

1  
1ej



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

TECNOLOGIAS DE TRANSMISION DE DATOS  
EN LA BANDA DE RADIODIFUSION EN FM

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

P R E S E N T A :

AZAEI FERNANDEZ ALCANTARA

DIRECTOR DE TESIS: ING. JESUS REYES GARCIA



MEXICO, D. F.

1999

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

273890



Universidad Nacional  
Autónoma de México

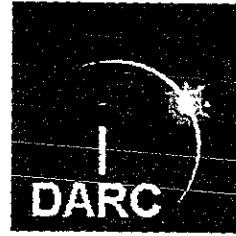
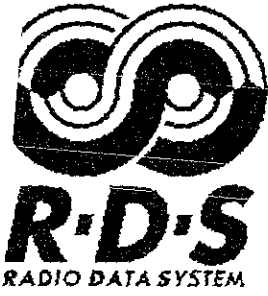


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



## DEDICATORIAS

### *AMIS PADRES*

Por el gran apoyo, las enseñanzas y todo el esfuerzo que siempre mostraron y me han dado a lo largo de la vida, sin esperar recibir nada a cambio.

Muchas Gracias

### *AMIA HERMANA*

Anabelle, a quien quiero mucho, por ser parte integrante de mi formación como futuro ingeniero, y como persona en todos los años que convivimos juntos.

Gracias

### *AMIA ABUELO*

Ing. Salvador Alcántara Noya, que en paz descanse, por haber sido mi motivación para estudiar ingeniería y un ejemplo a seguir, yo sé que le hubiera gustado ver el fruto de sus enseñanzas.

Gracias Abuelo

## AGRADECIMIENTOS

A la *Universidad Nacional Autónoma de México*, por haberme abierto sus puertas y porque es un gran orgullo pertenecer a esta gran institución.

A la *Facultad de Ingeniería* por todos los medios materiales que permitieron mi formación.

A la *Dirección de Telecomunicaciones Digitales* por brindarme la oportunidad de laborar en sus instalaciones, adquiriendo experiencias buenas y malas que me servirán en toda mi vida de profesionista. Por las facilidades para terminar mis estudios y este trabajo de tesis.

Al *Ing. Jesús Reyes García* por haber sido mi maestro, por su apoyo incondicional, la dedicación y el tiempo que dedicó para realizar y concluir este trabajo del maravilloso campo de las telecomunicaciones.

Gracias

Al *Ing. José Luis Cuervo*, por sugerir el tema de tesis, por sus enseñanzas, motivación y por haberme permitido ser su alumno.

<b>I.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>I</b>
<b>II.- TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS.....</b>	<b>3</b>
<b>A) INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>B) TRANSMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN.....</b>	<b>4</b>
Introducción.....	4
1) Transmisión en la Portadora de FM.....	6
2) Transmisión Teletexto.....	7
3) Radiobúsqueda (Paging).....	7
4) Transmisión Celular.....	8
5) Telefonía Digital Inalámbrica.....	9
6) Transmisión de Paquetes Vía Radio.....	9
7) Servicios de Comunicación Personal (PCS).....	10
8) Comunicaciones Personales Móviles Mundiales por Satélite (GMPCS).....	10
9) Servicio Universal de Comunicaciones Móviles (UMTS).....	12
<b>C) TRANSMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN.....</b>	<b>13</b>
Introducción.....	13
1) Servicios de Radiodifusión Directa vía Satélite (DBS).....	14
2) Transmisión en la Subportadora de FM.....	14
3) Sistema de Datos Vía Radio ( RDS ).....	15
4) Transmisión en la Subportadora de FM embebida en TV.....	15
5) Intervalo Vertical de Blanco ( VBI ).....	16
<b>D) SISTEMAS MÓVILES PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS CON LOS CUALES     COMPITEN LAS TECNOLOGÍAS DE RADIODIFUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
1) Sistemas de Radiomensajería.....	18
2) Sistemas de Radiotelefonía Privada de tipo "Convencional" y de tipo "Trunking".....	19
3) Telefonía Celular.....	19
4) Radio Privado.....	21
a) Radio de Dos Vías.....	21
b) Sistemas de Transmisión de Paquetes Vía Radio.....	22
5) Subportadora en FM.....	24
<b>III.- TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN FM.....</b>	<b>31</b>
<b>A) SISTEMA DE DATOS VÍA RADIO ( RDS ).....</b>	<b>32</b>
1) Orígenes y Desarrollo del RDS.....	32
2) Características.....	35
3) Servicios.....	43
<b>B) SISTEMA DE DATOS VÍA RADIODIFUSIÓN ( RBDS ).....</b>	<b>47</b>
1) Orígenes del RBDS.....	47
2) Características.....	48
3) Servicios.....	48
4) Diferencias entre el RDS y el RBDS.....	50
<b>C) SISTEMA DE DATOS VÍA EL CANAL DE RADIO (DARC).....</b>	<b>55</b>
1) Orígenes del DARC.....	55
2) Características.....	57
3) Servicios.....	69
4) Comparación entre el RDS y el DARC.....	72

<b>D) SISTEMA DE ALTA VELOCIDAD PARA DATOS POR SUBPORTADORA EN FM (HSDS).</b>	<b>73</b>
1 ) Orígenes y Desarrollo del HSDS.	73
2 ) Características	74
3 ) Servicios.	86
4 ) Comparación entre el RDS y el HSDS.	87
<b>E) CANAL POR SUBPORTADORA PARA INFORMACIÓN DE TRÁFICO (STIC).</b>	<b>89</b>
1 ) Origen del STIC.	89
2 ) Características.	90
3 ) Comparación entre el STIC y el HSDS	91
<b>F) RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL ( DAB ).</b>	<b>93</b>
1 ) Orígenes de la DAB.	93
2 ) Características.	95
3 ) Comparación entre la DAB y el RDS.	96
4 ) Sistemas DAB.	99
5 ) Resultados de las Evaluaciones Técnicas Efectuadas a los Sistemas DAB.	110
6 ) Servicios.	120
7 ) Conclusiones.	121
<b>IV.- NORMATIVIDAD ASOCIADA A LAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN FM.</b>	<b>125</b>
A) INTRODUCCION.	125
B) LEYES, REGLAMENTOS Y ACUERDOS.	127
C) NORMAS Y RECOMENDACIONES.	132
D) DOCUMENTOS INTERNACIONALES.	144
<b>V.- IMPLEMENTACION DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN FM.</b>	<b>147</b>
<b>A) SISTEMA DE DATOS VÍA RADIO ( RDS ) Y SISTEMA DE DATOS VÍA RADIODIFUSIÓN ( RBDS ).</b>	<b>147</b>
1) Equipo:	147
a) Generadores.	147
b) Receptores.	148
c) Conjuntos de Circuitos Integrados y de Chips	152
d) Radios en Tarjetas Insertables para Computadoras Personales	153
e) Software de Monitoreo y Análisis de Datos RDS para PC's.	155
2) Servicios y Aplicaciones:	157
a) Adicionales.	157
b) Radiolocalización Utilizando el RDS.	160
c) WARI (Sistema de Alarma e Información Asistido por Radio).	165
d) Sistemas de Radiodifusión de Información de Tráfico.	168
<b>B) SISTEMA DE DATOS VÍA EL CANAL DE RADIO (DARC).</b>	<b>175</b>
1) Equipo:	175
a) Generadores.	175
b) Receptores.	176
c) Conjuntos de Circuitos Integrados y de Chips.	177
d) Radios en Tarjetas Insertables para Computadoras Personales.	177
e) Software de Monitoreo y Análisis de Datos DARC para PC's	177
2) Servicios y Aplicaciones.	179
a) SWIFT (Sistema para el Envío y Teledistribución de Información en forma Inalámbrica).	179

<b>C) SISTEMA DE ALTA VELOCIDAD PARA DATOS POR SUBPORTADORA EN FM (HSDS).....</b>	<b>182</b>
1) Equipo: .....	182
a) Generador de la Subportadora .....	182
b) Módulo Completo del Receptor / Demodulador.....	182
c) Circuito Integrado del Receptor.....	182
d) Circuito Integrado del Demodulador.....	183
e) Protocolo de espera / codificación del HSDS .....	183
2) Servicios y Aplicaciones: .....	184
<b>D) RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL ( DAB ). .....</b>	<b>185</b>
1) Equipo.....	185
a) Transmisores y Generadores .....	185
b) Receptores.....	186
c) Conjuntos de Circuitos Integrados y de Chips.....	187
d) Radios en Tarjetas Insertables para Computadoras Personales.....	188
e) Software de Decodificación para PC's.....	189
2) Servicios y Aplicaciones:.....	190
3) Mercado.....	191
<b>VI.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>193</b>
<b>VII.- GLOSARIO.....</b>	<b>197</b>
<b>VIII.- APÉNDICES.....</b>	<b>205</b>
<b>A) ESTUDIOS DE MERCADO DE LA RADIO.....</b>	<b>206</b>
1 - La Radio Sobre Ruedas: .....	206
2.- La Radio Metropolitana Durante Julio de 1997: .....	208
<b>B) SISTEMA DE DATOS EN AM (AMDS).....</b>	<b>210</b>
<b>C) SEÑALIZACIÓN DUOBINARIA.....</b>	<b>213</b>
1) Esquemas de Codificación.....	215
<b>D) MUSICAM.....</b>	<b>216</b>
<b>E) COFDM.....</b>	<b>217</b>
<b>IX.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>221</b>
<b>A) LIBROS, REVISTAS Y PERIODICOS . .....</b>	<b>221</b>
<b>B) DIRECCIONES DE INTERNET.....</b>	<b>224</b>

