctrica enviada por la antena en ausencia de modulación.

En BLU y DBL se habla de **frecuencia característica**

El valor de la frecuencia de portadora está determinado por el canal asignado, la cobertura deseada, el servicio que se prestará, a la legislación del país.

Exactitud y Estabilidad de frecuencia

Son fijadas principalmente por el oscilador de portadora. Los requisitos precisos dependen del uso del Tx y de las oficinas gubernamentales que las regulan.

Ambas pueden estar especificadas en Hertz o como porcentaje de la frecuencia de operación

Estabilidad a corto plazo: variaciones de la frecuencia de portadora en periodos cortos (ms)

Estabilidad a largo plazo: Se caracteriza a través del envejecimiento.

Agilidad de frecuencia:

Se refiere a la capacidad de poder cambiar con rapidez la frecuencia de operación sin tener que volver a sintonizar.

En las emisoras comerciales no es un requisito. Si en los de CB.

Pureza espectral de la señal de salida:

Se refiere a la presencia de señales espurias en antena, es decir a la emisión de señales a frecuencias distintas a las de la portadora y las bandas laterales requeridas para el esquema de modulación en uso. Estas, deben eliminarse o atenuarse hasta un nivel dado por debajo de la potencia de portadora antes de inyectarse a la antena. O sea, deben ser filtradas para evitar interferencia con otras transmisiones.

Se deben principalmente a:

- Distorsión en el proceso de modulación.
- Distorsión en amplificador de potencia.
- Señales espurias dentro de la banda de señal.
- Mezcla de señales en tx con multiplexación de canales.
- Distorsión de tercer orden en amplificadores y conversores.

Potencia de emisión

Se refiere “al valor medio de la potencia en un ciclo de la señal de radiofrecuencia suministrada por el transmisor a la antena

- **Potencia de portadora.** Valor medio de la potencia en ausencia de modulación durante un ciclo de RF.
- **Potencia media.** Es la obtenida al promediar la potencia entregada por el transmisor en un tiempo grande.
- **Potencia en la cresta de la envolvente.** Es la potencia media en un ciclo de RF para el valor máximo de la envolvente.
- **PIRE ó EIRP (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente).** Es la densidad de potencia radiada en una dirección por unidad de ángulo sólido.

Rendimiento

Es muy importante por dos razones: la fuente de alimentación del Tx y por el costo que implica la disipación de calor: disipadores, ventiladores, equipos de refrigeración, etc. Se debe distinguir entre rendimiento de 1 etapa y del Tx

- El rendimiento de una etapa se usa para diseñar los sistemas de enfriamiento y dimensionar las fuentes de alimentación.
- El rendimiento global (de todo el Tx) se usa para calcular los costos de energía(consumo).
- El rendimiento global es la razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada desde una fuente de alimentación primaria.

