

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL EN LA BANDA DE FRECUENCIA MODULADA USANDO LA TECNOLOGÍA DE CANAL EN BANDA

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

ALBERTO ENRIQUE GUERRERO MANRIQUE

PROMOCIÓN

1979- 2

LIMA – PERÚ

2010

**DISEÑO DE UNA ESTACIÓN DE RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL EN LA
BANDA DE FRECUENCIA MODULADA USANDO LA TECNOLOGÍA DE
CANAL EN BANDA**

Este trabajo está dedicado a mi esposa e hija que con su invaluable amor, comprensión y apoyo ha sido posible su realización.

Un agradecimiento especial a mi asesor, por su paciencia y sobre todo sus grandes consejos para la realización de este trabajo.

SUMARIO

El principal objetivo de este trabajo es el diseño de una estación radiodifusora sonora digital, utilizando la tecnología de canal en banda (IBOC) (In-Band on channel), es decir, la selección de los equipos necesarios para su implementación, ya sea de una nueva estación o la de una estación que ya esté operando en forma analógica y que en un futuro desee realizar transmisiones en forma digital.

En el primer capítulo se hace un breve repaso de lo que es la frecuencia modulada y una descripción general de lo que es la radio digital, igualmente se hace referencia a los principales estándares que existen en la transmisión sonora digital como son el IBOC, el DAB y el DRM.

En el segundo capítulo se hace referencia a las recomendaciones dadas por la UIT para la transmisión sonora digital, se menciona igualmente el porque de la selección del estándar IBOC, como es el de poder realizar “simulcast”, es decir transmitir por un mismo canal señal analógica y digital, también se indica los servicios soportados por este estándar así como las diferentes formas de transmisión.

En el tercer capítulo se realiza el diseño de la estación radiodifusora sonora digital, en primer lugar se hace una descripción más detallada de los diferentes modos de funcionamiento del estándar IBOC, luego se muestra los bloques funcionales del sistema donde entre otras cosas se indica las diferentes formas de producir y transmitir la señal IBOC híbrido FM, a continuación se indica las diferentes etapas en el diseño de la estación como por ejemplo el cálculo de las diferentes potencias que se tienen que considerar en un sistema de transmisión IBOC Híbrido y la selección de los diferentes equipos para la generación de la HD Radio (IBOC).

En el cuarto capítulo se ha hecho una estimación presupuestal y de tiempo de ejecución para la implementación o equipamiento de la estación, teniendo en cuenta que tanto los precios como el tiempo de ejecución son solo referenciales.

Finalmente se hacen algunas conclusiones y recomendaciones sobre la implementación del estándar IBOC FM en nuestro país.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Concepto de Frecuencia Modulada	2
1.2 Concepto de Radio Digital	3
1.3 Estándares de Radio Digital	4
CAPÍTULO II	
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE TRANSMISIÓN SONORA DIGITAL	
2.1 FM Digital	7
2.2 Sistema IBOC FM	8
2.2.1 Servicios soportados	8
2.2.2 Modos de funcionamiento	9
CAPÍTULO III	
DISEÑO DE LA ESTACIÓN RADIODIFUSORA SONORA DIGITAL	
3.1 Características del Sistema IBOC FM	11
3.1.1 Modo Híbrido	11
3.1.2 Modo Híbrido Ampliado	12
3.1.3 Modo Totalmente Digital	13
3.2 Bloques Funcionales del Sistema	14
3.2.1 Codificación y Compresión de la Fuente de Audio	16
3.2.2 Codificación de Canal	16
3.2.3 Entrelazado en Tiempo y en Frecuencia	17
3.2.4 Generador de Señal OFDM	18
3.2.5 Subsistema de Transmisión	23
3.3 Etapas en el Diseño de la Estación Radiodifusora Sonora Digital IBOC FM	26
3.3.1 Ubicación de los Estudios y la Planta Transmisora	30
3.3.2 Radio Enlace	30
3.3.3 Equipos para la Generación de la HD Radio (IBOC)	31

CAPÍTULO IV**ESTIMACIÓN PRESUPUESTAL Y TIEMPO DE EJECUCIÓN**

4.1 Estimación presupuestal 38

4.2 Tiempo de Ejecución 40

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 41**ANEXO A** 43

Radioenlace SRPT 30 (Transmisor) y SR 30 (Receptor) de Marti Electronics

ANEXO B 48

Excitador FXi de Broadcast Electronics Inc.

ANEXO C 51

Generador de señales HD RADIO FSi 10 de Broadcast Electronics Inc.

ANEXO D 53

Procesador de audio 532 de Inovonics

ANEXO E 56

Transmisor IBOC FM NV 40 de Nautel

ANEXO F 59

Combinador IBOC FM de Electronics Research Inc. (ERI)

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES DE INTERNET 62

INTRODUCCIÓN

La radiodifusión sonora es el medio de mayor penetración que posee nuestro país, por lo tanto es importante optar por un sistema de transmisión de calidad.

La radiodifusión sonora digital es el más significativo avance en tecnología de radio desde la introducción del FM stereo. Ofrece tanto a oyentes como emisoras una interesante combinación de beneficios y oportunidades, tales como proporcionar gran calidad en la recepción de señales sonoras, equivalente a la del Disco Compacto, robustez del sistema de transmisión aéreo, receptores móviles y portátiles libres de interferencias, receptores de bajo costo a largo plazo, mayor variedad en la información recibida, tales como texto, multimedia, etc.

Las emisoras pueden configurar redes de frecuencia única, que permite la recepción de un programa en la misma frecuencia a todo el territorio de cobertura, se garantiza una calidad elevada en recepción.

Existen tres estándares de radiodifusión sonora digital, Digital Radio Mondiale o DRM desarrollado para mejorar la transmisión en las bandas de Amplitud Modulada. Digital Audio Broadcasting o DAB, creado en el Reino Unido, que utiliza el protocolo de comunicaciones Eureka 147, trabaja normalmente en la banda L (1452 hasta 1492 Mhz). In-band On-channel (canal en banda) o IBOC, sistema desarrollado por Ibiqity Digital Corporation y adoptado por los Estados Unidos de Norteamérica, transmite en las bandas de AM y FM normales.

El presente informe tiene por objetivo principal, diseñar el sistema de transmisión digital para la banda de frecuencia modulada empleando la tecnología in-band on-channel (IBOC), la cual permite realizar “simulcast”; esto es, transmitir en el mismo canal la señal analógica y la señal digital, lo cual permitirá recibir señal analógica por los antiguos receptores analógicos y señal digital por los modernos receptores digitales.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Concepto de frecuencia modulada

En telecomunicaciones, la **frecuencia modulada (FM)** o la **modulación de frecuencia** es una modulación angular que transmite información a través de una onda portadora variando su frecuencia (contrastando esta con la amplitud modulada o modulación de amplitud, simplemente AM, en donde la amplitud de la onda es variada mientras que su frecuencia se mantiene constante). En aplicaciones analógicas, la frecuencia instantánea de la señal modulada es proporcional al valor instantáneo de la señal moduladora.

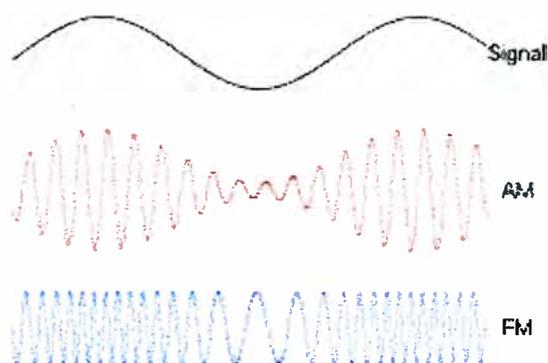


Figura 1.1 Señal Moduladora, AM y FM

En la figura 1.1 se puede apreciar una señal moduladora (la primera) la cual puede transmitirse modulada en AM (la segunda) o FM (la tercera), entre otras.

La frecuencia modulada es usada comúnmente en las radiofrecuencias de muy alta frecuencia por la alta fidelidad de la radiodifusión de la música y el habla. El sonido de la televisión analógica también es difundido por medio de FM, también se utiliza en las frecuencias intermedias de la mayoría de los sistemas de video analógico e igualmente se utiliza en las frecuencias de audio para sintetizar sonido. La FM requiere de un mayor ancho de banda que la modulación de amplitud para una señal moduladora equivalente,

pero a su vez hace la señal más resistente al ruido y la interferencia. La modulación de frecuencia es también más resistente al fenómeno del desvanecimiento, muy común en la AM. Por estas razones la FM fue escogida como el estándar para la transmisión de radio de alta fidelidad resultando en el término “Radio FM”.

La modulación de frecuencia encuentra aplicación en gran cantidad de sistemas de comunicación. Aparte de la FM de radiodifusión, entre 88 y 108 MHz, la separación entre dos canales adyacentes es de 200 KHz y la desviación de frecuencia $\Delta f = 75 \text{ KHz}$, la FM se viene utilizando principalmente en las siguientes aplicaciones:

- **Televisión:**

- **Subportadora de sonido:** La información de sonido modula en frecuencia la subportadora de sonido, que posteriormente se une a las restantes componentes de la señal de TV.
- **SECAM:** El sistema de televisión en color SECAM modula la información de color en FM.
- **Micrófonos inalámbricos:** Debido a la mayor insensibilidad ante las interferencias, los micrófonos inalámbricos han venido utilizando la modulación de frecuencia.
- **Ayudas a la navegación aérea:** Sistemas como el DVOR (VOR Doppler), simulan una antena giratoria que, por efecto Doppler, modula en frecuencia la señal transmitida.

1.2 Concepto de radio digital

La radio que conocemos es analógica, tanto en AM como en FM. En este caso, la onda radial transporta el sonido original (la música o la voz de un locutor) que puede verse sometido a interferencias atmosféricas o de otros equipos eléctricos. Las señales analógicas también pueden resultar bloqueadas o distorsionadas por los accidentes del terreno o los grandes edificios.

Con la señal FM (una microonda de corto alcance, pero de mejor calidad auditiva que la AM) se requiere un gran número de frecuencias, generalmente distintas, para cubrir un área grande. Esto repercute en que el espectro electromagnético es utilizado de manera ineficiente y en que cuando una persona se traslada más de unas decenas de kilómetros hay que volver a sintonizar la emisora para seguir el programa que se estaba escuchando.

La Radio Digital permite un uso más eficiente del espectro electromagnético y ofrece a los emisores una banda más ancha para incluir servicios adicionales. La señal de Radio Digital está convertida en “bits”, los famosos “1” y “0” del mundo de la informática. Estos son transportados por las ondas radiofónicas de tal manera que resisten las interferencias. El sonido es casi perfecto.

Con la Radio Digital, el espacio utilizado en el espectro electromagnético puede ser optimizado por medio de una Red de frecuencia única (en inglés Single Frequency Network, SFN), gracias a la cual todos los emisores utilizan la misma frecuencia para emitir la misma señal de Radio Digital. Esto significa que no hay que cambiar de sintonía si uno se desplaza de un sitio a otro.

Actualmente existen tres sistemas de radiodifusión digital conocidos con repercusión mundial: IBOC (In-band On-channel), DAB (Digital Audio Broadcasting) y DRM (Digital Radio Mondiale).

1.3 Estándares de radio digital

IBOC (In-band On-channel)

En abril de 2005 el Comité Nacional de Sistemas de Radio (NRSC) de la Administración de EE.UU. aprobó el estándar denominado NRSC-5 o sistema IBOC FM.

Los principales países donde se utiliza: Estados Unidos de América, Tailandia, Indonesia, Nueva Zelanda, Brasil, Filipinas y Puerto Rico; aunque algunas empresas como Microsoft tratan de impulsarlo en países que quieren implantar el DAB, como Francia.

La principal ventaja de este estándar es la posibilidad de convivencia de receptores analógicos y digitales mediante la misma señal recibida.

El principal inconveniente es la convivencia de ambas señales pueden producir solapamientos y, por, tanto pérdidas cualitativas. El rango de precios de sus receptores, hasta noviembre de 2006, oscilaba entre 150 y 300 dólares.

Las bandas de transmisión utilizadas: inferiores a 30MHz (AM), incluyendo así frecuencias de 535 a 1605 KHz (OC) y FM 88 a 108 MHz.

DAB (Digital Audio Broadcasting)

Los primeros pasos en lo que concierne a la creación de este estándar se dio en septiembre de 1995 en el Reino Unido. En España, se empezó a emitir pruebas en el año 1998.

Los principales países donde se utiliza: España, Italia, Suecia, Alemania, Francia, Reino Unido, Bélgica, Canadá y algunos países asiáticos, como China.

La principal ventaja es la de una alta calidad de sonido, sin consumir demasiados recursos.

El principal inconveniente, a diferencia del Iboc, no permite “incluir” señal analógica dentro del mismo ancho de banda, lo que hace que la señal solo sirva a receptores digitales.

El rango de precios de sus receptores, hasta noviembre de 2006, oscilaba entre 70 y 230 euros.

Las bandas de transmisión utilizadas: banda III (de los 174 a 240 MHz) y la banda L (de los 1452 a 1492 MHz); esta última en USA es destinada a uso militar. En algunos países puede también transmitir por banda UHF.

DRM (Digital Radio Mondiale)

El DRM es un sistema creado por el consorcio del mismo nombre, cuya misión era establecer un sistema digital para las bandas de radiodifusión con **modulación de amplitud (AM)**, Onda Larga (ondas kilométricas), Onda Media (Ondas hectométricas) y Onda Corta (ondas decamétricas), por debajo de 30 MHz. Hay que considerar que ningún país es propietario de este sistema de radio digital, por lo cual dicho sistema se considera mundial.

El 16 de junio de 2003 se iniciaron las primeras emisiones regulares. El sistema ha sido aprobado en el año 2003 por la UIT (recomendación ITU-RBS 1514) y recomendado por ese organismo como único estándar mundial en las bandas entre 3 y 30 Mhz (Onda Corta). También ha sido estandarizado por la norma IEC-62272-1 y por la ETSI ES-201980.

Actualmente DRM es estándar para radio digital que cubre las siguientes bandas de radiodifusión: en Amplitud Modulada, Onda Larga de 150 KHz a 529 KHz (LW por sus siglas en inglés de Long-wave), Onda Media de 530 KHz a 1710 KHz (MW por sus siglas en inglés de Medium-wave) y Onda Corta de 1711 KHz a 30 MHz (SW por sus siglas en inglés de Short-wave. Logrando así una señal digital completamente nítida, sin interferencias, ni ruido ni desvanecimiento.

Entre el año 2007 y 2009, el Consorcio DRM iniciará su sistema **DRM+** de radio digital para las radiodifusoras que emiten en la banda de Frecuencia Modulada, después de haber realizado los estudios y las pruebas necesarias.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE TRANSMISIÓN SONORA DIGITAL

2.1 FM digital

En los últimos años se han realizados estudios y probados sistemas en todo el mundo para la introducción de la radiodifusión sonora digital, tanto en las bandas de frecuencias ya atribuidas a estos servicios (caso de la OM, OC y de la FM) o bien en nuevas bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de radiodifusión sonora (caso del DAB). Un caso particular son los sistemas que utilizan las bandas de ondas métricas (estaciones de frecuencia modulada).

En Europa se efectuaron estudios basados en el proyecto Eureka 147 dando como resultado el sistema la estandarización del sistema DAB. En abril de 2005 el Comité Nacional de Sistemas de Radio (NRSC) de la administración de EE.UU. aprobó el estándar denominado NRSC-5 (sistema IBOC FM).

Con el fin de facilitar una migración gradual de los actuales sistemas de radiodifusión sonora analógicos a los sistemas digitales se han investigado sistemas que permiten realizar “simulcast”; esto es, transmitir en el mismo canal la señal analógica y la señal digital, sin que se originen interferencias entre ellas. La señal analógica es recogida por los antiguos receptores analógicos y la señal digital por los modernos receptores digitales.

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT), en su Recomendación UIT-R BS.774, indica que requisitos deberían satisfacer los futuros sistemas de radiodifusión sonora digital terrenal en las bandas de ondas métricas y disimétricas. Que de manera resumida son:

- Calidad de la señal de audio transmitida comparable a los medios de grabación digital de consumo de alta calidad (disco compacto), para receptores a bordo de vehículos, portátiles y fijos.
- Mayor eficacia en lo que respecta a la utilización del espectro radioeléctrico y la potencia transmitida, comparado con los actuales sistemas de frecuencia modulada.

- Mejora en la calidad de funcionamiento frente a condiciones de propagación multitrayecto.
- Compromiso entre robustez de la señal recibida y la calidad de audio.
- Posibilidad de reconfiguración del sistema para poder transmitir más programas a expensas de pérdida de calidad de la señal de audio.
- Posibilidad de transmitir datos asociados o no al programa.
- Posibilidad de ofrecer servicios de valor añadido.
- Posibilidad de fabricación a gran escala de receptores y antenas.

2.2 Sistema IBOC FM

En los últimos años varias empresas de los EE.UU., en colaboración con la FCC (Federal Communications Commission), han realizado pruebas de laboratorio y de campo para la estandarización de un sistema de radiodifusión sonora digital en la banda de ondas métricas.

IBOC (In-band On-channel) o Canal dentro de banda es un sistema de broadcast digital desarrollado por la empresa **Ibiquity Digital Corporation**, la cual tiene registrada la marca **HD Radio**.

El sistema IBOC FM permite la utilización de los sistemas híbridos (Simulcast), que tiene capacidad para transmitir las señales analógica y digital en el ancho de banda atribuido a los actuales sistemas de frecuencia modulada.

2.2.1 Servicios soportados

Los servicios soportados por el sistema pueden resumirse:

- **Main Program Service (MPS) o Programa de Servicio Principal.** Corresponde al programa de audio, tanto digital como analógico. Incluye una determinada capacidad de datos para transmitir información relacionada con el programa (PSD).
- **Supplemental Program Service (SPS) o Programa de Servicio Suplementario.** Corresponde a programas suplementarios de audio. Incluye una determinada capacidad de datos para transmitir información relacionada con el programa (PSD).
- **Station Identification Service (SIS) o Servicio de Identificación de la Estación.** Corresponde a la transmisión de datos necesarios para el control e identificación de la estación. Facilita al usuario la selección de la estación de radio y sus servicios soportados (nombre, localización, identificador, etc.).

- **Advanced Data Service (ADS) o Servicios Avanzados de Datos.** Corresponde a la transmisión de datos auxiliares para aplicaciones específicas relacionadas o no con los programas de audio.