Figura I 1 Ejemplos de sistemas de radiocomunicación .....	4
Figura I 2 Estructura de un sistema móvil .....	17
Figura I 3 Configuración de un sistema celular para la transmisión de datos .....	20
Figura I 4 Configuración de un sistema de transmisión de paquetes via radio .....	21
Figura I 5 Señal compuesta en banda base de FM .....	25
Figura I 6 Configuración con línea física .....	26
Figura I 7 Ejemplo con enlace satelital .....	27
Figura I 8 Configuración con un enlace auxiliar .....	27
Figura I 9 Ejemplo de un grupo de estaciones radiodifusoras .....	28
Figura I 10 Configuración con terminales de usuario .....	28
Figura II.1 Espectro de la señal múltiplex .....	35
Figura II 2 Espectro de la señal RDS con codificación bifásica .....	36
Figura II.3 Generación de la señal codificada RDS .....	37
Figura II 4 Estructura de codificación en banda base .....	38
Figura II.5 Formato de los mensajes y direccionamiento .....	40
Figura II.5 Ejemplo de tramas de algunos tipos de grupo .....	46
Figura II 6 Espectro de la señal múltiplex .....	57
Figura II.7 Formato de la trama en el método A0 .....	61
Figura II 8 Formato de la trama de acuerdo al método A1 .....	62
Figura II.9 Formato de la trama en el método B .....	63
Figura II 10 Formato de la trama de acuerdo al método C .....	64
Figura II 11 Estructura de una red del SWIFT .....	71
Figura II 12 Espectro de la señal múltiplex .....	75
Figura II 13 Estructura de Trama y de Paquete .....	79
Figura II 14 Características de desempeño del HSDS .....	84
Figura II.15 Espectro de la señal múltiplex .....	90
Figura II 16 Espectro de la señal del sistema USADR FM-1 .....	105
Figura II.17 Espectro de la señal del sistema USADR FM-2 .....	105
Figura II 18 Areas de cobertura del sistema WorldSpace .....	106
Figura II.19 Cobertura del Mediastar .....	109
Figura V.1 Receptor para automóvil de GM/Cadillac .....	148
Figura V 2 Radiolocalizadores de INFO TELECOM .....	151
Figura V.3 Software de diseño de Philips .....	153
Figura V.4 Tarjeta de radio para PC de GEWI con software TMC .....	154
Figura V 5 Radiolocalizadores de CIRKISYS .....	164
Figura V.6 Ejemplo de la estructura de red del sistema WARI .....	167
Figura V 7 Radio receptor modelo SW410 de IRIUS TECHNOLOGIES .....	176
Figura V.8 Receptor modelo FM40 de IRIUS TECHNOLOGIES .....	178
Figura V.9 Tres modelos del reloj de pulsera para el HSDS .....	183
Figura V.10 Multiplexor DAB modelo DM 001 .....	186
Figura V.11 Receptor MiniDAB .....	187
Figura V.12 Tarjeta insertable PCMCIA .....	188
Figura VIII.1 DEP de señales duobinarias (normalizadas para potencias iguales) .....	213
Figura VIII 2 Pulso empleado en el esquema Duobinario Modificado y su transformada de Fourier .....	214



## I.- INTRODUCCIÓN.

Desde la antigüedad el hombre ha buscado la forma de comunicarse masivamente con sus semejantes haciendo uso de diversos medios de comunicación, donde las formas orales han jugado un importante papel en el desarrollo de la historia universal.

La radio como medio de expresión tiene como su más remoto antecedente a la electricidad, que desde los griegos hasta nuestra época ha maravillado al mundo. Resulta difícil imaginar lo que sería la vida humana sin los medios de comunicación electrónicos como la radiodifusión sonora, que sólo emplea una parte del espectro electromagnético para hacer realidad el estar al aire; donde las ondas electromagnéticas transportan las emisiones por medio de la llamada "radio frecuencia" (RF), desde las estaciones radiodifusoras hasta los radioreceptores, mediante un transmisor que tiene la función de generarla y modularla.

En México la radio despegó en la década de los veinte con las primeras emisoras de tipo experimental, después en los inicios del gobierno de Alvaro Obregón, tienen lugar transmisiones radiofónicas realizadas por técnicos mexicanos en diversos lugares del territorio nacional.

La primera emisión radiofónica tuvo lugar en la ciudad de México el 27 de septiembre de 1921 a cargo de Enrique Gómez Fernández, y la ciudad de Monterrey tuvo el mérito de haber fundado cuatro de las emisoras pioneras de la radiodifusión en nuestro país.

Por otra parte, el creador de la frecuencia modulada fue Edwin Howard Armstrong, neoyorquino quien en 1890 hace posible la alternativa libre de la estática propia de la amplitud modulada, logrando su objetivo en 1938 y, dos años más tarde, la FCC<sup>1</sup> de los Estados Unidos, autoriza la radiodifusión en la banda de frecuencia modulada; en 1961 autoriza las primeras emisoras estéreo de frecuencia modulada.

La primera licencia para establecer una estación de frecuencia modulada en México es solicitada el 9 de diciembre de 1946 por el queretano Federico Obregón Cruces con la actual XHFM, Radio Joya, que opera en 94.1 MHz.

---

<sup>1</sup> FCC (Comisión Federal de Comunicaciones)

Durante la década de los cincuenta sólo tres estaciones de frecuencia modulada operan en el territorio nacional: XHFM y XEOY-FM del DF, y XET-FM de Monterrey que iniciaron sus transmisiones en 1957.

Finalmente es importante señalar, que el primer grupo de radio en frecuencia modulada con más emisoras es "Frecuencia Modulada Mexicana" que cuenta con 25 años de experiencia en México.

La aplicación del sonido estéreo surge en 1966 y ahora cada vez es mayor el número de estaciones que utilizan el disco compacto y la cinta de audio digital (DAT), lo que permite un mejoramiento notable en la calidad del sonido.

Aunado a las tecnologías anteriores, las emisoras de FM cuentan con canales muy anchos (equivalentes a 0.2 megahertz) que les permite transmitir en estéreo es decir, con dos canales y tener además, un espacio excedente para otros servicios. Esto significa que en una misma frecuencia en FM hay un canal de portadora principal de audio, donde se transmite la programación normal de la estación, y varias subportadoras múltiplex para el envío de datos y música.

La utilización de las tecnologías de transmisión de datos en la banda de radiodifusión en FM constituye una forma de explotación de subportadoras de tipo digital, cuyo uso inició en la década de los 80's en los Estados Unidos de Norteamérica, a diferencia de la utilización de subportadoras de tipo analógico desde mediados los años 50's. En México sus inicios datan de fines de los años sesenta y principios de los setenta; pero no es sino hasta el 24 de septiembre de 1990 cuando la SCT dio a conocer en el Diario Oficial un acuerdo técnico-administrativo específico de esta tecnología, y a partir de ese momento, algunas empresas le entraron al negocio con resultados muy positivos.

El desarrollo del tema propuesto para este trabajo de tesis, pretende establecer las bases para tener un marco teórico - práctico, para la puesta en operación, de sistemas de transmisión de datos en la banda de radiodifusión en FM, en las radiodifusoras del país, como métodos alternativos para la prestación de servicios de valor agregado que estén al alcance de los radiodifusores, mediante costos de instalación, operación y de recepción, más accesibles.

## II.- TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS.

### **A) INTRODUCCIÓN.**

Actualmente la transmisión de datos se refiere a la transmisión de información codificada ya que con las modernas técnicas de transmisión digital, prácticamente cualquier información, sea de audio, video o de otra naturaleza, acaba siendo codificada y transmitida codificada

La transmisión de información digital es esencial en cualquier sistema moderno de comunicación ya sea fijo o móvil. En algunas aplicaciones es más adecuado el envío de datos de información que el de voz, debido a que los mensajes de datos pueden enviarse más rápida y confiablemente, con mucho menor complicación para el operador; como lo son las aplicaciones que involucran acceso a bases de datos, intercambio de textos, etc.

En la transmisión inalámbrica de datos, el canal de radio puede ocasionar que la señal sufra

- 1 - Desvanecimientos por efectos de multitrayectorias.
- 2 - Atenuaciones por obstrucciones de edificios, montañas, árboles, etc
- 3 - Interferencias y
- 4 - Contaminación por ruido.

Para realizar la transmisión de datos de una manera más eficiente, se investigan en todo el mundo varios aspectos de estos problemas como son: Esquemas de modulación, codificación, protocolos de comunicación, etc.