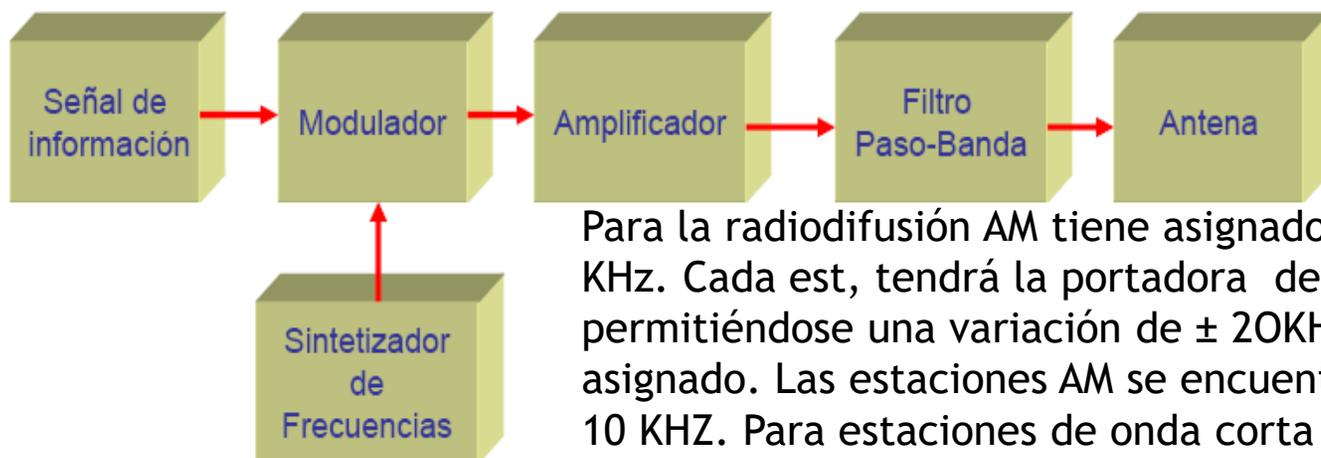
Fidelidad de la modulación

- La señal de información debe ser modulada con la suficiente fidelidad para que pueda ser recuperada exactamente en el Rx
- Cualquier distorsión introducida en el transmisor; en la mayoría de los casos, no es posible eliminarla en el receptor.
- En la práctica, el espectro de banda base a menudo tiene que restringirse con la finalidad de mantener el ancho de banda de transmisión dentro de los límites.
- Con frecuencia, a las señales en banda base de bajo nivel se amplifican más que las señales de alto nivel, para conservar alto el porcentaje de modulación (compresión). La compresión distorsiona la señal original al reducir el **rango dinámico**, que es la razón entre el nivel de la variación más fuerte y el de la más silenciosa en la señal de audio. El resultado es una relación señal a ruido mejorada en el receptor a costa de alguna distorsión.
- En los transmisores para comunicaciones se tiende a usar un relativamente simple circuito de control **automático de nivel** (automatic-level-control circuit) ALC que mantiene (tanto como sea posible) la modulación en nivel que se aproxima, pero nunca excede al 100%. El resultado es una gran reducción del rango dinámico, lo cual no afecta la inteligibilidad de la voz.

Funcionamiento general de un transmisor de AM

8

- * **Sintetizador/ oscilador local o sintetizador**, debe generar la señal portadora con la estabilidad adecuada al servicio destinado.
- * **Modulador**. Tiene como entradas a la portadora generada por el oscilador y a la señal de información o moduladora . Debe modular la portadora con la señal que contiene la información.
- * **Amplificadores** : Amplifican la señal portadora modulada hasta el nivel requerido por el servicio y el alcance deseado del enlace con los receptores (cobertura).
- * **Filtros**: Efectúan filtrado sobre la señal modulada antes de ser radiada por la antena, para generar el menor nivel de interferencias posibles con otros servicios de telecomunicación que trabajen en bandas próximas.
- * Además de los elementos anteriores, básicos desde el punto de vista funcional, se requieren acopladores, fuentes de alimentación, sistemas de control y medida, sistemas de ventilación o enfriamiento, etc.,



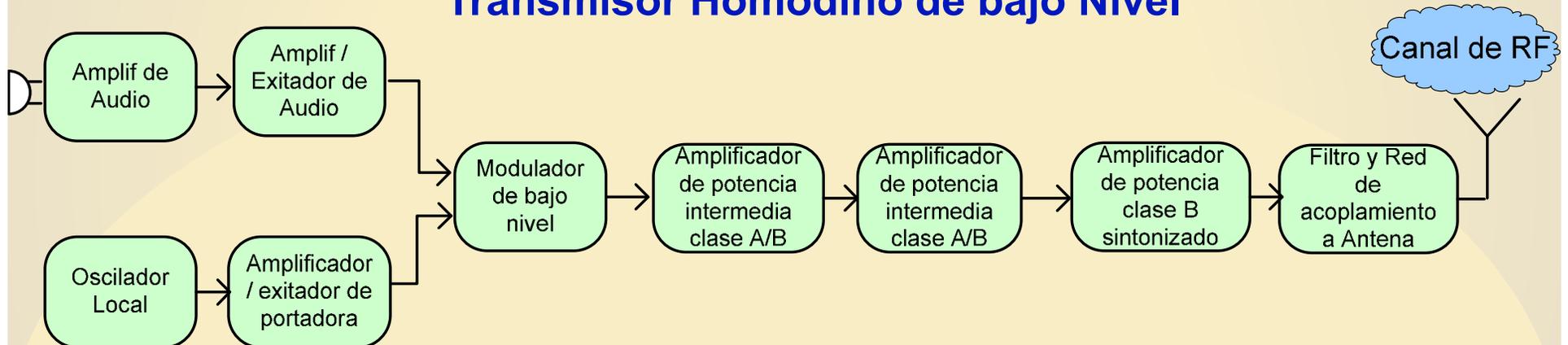
Para la radiodifusión AM tiene asignado el rango de 530 KHz a 1620 KHz. Cada est, tendrá la portadora dentro de esa banda, permitiéndose una variación de ± 20 KHz alrededor del valor asignado. Las estaciones AM se encuentran distanciadas entre ellas 10 KHz. Para estaciones de onda corta se ha asignado el rango de frecuencias entre 3 y 30 MHz,