La figura 2.1 muestra el diagrama de bloques básico del sistema.

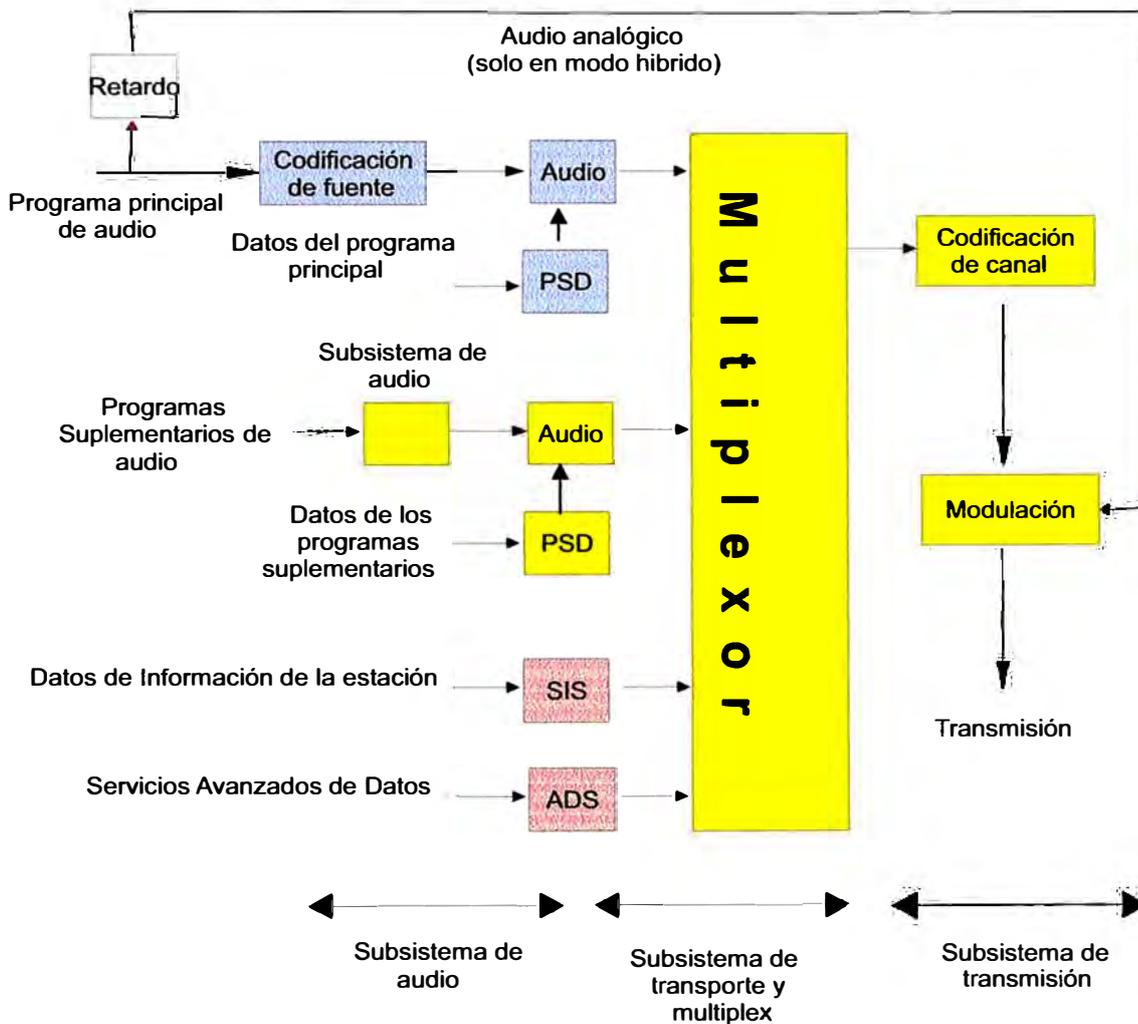


Figura 2.1 Diagrama de bloques básico del sistema

2.2.2 Modos de funcionamiento

A continuación presentamos de manera general, los modos de funcionamiento del sistema IBOC FM, sin detallar las características específicas, cosa que haremos en el tercer capítulo.

El sistema IBOC FM, por canal dentro de banda (in-band on-channel), puede funcionar en los modos “**híbrido**”, “**híbrido ampliado**” y “**totalmente digital**”.

En el modo híbrido la señal digital se transmite en bandas laterales primarias a ambos lados de la señal digital.

En el modo híbrido ampliado la señal digital se transmite en bandas laterales primarias a ambos lados de la señal analógica, ampliando la banda utilizada por la señal digital en detrimento de la señal analógica.

En el modo totalmente digital todo el ancho de banda se utiliza para la transmisión de las señales digitales por lo que aporta capacidades mejoradas de funcionamiento.

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA ESTACIÓN RADIODIFUSORA SONORA DIGITAL

3.1 Características del sistema IBOC FM

Como se mencionó en el capítulo anterior, el sistema IBOC FM posee tres modos de funcionamiento, el híbrido, el híbrido ampliado y totalmente digital. A continuación pasaremos a describir cada uno de estos modos de funcionamiento.

3.1.1 Modo híbrido

La señal digital es transmitida en sendas bandas laterales a ambos lados de la señal analógica.

La figura 3.1 muestra la distribución de señales.

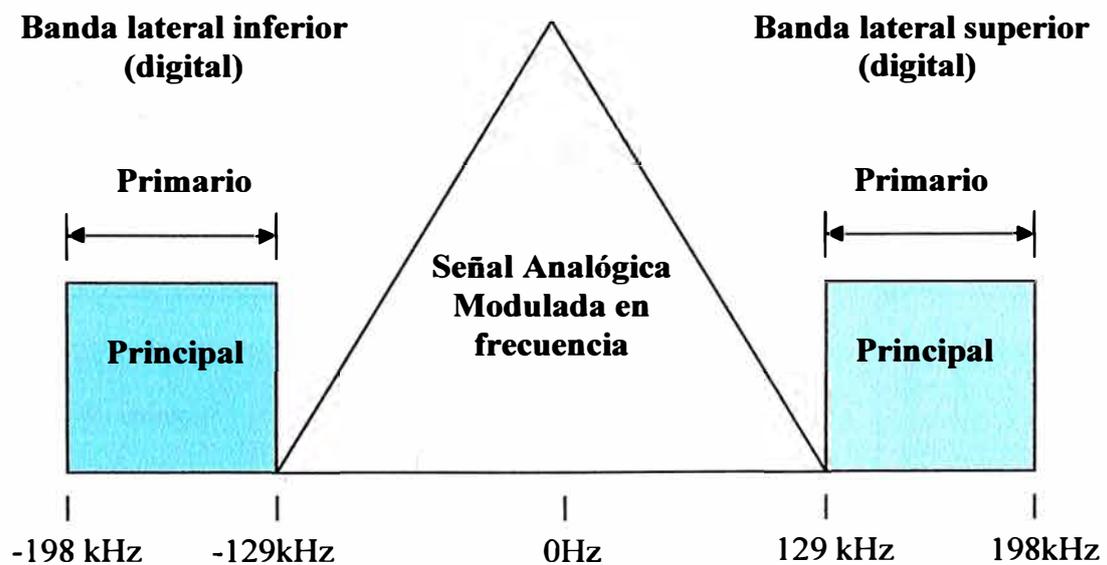


Figura 3.1 IBOC FM híbrido

La señal digital es reducida en amplitud respecto a la señal analógica.

El modo híbrido permite que, durante el periodo de introducción del sistema, sea posible la recepción del programa tanto por los nuevos receptores digitales como con los receptores convencionales de modulación en frecuencia.

Una prestación interesante de este modo de funcionamiento es que incorpora diversidad en el tiempo entre ambas señales, analógica y digital. La señal analógica es retardada respecto a la señal digital con el objeto de que exista sincronización entre ambas señales para la situación en que el receptor conmuta a la recepción analógica cuando se produce un elevado porcentaje de bits erróneos de la señal digital. La señal analógica sirve de respaldo de la señal digital.

3.1.2 Modo híbrido ampliado

La señal digital es transmitida en sendas bandas laterales a ambos lados de la señal analógica.

La figura 3.2 muestra la distribución de señales.

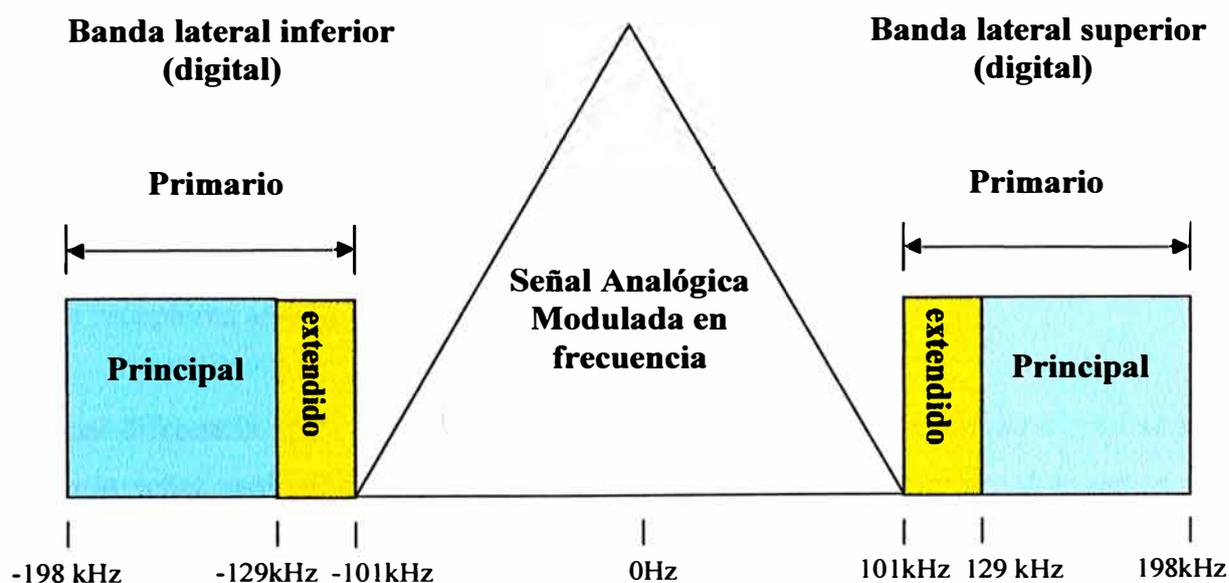


Figura 3.2 IBOC FM híbrido ampliado

La señal digital es reducida en amplitud respecto a la señal analógica.

Las bandas laterales digitales son ampliadas hacia la señal analógica para aumentar la capacidad digital.

El módulo híbrido ampliado también permite que, durante el periodo de introducción del sistema, sea posible la recepción del programa tanto por los nuevos receptores digitales como con los receptores convencionales de modulación de frecuencia.

Al igual que el sistema híbrido también incorpora diversidad en el tiempo entre ambas señales, analógica y digital. La señal analógica es retardada respecto a la señal digital con el objeto de que exista sincronización entre ambas señales para la situación en que el receptor conmuta a la recepción analógica cuando se produce un elevado porcentaje de bits erróneos de la señal digital.

El modo extendido amplía el ancho de banda utilizado por la señal digital en detrimento de la señal analógica.

3.1.3 Modo totalmente digital

Se transmiten exclusivamente las señales digitales. Permite el modo de funcionamiento óptimo.

Los radiodifusores pasarán del sistema híbrido al sistema totalmente digital cuando el número de receptores analógicos sea escaso.

La principal diferencia entre ambos sistemas es que en el sistema totalmente digital se ha suprimido la señal analógica, se han desplazado en frecuencia las señales digitales y se aumenta su potencia, según se muestra en la figura 3.3

Se transmiten bandas laterales secundarias en el espectro de frecuencias que ocupaba la señal analógica.

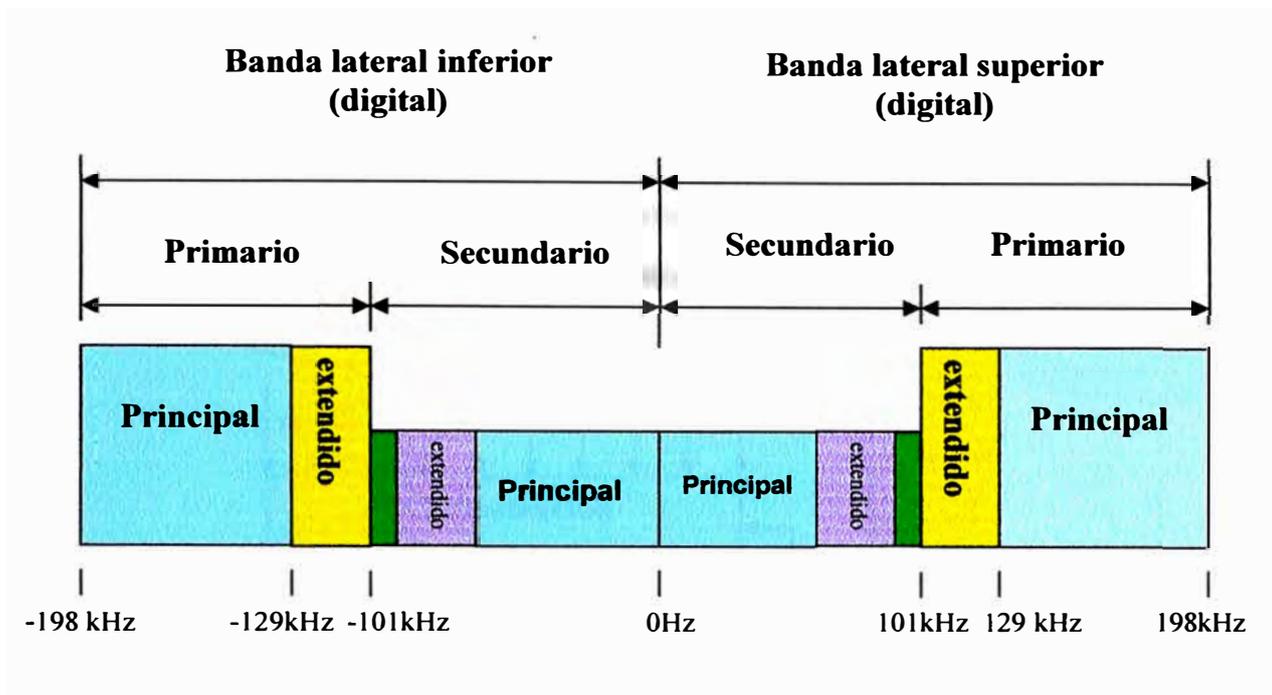


Figura 3.3 IBOC FM totalmente digital

3.2 Bloques funcionales del sistema

La figura 3.4 muestra la estructura básica de los bloques funcionales del sistema que comprende los siguientes componentes básicos:

- Codificador y compresión de la fuente de audio.
- Codificación de canal.
- Entrelazado en tiempo y en frecuencia.
- Generador de señal OFDM.
- Subsistema de transmisión.

El audio una vez digitalizado alimenta, junto a los datos y servicios suplementarios, el dispositivo cuya función es la aleatorización de datos. Para la configuración de los modos de servicio se dispone 4 canales lógicos principales (P1, P2, P3 y PIDS) y 6 canales secundarios (S1, S2, S3, S4, S5 y SIDS). Un canal lógico es un trayecto de señal que transporta tramas de datos con una calidad de servicio determinada: Los canales P1, P2 y P3 se utilizan para configurar los diferentes servicios de audio primario y el canal PIDS

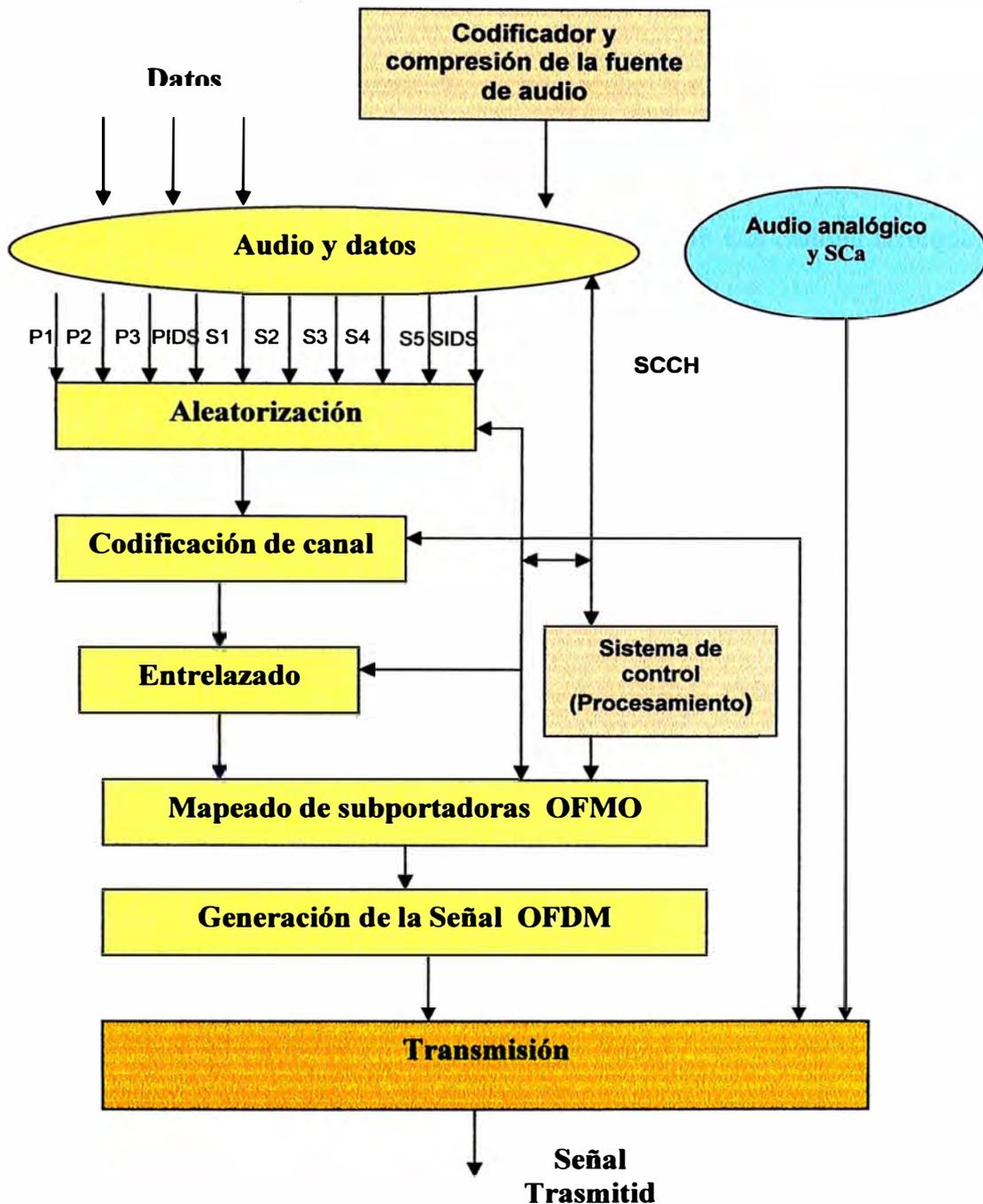


Figura 3.4 Diagrama de bloques funcional

aporta el servicio de datos primario (IDS).