Por otra parte, la demanda creciente en la última década de servicios de comunicaciones móviles para voz y datos, ocasionada por un incremento en la necesidad de contar con dispositivos portátiles que puedan ser llevados en portafolios y, el poder tener mayor movilidad por parte de los empleados de las empresas, negocios y organizaciones, aunado también a la necesidad de mantenerse en contacto con una computadora centralizada, ha creado nuevas oportunidades para las comunicaciones inalámbricas en la transmisión de datos

## B) TRANSMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN.

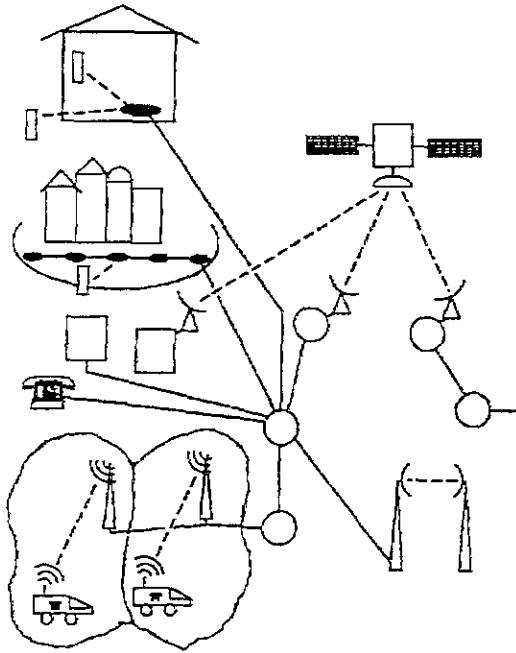


Figura 1.1 Ejemplos de sistemas de radiocomunicación.

### Introducción.

La transmisión de datos en los canales de radio, los cuales han sido utilizados para aplicaciones de voz por bastante tiempo, está siendo cada vez más común debido al desarrollo de las tecnologías de radiolocalizadores (pagers), teléfonos celulares y transmisión de paquetes.

Actualmente, se están utilizando las bandas de radio en diversas situaciones como alternativas a los enlaces a través de cables de cobre y coaxiales para conectar computadoras en la transmisión de datos, particularmente en ambientes móviles.

## VENTAJAS

Algunas de las ventajas que presenta el empleo de las bandas de radio son:

- a) Permiten dar mayor movilidad a los usuarios, clientes, etc.
- b) Los costos de instalación son bajos, comparados con otras tecnologías.
- c) Permiten tener cobertura de transmisión sobre grandes áreas

## DESVENTAJAS

Por otra parte, también se tienen limitaciones como:

a) Son susceptibles al ruido ocasionado por máquinas y maquinaria como computadoras, automóviles, elevadores, líneas de fuerza, etc., y al proveniente de condiciones atmosféricas.

b) Son aplicables a Redes de Área Metropolitana (MAN's) y no directamente a Redes de Cobertura Global (WAN's), a menos que se utilicen repetidores, debido a las distancias entre fronteras donde la señal puede y debe viajar.

c) No ofrecen mucha seguridad de confidencialidad.

Sin embargo, todas estas limitantes pueden superarse en sistemas radiocomunicación bien diseñados.

## APLICACIONES

A) Consultas y Actualizaciones relativas a Bases de datos.-

Mediante una terminal móvil transportable pueden efectuarse consultas y actuaciones para diferentes aplicaciones: acceso a fichas técnicas, actualizaciones de lecturas, etc.

B) Correo Electrónico -

Aplicaciones de correo electrónico para usuarios móviles

C) Dispositivos de Cobro a Distancia.-

Dispositivos de gestión de tarjetas de crédito, cajeros automáticos, etc. que deban ser usados en ubicaciones temporales o móviles.

D) Formalización de Pedidos.-

Para solicitar ofertas, elaborar presupuestos y formalizar pedidos en tiempo real.

F) Gestión de Flotas de Vehículos.-

Al transmitir datos se tienen muchas ventajas que se pueden utilizar en aplicaciones Informáticas, como los sistemas de Localización Automática de Vehículos (LAV) asociados al sistema móvil, que permite automatizar la gestión de las flotas.

G) Mensajería Bidireccional.-

Consiste en el envío de textos cortos entre dos usuarios.

H) Oficinas Móviles.-

Para trámites bancarios, venta de billetes, etc., utilizando terminales móviles situadas en ubicaciones temporales (ferias, congresos, etc.)

I) Sistemas de Distribución de Información.-

De interés general hacia los usuarios, como puede ser: económica, de tráfico, meteorológica, deportiva, etc.

J) Sistemas de Recolección de Datos, Telemando y Telemetría.-

Cuando existe la necesidad de recopilar en un punto centralizado medidas efectuadas por lectores remotos, donde su tráfico medio es bajo y no se justifica la utilización de circuitos de datos convencionales.

K) Transferencia de Archivos.-

Para grandes cantidades de información como documentos gráficos, aplicaciones de reparación de computadoras, etc.

Algunas de las tecnologías y sistemas de radiocomunicación que existen para la transmisión de datos son:

## 1) Transmisión en la Portadora de FM.

Se da en el rango de los 40 a 60 MHz y puede ser usada para transmitir datos digitales en forma inalámbrica en aplicaciones comerciales, industriales, médicas y militares.

La técnica de modulación empleada es FM, resultando en tasas de transmisión de 19.2 kbps a 0.845 km. requiriéndose antenas de 1.8 m.

Algunas aplicaciones típicas incluyen:

- Redes de Área Local (LAN's).
- En el área de la Robótica.

- Telemetría (principalmente en ambientes hostiles)
- Servicios de Emergencia
- Aplicaciones transitorias como construcciones, etc

Debido a limitaciones de potencia impuestas por la Comisión Federal de Comunicaciones "FCC", han disminuido las aplicaciones actuales y su desarrollo en el mercado

## **2) Transmisión Teletexto.**

Consiste en emplear las porciones no usadas en el ancho de banda de la señal de televisión para radiodifundir datos.

Algunas aplicaciones incluyen la transmisión de:

- Horarios de programación entre afiliados de televisión.
- Información gráfica directamente al receptor de televisión
- Subtítulos

## **3) Radiobúsqueda (Paging).**

Los sistemas de Radiobúsqueda, Radiomensajería, o Paging son aquellos que permiten el envío de mensajes cortos a terminales móviles de tamaño reducido.

Es un servicio unidireccional que se puede dar en diferentes ámbitos: entornos cerrados o locales (edificios, campus, etc.), entornos de área limitada (ciudad o región) o entornos nacionales

Las frecuencias utilizadas permiten una alta penetrabilidad en edificios o locales cerrados

Por su utilidad como localizador de personas, cuya disponibilidad debe ser alta, es un servicio que ha tenido una gran aceptación. Debido a sus tarifas bajas y planas, puede extender su aplicación a otro tipo de personas, de alta disponibilidad pero de menor inmediatez de respuesta, compitiendo así con la mensajería vocal

#### 4) Transmisión Celular.

Se trata de un servicio que ofrece comunicaciones bidireccionales, generalmente telefónicas y en menor escala datos, de y hacia una terminal móvil que puede ser portátil o no.

La estructura de las redes de radio celular está integrada por estaciones base de cobertura limitada (celdas), que permite la reutilización de frecuencias entre celdas o células no adyacentes, exigiendo una técnica compleja para mantener la comunicación al desplazarse el móvil de una celda a otra o cambiar de red.

Los costos de las terminales y del servicio han hecho que se aplique fundamentalmente al sector de los negocios, donde el servicio permite una movilidad total del usuario, siempre que la cobertura de la red le provea el servicio en su localización específica (no en el interior de edificios).

Anteriormente se trataba de un sistema analógico, que permitía transmitir cualquier señal analógica igual que una línea telefónica tradicional. Por tanto, para transmitir datos sólo había que acoplarle un módem al teléfono móvil, ya sea a través de un conjunto de acopladores acústicos o mediante una conexión para fax/módem.

La transmisión de datos tiene ahora las siguientes características:

- a) La mayor velocidad de transmisión confiable es de 1200 bps.
- b) El móvil no debe estar en movimiento durante la comunicación. El cambio de un repetidor a otro es instantáneo y no se nota en una conversación, pero puede hacer que una transmisión de datos se corte.
- c) Si la intensidad de la señal es débil, se deberá utilizar una velocidad menor y por tanto más lenta, pero la comunicación seguirá siendo posible.
- d) Las transmisiones serán más confiables si se utiliza un teléfono con mayor potencia.
- e) Conviene utilizar una antena externa.

Finalmente, una característica adicional es la multiplicidad de normas técnicas, adoptadas por los diferentes países para sus redes, lo que dificulta su interconexión, por tal razón la comunidad europea promovió un estándar único europeo denominado GSM (Sistema Global para Comunicaciones Móviles).



## **5) Telefonía Digital Inalámbrica.**

La segunda generación de teléfonos inalámbricos, conocidos como CT-2, pueden encontrar aplicaciones en el ambiente de las oficinas, conmutadores (PBX) inalámbricos y posteriormente en los hogares.