Configuraciones de transmisores

9

Según el nivel de potencia de la portadora en que se realice la modulación, los transmisores se clasifican como modulados en *bajo nivel* o en *alto nivel*.

Transmisor Homodino de bajo Nivel



- Se utilizan de manera predominante para los sistemas de baja capacidad y baja potencia tal como los teléfonos inalámbricos, unidades de control remoto, beepers y radioteléfonos portátiles, de corto alcance.
- La red de acoplamiento de la antena acopla la impedancia de salida del amplificador de potencia final a la línea de transmisión y antena. También debe filtrar armónicos y espúreas de modulación
- Las señales se modulan en un bajo nivel de potencia, la amplificación ocurre al final con un amplificador de RF lineal.

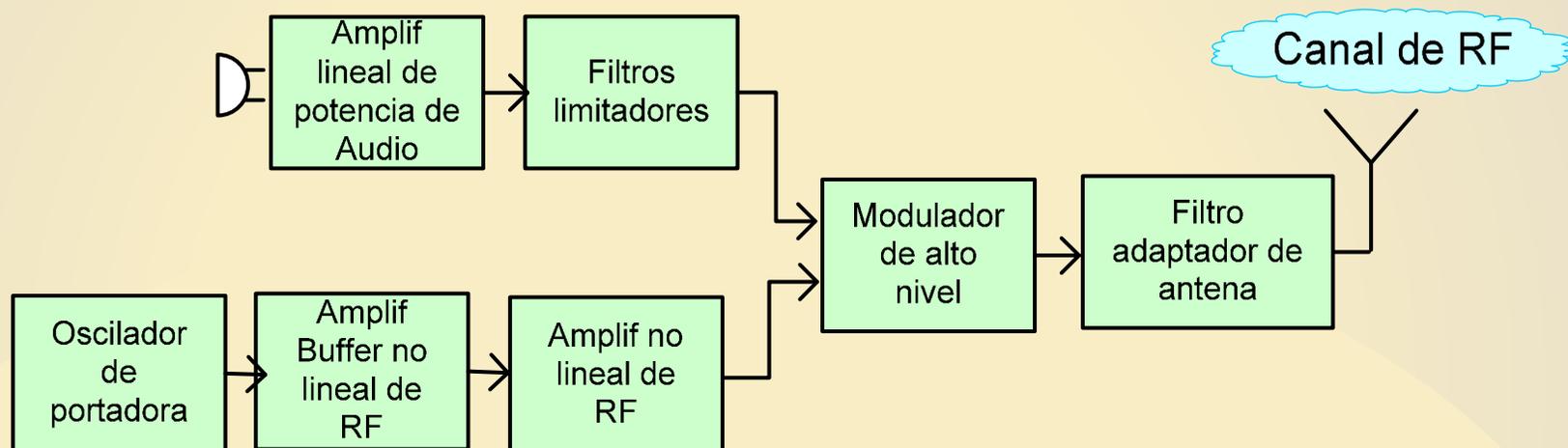
La desventaja principal es que la señal se distorsiona antes de llegar a la etapa de final, esto puede minimizarse utilizando la realimentación negativa.