Los canales S1, S2, S3, S4 y S5 se utilizan solo en el sistema totalmente digital para la transmisión de datos o de sonido ambiental (audio complementario). El SIDS aporta el servicio de datos secundario.

El canal de control del sistema (SCCH), system control channel, transporta la información de control y estados relativos al modo de funcionamiento y parámetros de configuración.

3.2.1 Codificación y compresión de la fuente de audio

El codificador y compresor de la fuente de audio reduce sustancialmente la velocidad binaria necesaria para la transmisión de canales de audio de alta calidad. Para la compresión de los datos se hace uso de algoritmos basados en el efecto psicoacústico del oído humano. Se consigue la transmisión de canales de audio de alta calidad (comparable al disco compacto) con velocidades de transmisión de solo 96 kb/s.

El sistema IBOC FM (normalizado como NRSC-5) no propone un codificador de fuente específico sino las velocidades nominales y mínimas de los codificadores de fuente para cada uno de los modos de funcionamiento.

En las pruebas de validación del sistema IBOC FM se utilizaron los codificadores basados en las tecnologías:

- MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) desarrollado por Dolby.
- PAC de Lucent Technologies.

Ambos sistemas pueden trabajar en un amplio margen de velocidades binarias. En las pruebas se utilizaron frecuencias de muestreo de la señal de audio de 44.1 Mhz y resolución de 16 bit por muestra.

En ambos casos se utiliza el efecto psicoacústico del oído con el objeto de transmitir exclusivamente aquella información no redundante. Se analiza cada porción del espectro de audio y se codifica exclusivamente aquellas componentes necesarias para el oyente. Los tonos enmascarados por otros próximos son eliminados.

Modos de servicio definidos en el sistema IBOC FM

En el sistema IBOC FM se definen diferentes modos de funcionamiento y a los canales lógicos. Ver cuadros en la figura 3.5.

3.2.2 Codificación de canal

En el proceso de codificación se añaden bits redundantes que facilitan la detección y corrección de errores. Ello minimiza la probabilidad de error de la señal decodificada en el receptor. El sistema IBOC FM utiliza códigos convolucionales de Vitervi.

Modo de servicio	Velocidad de transmisión (kbit/s)				Modo de funcionamiento
	P 1	P 2	P 3	PIDS	
MP 1	25	74	0	1	Híbrido
MP 2	25	74	12	1	Híbrido ampliado
MP 3	25	74	25	1	Híbrido ampliado
MP 4	25	74	50	1	Híbrido ampliado
MP 5	25	74	25	1	Híbrido ampliado, totalmente digital
MP 6	50	49	0	1	Híbrido ampliado, totalmente digital
MP 7	25	98	25	1	Híbrido ampliado, totalmente digital

Velocidades de transmisión de los canales lógicos primarios

Modo de servicio	Velocidad de transmisión (kbit/s)						Modo de funcionamiento
	S1	S2	S3	S4	S5	SIDS	
MS 1	0	0	0	98	6	1	Totalmente digital
MS 2	25	74	25	0	6	1	Totalmente digital
MS 3	50	49	0	0	6	1	Totalmente digital
MS 4	25	98	25	0	6	1	Totalmente digital

Velocidades de transmisión de los canales lógicos secundarios

Figura 3.5 Modos de funcionamiento canales lógicos

Errores producidos por fading, interferencias, ruido u otras causas en el trayecto transmisor-receptor pueden ser corregidos en el receptor. Se diseñan técnicas específicas de corrección avanzada de errores FEC (Forward Error Correction) basadas en estudios realizados para el tipo de interferencias asociadas a estas bandas de frecuencia (ondas métricas).

3.2.3 Entrelazado en tiempo y en frecuencia

Los sistemas de corrección de errores funcionan bien si los errores están distribuidos de manera aleatoria. La corrección es dificultosa cuando el intervalo en que se producen los errores es de larga duración. La solución es el entrelazado en el tiempo de los datos en la transmisión y su reordenación en la recepción.

Algunos efectos de propagación son susceptibles de causar determinados problemas: los desvanecimientos selectivos pueden afectar a grupos de portadoras próximas en frecuencia. Para dispersar los errores producidos por desvanecimientos selectivos en frecuencia y de esta forma poder corregirlos en recepción se utilizan técnicas de entrelazado en frecuencia.

3.2.4 Generador de señal OFDM

Las subportadoras OFDM se ordenan en grupos denominados divisiones de frecuencia. Cada división de frecuencia está constituida por 18 subportadoras para datos y una subportadora de referencia, una de tipo A y otra de tipo B. En la figura 3.6 se muestra la estructura de ambos tipos. Las portadoras están espaciadas 363,373 Hz.

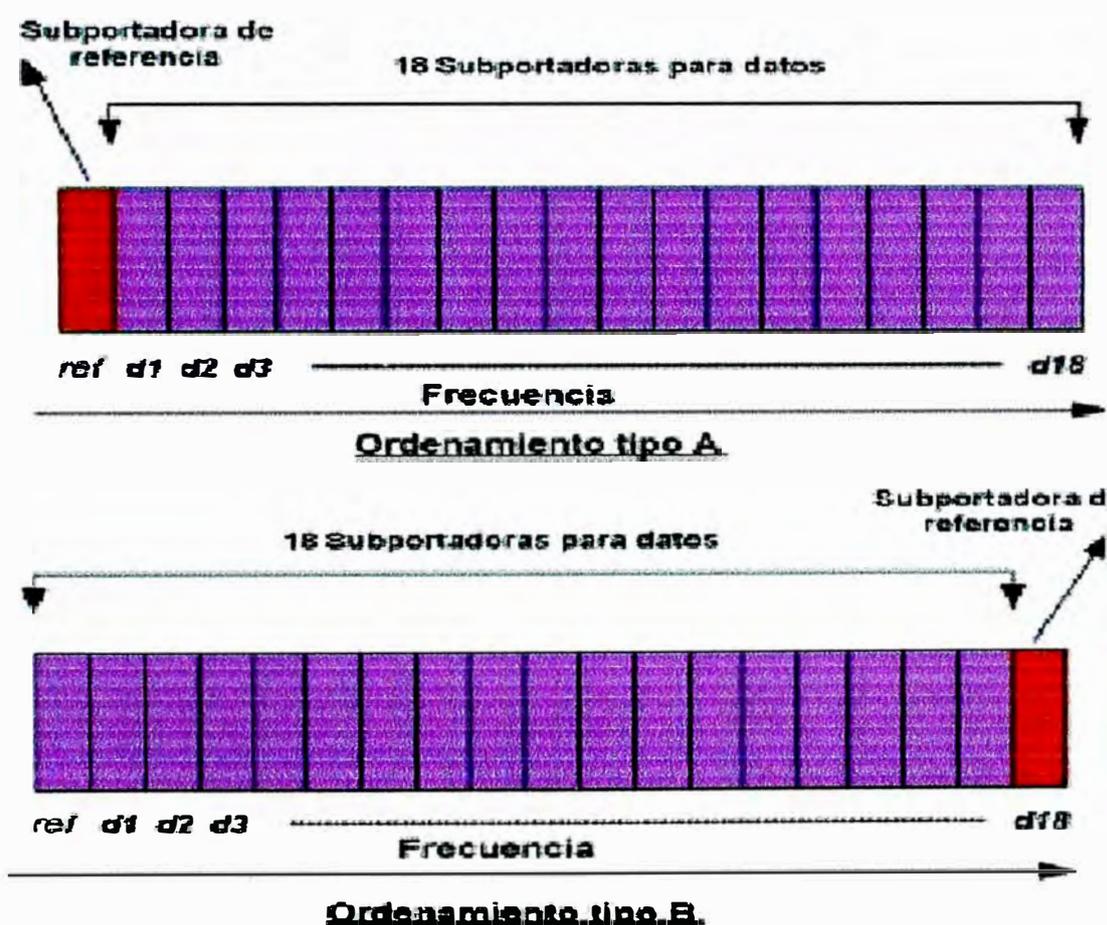


Figura 3.6 Estructura de la subportadoras OFDM

La estructura de subportadoras del canal completo para ambas bandas laterales está representada en las figuras 3.7 y 3.8. Cada cuadro corresponde a una división de frecuencia de las mostradas en la figura 3.6.

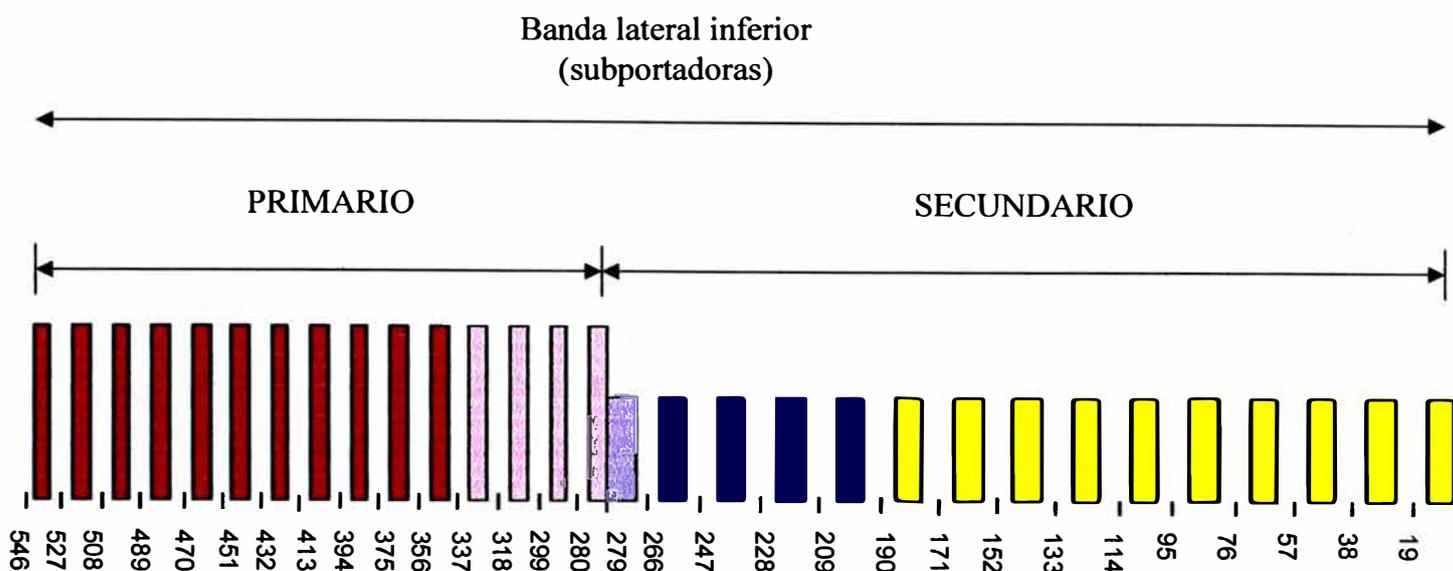


Figura 3.7 Estructura banda lateral inferior

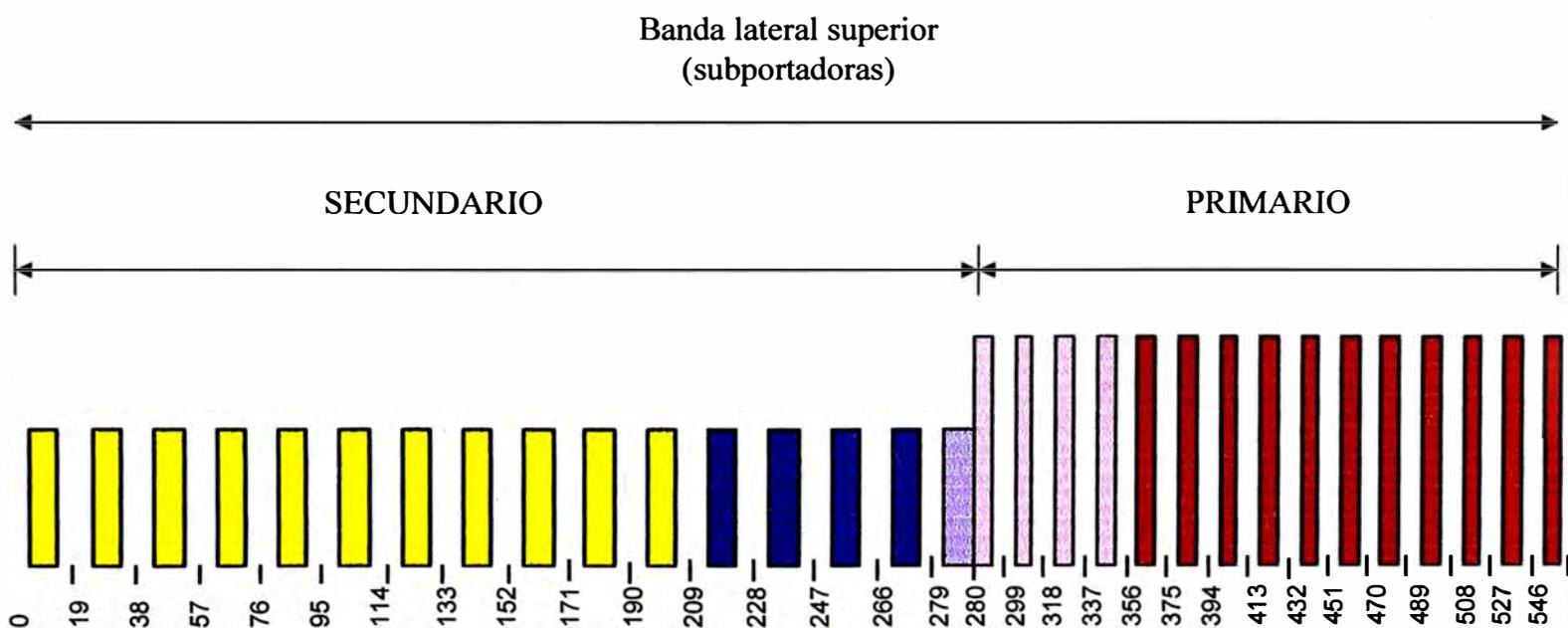


Figura 3.8 Estructura banda lateral superior

Espectro para el modelo híbrido

La señal digital se transmite en bandas laterales principales primarias a ambos lados de la señal modulada en frecuencia. Cada banda lateral principal primaria comprende 10 divisiones de frecuencia asignadas entre las portadoras 356 a 545 y entre las -356 a -545.

Las portadoras 546 y -546 son portadoras de referencia.

El nivel de las subportadoras digitales es tal que la potencia total de las mismas está 23 dB por debajo de la potencia nominal de la portadora analógica FM.

Las bandas laterales principales primarias superiores están constituidas por portadoras con ordenamiento tipo A y las inferiores por portadoras con ordenamiento del tipo B de las mostradas en la figura 3.6.

La figura 3.9 muestra la distribución de portadoras.

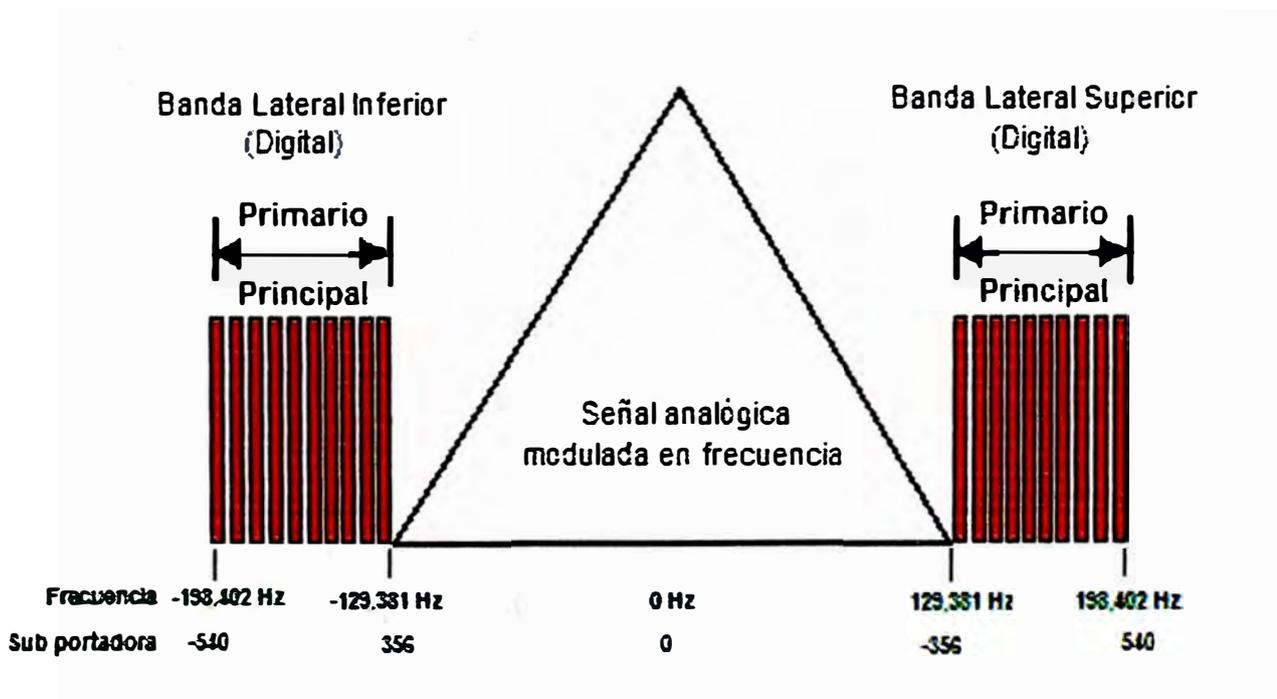


Figura 3.9 Espectro del modo IBOC FM híbrido

Espectro para el modo híbrido ampliado

En el modo híbrido ampliado se añaden bandas laterales extendidas a las bandas laterales primarias del modo híbrido como se muestra en la figura 3.10.