Comparada con la tecnología celular, la infraestructura, equipo y costo de tiempo al aire de los CT-2 es inferior hasta tres veces su valor.

Se utiliza un ancho de banda de 100 MHz mediante FDMA<sup>1</sup> y cada sitio telefónico sirve a 10 mil unidades; aunque trabaja como un sistema telefónico unidireccional y no permite rastreo al no ofrecer celdas en cada sitio. Otra limitante es la imposibilidad de recibir llamadas entrantes, no siendo posible usar éste sistema mientras se maneja un automóvil.

## **6) Transmisión de Paquetes Vía Radio.**

Las Redes de Paquetes Vía Radio representan una extensión de la tecnología de conmutación por paquetes en el ambiente de las comunicaciones móviles. La transmisión de paquetes por radio, desarrollada para aplicaciones militares en los años 60's y 70's, constituye una tecnología muy poderosa al permitir tener comunicaciones seguras y confiables, con dispositivos portátiles, en ambientes hostiles e impredecibles.

Estas redes fueron desarrolladas pensando en proveer transmisiones de datos a usuarios localizados en áreas geográficas amplias, donde una conexión alámbrica entre la fuente y el destino, resultaba poco viable o incosteable.

Se utilizan radios móviles terrestres y aéreos, operando entre 16 y 400 kbps, radios para aficionados, navales y ahora comunicaciones comerciales utilizando satélites.

Para el desarrollo de ésta tecnología, se requirió de avances técnicos en la incorporación a unidades pequeñas a bajo costo, de modems de altas tasas de transmisión y de microprocesadores poderosos, de protocolos de compartición de canales y de algoritmos de ruteo para paquetes en redes altamente dinámicas.

---

<sup>1</sup>FDMA (Acceso Múltiple por División de Frecuencia)

## 7) Servicios de Comunicación Personal (PCS).

Se trata de un término que define una tecnología emergente. es decir, tecnologías y aplicaciones de comunicaciones móviles o portátiles vía radio (celulares, teléfonos inalámbricos, radiolocalizadores, conmutadores y redes de área local (LAN) inalámbricas); que pueden ofrecer servicios a personas y organizaciones para tener integración con una gran variedad de redes alámbricas e inalámbricas. Comprende un conjunto de capacidades que permite tener combinaciones de movilidad personal y de terminal.

No confundir con el término PCN (Red de Comunicaciones Personales), que define una forma de PCS ofreciendo servicios de telefonía portátil vía radio en áreas metropolitanas, compitiendo así con las redes de telefonía celular y pública.

## 8) Comunicaciones Personales Móviles Mundiales por Satélite (GMPCS).

Se trata de sistemas que utilizan satélites geoestacionarios y constelaciones de satélites no-geoestacionarios, que se espera poner en operación durante los próximos años, para ofrecer comunicaciones globales, entre cualquier lugar sobre la superficie de la tierra sin importar donde se encuentren los usuarios y utilizando aparatos de bolsillo pequeños y sumamente portátiles. Con su uso se podrán integrar las redes telefónicas conmutadas y celulares actuales para transmitir no solamente voz, sino también datos, sonidos e imágenes, aunque inicialmente, todos estos servicios serán demasiado costosos para la mayoría de las personas.

Todos los sistemas entran dentro alguna de las siguientes categorías:

- a) Pequeños LEO's: Son satélites pequeños no-geoestacionarios que operan en órbita baja, entre 700 y 1500 km. sobre la superficie terrestre, proporcionando principalmente servicios móviles de datos como los de mensajería incluyendo correo electrónico, radiolocalización en ambos sentidos, fax y acceso limitado a Internet. Adicionalmente están el rastreo digital (para las compañías de transporte), el monitoreo ambiental, y SCADA, un sistema que ofrece monitoreo remoto de instalaciones aisladas como minas, refinerías, etc.

Entre los sistemas que entran en esta categoría están. ORBCOMM, ARIES, LEOSAT, TAOS, STARSYS, VITASAT.

- b) Grandes LEO's: Se refiere a satélites no-geoestacionarios más grandes que funcionan también en la órbita baja, proporcionando principalmente servicios móviles de telefonía, es decir, la capacidad de hacer y recibir llamadas con un teléfono móvil en cualquier parte del mundo. Otros servicios incluyen datos, fax e inclusive video de banda ancha.

Ejemplos de estos sistemas son: IRIDIUM, GLOBALSTAR, CCI (Constellation Communications Inc.).

- c) MEO's: Son también satélites no-geoestacionarios que operan en una órbita media sobre la Tierra, ofreciendo al igual que los anteriores, servicios móviles de telefonía. Se localizan a 10.000 km. de la superficie terrestre.

Los sistemas más conocidos son: ICO y AMSC.

- d) GEO's: Corresponde a satélites geoestacionarios que ocupan una órbita a 36.000 kilómetros sobre la tierra, permaneciendo en una posición fija con relación a la superficie terrestre.

La gran mayoría de los satélites de telecomunicaciones y de difusión existentes actualmente entran en esta categoría.

También existen proyectos de sistemas en órbita elíptica de elevada excentricidad, conocidos como sistemas HEO y otros por último mixtos, como ELLIPSO, que combinan órbitas circulares y elípticas.

Algunos sistemas HEO y mixtos que se desarrollaron son: DIAMOND, ELLIPSO, LOOPUS.

Entre las compañías involucradas están:

- ELLIPSO.            -GLOBALSTAR.    -ICO.            -IRIDIUM.            -TELEDESIC

De manera particular existen los sistemas TELEDESIC (llamados también LEO SAT-1, no confundirse con LEO-SAT) y anteriormente SPACEWAY, cuyo objetivo es ofrecer servicios de banda ancha y multimedia con cobertura global. Además se plantean como sistemas mixtos fijos-móviles, lo que junto a lo anterior y otras características los diferencian claramente de los restantes.

## 9) Servicio Universal de Comunicaciones Móviles (UMTS).

Se prevé que sea la siguiente generación de servicios móviles, integrando las funcionalidades de la mayoría de los sistemas anteriores. Para su prestación será necesario integrar las tecnologías que soportan esos servicios, apareciendo entonces la integración de redes móviles, terrestres y por satélite, para dar las funcionalidades requeridas de la manera más eficaz. Entre los servicios que podría soportar están las comunicaciones de datos de alta velocidad.

Tanto el CCITT<sup>2</sup> (sistema FPLMTS<sup>3</sup>) como el ETSI<sup>4</sup> con el programa RACE<sup>5</sup> (sistema UMTS) están estudiando esta tercera generación de sistemas móviles, con definiciones compatibles entre ambos.

Se estima que podrían aparecer los primeros equipos a finales de siglo, es decir, unos siete años después del lanzamiento comercial del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM).

---

<sup>2</sup> CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico).

<sup>3</sup> FPLMTS (Servicios Públicos Futuros de Telecomunicaciones Móviles Terrestres)

<sup>4</sup> ETSI (Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones)

<sup>5</sup> RACE (Desarrollo de Investigación en Tecnologías Avanzadas de Comunicaciones en Europa)

## **C) TRANSMISIÓN DE DATOS EN SISTEMAS DE RADIODIFUSIÓN.**

### **Introducción.**

La radiodifusión de datos es un término general que describe un sistema de comunicaciones punto - multipunto, para distribuir datos local o globalmente a sitios remotos.

Aunque la radiodifusión de datos no es una tecnología nueva, se están desarrollando métodos y aplicaciones nuevas para implementar estos sistemas, y hacerlos más accesibles y baratos para las empresas radiodifusoras que los deseen instalar.

Algunas ventajas y características de las aplicaciones de los sistemas de radiodifusión de datos son:

a) Todos los sitios cercanos y remotos reciben los datos transmitidos casi al mismo tiempo. Es más fácil el manejo de la información transmitida que tienen que llevar a cabo las radiodifusoras debido a que los datos pueden transmitirse simultáneamente a todos los lugares.

b) Estos sistemas son ideales para datos que requieren ser actualizados y entregados continuamente. Los usuarios pueden recibir directamente los datos en receptores especiales o en computadoras personales y no requieren establecer ningún tipo de conexión con algún prestador de la información transmitida.

c) También son útiles para distribuir datos en áreas de trabajo donde existan pocas o ninguna línea telefónica, ya que éstas no se requieren.

d) En la mayoría de los sistemas, con excepción de aquellos que hacen uso de satélites, se tiene un costo fijo de tiempo al aire, el cual está basado en la tasa o velocidad requerida y no en el número de lugares receptores. Así a medida que el número de sitios crece, el único costo incrementado que se tiene en éstos sistemas de comunicación, es el de los equipos receptores.

Por otra parte, algunas desventajas de los sistemas de radiodifusión de datos son

a) Las tasas de transmisión resultan bajas en comparación con las ofrecidas por tecnologías alámbricas.

b) Para aplicaciones de gran cantidad de información como gráficas, multimedia y archivos de gran tamaño, los sistemas terrestres como los basados en fibra óptica, resultan más adecuados.