- En este tipo de transmisor, la salida del oscilador, generalmente pasa a través de un buffer y algún amplificador, para alcanzar un nivel del orden de mw, que se aplican al modulador.
- La potencia de la señal en banda base, tanto en la modulación en bajo nivel como en alto, debe ser igual aproximadamente el 50% de la potencia de la portadora para 100% de modulación.
- La señal modulada, que entrega el modulador, con un nivel de potencia del orden de miliwatts, debe ser amplificada linealmente usando amplificadores que funcionen en clase A o en clase AB en conexión *pushpull* , sintonizados a f_c y $AB = 2f_m$.
- El amplificador final de salida del transmisor entrega la señal a la línea de transmisión y a la antena. Estos son lineales y sintonizados a frecuencia f_c y $AB = 2f_m$. 101010

EJEMPLO

Diseñe un Tx de AM completo de 10KW. Considere que usa un modulador de bajo nivel que puede entregar 1W a la salida del mismo.

- La ganancia de potencia necesaria entre la salida del modulador y la salida del amplificador final es de 10^4 (40 dB). Esto puede conseguirse con cuatro etapas de amplificación, cada una de 10 dB de ganancia.
- Si cada etapa de amplificación de potencia funciona en clase A con un rendimiento del 20%, significa que la fuente de alimentación del amplificador de salida, que entrega 10 kW de señal útil a la salida, debe suministrarle 50 KW. Los 40 kW restantes se pierden en forma de calor.
- Calculando hacia atrás, hasta la salida del modulador, se puede ver que la potencia que deben suministrar las fuentes de alimentación a los cuatro amplificadores de potencia, es de 55.55 KW, lo que significa que el rendimiento global del sistema de amplificación de potencia es sólo del 18%.
- Si se usaran amplificadores clase AB, puede pensarse en una eficiencia del orden del 40% por amplificador, con lo que la eficiencia global aumenta.



En los transmisores de alto nivel, el circuito del modulador tiene tres funciones principales: es el modulador (es decir, no lineal), es el amplificador de potencia final (clase C) y es un convertidor ascendente de frecuencia.

Un convertidor ascendente simplemente traduce las señales inteligentes de baja frecuencia a señales de radio frecuencia que puedan radiarse eficientemente de una antena y propagarse por el espacio libre.

En esta configuración la modulación ocurre en la última etapa, lo cual requiere que las señales deben ser amplificadas desde el inicio, lo cual requiere mucha energía

- * En este caso, la salida del oscilador se amplifica en potencia hasta el nivel necesario requerido a la entrada del amplificador final.
- * Como la señal de RF del oscilador no está modulada, la amplificación puede hacerse en clase C, con eficiencia muy superior a la de la amplificación en clase A, AB, o B.
- * Sin embargo, como el nivel de potencia de la señal en banda base requerido para la modulación es del 50% de la potencia de la portadora, la señal en banda base tiene que amplificarse linealmente, usando amplificadores de potencia de audio clase A o B, hasta el nivel requerido para excitar al amplificador final.