Dependiendo del modo de servicio se añaden una, dos o cuatro divisiones de frecuencia en el borde interior de la banda lateral principal primaria en detrimento del ancho de banda atribuido a la señal analógica FM.

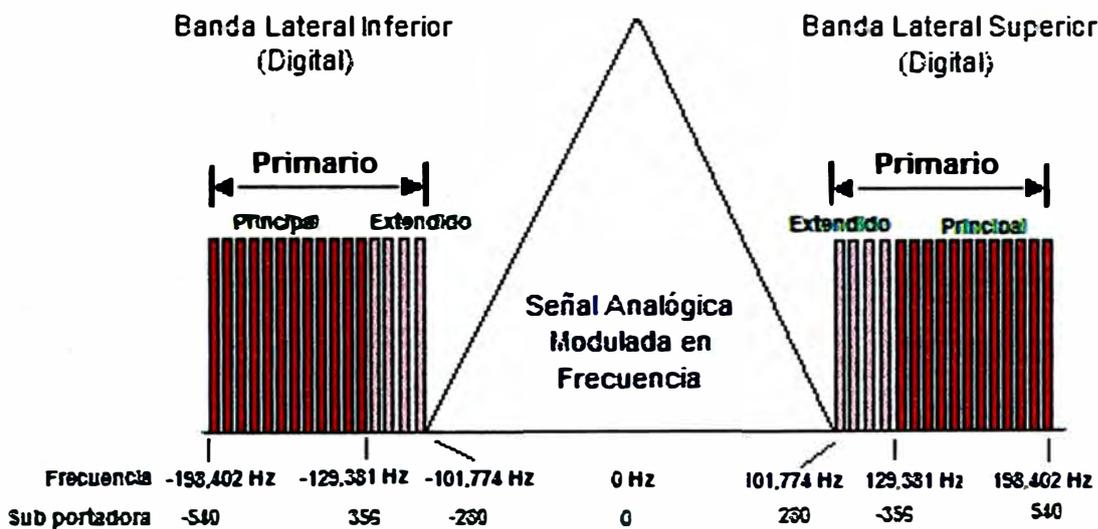


Figura 3.10 Espectro del modo IBOC FM extendido

A la estructura de subportadoras descrita en modo híbrido hay que añadir las bandas laterales extendidas que comprenden las subportadoras de -356 a -280 y las de 280 a 356.

La amplitud de las subportadoras de las bandas laterales extendidas tienen el mismo nivel que el de las subportadoras primarias principales.

Espectro para el modo totalmente digital

En el modo totalmente digital el espectro se construye eliminando la señal analógica y utilizando todo el ancho de banda para las bandas laterales secundarias. La figura 3.11 muestra la estructura de portadoras para el modo totalmente digital.

Cada una de las bandas laterales secundarias está constituida por 10 divisiones de frecuencia principales y 4 divisiones de frecuencia extendida.

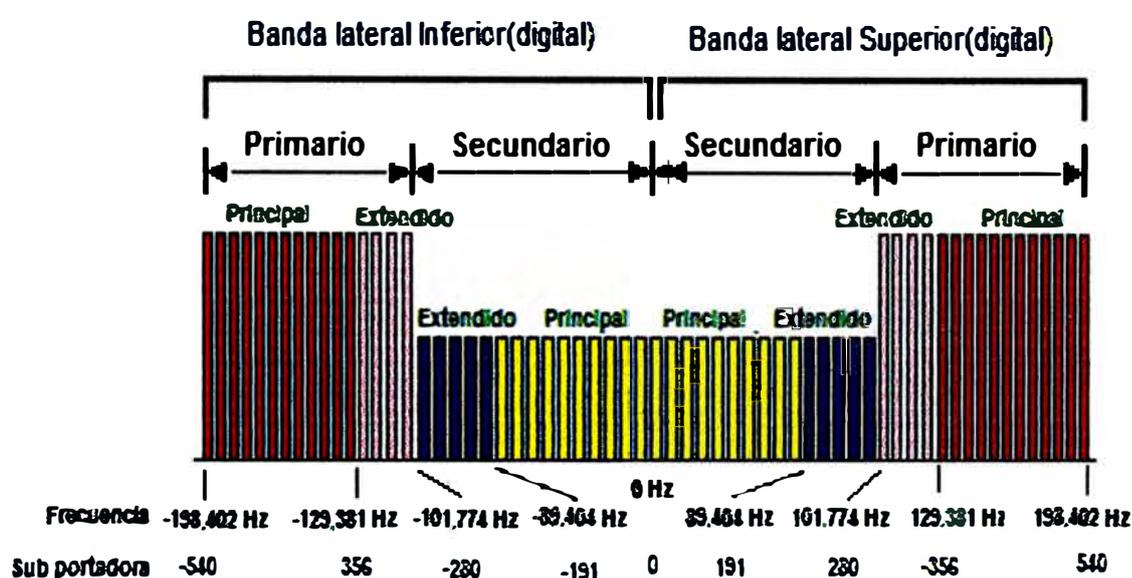


Figura 3.11 Espectro del modo totalmente digital

Cada una de las bandas laterales secundarias está constituida por 10 divisiones de frecuencia principales y 4 divisiones de frecuencia extendida.

Se transmiten dos portadoras de referencia, las numeradas como -279 y 279 y 12 subportadoras OFDM protegidas que se encuentran en aquella zona del espectro con menos probabilidad de ser interferida por la interferencia analógica y digital.

Cada banda lateral secundaria comprende las portadoras 1 a 190 y -1 a -190. Las bandas laterales secundarias extendidas comprenden las subportadoras 191 a 266 y las -191 a -266. Las bandas laterales protegidas comprenden las subportadoras -267 a -278 y las 267 a 278.

La potencia media de las subportadoras primarias principales estará al menos 10 dB por encima a las que corresponde en el sistema híbrido.

La potencia media de las subportadoras secundarias estará entre 5 y 20 dB por debajo de las subportadoras primarias.

3.2.5 Subsistema de transmisión

Existen tres métodos para producir y transmitir la señal IBOC híbrido FM.

Inicialmente la estación puede utilizar lo que se conoce como método de “**alto nivel**” o “**amplificación por separado**”, como se muestra en la figura 3.12.

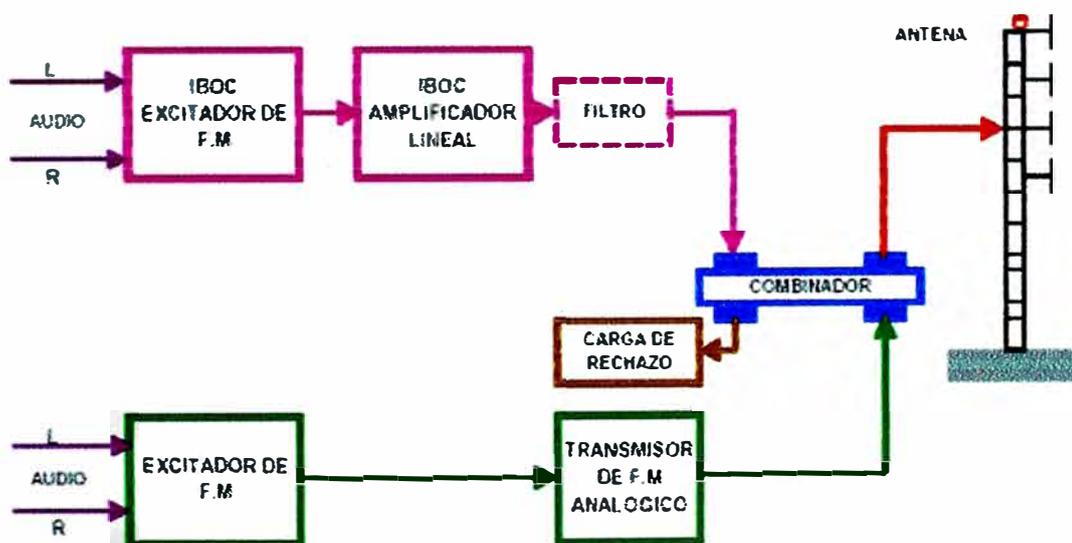


Figura 3.12 Transmisor FM híbrido de alto nivel

Con este método la actual estación tendrá a su salida una combinación del actual transmisor analógico con la salida del transmisor digital compatible con la tecnología IBOC. La señal híbrida resultante alimentará a la antena de la estación existente.

El método de combinación de **“alto nivel”** produce una pérdida de poder debido a las diferencias de poder de la combinación de señales.

Combinadores utilizados en pruebas de IBOC resultó en pérdidas alrededor de 0.5 dB (10%) de potencia analógica y 10 dB (90%) de potencia digital. Sin embargo los requisitos de potencia digital de la tecnología IBOC son bajos (-20 dB en relación con la potencia analógica), lo que hace tolerable las pérdidas mencionadas anteriormente.

Por ejemplo en el caso de una emisora de FM con una potencia de transmisión analógica (TPO) de 30 Kw., la potencia aérea digital de la señal IBOC sería de 300 watts. Asumiendo como pérdidas en el combinador dados anteriormente, el transmisor analógico tendría que incrementar su potencia a 33.3 Kw. para superar la pérdida de inserción en el combinador. El transmisor digital tendrá a la salida una potencia media de 3 Kw. para superar los 10 dB de pérdida del combinador.

Debido a que la relación entre la potencia pico y la potencia promedio es cerca de 5.5 dB para la señal IBOC, el transmisor digital deberá tener una potencia por encima de este valor, lo que elevará a tres o cuatro veces la potencia promedio, para el ejemplo esta potencia sería de 10.7 Kw.

Otro método conocido como **“combinación de bajo nivel”** o **“amplificación común”**, el cual está representado en la figura 3.13.

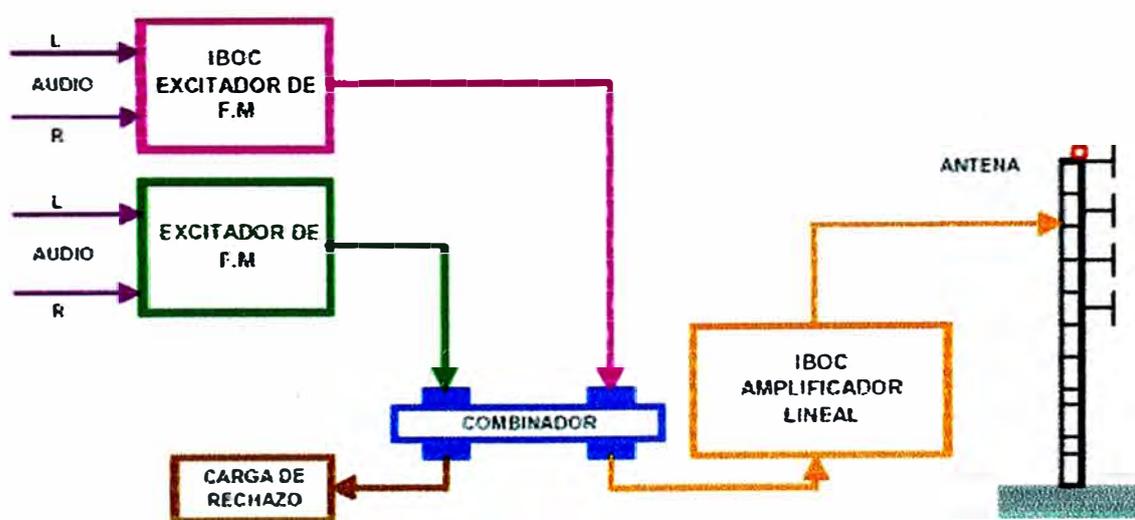


Figura 3.13 Transmisor FM híbrido de bajo nivel

En esta aplicación, la salida analógica de un excitador de FM se combina con la salida de un excitador IBOC. El resultado de esta combinación se introduce en un amplificador lineal de banda ancha para aumentar la señal hasta “TPO”.

Este método reduce el número de elementos independientes en la cadena de transmisión y puede reducir los requisitos de espacio (suelo) y energía consumida, igualmente reduciría el consumo global de potencia lo que traería consigo una reducción en el diseño del equipo transmisor de la planta.

Un tercer método de aplicación es el de “**antenas separadas**”, ver figura 3.14, método actualmente bajo investigación.

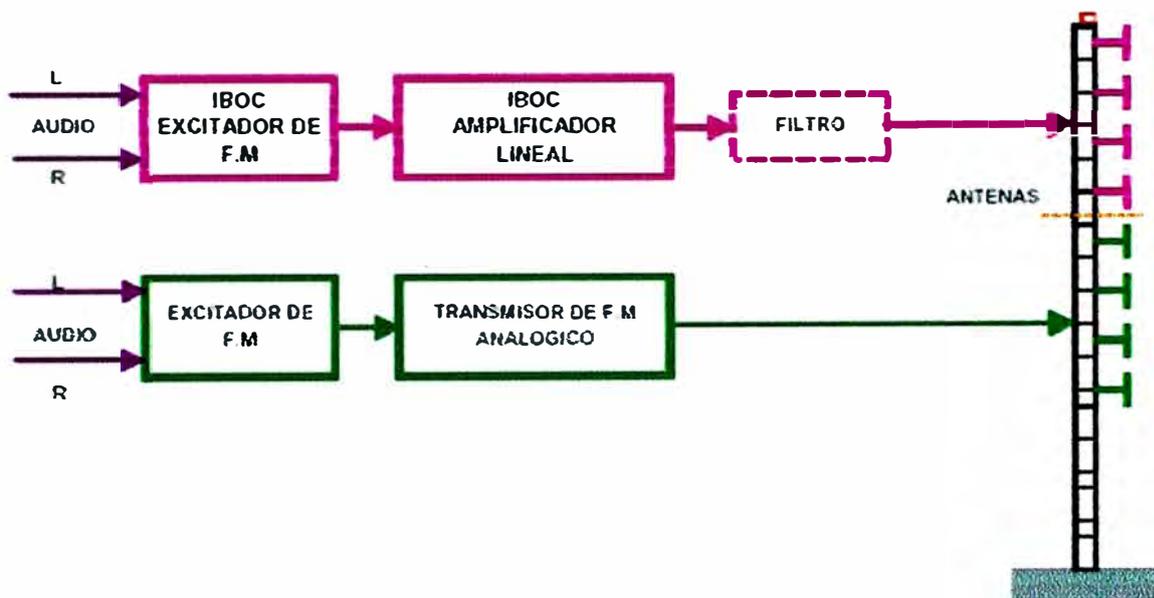


Figura 3.14 Transmisor FM híbrido de antenas separadas

Pruebas preliminares indican que una señal IBOC puede ser transmitida desde una antena independiente siempre y cuando las señales provenientes de las antenas digital y analógica tengan un mínimo de 40 dB de aislamiento. Para lograr este nivel de aislamiento se exige una cuidadosa colocación y medición de los elementos de la antena.

La ventaja de este método es la eliminación del combinador y por consiguiente una significativa menor pérdida de la señal digital, lo que resultará en un menor transmisor para desarrollar la portadora IBOC.

3.3 Etapas en el diseño de la estación radiodifusora digital IBOC FM

Como se mencionó anteriormente, existen hasta tres formas o métodos de combinación (transmisión) que nos permiten la conversión hacia la radio digital de HD Radio (IBOC).

Dependiendo de lo que usted desee implementar, si ha de utilizar algunos de los equipos ya instalados en la estación de FM Analógica o si se trata de una nueva estación, en cualquiera de los dos casos, lo importante es escoger el sistema más económico y eficiente que le dará una entrada segura a la HD Radio de hoy.

El siguiente **Árbol de Decisiones** (figura 3.15) proporcionado por la empresa “Broadcast Electronics, Inc.”, entidad con mucha experiencia en la fabricación de equipos para transmisión digital, nos permite tener una idea de cual de los sistemas o métodos de combinación se deba elegir.

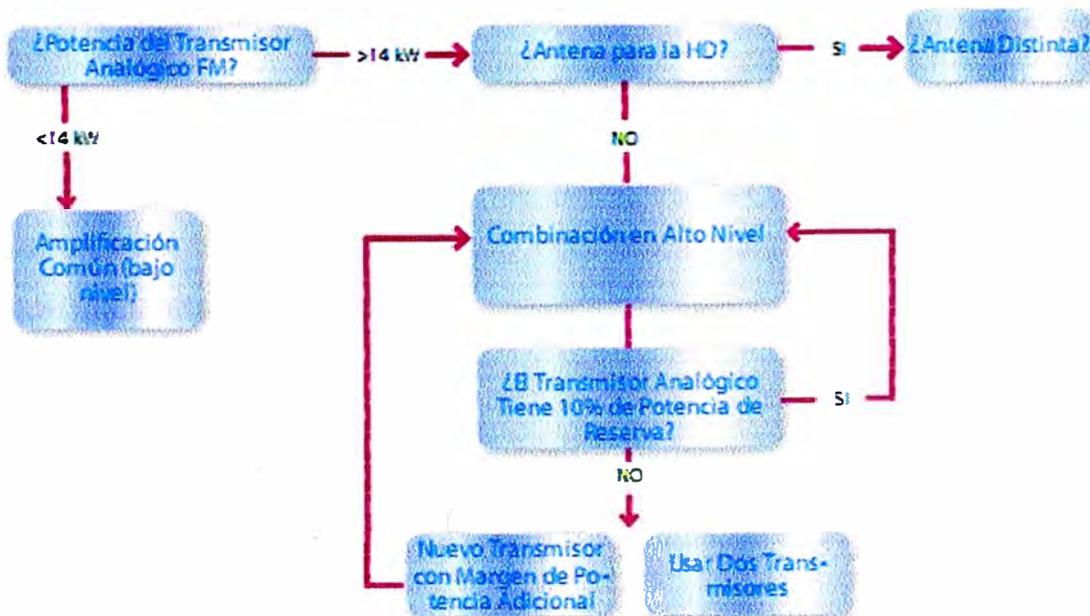


Figura 3.15 Árbol de decisiones sobre la implementación de la HD Radio FM

De acuerdo a las Normas Técnicas del Servicio de Radiodifusión dadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (Resolución Ministerial N° 358 – 2003 – MTC – 03) en lo que respecta al Contorno de Protección, la cual dice que la zona de servicio de una estación de categoría de servicio primario, es aquella que se cubre con una intensidad de campo de **66 uV/m**, suficiente para proporcionar un servicio de buena calidad y es aplicable a estaciones de Clase A, B, C y D.