### **1) Servicios de Radiodifusión Directa vía Satélite (DBS).**

Estos servicios pueden abarcar un continente entero y varios países simultáneamente usando diferentes satélites. Los satélites normalmente proveen enlaces de datos confiables con muy bajas tasas de error, con velocidades de transmisión que van de los 1200 baudios a los 2 Megabits/segundo y más.

Se pueden usar actualmente platos parabólicos pequeños de un metro o menos de diámetro y el equipo requerido a un bajo costo dependiendo de la tasa de baudios y otras características para hacer uso de estos servicios.

El método DBS es ideal cuando existen sitios que están dispersos en una área geográfica amplia y se requiere darles cobertura.

Debido a que los satélites que orbitan hoy en día requieren de platos parabólicos fijos para la recepción y no son adecuados para receptores móviles, se crean redes híbridas de cobertura al usar transmisores tradicionales de microondas y de FM para llevarles el servicio a los usuarios móviles.

### **2) Transmisión en la Subportadora de FM.**

Las emisoras de FM cuentan con canales muy anchos (equivalentes a 0.2 megahertz) que les permite transmitir en estéreo, o sea con dos canales, y tener además un espacio excedente para otros servicios. Esto significa que en una misma frecuencia FM hay un canal de portadora principal de audio, donde se transmite la programación normal de la estación, y varias subportadoras múltiplex para el envío de datos y música.

Para la recepción de información a través de las subportadoras, se requiere de un equipo especial que debido a los adelantos tecnológicos puede ser, según el servicio, fijo (computadora, impresora) o móvil (relojes, radiolocalizadores, radios para automóviles). En este sentido, el radio escucha que cuenta con un receptor normal de FM no podrá recibir los datos procesados por este sistema, pues para ello deberá tener el equipo necesario.

### **3) Sistema de Datos Vía Radio ( RDS ).**

También llamado "Sistema de Información o Mensajería vía Radio", se trata de una tecnología relativamente nueva que permite a las estaciones de radio en FM, transmitir información basada en texto, como las siglas de la estación, formato de programas y mensajes de texto a receptores de radio especiales con pantalla de despliegue, para visualizar mensajes cortos como títulos de las canciones, información artística o avisos comerciales, los cuales pueden redireccionarse al puerto serial de una computadora personal.

También es posible transmitir datos binarios o archivos pequeños dentro de la cadena de datos del RDS usando TDC ( Canales Transparentes de Datos ). Mientras la tasa de baudios es baja para una aplicación TDC, su uso es al gusto de cada radiodifusora y puede usarse o no. Con las tasas de baudios disponibles, es posible mandar entre 1 y 2 megabytes de datos cada día a través de una red de datos RDS. Su utilización para servicios de carácter social (seguridad, servicios médicos, etc.) puede abrirle también importantes perspectivas a futuro.

### **4) Transmisión en la Subportadora de FM embebida en TV.**

Esta es una tecnología que difiere algo de la de Subportadora de FM e involucra el uso de una porción del espectro de un canal de televisión comercial para llevar una señal secundaria que puede ser estéreo o de otro tipo.

Los equipos típicos que existen, permiten transmitir audio, datos (arriba de los 19.2 kbps) o voz, que puede ser transportada en la misma señal de banda base como una de video.

Cuando se usa para audio asociado a la TV, ésta técnica elimina problemas como la *distorsión por retraso que ocurre cuando se transmiten separadamente audio y video* como en algunos sistemas satelitales.

Para señales que no son de video, se pueden transmitir sobre la misma ruta servicios auxiliares empleando las facilidades de la porción de video.

### **5) Intervalo Vertical de Blanqueo ( VBI ).**

El VBI es la franja negra que se ve cuando el control vertical de la TV necesita ajuste (las primeras 15 líneas en cada campo de la señal NTSC<sup>6</sup>); donde es posible *transmitir datos en tasas de al menos 38400 baudios mediante el uso de un codificador barato en la parte terminal del sistema para insertar los mismos en la señal de TV.*

Los datos enviados a través del VBI pueden viajar a cualquier lugar donde la señal de televisión llegue, tal como sistemas satelitales y por cable.

---

<sup>6</sup> NTSC (Norma americana de transmisión de TV y Comité Nacional de Normas de Televisión)



## D) SISTEMAS MÓVILES PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS CON LOS CUALES COMPITEN LAS TECNOLOGÍAS DE RADIODIFUSIÓN.

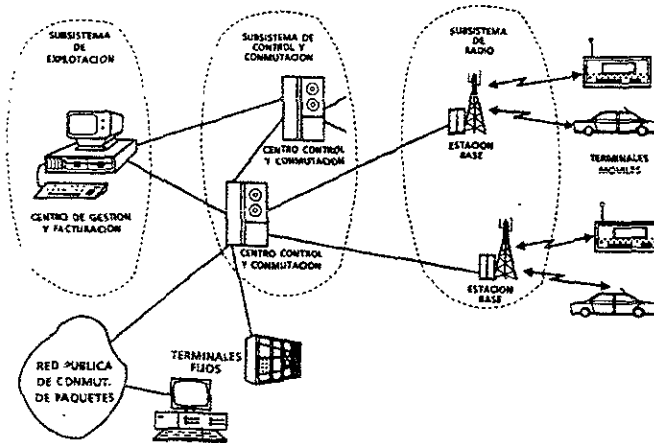


Figura 1.2 Estructura de un sistema móvil.

En las transmisiones móviles, la modulación es el mecanismo por medio del cual la fase, frecuencia o amplitud de una señal de frecuencia de radio (RF) se varía de acuerdo a la información a transmitir; cuando la señal modulada es una señal de audio frecuencia, se le conoce como subportadora.

Actualmente se utilizan esquemas de modulación digitales (dado que la señal de información es una señal digital), para el envío de datos, en los sistemas de comunicación móvil como: modulación por corrimiento de fase (PSK), modulación por corrimiento de frecuencia (FSK), modulación por corrimiento de amplitud (ASK), modulación por amplitud en cuadratura (QAM) y modulación por corrimiento rápido en frecuencia (FFSK).

Sin embargo, inicialmente la modulación en el canal de radio se realizaba empleando tonos de audio frecuencia, los cuales podían decodificarse adecuadamente con relaciones bajas de señal a ruido (S/N) y en presencia de desvanecimientos. Ahora este tipo de modulación resultaría ser demasiado lenta e ineficiente en la mayoría de las aplicaciones actuales, ya que la velocidad típica es de 90 bps en un canal de audio de 3 kHz y un ancho de banda de RF de 15 kHz.

Los errores en la transmisión de datos, pueden ser causados en primera instancia por variaciones en la envolvente de la señal recibida, conocidas como desvanecimientos, las cuales reducen ésta a un nivel en la que la relación S/N ya no es adecuada y que pueden ser hasta de 40 dB. Los desvanecimientos son causados por las múltiples trayectorias que recorre la señal de radio.

La segunda causa de variación se le conoce como oscurecimiento y es ocasionada por cambios en la topografía del terreno.

El ruido de encendido en los motores de vehículos también puede ocasionar errores significativos.

Para hacer frente a los errores en la transmisión, se han estudiado distintos tipos de codificación como los códigos de bloques cíclicos, que son fáciles de implementar.

Finalmente es importante señalar que aún no se ha establecido una norma internacional para la transmisión de datos y cada sistema utiliza sus propios protocolos.

Los sistemas móviles con los cuales competirán, de una manera más directa, las tecnologías de radiodifusión para la transmisión de datos son los siguientes:

### **1) Sistemas de Radiomensajería.**

Se les puede considerar aptos para transmisión de datos ya que permiten el envío de mensajes (numéricos o de caracteres) hacia terminales móviles, comportándose como sistemas móviles de datos en modo paquete. Sin embargo, su carácter unidireccional los restringe a aplicaciones no transaccionales.

La radiolocalización es la precursora de la transmisión en la subportadora de FM y puede usarla como medio de distribución.

## 2) Sistemas de Radiotelefonía Privada de tipo "Convencional" y de tipo "Trunking".

En los sistemas convencionales se asignan canales a grupos específicos de usuarios y en los "trunking o troncales", la asignación es dinámica al compartir canales entre un gran número de usuarios en forma automática.

Diseñados para aplicaciones de voz, pueden ser utilizados para ciertas aplicaciones de datos; por ejemplo los sistemas "trunking" permiten el envío de mensajes de estado y datos cortos, a través del canal de control, y también la utilización de los canales de tráfico de forma transparente mediante el empleo de modems.

Al utilizar estos sistemas se deben aceptar las limitaciones derivadas del hecho que los protocolos de control del enlace de radio han sido diseñados para aplicaciones telefónicas.

### EJEMPLOS:

#### *Sistema TETRA<sup>7</sup> (Radio de tipo Trunking para toda Europa):*

Se trata de un sistema optimizado para comunicaciones móviles de tipo profesional (grupos cerrados de usuarios, etc.) que existe en dos versiones:

a) Voz + Datos.

b) Sólo Datos.- la cual constituirá el primer sistema normalizado a nivel europeo para la transmisión de datos por radio en modo paquete.