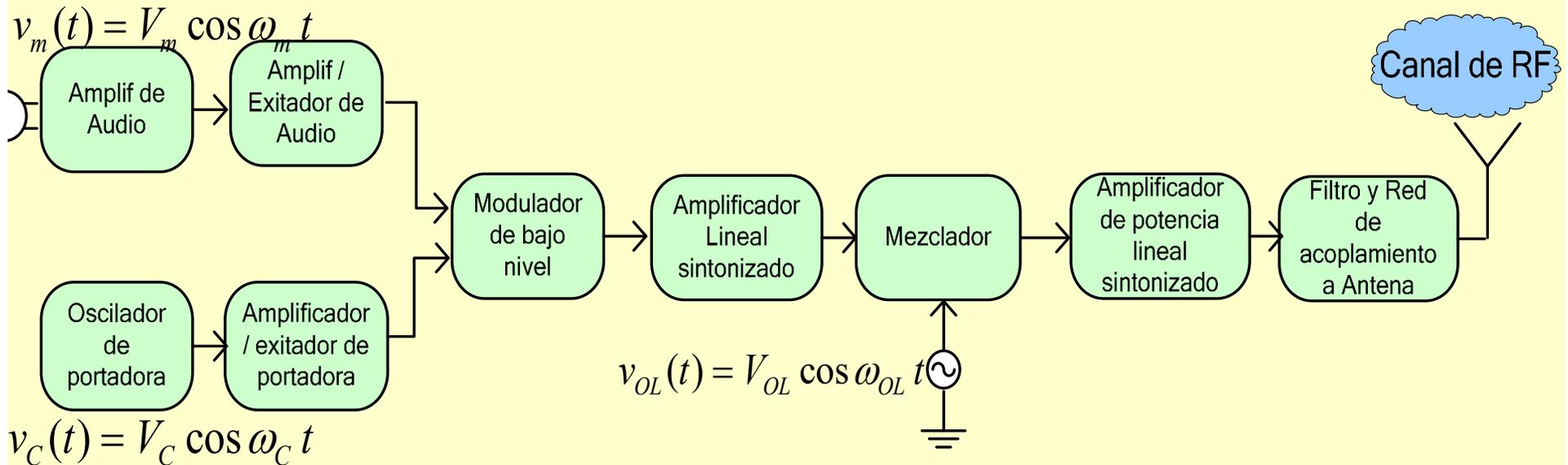
Transmisores de Alto Nivel

Ejemplo: Diseñe un Tx de AM de 10Kw. Considere que usa un modulador de alto nivel que puede entregar 1W a la salida del mismo.

- Si la potencia de salida entregada a la antena es de 10 KW, significa que el amplificador final en banda base debe entregar 5 KW.
- Si el rendimiento de los amplificadores clase C de la cadena de RF es del 85% y que, la de los amplificadores de la cadena en banda base es del 45%, suponiéndolos clase AB, el rendimiento global en este caso es del 38%, algo más del doble que en el caso de modulación en bajo nivel.
- Estos aspectos de rendimiento no tienen mucha importancia cuando la potencia de salida del transmisor es del orden de hasta unos centenares watts.
- Sin embargo, se vuelven cruciales en transmisores de potencias más altas, ya que el rendimiento determina el consumo de energía eléctrica y, por consecuencia, en el costo de operación del sistema transmisor

Transmisor Heterodino de bajo nivel

15



- Genera la señal modulada en Bajo Nivel de potencia y con frecuencia de portadora a valor $F_I = 455\text{KHz}$
- Se amplifica en forma lineal
- El mezclador traslada la frecuencia central del espectro de su valor F_I al valor necesario para transmitir.
- Filtra armónicos y espurios de modulación y conversión.

Etapa de mezclador

En la sección de mezclador/convertidor está una etapa de oscilador de radiofrecuencia (que se suele llamar *oscilador local*) y una etapa de mezclador/ convertidor).

El oscilador local puede ser cualquiera de los circuitos osciladores ya vistos, dependiendo de la estabilidad y la exactitud deseadas.

La etapa de mezclador es un dispositivo no lineal, y su objetivo es convertir la frecuencia de modulación al valor de transmisión.

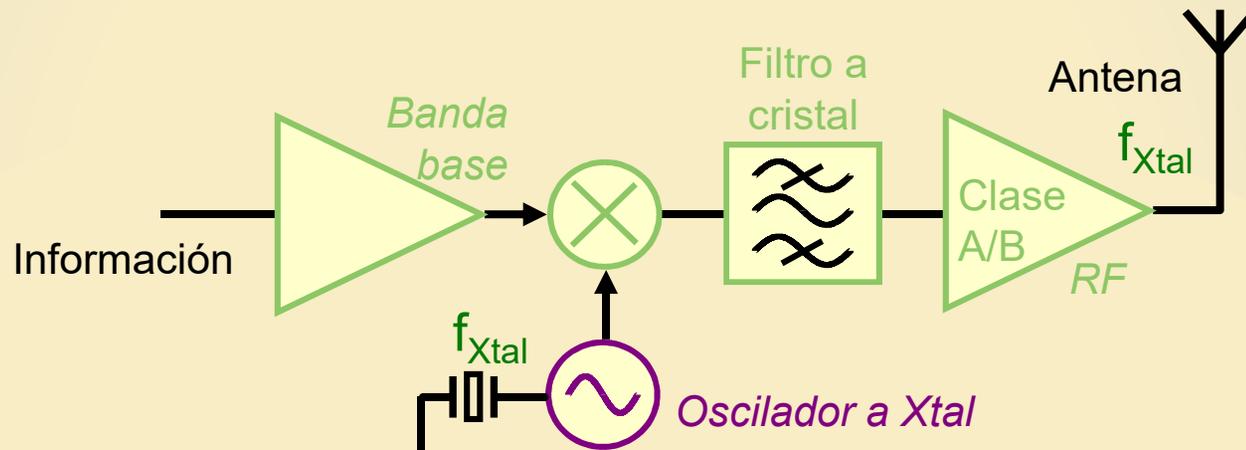
Aunque las frecuencias de portadora y de las bandas laterales se van de RF a FI, la forma de la envolvente permanece igual y, en consecuencia, la información original que contiene la envolvente permanece sin cambios. Es importante observar que, aunque la portadora y las frecuencias laterales superior e inferior cambian de frecuencia, el ancho de banda no cambia en el proceso de heterodinado.