La Potencia efectiva radiada (e.r.p.) que utilizaremos será de **30 Kw**, potencia suficiente para cumplir con los requisitos de la Norma, esto corresponde a una Estación Clase B, la cual indica dentro de sus características de tener un e.r.p mayor a 15 Kw y máximo 50 Kw.

Si aplicamos el Árbol de Decisiones mostrado anteriormente, lo más recomendable es utilizar una **Combinación de Alto Nivel**, esto si consideramos lo siguiente:

- La Potencia de salida del Transmisor Analógico es mayor de 14 Kw.
- El Transmisor actual o el que se piense comprar tiene un margen de reserva suficiente para compensar la pérdida del combinador (se necesita alrededor de 10% de potencia de salida adicional)
- Hay el espacio suficiente en la caseta del transmisor para un transmisor adicional.

A continuación se muestra un Diagrama de Bloques (figura 3.16), proporcionado por la empresa “Broadcast Electronics, Inc.”, de un sistema de Combinación de Alto Nivel, en el cual se muestran los diferentes equipos, necesarios para la implementación de nuestra Estación Radiodifusora Digital.

Asumiendo que ya se tiene la Estación de Radiodifusión Analógica y lo que se quiere es acondicionarla a una estación de Radiodifusión Digital, usted se podrá quedar básicamente con los siguientes equipos:

- El transmisor analógico.
- El excitador analógico.
- La antena existente para la transmisión analógica

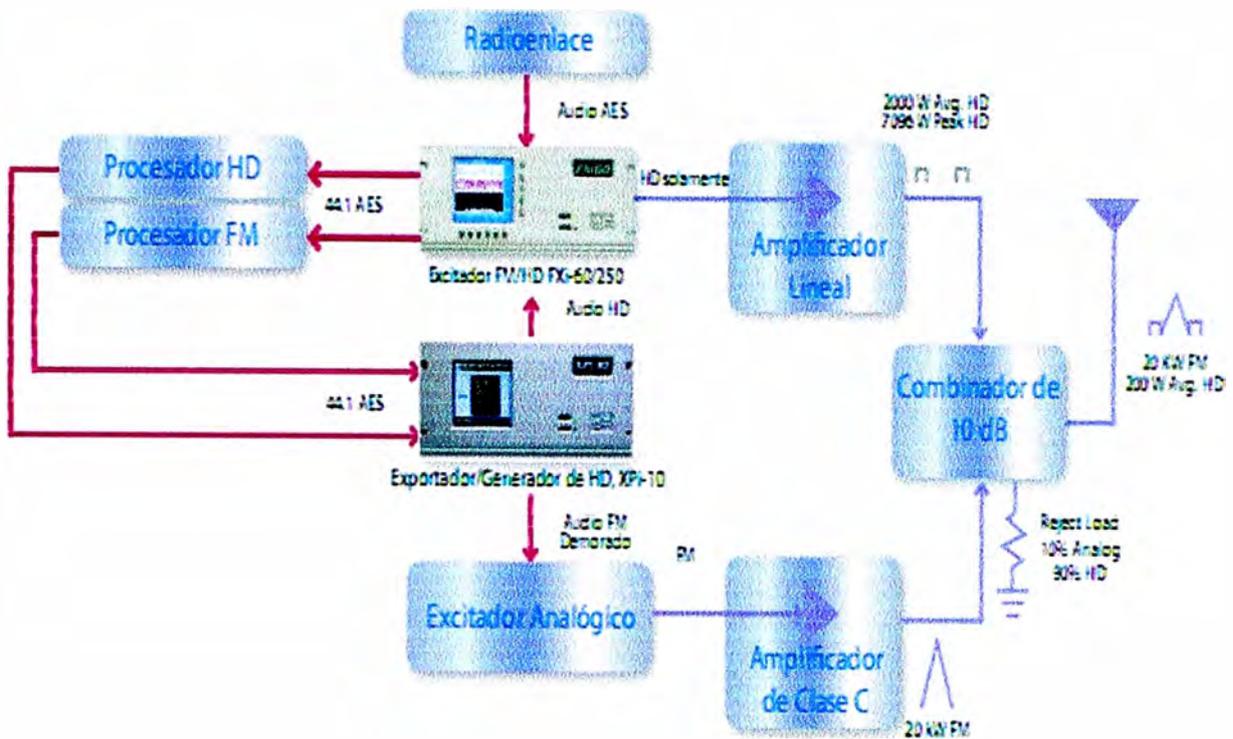


Figura 3.16 Diagrama de bloques de un sistema de Transmisión HD Radio (IBOC) utilizando un sistema de Combinación de Alto Nivel o Alta Potencia

Los equipos que básicamente se necesitarían serían:

- Un excitador digital nuevo.
- Un generador de señales HD Radio (IBOC).
- Un transmisor HD Radio (IBOC).

Si la estación Radiodifusora es nueva, entonces se tendrá que adquirir todos los equipos arriba mencionados, tanto analógicos como digitales, a esto habría que sumarle un equipo

de Radioenlace, si es que los Estudios y la Planta de Transmisión se encuentran en lugares diferentes.

El siguiente diagrama (figura 3.17), proporcionado por la empresa Broadcast Electronic, Inc., nos muestra un sistema de cálculo rápido para determinar las diferentes potencias que se tienen que considerar en un sistema de transmisión IBOC híbrido

HD Radio Calculator

To calculate IBOC power, just type in the present analog TPO value in the box below and view the diagrams for the correct values.

Present Analog TPO(W)

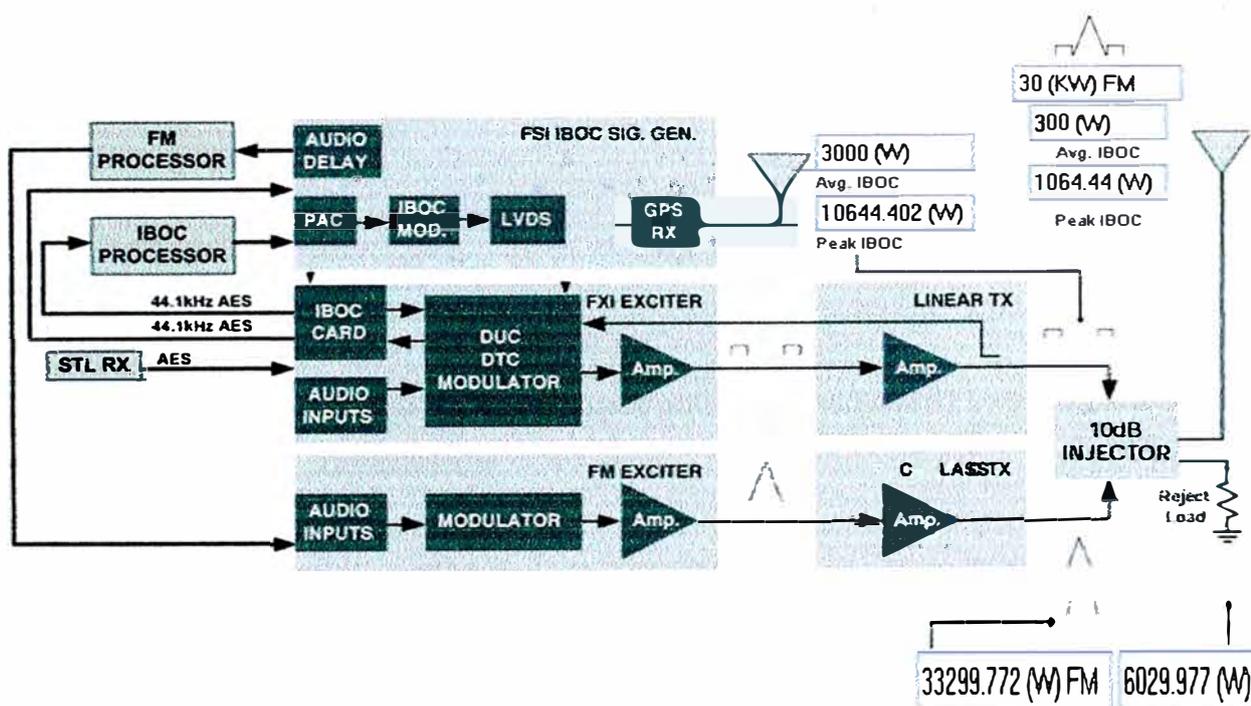


Figura 3.17 Calculador de las diferentes potencias de transmisión

Se puede apreciar que los cálculos hechos mediante este sistema automático, son los mismos que se hicieron en forma manual en el ejemplo que se consideró en el acápite 3.2.5 de este capítulo.

3.3.1 Ubicación de los estudios y la planta transmisora

Los estudios y la planta de transmisión podrían estar juntos, en un mismo local o separados, lo más frecuente es que estén separados, para lo cual se utilizará un Radio enlace (figura 3.18), el cual consiste en un transmisor en el estudio con su antena y un receptor en la planta transmisora con su respectiva antena a una frecuencia que permita el MTC.

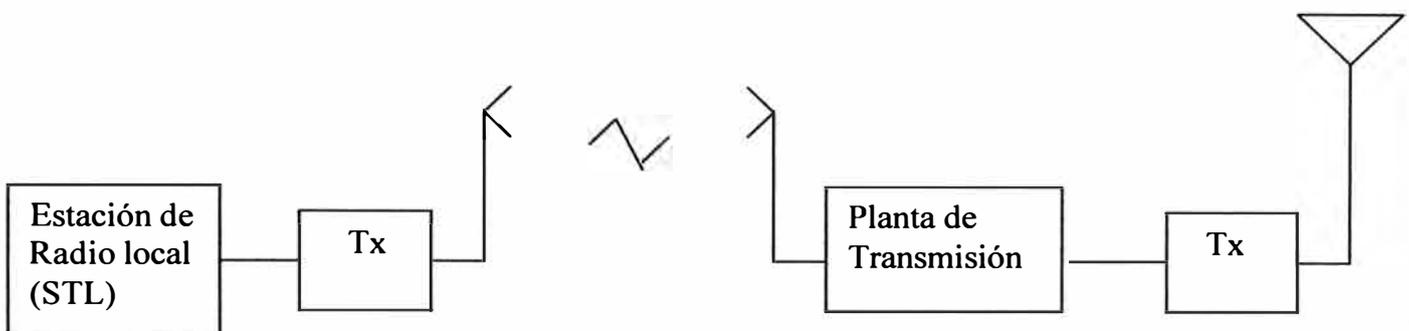


Figura 3.18 Sistema de Radio enlace entre los estudios (STL) y la Planta de Transmisión

La estación de radio enlace (STL) puede estar ubicada en cualquier lugar de Lima y la planta de transmisión se ubicaría en el Morro Solar (Cerro Marcavilca en el distrito de Chorrillos)

3.2.2 Radioenlace

Las normas técnicas dictadas por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones indican que, el enlace estudio – planta transmisora, podrá realizarse mediante enlace auxiliar de radiofrecuencia en el segmento de banda de 942 – 960 Mhz. Nosotros utilizaremos la frecuencia de 958.5 Mhz, pero podría ser cualquier frecuencia que está dentro del rango especificado por las autoridades del MTC.

Los equipos seleccionados para nuestro radio enlace son proporcionados por la empresa **Marti Electronics**, los cuales son el transmisor de 30 watts modelo **SRPT-30** (figura 3.19) y el receptor modelo **SR-30** (figura 3.20), el cual es un excelente complemento del transmisor mencionado.



Figura 3.19 Transmisor SRPT-30



Figura 3.20 Receptor SR-30

En el ANEXO A se dan detalles técnicos específicos acerca de estos equipos.

3.3.3 Equipos para la generación de la HD RADIO (IBOC)

Los equipos básicos seleccionados, para la generación de la señal digital IBOC FM, son los mostrados en el diagrama de bloques de la figura 3.16, los detallaremos brevemente a continuación.

Excitador digital

Se seleccionó a la compañía **Broadcast Electronics Inc.**, la cual posee la serie de excitadores **FXi** (FXi 60 y FXi 250) (figura 3.21), con potencias de 60W y 250W respectivamente, los cuales hacen posible la implementación más sencilla y a la vez elegante de HD Radio, como son el uso de un radio enlace unidireccional, un solo excitador, un solo transmisor y una sola antena.

Al mismo tiempo, los excitadores FXi proporcionan el mayor rendimiento posible para las aplicaciones de FM analógico normal. Le permite transmitir la señal más limpia que va a encontrar en el dial, debido a su sistema de modulación por medio de Procesamiento de Señales Digitales (DSP) y la generación de esta señal directo a frecuencia. Los detalles específicos de estos equipos se muestran en el ANEXO B.



Figura 3.21 Excitador serie FXi de Broadcast Electronics Inc.

Generador de la señal IBOC FM

Igualmente el generador de señal IBOC FM lo proporciona la compañía **Broadcast Electronics Inc.**, este es el generador de señales **FSi 10** (figura 3.22), el cual crea la señal de datos de bajo voltaje que necesita un excitador FXi para la transmisión de HD Radio.

Este generador puede trabajar en las tres formas de generación de la señal FM IBOC, además cuenta con un receptor GPS para la sincronización de señales. Detalles específicos acerca de este equipo son proporcionados por la empresa en la hoja de características, ver ANEXO C.

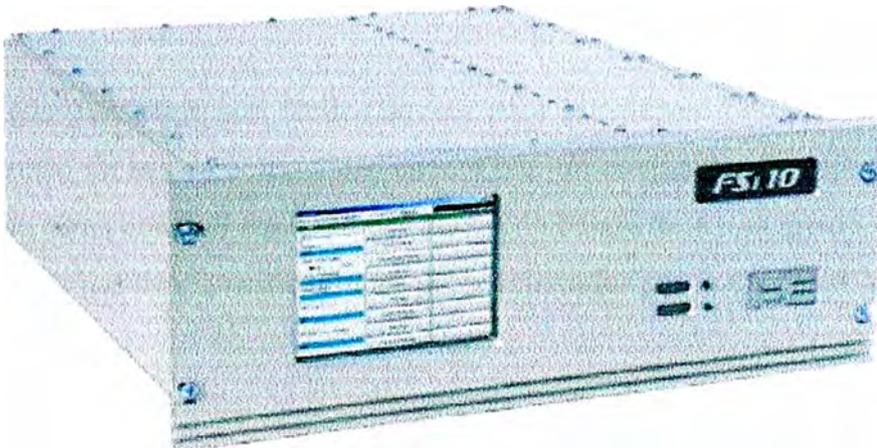


Figura 3.22 Generador FSi 10 para la señal IBOC FM

Procesador de audio

Inovonics es la compañía que nos puede proporcionar el procesador de audio adecuado para nuestra implementación en la planta transmisora, este es el procesador de audio para FM y HD Radio **532 Inovonics** (figura 3.23).

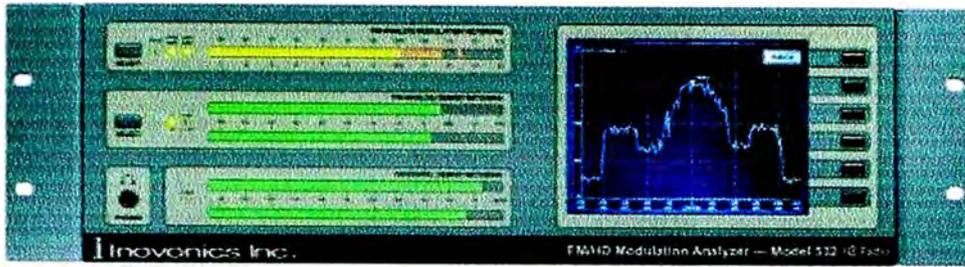


Figura 3.23 Procesador de audio 532 Inovonics

Los Inovonics 532 son monitores de modulación para FM y HD Radio, ofreciendo la operación controlada por un menú intuitivo y soportado por HD “multicasting”.

Todos los leds y displays son fáciles de leer para la recepción de parámetros analógicos y digitales, dentro de sus características cuenta con un analizador de espectro integrado para mostrar entre otras cosas el espectro del ancho de banda de RF ocupado. Se puede ver más detalles en las hojas de especificaciones proporcionadas por la empresa, ver ANEXO D.

Transmisor IBOC FM

Nautel es la compañía que proporciona el transmisor adecuado, el NV40 de Nautel (figura 3.24) preparado para Radio HD es un sistema de un solo gabinete que ofrece tres modos de funcionamiento: Radio HD, híbrido y analógico. La potencia de salida máxima en el modo analógico es de 44 Kw, en el modo híbrido 32 Kw y en el modo HD 12 Kw.

Este transmisor posee la nueva interfaz de usuario avanzada de Nautel, una pantalla LCD color de 17 pulgadas con una amplia variedad de visualizaciones configurables.

La interfaz de usuario avanzada incluye mediciones en tiempo real, analizador de espectro de instrumentos, analizador de modulación IBOC, monitoreo a nivel de módulo, registro y control de funciones. El control de esta interfaz se realiza por pantalla táctil o con ratón y teclado. Un navegador Web permite tener un acceso remoto completo.

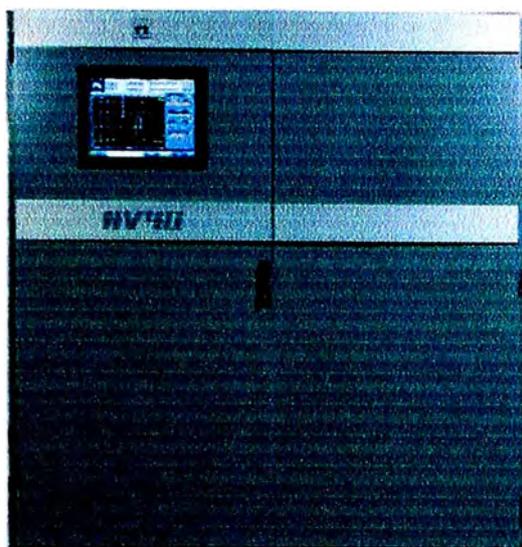


Figura 3.24 Transmisor IBOC FM NV 40 Nautel

Las hojas de especificaciones proporcionadas por la empresa nos dan más detalles acerca del transmisor, ver ANEXO E.