## 3) Telefonía Celular.

La transmisión de datos en redes de telefonía celular es cada día más común a medida que la tecnología celular se difunde ampliamente en todo el mundo.

Las velocidades de transmisión de alrededor de 2400 bps a mediados de los 80's, pasaron después a 16.8 kbps o más en esta década, gracias al uso de modems celulares que utilizan técnicas de compresión de datos y de corrección de errores.

**EQUIPO:**

Debido al ambiente electromagnético ruidoso, al movimiento de los vehículos, y al proceso de toma de celda intrínseco de la telefonía celular, los errores de datos son muy susceptibles de ocurrir; por tal razón, se utiliza día con día equipo sofisticado que incluye el uso de protocolos avanzados de comunicaciones de datos con algoritmos FEC (de control de errores), para asegurar la integridad de los datos ante cualquier interrupción en una transferencia de los mismos.

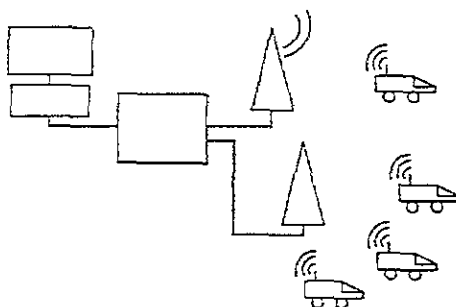


Figura 1.3 Configuración de un sistema celular para la transmisión de datos.

**APLICACIONES:**

Algunas aplicaciones incluyen:

- Departamentos de policía.
- Redes móviles de datos para el sector de seguridad pública.
- Reporteros de periódicos.
- Ambulancias que transmiten datos EKG<sup>8</sup> a los hospitales.
- Personal de ventas y servicio.
- Agentes de Estado.
- Máquinas de fax.
- Cajas celulares de llamadas de emergencia.
- Transmisión de imágenes en blanco y negro en forma remota, etc.

<sup>8</sup> EKG (De emergencia)

**EJEMPLOS:**

*A) Sistemas Celulares Analógicos:*

Al igual que los sistemas trunking requieren de un tiempo considerable para el establecimiento de llamadas para transmitir datos, aunque con una mayor cobertura que los primeros.

Actualmente se utilizan los canales libres para la transmisión de datos en modo paquete, mediante la incorporación de centros de control específicos en las estaciones base.

*B) Sistema GSM:*

Incorpora facilidades específicas para la transmisión de datos en modo paquete en el canal de radio, que reducen algunas de las dificultades inherentes a los sistemas analógicos (interrupciones, retrasos, etc.), permitiendo tasas de transmisión de hasta 9600 bps con pocos errores.

También incorpora funciones de interconexión con redes telefónicas conmutadas y con redes públicas de conmutación de paquetes.

**4) Radio Privado.**

Se emplean dos tecnologías:

**a) Radio de Dos Vías.**

Se trata de sistemas de difusión vía radio que pueden operar en un sólo canal, usualmente en el modo semi-duplex, es decir, transmisión y recepción en diferentes instantes.

Algunas veces se utilizan esquemas de direccionamiento que asignan a cada usuario un código digital que permite identificar al destinatario del mensaje a transmitir. De otra manera, las estaciones de control y las unidades móviles que forman una red escuchan todo lo que se dice y ven lo que se transmite, al recibir el mismo mensaje todos.

También al ser un sistema semi-duplex, se han ideado técnicas, denominadas de "acceso aleatorio", para controlar quien hace uso del canal y cuanto tiempo transmite datos. que resultan ser más eficientes que el dedicar un subcanal pequeño de radio a cada usuario, es decir, multiplexaje por división de frecuencia o FDM.

Actualmente el uso de técnicas multicanales de trunking y asignaciones en los 800 MHz, permiten al usuario establecer un sistema de "asignación" eficiente para toda la comunicación móvil en un área metropolitana, reduciendo las congestiones porque los canales son compartidos en lugar de ser dedicados a una simple aplicación o parte de una compañía.

#### *EQUIPO:*

Mediante el empleo de modems telefónicos es posible transmitir datos a equipos de radio móviles, con tasas de transmisión de entre 300 y 1200 bps que se pueden lograr con procedimientos de retransmisión para controlar errores.

#### *APLICACIONES:*

Existen servicios de despacho en taxis, ambulancias, patrullas, automóviles particulares, autos de bomberos y servicios de mudanzas; donde un operador controla las llamadas monitoreándolas y retransmitiéndolas sobre un mismo canal. Otras aplicaciones incluyen a la industria petrolera, eléctrica, de gas, etc. donde los usuarios necesitan transmitir datos desde puntos remotos donde no hay líneas telefónicas y resultaría costoso instalarlas.

### **b) Sistemas de Transmisión de Paquetes Vía Radio.**

Los Sistemas de Paquetes Vía Radio acomodan un conjunto de datos dentro de un paquete antes de transmitirlos en altas velocidades a estaciones equipadas de forma similar. Estos paquetes llevan información de direccionamiento que les permite llegar a su destino en forma selectiva y repetirse también a través de equipos situados en la ruta física de transmisión mediante estaciones repetidoras, conteniendo información de corrección de errores para conservar la integridad de los datos en ambientes ruidosos.

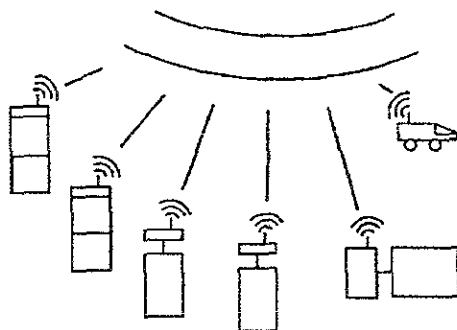


Figura I.4 Configuración de un sistema de transmisión de paquetes vía radio.

Se pueden realizar transmisiones de datos en forma síncrona y asíncrona, resultando más simple la primera si se consideran usuarios y repetidores fijos, y usando modems inalámbricos para protocolos como BSC<sup>9</sup> y SDLC<sup>10</sup>.

Es posible utilizar canales de radio de 25 kHz mediante modems especiales que usen técnicas de modulación bipolares, logrando con ésto tasas de transmisión de 9600 bps sobre anchos de banda de 16 kHz, disponibles en canales móviles como en las señales de FM en las bandas VHF y UHF.

Los enlaces de radio se manejan utilizando técnicas de CSMA<sup>11</sup> donde se monitorea el canal antes de transmitir información.

#### EQUIPO:

Los sistemas de paquetes vía radio pueden operar sobre sistemas de radio de dos Vías, con sólo añadir un controlador de paquetes vía radio en un extremo y en el otro una interfaz a una computadora.

Los modems de datos vía radio reemplazan a los tradicionales y a las líneas dedicadas punto a punto, lográndose junto con un controlador, velocidades de 2400, 4800 y 9600 bps.

<sup>9</sup> BSC (Comunicación Binaria Síncrona)

<sup>10</sup> SDLC (Control Síncrono de Enlace de Datos)

<sup>11</sup> CSMA (Acceso Múltiple con Detección de Portadora)

### APLICACIONES.

Se encuentran las siguientes aplicaciones donde el flujo de la información es punto - multipunto, sin mucho volumen y con tráfico impredecible:

- Redes de radio privadas,
- Verificación de tarjetas de crédito,
- Máquinas de respuesta automática.
- Equipo de seguridad y de detección de intrusos, etc.

También se puede usar ésta tecnología en ambientes de redes de área local (LAN).

### EJEMPLOS:

#### *Sistemas de sólo datos:*

Son sistemas diseñados específicamente para aplicaciones de datos transaccionales los cuales, incorporan una interfaz radioeléctrica y protocolos para el tráfico de paquetes de datos; constituyendo una plataforma de transporte de paquetes entre usuarios móviles y puntos de acceso de usuarios fijos.

## 5) Subportadora en FM.

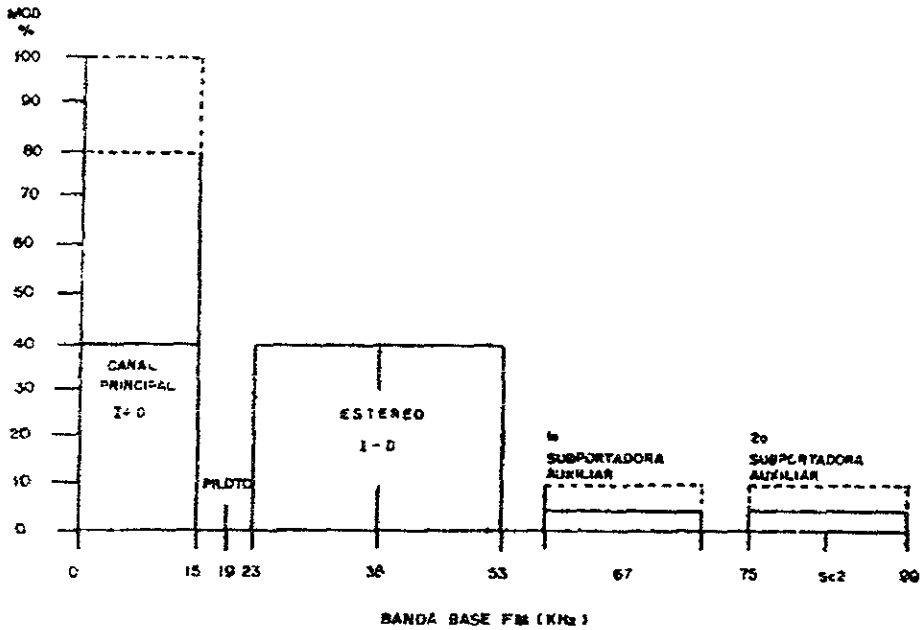
La transmisión de datos se lleva a cabo en los canales de subportadora de FM en forma simple, es decir, el envío de los mismos se realiza en un solo sentido.