La frecuencia intermedia más usada en los receptores de la banda de emisión en AM es 455 kHz.

Estructuras de transmisores de BLU

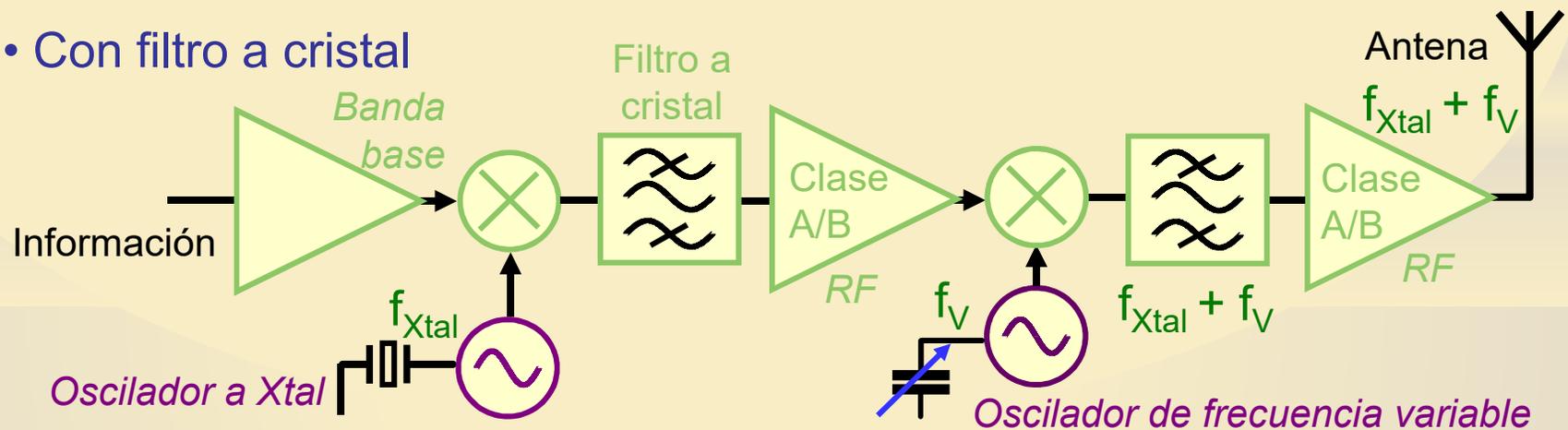
17

• De Frecuencia fija



De Frecuencia variable

• Con filtro a cristal



Ejemplo de transmisor de BLU

Ejemplo: Diseñe un Tx de radioaficionado de la banda de 20 m que pueda transmitir en BLS o BLI usando un solo filtro:

$f_{RF_min} = 15 \text{ MHz}$, $f_{RF_max} = 15,33 \text{ MHz}$, $f_{FI} = 9 \text{ MHz}$, $\Delta f_{IF} = 2,5 \text{ kHz}$, $f_{osc_min} \approx 6 \text{ MHz}$ y $f_{osc_max} \approx 6,35 \text{ MHz}$