Combinador IBOC FM

La compañía Electronics Research Inc. (ERI), posee el combinador ideal para acoplar la señal analógica y la señal IBOC digital con pérdidas de 10 dB, produciendo en la salida la señal IBOC Híbrida que será acoplada a la antena de transmisión.

Proporciona en general dos versiones de combinadores IBOC híbridos de 10 dB, uno de baja/media potencia, para niveles de potencia análoga de hasta 30 Kw. y otro de alta potencia que puede manejar potencias de hasta 80 Kw. (figura 3.25)

En las hojas de especificaciones proporcionadas por la empresa “ERI”, ver ANEXO F se puede apreciar con más detalle las características de los diferentes modelos existentes.

Antena

Como nuestro informe pretende suministrar un sistema donde se utilice la mayoría de los equipos instalados, que en nuestro caso también incluye la antena en uso, por lo que no se considera el detalle de algún tipo de antena en particular. Sin embargo en caso de ser una estación completamente nueva tendría que utilizarse alguna de los muchos modelos que

servan para nuestro sistema, se recomienda una antena con polarización elíptica es decir 90% vertical 10% horizontal con por lo menos 6 a 8 elementos.

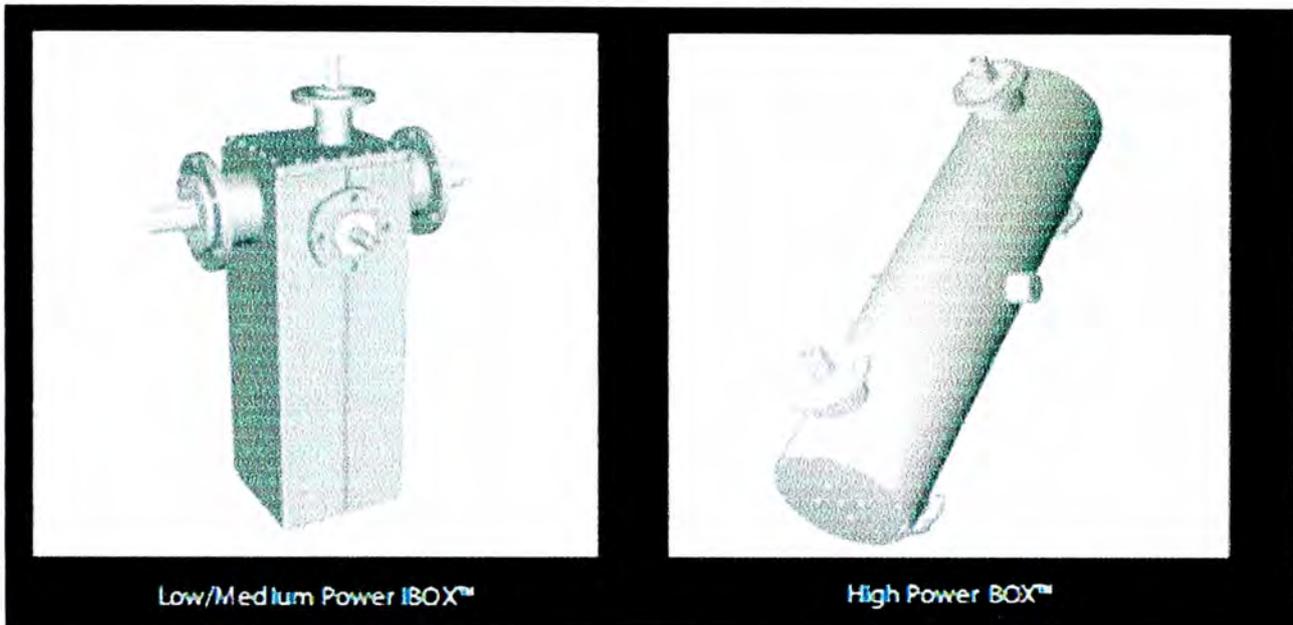


Figura 3.25 Combinadores IBOC Híbrido de ERI

Suministro eléctrico

El suministro principal de la planta transmisora, lo proporcionará la compañía de electricidad correspondiente, igualmente se deberá tener un suministro de energía eléctrica de respaldo, el cual lo proporcionará lógicamente, un grupo electrógeno, el cual deberá considerar la potencia del transmisor análogo, el transmisor digital y el equipo de aire acondicionado básicamente. Estos tres equipos, en su conjunto suman aproximadamente unos 60 Kw., considerando un equipo de aire acondicionado de unos 15 Kw. El grupo electrógeno a utilizar deberá tener el doble de potencia o sea unos 120 Kw.

La compañía FG Wilson Perú posee el modelo P150E de 132 Kw., el cual tiene entre sus diversas características lo siguiente:

- Motor Perkins modelo 1006 TAG
- Generador LeRoy Somer Modelo LL3014F
- Frecuencia de 60 Hz.
- Voltaje de 220 voltios.
- Peso 1480 Kg.
- Dimensiones: Largo 2.675 m, ancho 0.9 m y altura de 1.46 m.

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN PRESUPUESTAL Y DE TIEMPO DE EJECUCIÓN

4.1 Estimación presupuestal

El presente capítulo está encaminado a indicar los costos referenciales para el equipamiento de una estación radiodifusora sonora digital para la banda de frecuencia modulada, utilizando la tecnología IBOC.

Se va a considerar costos referenciales (ver Tabla 4.1), ya que la mayoría de las empresas no proporcionan los precios de sus equipos por políticas internas de las mismas, igualmente se tiene en consideración que los precios proporcionados son solamente de los equipos que son necesarios para pasar de una transmisión analógica a una transmisión híbrida (análogo/digital) como son el Excitador Digital, el Generador IBOC y el Transmisor IBOC entre otros equipos.

TABLA 4.1 Costos referenciales

ESTIMACIÓN DE COSTOS INCLUIDO I.G.V. (PRECIOS EN DÓLARES USA.)				
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
01	Excitador Digital	01	2400	2400
02	Generador IBOC	01	2000	2000
		01		

03	Transmisor IBOC	01	220000	220000
04	Procesador de Audio	01	6000	6000
05	Combinador	01	1500	1500
06	Grupo electrógeno	01	14000	14000
07	Equipo de aire acondicionado	01	3000	3000
08	Diseño	01	5000	5000
09	Instalación	01	2500	2500
10	Adecuación de las instalaciones	01	2000	2000
11	Comisionamiento	01	12000	12000
12	Capacitación	05	500	2500
TOTAL				\$ 272900

4.2 Tiempo de ejecución

En la tabla 4.2 (Diagrama de tiempos), se muestra en forma aproximada el tiempo requerido para la implementación del sistema sugerido.

TABLA 4.2 Diagrama de tiempos

N°	Actividad	Meses									
1	Diseño del sistema	■	■								
2	Adquisición		■	■	■	■					
3	Adecuación de las instalaciones				■	■					
4	Instalación equipos					■	■	■			
5	Pruebas						■	■			
6	Comisionamiento								■		
7	Capacitación									■	

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1.- El sistema IBOC FM se muestra en la actualidad como el estándar idóneo para la migración de las estaciones de radiodifusión sonora que trabajan en la frecuencia modulada (FM) a un sistema digital.
- 2.- Como se ha podido observar a lo largo del desarrollo de este informe, existen diferentes opciones con respecto a la aplicación de la FM IBOC, sin embargo es muy notorio que la utilización del método de combinación de alto nivel, donde se utiliza dos amplificadores por separado, uno para la señal analógica y otro para la señal digital, los cuales se juntan en un combinador para ser transmitido a través de una sola antena, este método tiene la ventaja de que en general solamente se tiene que adquirir un transmisor IBOC y que se pueda conservar el transmisor analógico. Esto último es muy importante cuando se hace una transmisión híbrida y más adelante se tenga que pasar a una transmisión netamente digital, otra ventaja es que como los sistemas analógico y digital operan por separado nos da una mayor redundancia en caso de que alguno de ellos falle.
- 3.- La desventaja quizás sería que se tiene que adquirir un transmisor muy potente debido a las pérdidas del combinador que como ya se informó son de 10 dB y además se necesita incrementar el transmisor analógico vigente en un 10%, esto último también hace que se tenga que aumentar la potencia eléctrica suministrada y además el nuevo transmisor como es lógico producirá mayor calor, lo cual también se tiene que tener en consideración con respecto al sistema de enfriamiento a utilizar. La FCC (Federal Communications Commission) en su debido momento aprobó la utilización de una antena común que permita tener una misma cobertura tanto para la señal analógica como para la

digital.

Recomendaciones

- 1.- Las recomendaciones que se formulan son básicamente, que el ente regulador de la radiodifusión sonora en el país escoja, lo más rápido posible, un estándar a utilizar para la transición analógica a digital. Para esto es necesario formar una comisión de expertos que deberían estar conformadas por representantes del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, de los Radiodifusores y de las Universidades del país.
- 2.- Mediante este informe tratamos de recomendar el sistema IBOC FM (HD Radio), ya que se trata de un sistema que ha sido probado ampliamente en los Estados Unidos de Norteamérica, donde funciona muy bien, además de existir una gran cantidad de fabricantes de Receptores a muy bajo costo.
- 3.- Los equipos para HD Radio que usted adquiriera hoy serán de mucha importancia para lo que se nos venga en el futuro, lo importante para cualquier sistema de HD Radio es la flexibilidad de operación – redundancia así como un camino de actualización hacia los servicios nuevos que están en camino. Un sistema sin flexibilidad puede perjudicar al FM analógico de hoy y eliminar oportunidades para servicios de texto y audio secundario que pronto vendrán.

ANEXO A
RADIO ENLACE SRPT 30 (TRANSMISOR) Y SR30 (RECEPTOR) DE MARTI
ELECTRONICS

MODELO SRPT-30 TRANSMISOR DE CONTROL REMOTO (RPU)



El transmisor de control remoto SRPT-30 sigue la tradición del famoso RPT-30 del pasado, pero incorpora la tecnología de hoy, incluyendo un sintetizador de frecuencias y un amplificador de potencia de banda ancha. El transmisor opera en dos frecuencias preprogramadas en la fábrica, y no hay límite en la separación de esas frecuencias dentro de la misma banda de frecuencias. Hay modelos para todas las bandas RPU desde 135 hasta 965 MHz. La tabla abajo indica las bandas disponibles con sus frecuencias exactas.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL SRPT-30:

- Mezclador de micrófonos de cuatro canales integrado. Uno de esos canales puede convertirse a nivel de línea, elegido por switch interno.
- Potencia continua de 30 Watts en la mayoría de frecuencias.
- Opera en dos frecuencias en la misma banda, programadas en la fábrica.
- Se permite hasta 50 MHz de separación entre las dos frecuencias.
- Las frecuencias divisibles por 5 o 6.25 kHz, tienen una precisión de $\pm .00004\%$. Las frecuencias en divisibles por otros valores tienen una precisión de $\pm .00015\%$.
- No se requiere sintonía de RF
- Fuente de poder conmutable opera en voltajes entre 110-120 VAC ó 220-240 VAC (elegido internamente), 50/60 Hz
- LEDs indican condiciones de VSWR Alto, Sobretemperatura, AFC Lock y Transmitir/Standby.
- El medidor VU iluminado indica potencia directa, potencia reflejada, corriente PA, voltaje PA y compresión de audio.
- Potencia de salida ajustable desde el panel frontal.
- Se puede operar de voltaje externo de 12-15 VDC ó 15-30 VDC. Operará con hasta 7 VDC con reducción de potencia de salida.
- Conexión para control de transmisión externo.
- Supresión de ruidos en la entrada de voltaje externa.
- El microprocesador interno controla las siguientes características adicionales:
 - Mantiene la potencia de salida constante con cambios de frecuencia, temperatura y voltaje.
 - Alarmas de alta temperatura y VSWR.
 - Reducción de potencia automática con alto VSWR.
 - Apague automático debido a temperaturas excesivas o una carga abierta o en corta.

ESPECIFICACIONES DEL SRPT-30

Bandas de frecuencias y potencia de salida máxima (operación continua en carga de 50 ohms ($\pm 10\%$):

Modelo	Rango de Frecuencias	Potencia de Salida
SRPT-30-150	135-185 MHz	20 Watts @ 135-140 MHz 30 Watts @ 140-180 MHz 20 Watts @ 180-185 MHz
SRPT-30-230	215-250 MHz	30 Watts @ 215-250 MHz
SRPT-30-250	235-265 MHz	25 Watts @ 235-245 MHz 30 Watts @ 245-265 MHz
SRPT-30-330	300-350 MHz	20 Watts @ 300-315 MHz 30 Watts @ 315-350 MHz
SRPT-30-425	390-440 MHz	30 Watts @ 390-440 MHz
SRPT-30-450	430-480 MHz	30 Watts @ 430-480 MHz
SRPT-30-500	470-520 MHz	30 Watts @ 470-520 MHz
SRPT-30-850	840-870 MHz	20 Watts @ 840-870 MHz
SRPT-30-925	900-935 MHz	20 Watts @ 900-935 MHz
SRPT-30-950	935-965 MHz	20 Watts @ 935-960 MHz 18 Watts @ 960-965 MHz

Otras frecuencias disponibles, con mayor tiempo de entrega. Pregunte a MARTI sobre disponibilidad.

Elección de Frecuencia: Se programará en la fábrica a dos frecuencias dentro de la banda elegida, en pasos de 5 ó 6.25 kHz con 480 MHz y menos, ó pasos de 10 ó 12.5 kHz con 935 MHz y arriba.

Estabilidad de Frecuencia: -10° C a $+45^{\circ}$ C
 $\pm 0.0001\%$.

Agilidad y Precisión de Frecuencia: Solamente dos frecuencias, F1 y F2, a pedirse en el momento del pedido. Deberá operar dentro de una de las bandas indicadas arriba, y tendrá la siguiente precisión:

SRPT-30 en 150 a 450 MHz:
 $\pm 0.0004\%$ con frecuencias divisibles por 5 ó 6.25 kHz;
 $\pm 0.0015\%$ con la mayoría de frecuencias NO divisible por 5 ó 6.25 kHz*.

SRPT-30 model 950:
 $\pm 0.0004\%$ con frecuencias divisibles por 10 ó 12.5 kHz;
 $\pm 0.0015\%$ con la mayoría de frecuencias NO divisible por 10 ó 12.5 kHz*.

Controles del Panel Frontal: 4 controles de nivel de entrada, selector del medidor, switch de codificador, switch para elegir F1 ó F2, potenciómetro para ajustar potencia de salida, switch de transmitir/standby, conector de audifonos.

Medición: El medidor iluminado indica: potencia de salida, potencia reflejada, corriente PA, voltaje B+, y compresión de audio. Los LEDs indican: transmisión, AFC lock, VSWR alto, y temperatura alta.

Control de Modulación: Limitador/compresor de calidad profesional integrado.

Entradas de Audio: Cuatro entradas de micrófono balanceadas (XLR3, 150 ohms) con controles de ganancia individuales. La entrada no. 4 se conmuta a nivel de línea balanceada, con un conector tipo "D" en el panel trasero.

Desviación: Ajustable. ± 20 kHz max.

Nivel de Audio de Entrada: Las entradas de micrófono se pueden ajustar entre -68dB a -35dB. La entrada de línea puede ajustarse de 0 a +10dBm, 8-600 ohms.

Anchura de Banda del Audio: Normal, 7.5 kHz. (5 kHz y 10 kHz disponibles a la petición especial.)

Señal a Ruido: -53dB, con 5 kHz desviación, 75 microsegundos de pre-de-énfasis.

Respuesta de Frecuencias: ± 1.5 dB de 50 Hz a la frecuencia máxima del sistema, con 75 microsegundos de pre-énfasis.

Distorsión: $< 2\%$ de 50 Hz a la frecuencia máxima del sistema, con 75 microsegundos de pre-énfasis.

Conectores de Audio: XLR-3.

Codificador: Codificador sub-audible de tono continuo (27 Hz) integrado, para encender repetidores.

Conector Accesorio: Conector tipo "D" de 15 alfileres, para conectarse con fuente DC (12-15 VDC ó 15-30 VDC), encendido remoto, encender/apagar codificador, y entrada de nivel de línea.

Impedancia de Salida RF: 50 ohms.

Conector RF: Tipo N hembra.

Emisiones Espúreas: Mayor de 60dB debajo de la portadora.

Suministro de Energía: 110-220 VAC ó 220-240 VAC (se elige manualmente con switch interno), 50/60 Hz; operación desde fuente DC externo de 12-15 Volts ó 15-30 Volts.

Corriente de PA Aproximada: 6.5 a 7.5 Amps con potencia máxima. Este valor varía en las bandas diferentes y entre unidades.

Dimensiones: 3.5' (8.89 cm) altura x 11.5' (29.27 cm) anchura x 14.3' (36.83 cm) profundidad.

Dimensiones con Empaque: 9' (22.86 cm) altura x 19' (48.26 cm) de anchura x 22' (55.88 cm) profundidad.

Peso: Neto 8.25 libras. (3.74 Kg); Con empaque 16.75 libras (7.60 Kg).

No. de Identificación de la FCC: DDE-RPU-60W-150S para el modelo de 135-185 MHz; DDE-RPU-50W-450S para el modelo de 430-480 MHz. Las otras bandas no se utilizan en Estados Unidos.

MODELO SR-30 RECEPTOR DE CONTROL REMOTO (RPU)



El SR-40A es el receptor complementario para el transmisor de control remoto SRPT-30. Este receptor de dos canales incorpora la tecnología de hoy y puede operar en cualquier frecuencia dentro de su banda especificada. Hay modelos para todas las bandas RPU desde 135 hasta 965 MHz. La tabla abajo indica las bandas disponibles con sus frecuencias exactas.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DEL SR-30:

- Programada en la fábrica para dos frecuencias fijas que pueden estar en cualquier parte de la banda especificada.
- Las etapas de RF internas no requieren sintonía.
- Fuente de poder conmutable opera en voltajes entre 110-120 VAC ó 220-240 VAC (elegido internamente), 50/60 Hz
- Atenuador de señales ajustable integrado.
- Controles de nivel de salida, nivel de audífonos y squelch.
- LEDs indican condiciones de encendido/apagado, AFC Lock, squelch y atenuación de señal.
- El medidor VU iluminado indica nivel de señal recibida, nivel de audio de programa, nivel de señal de descodificador y voltaje de la fuente de poder.
- Capaz de operar desde voltajes externos de 12-15 VDC ó 15-30 VDC.