En términos generales, la banda de radiodifusión en FM abarca de los 88 a los 108 MHz la cual se divide en 100 canales cada uno de 200 kHz de ancho. Se utiliza la técnica FDM asignando a cada estación un uso exclusivo de una porción de la banda de radio.

En cada canal existe una frecuencia central llamada " Portadora ", que identifica a cada estación de radio y juega un papel muy importante en el proceso de modulación. Cabe señalar que los 100 kHz a la izquierda (la mitad del ancho de banda) se mantienen libres para tener una banda de guardia o de protección.

El ancho de banda básico de la señal en banda base de FM es el siguiente:





I = CANAL IZQUIERDO  
 D = CANAL DERECHO  
 I+D = MONAURAL  
 I-D = SEÑAL DIFERENCIA ESTEREOFÓNICA  
 Sc2 = FRECUENCIA DE LA SEGUNDA SUBPORTADORA AUXILIAR ENTRE 75 Y 90 KHz  
 LA MODULACION TOTAL ES LA SUMA DE TODAS LAS COMPONENTES EN LA SEÑAL DE FM

Figura I.5 Señal compuesta en banda base de FM.

Como puede observarse en la figura anterior para la porción monofónica de cualquier programa transmitido, la señal Izquierda+Derecha (I+D), se utilizan de 0 a 15 kHz ya que con éstos se obtiene una buena fidelidad en la señal transmitida.

A los 19 kHz se encuentra el " Tono Piloto ", que es una señal que le indica al receptor la presencia de una señal estereofónica.

Entre los 23 y 53 kHz está la porción Estéreo de la señal, llamada la componente Izquierda-Derecha (I-D) y en los 38 kHz se encuentra la " Subportadora Estereofónica " llamada así por ser la frecuencia central de esta porción de la señal.

La región de los 53 a los 100 kHz está libre y puede ser usada por las estaciones de FM para distintos propósitos como la transmisión de datos, audio, etc. Generalmente, se crean dos subportadoras una centrada en los 67 kHz y la otra en los 92 kHz,

ambas de 10 kHz de ancho; pudiendo transmitir cada una programación de audio adicional de 5 kHz o 9.6 kbps de datos, inclusive hasta 14.4 kbps y 19.2 kbps o más.

También existen otras asignaciones o manejo del ancho de banda como el tener una corriente de datos 19.2 kbps; el utilizar la técnica FDM para multiplexar el ancho de banda de los 53-100 kHz en cinco subbandas cada una de 4.8 kbps, y finalmente el emplear el espacio arriba de los 53 kHz como un canal de datos a 38.4 kbps.

A la primera asignación se le conoce como SCA (Autorización Subsidiaria de Comunicaciones) título dado por la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) de los EUA, la cual, ha sido usada desde 1955 por las estaciones de FM para transmitir datos en la región de subportadoras, música de fondo, etc.

En 1983 la FCC desreguló el uso de las subportadoras, lo que permitió que se utilizaran otras técnicas de modulación adicionales (no sólo analógicas), un incremento en el uso de esa porción del espectro para diversos propósitos y del interés para transmitir datos por parte de los usuarios.

#### MÉTODOS DE TRANSMISIÓN:

Existen diversas formas mediante las cuales las estaciones radiodifusoras pueden hacer llegar o transmitir la información adicional contenida en la región de las subportadoras como son:

a) Una línea física desde un proveedor de información hasta la estación de FM, donde se difunde ésta junto con la programación tradicional.

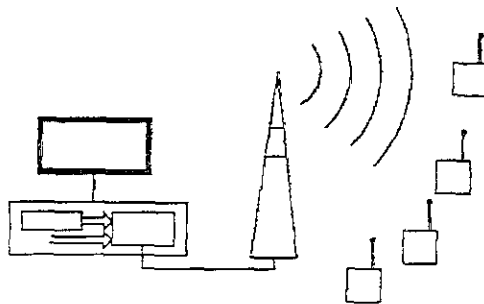


Figura I.6 Configuración con línea física.

b) El tener un enlace satelital desde la base proveedora de los datos a la estación radiodifusora:

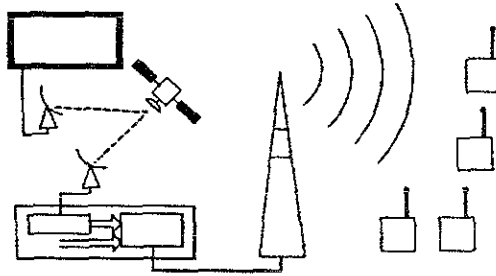


Figura I.7 Ejemplo con enlace satelital

c) Un complemento a la anterior consiste en tener un enlace auxiliar desde las terminales remotas (usuarios) hasta una red de conmutación de paquetes; lo que permite tener comunicación dúplex pero no necesariamente en tiempo real.

Algunas aplicaciones incluyen a los usuarios que poseen terminales portátiles para transmitir datos y que se conectan a redes telefónicas para recibir mensajes de tamaño considerable.

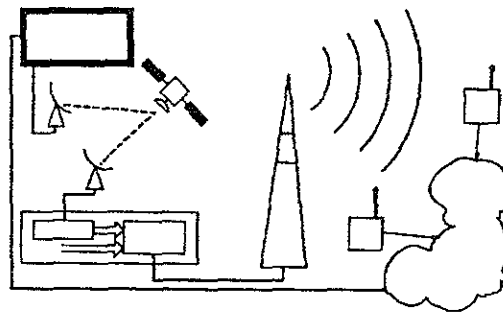


Figura I.8 Configuración con un enlace auxiliar.

d) También un grupo de radiodifusoras de FM se pueden poner de acuerdo para interconectarse a un sistema nacional y lograr con esto tener cobertura en todo un país; para aplicaciones como sistemas de radiolocalización, de correo electrónico, de información de mercados financieros, de negocios, de emergencia y en redes públicas de información vía radio.

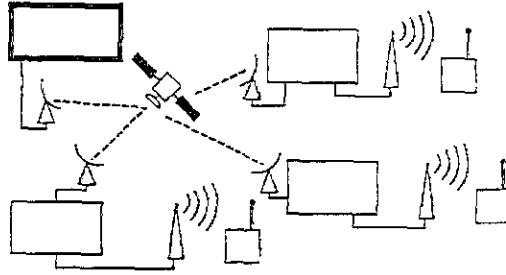


Figura I.9 Ejemplo de un grupo de estaciones radiodifusoras

e) Otra posibilidad consiste en distribuir vía satélite, la información de la subportadora de FM, directamente a terminales de usuario en aplicaciones de tipo rural, de radiolocalización, etc., que resulta ser una tecnología similar a la empleada en los servicios de Radiodifusión Directa vía Satélite (DBS) y VSATs<sup>12</sup>.

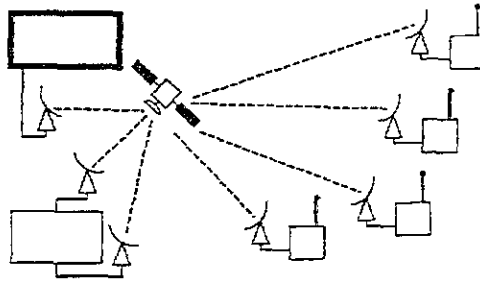


Figura I.10 Configuración con terminales de usuario.

**APLICACIONES:**

Algunas aplicaciones incluyen:

a) Datos de Mercado: Como cuentas de bolsas bancarias y precios de bienes raíces mediante el empleo de terminales portátiles de tamaño pequeño.

b) Entrega electrónica de Correo y Publicaciones: Se puede transmitir material impreso desde un sólo sitio a un grupo de localidades metropolitanas móviles o fijas. Se incluyen aplicaciones bancarias, de supermercados, periodísticas y de boletines de prensa.

c) Facsimil: Se trata de radiodifusión de mapas, dibujos, gráficas, impresiones, etc a dispositivos portátiles de fax.

d) Manejo de Carga Útil: Con receptores de FM instalados en dispositivos de anunciantes, no necesariamente eléctricos, es posible apagar a estos últimos y controlarlos desde una estación centralizada en horas pico de trabajo.

e) Servicios de Radiolocalización: Con numerosas estaciones de FM en un área metropolitana determinada y utilizando técnicas de codificación digitales, es posible ofrecer servicios de radiolocalización en mercados de trabajo grandes.

f) Transmisión de Texto. Se trata del uso más común de esta tecnología que permite transmitir información financiera, boletines de prensa, horarios, etc., a un grupo específico de individuos.