ESPECIFICACIONES DEL SR-30

DISPONIBLE EN LAS BANDAS SIGUIENTES:

Banda de 150 MHz:	35 a 85 MHz
Banda de 240 MHz:	215 a 265 MHz
Banda de 330 MHz:	300 a 350 MHz
Banda de 450 MHz:	430 a 480 MHz
Banda de 950 MHz:	935 a 965 MHz

ESPECIFICACIONES DE RF:

Estabilidad sobre rango de temperature operative:
= 0.0001%

Programación de Frecuencias:

Incrementos: Hz
Precisión: = 0.00025% desde la frecuencia central
Tiempo Para Cambiar Frecuencia: <2 segundos
Número de Canales/Frecuencias:
Dos, programadas en la fábrica.
Separación entre Canales: No hay límite dentro del rango de la banda especificada.

Ancho de Banda de Recepción:

20-50 kHz, dependiendo en las frecuencias elegidas

Desviación:

.5, 5.0, 7.5 ó 0.0 kHz dependiendo en frecuencia y filtro

Espurias: -90 dB

Sensibilidad:

Para 20 dB Relación Señal/Ruido: 0.5 μ Vs

Para 30 dB Relación Señal/Ruido: 2.0 μ Vs

Para 40 dB Relación Señal/Ruido: 4.0 μ Vs

Para Relación Señal/Ruido Máxima (típicamente 57 dB o mayor): 00 μ Vs

ESPECIFICACIONES DE AUDIO:

Tecnología Utilizada:

Phase-locked loop (sintetizado)

Espurias: -90 dB

Conector de Audio: Conector tipo D de 5 alfileres

Impedancia de Salida: 600 Ohms Balanceados

Nivel de Salida: 0 a -2 dBm

Respuesta de Frecuencias:

Anchura de canal 0 kHz, desviación .5 kHz, filtro de 20 kHz:
50 Hz a 3 kHz = 1.5 dB.

Anchura de canal 25 kHz, desviación 5.0 kHz, filtro de 25 kHz:
50 Hz a 7.5 kHz = .5 dB.

Anchura de canal 36 kHz, desviación 7.5 kHz, filtro de
50 Hz a 0.5 kHz = .5 dB

Anchura de canal 4 kHz, desviación 0.0 kHz, filtro 50 kHz
50 Hz a 0.5 kHz = .5 dB.

Relación Señal/Ruido con entrada de 100 μ V:

Anchura de banda 10 kHz con desviación 1.5 kHz: 44 dB

Anchura de banda 25 kHz con desviación 5.0 kHz:
53 dB

Anchura de banda 36 kHz con desviación 7.5 kHz:
57 dB

Anchura de banda 50 kHz con desviación 0.0 kHz: 57
dB

Distorsión Armónica (THD) mas Ruido:

Anchura de banda 0 kHz con desviación .5 kHz:
2% ó menor, 50 Hz a 3 kHz

Anchura de banda 25 kHz con desviación 5.0 kHz:
2% ó menor, 50 Hz a 7.5 kHz

Anchura de banda 36 kHz con desviación 7.5 kHz:
2% ó menor, 50 Hz a 0.5 kHz

Anchura de banda 50 kHz con desviación 0.0 kHz:
2% ó menor, 50 Hz a 0.5 kHz

Distorsión de Intermodulación (IMD) para una

Relación Señal/Ruido de 20 dB: 75 dB

Rechazo de Imagen: 00 dB

Audifonos (con control en el medio de su rango):

Respuesta de Frecuencia:

= .5 dB del ancho de banda especificado

Relación Señal/Ruido: -37 dB

Distorsión Armónica (THD) mas Ruido:

2.5% ó menos en 400 Hz

MECÁNICO/FÍSICO:

Conector de Entrada RF: Tipo N hembra

Conector Accesorio: Enchufe 1/4" para

Audifonos

Conector de Salida de Audio (mono):

Conector tipo D de 5 alfileres

Dimensiones (sin empaque):

8.9cm Altura x 30.5cm Ancho x 38. cm

Profundidad

3.5" Altura x 2" Ancho x 5" Profundidad

Peso (sin empaque): 6.7 lbs (3.0 kg)

AMBIENTAL:

Temperatura Operativa: -10° C to -50° C

Altura: Máxima de 3048m (0,000 pies)

Humedad: Máxima 95% sin condensación

ELÉCTRICO:

Voltaje:

Operación AC: 85-264 VAC; 47-63 Hz

Operación DC: - 0 a - 4 VDC

Consumo de Energía: 55 W máximo, 25 W típico

ANEXO B
EXCITADOR FXi DE BROADCAST ELECTRONICS INC



FXi 250 and FXi 60 Excitadores Digitales

La serie FXi de excitadores FM de Broadcast Electronics hace posible la implementación más sencilla y, a la vez, elegante de HD Radio – el uso de un radiobencae unidireccional, un solo excitador, un solo transmisor y una sola antena.

Al mismo tiempo, los excitadores FXi proporcionan el mayor rendimiento posible para las aplicaciones de FM analógico normal. Le permite transmitir la señal más limpia que va a encontrar en el dial, debido a su sistema de modulación por medio de Procesamiento de Señales Digitales (DSP) y la generación de esta señal Directo a Frecuencia.

Además, incluye opciones integradas que son opcionales o equipos adicionales con otras marcas – Generadores Estéreo, SCA y RDS, y entradas de audio AES/EBU y óptico junto con las entradas analógicas y combuestas normales que usted esperaría. El sistema de control por medio de una pantalla de video de colores y sus funciones extensas de diagnóstico hacen su configuración y operación muy fáciles.

Usted se va a asombrar del gran número de características y gran rendimiento de los excitadores FXi.



Características Principales

- Generación de la frecuencia RF Directo a Canal, para las mejores especificaciones y el mayor rendimiento.
- Modelos de 60 y 250 Watts para satisfacer todas las necesidades.
- Un gran rango de formatos de entradas de audio, incluyendo analógico izquierda/derecha, estéreo compuesto, monoaural analógico, AES/EBU óptico y alambrado, SCA y RDS.
- Cualquier entrada de audio puede ser seleccionada como la entrada principal o entrada de emergencia (secundaria).
- La fuente de poder se adapta automáticamente a todos los voltajes AC normales, y cuenta con corrección de factor de potencia y detección de alto o bajo voltaje.
- Preparado para actualizarse a la HD Radio. Se puede usar con un radiobencae unidireccional con la instalación de la tarjeta opcional Exgire.
- Se puede operar en los modos FM analógico solamente, HD Radio solamente, o FM Analógico+HD Radio, utilizando un solo excitador, un solo transmisor y una sola antena.
- Se puede cambiar el modo de operación de Analógico a HD Radio mientras está operando.
- Generador estéreo y procesador de audio básico integrados.
- Dos generadores de SCA integrados.
- Codificador RDS básico integrado.
- Además cuenta con una entrada para un generador RDS externa para la transmisión de datos de cambio dinámico.
- El sistema de control por un menú en video a colores (resolución 640 x 480 VGA) hace fácil su configuración, operación y mantenimiento.
- Se puede proteger la configuración con la asignación de una contraseña.
- Filtro de RF pasabajo integrado, permitiendo su uso como un transmisor de baja potencia.
- Entrada de referencia de frecuencia externa para sincronizar su frecuencia a una fuente externa tal como la GPS.
- Modulación y control por medio de DSP permite ajustes de parámetros especialmente precisos.
- El módulo de potencia cuenta con dos amplificadores independientes. Si uno falla, el excitador FXi se mantiene al aire con potencia reducida.



FXi 250/60 Excitadores Digitales

Los excitadores FXi 60 y FXi 250 de Broadcast Electronics son los excitadores para FM más novedosos en la industria. Los FXi fueron los primeros excitadores digitales Directo a Canal en el mercado. Y esto es solamente una de una larga lista de características impresionantes en esta nueva generación de excitadores FM.

La generación de frecuencia Directo a Canal significa que el sistema de Procesamiento de Señales Digitales (DSP) está creando la frecuencia de salida directamente, sin etapas IF o convertidores de frecuencia. Esto entrega el mejor rendimiento y las mejores especificaciones, y remueve la necesidad de filtros para eliminar artefactos causados en el proceso de conversión. Se nota la ausencia de ruidos y emisiones de espurias que existen en otros excitadores digitales. También se incluye un filtro pasabajo de RF, para permitir al excitador la transmisión directa al aire.

Se incluye una entrada de referencia de frecuencia externa, permitiendo la sincronización a una fuente de frecuencia externa, como la GPS. Esta opción es esencial para aplicaciones tales como los repetidores en frecuencia ("Boosters"), en donde las frecuencias y fase de la portadora y piloto tienen que ser precisamente iguales.

La fuente de poder universal incluye detección de alto o bajo voltaje de línea y corrección del factor de potencia (PFC). Las compañías de suministro de energía exigen cada vez más el cumplimiento de las normas de factor de potencia, y no habrá razón de preocuparse de esto con un excitador FXi.

Usted tendrá una amplia gama de entradas de audio para diferentes necesidades, tales como el estéreo analógico izquierdo/derecha, monaural analógico, estéreo compuesto, AES/EBU óptico y alambreado, y entradas de SCA y RDS. Se puede designar una de las entradas como entrada principal, y otra como entrada de emergencia que será utilizada automáticamente en caso de una falla en la entrada principal.

El sistema de control por menú utiliza una pantalla de video a colores VGA (640 x 480) que le da la capacidad de ajustar cualquier parámetro en el FXi con una precisión digital. Por ejemplo, se puede fijar el nivel de modulación o la inyección de piloto con una precisión absoluta. Opcionalmente se puede programar una contraseña al sistema de control por menú, para protegerse contra cambios o ajustes no autorizados.

Dos generadores SCA son integrados en el excitador FXi, y además hay una entrada para un generador SCA externo. Un generador RDS también está incluido para la transmisión de información básica y estática, o se puede conectar un generador RDS externo para la transmisión de contenido de RDS dinámico.

Los excitadores FXi son completamente capaces de actualizarse para la transmisión de HD Radio. Se puede transmitir en los modos FM analógico solamente, HD Radio FM solamente, o FM analógico+HD Radio, y se puede cambiar entre modos mientras está operando.

Con un excitador FXi, es posible transmitir con la solución de segunda generación de HD Radio más sencilla y elegante. En esta configuración, el exportador e importador de datos se coloca en los estudios, y se usa un radioenlace sin compresión unidireccional conectado a un solo excitador FXi, un solo transmisor y una sola antena. Esta solución sencilla permite la transmisión de FM analógico y HD Radio simultáneamente. Nada más se agrega la tarjeta opcional Exgine al excitador para permitir la transmisión en este modo. Todos los otros componentes de HD Radio, incluyendo el importador, exportador y el procesador de audio, pueden colocarse en el estudio. Se trata de un sistema de HD Radio más sencillo, más confiable y más fácil de manejar. Y si eso no fuera poco, más sencillo también significa más económico. Es importante notar que con los excitadores FXi de Broadcast Electronics, usted no tiene que sacrificar características o rendimiento para contar con la solución sencilla.

Los nuevos excitadores FXi de Broadcast Electronics son ejemplos de la manera que hacemos las cosas en Broadcast Electronics... Mejor Ingeniería... Mejores Soluciones.



ANEXO C
GENERADOR DE SEÑALES HD RADIO FSi 10 DE BROADCAST
ELECTRONICS INC



FSi 10

Generador de Señales de HD Radio

La radio digital FM se vuelve una realidad con el generador de señales FSi 10. El FSi 10 crea la señal de datos de bajo voltaje que necesita un excitador FX para permitir las transmisiones de HD Radio. Esto es una alternativa atractiva para el modo de operación que se llama "combinación en bajo nivel", en donde se combinan las señales de dos excitadores para amplificarlas en un solo amplificador de potencia. El FSi 10 también funciona en el modo de HD Radio solamente, en donde un transmisor de la señal de la parte digital de HD Radio se combina con un transmisor analógico normal en alto nivel, o se transmite a través de una segunda antena.

El FSi 10 cuenta con un receptor GPS integrado para la sincronización de señales, y una interfaz con pantalla "touchscreen" a colores para todas sus operaciones y ajustes.

El FSi 10 forma parte de todos los transmisores de HD Radio de la serie FMI, y también funciona con transmisores FM de las serie C y S que han sido actualizados para transmitir HD Radio. El FSi 10 es un resultado de muchos años de investigaciones y pruebas que le permite transmitir HD Radio con la alta calidad que usted siempre espera de Broadcast Electronics.

El FSi 10 también puede ser usado como un generador de señales de HD Radio para la transmisión de HD Radio en la banda FM. El FSi 10 acepta una entrada de audio digital AES y crea la señal digital de HD Radio en el nivel de datos de bajo voltaje, y esto se entrega a un excitador FX para su transmisión. Cuando se usa en combinación con la tarjeta opcional Engine de excitador FX, se puede producir una señal híbrida FM+HD, o la señal HD solamente. Esto le permite la opción de operar con un solo excitador, un solo transmisor y una sola antena, evitando la complejidad de la combinación en alto nivel de dos transmisores separados. Pero también se usa con el modo de combinación en alto nivel y la transmisión con dos antenas separadas.

El FSi 10 se ubica en el sitio de transmisión, y se conecta al importador de datos de HD Radio (ubicado en los estudios) con un radioenlace bidireccional o una conexión de datos terrestre.

Un receptor de GPS interno integrado se incluye en el FSi 10 para permitir la sincronización de señales que requiere la HD Radio. Adicionalmente, le da la capacidad de alinear en tiempo las señales analógicas y digitales, permitiendo una transición suave en el receptor cuando se cambie entre los dos modos.

El FSi 10 cuenta con una interfaz de video "touch-screen" con resolución VGA. El menú de operación y una referencia de ayuda hacen muy sencilla la configuración y operación de la unidad. El FSi 10 ha sido diseñado para una operación confiable con poco mantenimiento, pero en caso que se requieran ajustes, usted va a apreciar la interfaz de usuario conveniente.

Los transmisores para HD Radio de la serie FMI de Broadcast Electronics ya cuentan con el generador de señales FSi 10 integrado.

El FSi 10 fue diseñado con la filosofía y tradición de un diseño confiable y conservador que ha convertido a Broadcast Electronics en la norma de la industria de la radio. Ya es hora de comenzar a transmitir la HD Radio FM con un generador de señales FSi 10 de Broadcast Electronics. Mejor Ingeniería... Mejores Soluciones.

Características Principales

- Generación de la señal digital de HD Radio para la banda FM
- Agregado a un excitador FX, permite la transmisión de los modos Solo HD y FM+HD en sistemas de combinación de bajo alto nivel.
- Interfaz de usuario por medio pantalla "touch-screen" VGA a colores, para una fácil configuración y operación.
- Sistema de ayuda en pantalla para la configuración y operación.
- GPS integrado para la sincronización de fuentes de audio y señales.
- Alineamiento en tiempo de las señales FM analógica y HD Radio.
- Preparado para montaje de rack (5 unidades de rack).

Broadcast Electronics y el logotipo BE son marcas registradas de Broadcast Electronics Inc. HD Radio es una marca registrada de iBiquity Digital Corporation. Otras marcas pertenecen a sus dueños correspondientes.



Broadcast Electronics, Inc. • 4100 North 24th Street, PO Box 3606, Quincy, Illinois 62305-3606 U.S.A.
Telephone: +1 (217) 224-9800 • Fax: +1 (217) 224-9807 • E-Mail: bdcast@bdcast.com • www.bdcast.com

ANEXO D
PROCESADOR DE AUDIO 532 DE INOVONICS

Inovonics 532

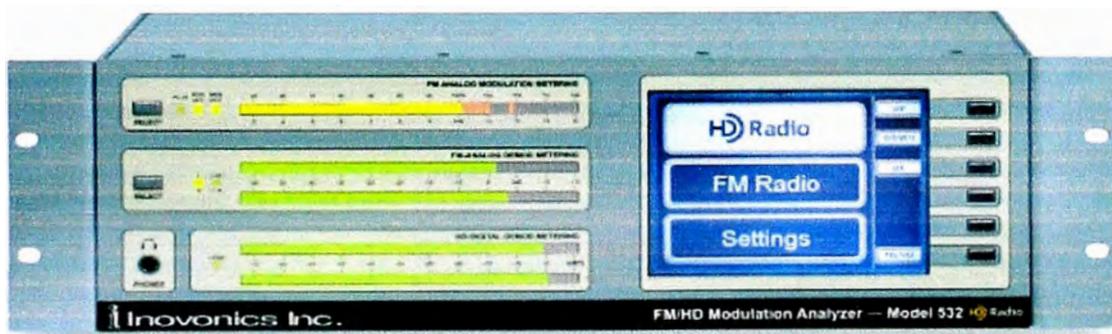
A Modulation Monitor for FM and HD Radio[®]

AN OFF-AIR MOD-MONITOR FOR ANALOG AND IBOC-DIGITAL FM-BAND BROADCASTING

Inovonics' 532 satisfies the need for comprehensive transmission parameter measurements for conventional analog-FM broadcasts and for those accompanied by In-Band-On-Channel (IBOC) digital transmissions to the iBiquity Digital HD Radio[®] System standard, including supplemental-channel "Multicasting."

The 532 is entirely menu-driven from the front panel and gives both graphic and numeric displays of signal parameters on the LCD screen and on LED bargraph readouts. FM RDS and HD PAD program-associated text is decoded and displayed, and occupied-RF and FM -baseband spectrum analysis graphics may be viewed on the LCD.

Full data acquisition is available through rear-panel serial, USB and TCP/IP network ports, and isolated alarm tallies enable remote indications of over-deviation, excessive multipath, and loss of carrier or program audio or supplemental HD programs.



i **Inovonics**
1305 Faber Ave. • Santa Cruz, CA 95060
TEL: (831) 458-3552 • FAX: (831) 458-3554
www.inovon.com • e-mail: info@inovon.com

Inovonics 532

Features & Specifications

- Accurate off-air measurement of FM and FM/HD Radio[®] signal parameters, including RDS and PAD data.
- Measures injection of FM subcarriers; displays signal strength and multipath effects.
- Bright, easy-to-read LCD screen and LED bargraph readouts.
- Built in spectrum analysis for incoming RF and FM baseband.
- Full complement of interconnects for network or computer control and alarms.

TUNING RANGE

57.9–105.1MHz in 200kHz steps

SENSITIVITY

10 μ V (10dBf) for 50dB mono quieting; 250 μ V (60dBf) is normally required for valid off-air FM modulation measurements.

RF INPUTS

A rear-panel switch selects between the F antenna input and the BNC high-level RF input.

BASEBAND INPUT

A BNC composite/MPX input to the FM stereo decoder and subcarrier measurement circuitry accepts levels of 1V p-p or greater.

BASEBAND OUTPUT

A BNC composite/MPX demod output delivers 3V p-p at 100% FM modulation.

STEREO PROGRAM OUTPUTS

XLR outputs for L/R audio and AES/EBU digital audio; independent outputs for both FM and for HD Radio[®] programs. The HD Radio[®] outputs follow the front-panel selection between main and supplementary HD multicasting channels.

PRELIMINARY

DATA PORTS

RS-232 Serial, USB and TCP/IP Network ports allow remote control of the 532, archiving of measurement data, and the uploading of firmware updates.

FM CARRIER MODULATION DISPLAY

LED bargraph with 1% resolution and 'floating dot' peak-hold. Peak integration is selectable between 0.1ms, 0.2ms, 0.5ms, 1.0ms.

FM PEAK FLASHER

Menu-programmable in 1% increments, 95% to 125%.

PILOT/SUBCARRIER MEASUREMENT

Measurement filters for 19kHz, 35kHz, 57kHz, 67kHz, 92kHz. Injection levels between 3% and 14% are shown with 0.2% resolution.

DEMOD METERING DISPLAY

Independent bargraph metering for FM and for HD Radio program signals, switchable between L/R and L+R/L-R. Peak-responding between -30dB and full-scale, average-responding below -30dB.

SPECTRUM ANALYZER UTILITY

The graphic LCD screen displays a detailed spectrum analysis of the incoming RF signal, and includes the NRSC-5 mask for occupied spectrum. The analyzer also can display the spectrum of the demodulated FM baseband.

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Full performance specs are available on the Inovonics Website: www.inovon.com

POWER REQUIREMENTS

95–250VAC, 50/60Hz; 50W

SIZE AND SHIPPING WEIGHT

5 1/2" H x 19" W x 12" D (3U); 16 lbs

PRICE AND AVAILABILITY

\$5990; fall, 2006

ANEXO E
TRANSMISOR IBOC FM NV 40 DE NAUTEL

NV40

TECHNICAL SUMMARY
www.nautel.com | info@nautel.com



GENERAL

Transmitter Type

FM Broadcast, 100% solid state

Configuration

16 RF power modules with integrated IPA PA's
32 switching power supplies (2 per RF power module)

2 IPA power supplies

Integrated exciter

Standard Features

- Redundant IPA power supply
- Redundant low voltage power supplies
- Redundant fan power supply

Optional standby exciter

Efficiency

Analog Mode:

64% typical at 40.0 kW

HD Radio™ Hybrid Mode (-20dB):

55% typical at 29.2 kW

HD Radio™ Hybrid Mode (-10dB):

40% typical at 16.0 kW

HD Radio™ Digital Mode:

33% typical at 11.2 kW

RF Load VSWR

1.5:1 with automatic power reduction into higher VSWR

Protected from open and short circuits at all phase angles

RF Frequency Range

87.5 MHz to 108 MHz

No tuning required

Turn Around Loss

Better than 20 dB

Spurious and Harmonic

Meets or exceeds all FCC/IC/CE requirements

RF Output Power

Analog mode:

1200 W to 44,000 W into a 1.2 VSWR

1200 W to 40,000 W into a 1.5 VSWR

HD Radio™ Hybrid Mode (-20 dB):

32,000 W into a 1.2 VSWR

29,200 W into a 1.5 VSWR

HD Radio™ Hybrid Mode (-10 dB):

17,500 W into a 1.2 VSWR

16,000 W into a 1.5 VSWR

HD Radio™ Digital mode:

12,000 W into a 1.2 VSWR

11,200 W into a 1.5 VSWR

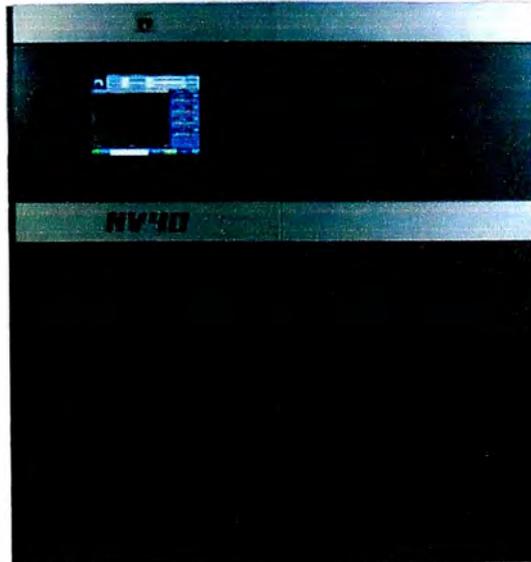
RF Output Connection

4-1/16 inch EIA, female (standard)

3-1/8 inch EIA, female (optional)

RF Output Impedance

50 ohms unbalanced



SPECIFICATIONS SUBJECT
TO CHANGE WITHOUT NOTICE

ISSUE 1.3

Phone: +1 902 823 2233 Fax: +1 902 823 3183

www.nautel.com | info@nautel.com

HD Radio is a trademark of Intel. Copyright All rights reserved.



AC INPUT

Voltage

180 V ac to 264 V ac, 3 phase, 50/60 Hz
31.2 V ac to 457 V ac, 3 phase, 50/60 Hz
180 V ac to 264 V ac, 1 phase, 50/60 Hz

Power Consumption

Analog mode:

62.5 kW at 40.0 kW RF output (63.1 kVA)

HD Radio™ Hybrid Mode (-20dB)

53.1 kW at 29.2 kW RF output (53.6 kVA)

HD Radio™ Hybrid Mode (-10dB):

39.9 kW at 16.0 kW RF output (40.3 kVA)

HD Radio™ Digital Mode:

33.9 kW at 11.2 kW RF output (34.3 kVA)

Power Factor

Unity Power Factor Corrected (typically 0.99)

Power Line Harmonics

IEEE 519-1992

AUDIO PERFORMANCE

Asynchronous AM S/N Ratio

Better than 55 dB below reference carrier with 100% amplitude modulation using 75 μ s de-emphasis (no FM modulation present)

Synchronous AM S/N Ratio

Better than 50 dB below reference carrier with 100% amplitude modulation using 75 μ s de-emphasis

ENVIRONMENTAL

Temperature Range

0°C to +50°C
Derate 3°C per 500 m above sea level
2°C per 1000 ft)

Humidity Range

0% to 95% non-condensing

Altitude

0 m to 3000 m (0 ft to 10,000 ft)

Cooling Air Requirements

5094 m³/hr (3000 cfm)

PHYSICAL

Dimensions

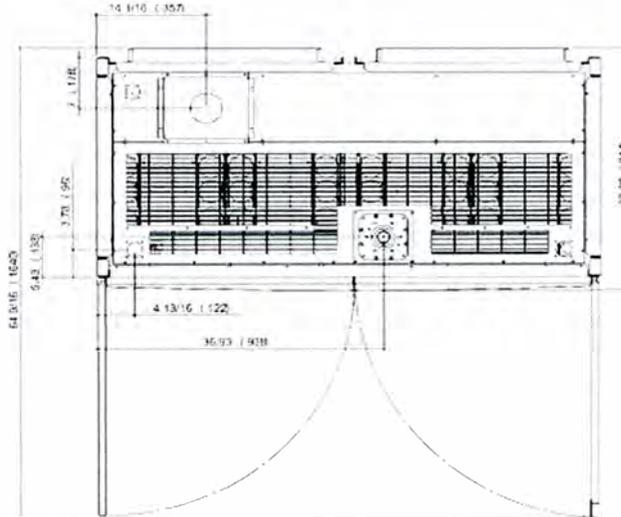
Open ventilation configuration:
184.2 cm H x 165.1 cm W x 81.3 cm D
(72.5" H x 65" W x 32" D)

Note: total depth 84.2 cm (33.1") with air filters fitted

Closed ventilation configuration - consult factory

Weight

726 kg (1600 lbs)



Notes:

Specifications established at rated power unless otherwise noted.

All measurements into 50 ohm resistive load.

AC input voltage at nominal level.

SPECIFICATIONS SUBJECT
TO CHANGE WITHOUT NOTICE



ANEXO F
COMBINADOR IBOC FM DE ELECTRONICS RESEARCH INC (ERI)



IBOC Combiners

Combiner Solutions for FM IBOC Implementation

The quality and reliability of ERI's standard quarterwave hybrids have been adapted for use in IBOC Hybrid Combiners. This high-power, broad band hybrid combiner provides a nominal 10 dB coupling level for the digital IBOC signal. The IBOX™ 10 dB Hybrid Combiner is available in two versions: a low/medium power version for analog FM power levels up to 30 kW and a high power version which is rated to handle up to 80 kW of analog FM power.



Low/Medium Power IBOX™



High Power IBOX™

Low/Medium Power IBOX™

Operating Band:	FM Band, 88 to 108 MHz
Port Impedance:	50ohm (<1.1:1 VSWR)
Port Connections:	
Analog Input:	1-5/8inch or 3-1/8 inch flanged, capitated male
Digital Input:	1-5/8inch flanged, capitated male
Antenna Output:	1-5/8inch or 3-1/8 inch flanged, capitated male

High Power IBOX

Operating Band:	FM Band, 88 to 108 MHz
Port Impedance:	50ohm (<1.1:1 VSWR)
Port Connections:	
Analog Input:	4-1/16 inch or 6-1/8 inch flanged, capitated male
Digital Input:	3-1/8inch flanged, capitated male
Antenna Output:	4-1/16 inch or 6-1/8 inch flanged, capitated male

Reject Load:	1-5/8inch flanged, capitated male
Isolation between Analog and Digital Input Ports:	>36 dB
Power Rating (Analog Input):	12 kW for 1-5/8 inch analog port 30 kW for 3-1/8 inch analog port
Analog Input to Antenna Output Coupling:	-0.46 dB Nominal
Digital Input to Antenna Output Coupling:	-10 dB Nominal
Physical Dimensions:	Approx. 6" square x 15" long cavity, 10-3/8 inch flange to flange (see Illustration)
Weight:	Approx. 29 pounds
Mounting Configuration:	Br die optionally available for wall or ceiling mounting
Construction Materials:	Brass, copper and PTFE internal components are silver plated
Unit can be pressurized at customer's option.	

Reject Load:	3-1/8inch flanged, capitated male
Isolation between Analog and Digital Input Ports:	>36 dB
Power Rating (Analog Input):	55 kW for 4-1/16 inch analog port 80 kW for 6-1/8 inch analog port
Analog Input to Antenna Output Coupling:	-0.46 dB Nominal
Digital Input to Antenna Output Coupling:	-10 dB Nominal
Physical Dimensions:	Approx. 10" diameter x 42" long cavity, 15-1/8 inch flange to flange (see Illustration)
Weight:	Approx. 100 pounds
Mounting Configuration:	Br die optionally available for wall or ceiling mounting
Construction Materials:	Brass, copper and PTFE internal components are silver plated
1) Requires customer supplied reject load capable of dissipating approximately 10% of analog FM transmitter output and 90% of digital IBOC transmitter output.	

Type Number	Description
OD24	IBOC 10 dB Hybrid Combiner, with no bypass. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 35 kW; Analog Input: 3-1/8-inch BA or flanged, male; Digital Input: 1-5/8-inch BA or flanged, male; Antenna Output: 3-1/8-inch BA or flanged, male; Reject Load Output: 1-5/8-inch EIA or flanged, male
OD24-MS	IBOC 10 dB Hybrid Combiner, with manual bypass. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 35 kW; Analog Input: 3-1/8-inch BA or flanged, male; Digital Input: 1-5/8-inch BA or flanged, male; Antenna Output: 3-1/8-inch BA or flanged, male; Reject Load Output: 1-5/8-inch EIA or flanged, male
OD24-MS-UNITIZED	IBOC 10 dB Hybrid Combiner, mounted in unitized frame with reject load and manual control panel. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 35 kW; Analog Input: 3-1/8-inch BA or flanged, male; Digital Input: 1-5/8-inch BA or flanged, male; Antenna Output: 3-1/8-inch BA or flanged, male; Reject Load Output: 1-5/8-inch BA or flanged, male
IBOX-M-3	Medium power IBOX™ hybrid combiner. Broadband for entire FM band. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 30 kW; Analog Input: 3-1/8-inch BA Flanged; Digital Input: 1-5/8-inch BA Flanged; Antenna Output: 3-1/8-inch BA Flanged; Reject Load Output: 1-5/8-inch BA Flanged
IBOX-M-1	Medium power IBOX™ hybrid combiner. Broadband for entire FM band. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 12 kW; Analog Input: 1-5/8-inch BA Flanged; Digital Input: 1-5/8-inch BA Flanged; Antenna Output: 1-5/8-inch BA Flanged; Reject Load Output: 1-5/8-inch BA Flanged
IBOX-H-6	High power IBOX™ hybrid combiner. Broadband for entire FM band. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 80 kW; Analog Input: 6-1/8-inch EIA Flanged; Digital Input: 3-1/8-inch BA Flanged; Antenna Output: 6-1/8-inch BA Flanged; Reject Load Output: 3-1/8-inch BA Flanged
IBOX-H-4	High power IBOX™ hybrid combiner. Broadband for entire FM band. Port connections— Analog RF Input Power Rating: 55 kW; Analog Input: 4-1/16-inch BA Flanged; Digital Input: 3-1/8-inch BA Flanged; Antenna Output: 4-1/16-inch BA Flanged; Reject Load Output: 3-1/8-inch BA Flanged

IBOX-MASK-960 High performance IBOX™ Mask-960, IBOC Spectral Compliance Mask Filter. Temperature compensated. Port connections— Input: 1-5/8-inch BA Flanged; Output: 1-5/8-inch BA Flanged

ELECTRONICS RESEARCH, INC. **ERI**

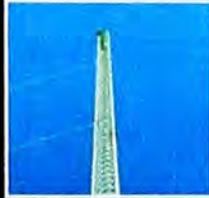
Your Single Source for Broadcast Solutions™ ■ www.eriinc.com ■ 877-ERI-LINE

Copyright © 2008 Electronics Research, Inc. All rights reserved.
Printed in USA (Mo 20080321016_ABN01)



Around the World, Across the Spectrum, Your Single Source For Broadcast Solutions

Antennas | Transmission Line | Filters/Combiners | Towers | Broadcast Services



About Electronics Research, Inc.

Founded In 1943, Electronics Research, Inc. delivers high quality, innovative, integrated solutions to broadcasters across the U.S. and around the world. Our dedicated staff of engineers, designers, fabricators, and project managers take pride in contributing to your success by providing AM, FM, VHF, UHF, BRS-EBS, and Mobile Media broadcast systems including the industry's best antenna, transmission line, filter and combining, and tower and structural support systems. In addition to manufacturing the full range of broadcast system components and installation accessories, ERI offers all of the engineering and field services needed to plan, install, optimize, and maintain your broadcast facility. We are your single source for broadcast solutions.

Broadcast Antenna Systems

- ROTOTILLER® FM Radio Antenna
- LYNX™ Dual Input for IBOC FM Radio Antenna
- 1105 Circularly Polarized FM Radio Antenna
- 100 Low Power Circularly Polarized FM Radio Antenna
- FM Low Power Horizontally Polarized Educational FM Radio Antenna
- P300/P350 Series Vertically Polarized FM Radio Antenna
- 1180 and 1090 Series Broadband Panel FM Radio Antenna
- SLIMWING™ Batwing VHF Television Antenna
- CRUCIS™ Crossed Dipole VHF Television Antenna
- STINGRAY™ Broadband Panel VHF Television Antenna
- TRASAR® High Power Traveling Wave Television Antenna
- AGW Guided Wave Quick-Deploy Emergency UHF Television Antenna
- STINGRAY™ Broadband Panel UHF Television Antenna
- ALP Low and Medium Power UHF Television Antenna
- AL PLUS Low and Medium Power UHF Television Antenna
- ALB Low Power UHF Television Antenna
- VELA™ Low Power Vertically Polarized Broadband UHF Television Antenna
- HMD BRS-EBS Antenna
- SHADOWMASTER® Shadow-Filling BRS-EBS Antenna

Transmission Line Systems

- MACXLine® Rigid Transmission Line with Bellows
- HELIAX® Air- and Foam-dielectric Coaxial Cable
- HELIAX® Standard Elliptical Waveguide
- GUIDELINE® Circular Waveguide
- Standard Rectangular Waveguide
- Dehydrators and Pressurization Equipment

Filter and Combining Systems

- FM Radio Filter and Combining Systems
- UHF and VHF Television Filter and Combining Systems
- DAB Filter and Combining Systems
- Mobile Media Filter and Combining Systems
- RF Components
- System Monitoring and Protection Components

Structural Support Systems

- Guyed Towers
- Self-Supporting Towers
- Roof-top Antenna Support Structures
- Specialty Structures and Custom Antenna Supports

RF and Structural System Services

- RF Field and Engineering Services
- Installation and Structural Engineering Services

Electronics Research, Inc.
7777 Sander Road
Boulder, Colorado 80501-9219
USA

877-ER-LINE (for all North America)
www.eri.com (web)
+1 812 275-6000 (toll-free)
+1 812 275-4000 (local)

All design, specifications, and related EBS of products and services provided in this publication are subject to change without notice.

ELECTRONICS RESEARCH, INC. ERI
Your Single Source for Broadcast Solutions™ ■ www.eri.com ■ 877-ER-LINE

Copyright © 2008 Electronics Research, Inc. All rights reserved.
Printed in USA (No. 20080321016_A8101)

BIBLIOGRAFIA Y ENLACES DE INTERNET

1. Wikipedia (<http://www.es.wikipedia.org/>)
2. LA FM DIGITAL. SISTEMA IBOC FM (<http://coitt.es/res/revistas/Antena166-06a-Reportaje-FM-digital-pdf>)
3. Ibiqumty Digital Corporation (<http://www.ibiqumty.com/>)
4. Broadcast Electronics Inc (<http://www.bdcast.com>)
5. Federal Comumications Comission (<http://www.fcc.gov/mb/audio/digital/>)
6. Unión Internacional de Telecomunicaciones (<http://www.itu.int/md/R00-TG6.6-C-0007/es>)
7. Marti Electronics (<http://www.martielectronics.com>)
8. Inovonics (<http://www.inovon.com>)
9. Nautel (<http://www.nautel.com>)
10. Electronics Research Inc. (ERI) (<http://www.erlin.com>)