#### **LIMITACIONES Y PROBLEMAS:**

##### **A) Ancho de Banda:**

Con canales de 9.6 kbps o quizás 38.4 kbps, se presentan limitaciones de ancho de banda para algunas aplicaciones sin embargo, ésto se puede solucionar mediante la compresión de datos y el empleo de técnicas de modulación más sofisticadas.

##### **B) Interferencia (crosstalk<sup>13</sup>):**

El proceso de modulación crea armónicas, lo cual puede comprometer a algunos sistemas de datos dado que la atenuación por diafonía deseable es de -60dB.

##### **C) Recepción y Multitrayectorias:**

La recepción puede ser un problema cuando existen edificios altos, lo cual se corrige con antenas de FM montadas a buena altura.

Las multitrayectorias ocasionadas por las reflexiones secundarias de la señal al chocar con edificios, montes y otros objetos, se pueden solucionar mediante el empleo de dispositivos de procesamiento en los receptores.

##### **D) Retrasos de Datos:**

Del orden de 1 a 2 minutos resulta considerable para algunas aplicaciones.

---

<sup>12</sup> VSAT (Terminales de Apertura Muy Pequeña)

<sup>13</sup> Crosstalk (Diafonía: energía de interferencia transferida de un circuito a otro)

El retraso permisible en el ciclo y en el ancho de banda del canal determina el número máximo de usuarios, en el modo de direccionamiento de usuarios específicos.

E) Seguridad:

Al igual que en las demás tecnologías inalámbricas, se presentan problemas de seguridad, los cuales poco a poco se están atenuando mediante el uso de técnicas de encriptamiento.

F) Torres Únicas:

En la tecnología de subportadora se emplea una sola torre de FM, lo cual no permite contar con alcances y penetración adecuados dentro de los límites de una ciudad, ocasionando problemas de recepción en colonias donde hay negocios en el centro de las grandes ciudades.

A diferencia del audio, los datos a transmitir no pueden tolerar ruido en la banda de FM lo que ha llevado a la necesidad de construir receptores más sensibles que puedan monitorear el subcanal de FM con mayor potencia y auto sintonizarse al mismo.

G) Una sola Vía de Comunicación:

Se podría tener un acceso interactivo si se contara con un buffer en el dispositivo terminal y un enlace auxiliar a través de una red de base terrestre.

H) Zonas de Sombra:

Al tratarse de una tecnología de línea de vista, los obstáculos entre la estación transmisora y los receptores, reducen la potencia de las señales.

**BENEFICIOS:**

- A) Alta Disponibilidad de los transmisores
- B) Cobertura Geográfica Amplia.
- C) Confiabilidad
- D) Costos iniciales reducidos.
- E) Espacio de acción a nivel nacional.

### III .- TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN FM.

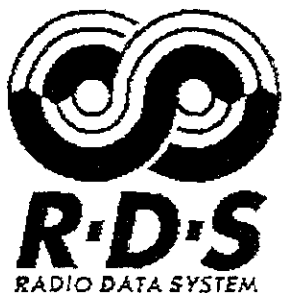
En este capítulo se describe el origen, las características, los resultados de pruebas de laboratorio y campo, y los servicios de algunos sistemas de transmisión de datos en la banda de FM como el RDS y el RBDS, continuando con el DARC, el HSDB y el STIC denominados de alta velocidad al utilizar subportadoras arriba de los 61 kHz en el ancho de banda que tienen asignadas las estaciones de FM.

En cada uno de los sistemas se menciona la compatibilidad y se hacen comparaciones con el RDS, ya que es el más utilizado a nivel mundial y ofrece mayores posibilidades de implementarse aquí en México.

Finalmente se presentan las características de la radiodifusión sonora digital (DAB); una descripción de los sistemas más conocidos de esta tecnología, en particular de aquellos que prestarán sus servicios utilizando las bandas de AM y FM asignadas a nivel mundial; continuando con una comparación de las ventajas y desventajas de la DAB con el RDS, y terminando con los resultados de algunas evaluaciones técnicas (pruebas de laboratorio y de campo) efectuadas a los sistemas DAB.

## A) SISTEMA DE DATOS VÍA RADIO ( RDS ).

### 1) Orígenes y Desarrollo del RDS.



- La idea de usar una subportadora para llevar información adicional a la par con la señal monofónica o el tono piloto estéreo en la banda de VHF-FM data de 1955, cuando la Comisión Federal de Telecomunicaciones de EUA (FCC) autorizó provisionalmente el uso de dos subportadoras analógicas en las frecuencias de 67 y 92 kHz.

- Para mediados de los 60's muchas estaciones de radiodifusión en FM en los EUA usaban subportadoras para llevar un " programa de audio subsidiario ", que recibieron el nombre de la Autorización Subsidiaria de Comunicaciones (SCA) al establecerse la normatividad correspondiente por la FCC.

- En los años 70's se desarrolló el sistema alemán "ARI" (Sistema Radiofónico de Información al Conductor) que utilizaba una subportadora de 57 kHz para proveer información de tráfico a conductores. También surgieron algunos sistemas de modulación de datos por subportadoras, como el servicio de radiolocalización sueco "MBS" que sentaron las bases para el desarrollo del sistema EBU-RDS de la Unión Europea de Radiodifusión en 1976.

- Ya para la década de los 80's se empezó a experimentar con subportadoras digitales que permiten la prestación de otro tipo de servicios a cambio de la reducción del ancho de banda necesario y de la potencia requerida para ello.

Tuvieron lugar los siguientes acontecimientos:

- a) En 1980 se realiza la primera prueba de campo en Berna Interlaken, Suiza.
- b) Para 1982 las pruebas empiezan en Estocolmo y con la evaluación sueca de 8 sistemas en Helsinki, la codificación en banda base del "RDS" concuerda con la segunda prueba de campo en Berna.
- c) Así en 1983 se establece la norma europea del "RDS", la cual fue publicada en 1984 bajo el nombre de Documento Técnico 3244 de la "EBU", a raíz de la reunión



de la industria de radiodifusores europeos y la prueba de campo en Munich, Alemania. De esta manera se adopta el sistema alemán.

d) También en 1984 se lleva a cabo la primera presentación del RDS en Detroit, y en Estados Unidos la Ford empieza el desarrollo de radios con RDS para automóviles. La EBU publica la especificación 3244 sobre RDS.

e) Un año después, a partir de pruebas operacionales a gran escala realizadas en Alemania, la EBU recomienda la introducción del nuevo sistema a la industria de la radiodifusión con la confirmación de los primeros receptores para 1987.

f) En 1986 se da la primera presentación del RDS por la " Asociación Nacional de Radiodifusores " (NAB) en Dallas y se publica la recomendación RDS del CCIR de Estados Unidos.

g) Para 1987 países como Irlanda, Francia y Suecia introducen los primeros receptores RDS mostrados en la IFA de Berlín, Alemania; y la compañía Volvo lanza al mercado su primer radio para carros con el nuevo sistema.

h) Posteriormente en 1988 Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Italia y el Reino Unido introducen los radios para carro producidos en masa por Blaupunkt, Grundig y Philips.

i) Finalmente para 1989 el RDS mejora a partir de pruebas hechas en el Reino Unido, Portugal, Holanda, Noruega y Suiza. Se da una presentación en Washington DC, EUA y en la NAB de las Vegas del mismo año.

- En la última década se han venido dando también algunos hechos importantes:

a) En 1990 se da la primera presentación del RDS en Asia, principalmente en Singapur, y también en Sudáfrica.

Se publica la norma europea CENELEC<sup>1</sup> EN-50067-1990.

b) Un año después en la feria mundial de Hong Kong se muestran receptores RDS EON<sup>2</sup> y se da la primera presentación del sistema en China.

c) Para 1992 aparece el estándar RBDS completado en Estados Unidos por el NRSC (Comité Nacional de Sistemas de Radio), y se publica otra versión del europeo, el CENELEC EN 50067-1992.

<sup>1</sup> CENELEC (Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica)

<sup>2</sup> EON (Información Mejorada sobre Otras Redes)

- d) En 1993 aparecen los primeros radios portátiles con RDS y se crea el foro RDS.
- e) Al año siguiente aparecen equipos con RDS-TMC (Canal de Mensajes para Tráfico) los cuales son proporcionados por la "Comunidad Europea" (EC) para la red transeuropea de carreteras y se implementan receptores DGPS (GPS's diferenciales) en Suecia
- f) Para 1995 se crea la asociación de radiolocalizadores RDS y se realiza el quinto Foro RDS en Filadelfia, EUA y en Turín, Italia.
- g) En 1996 se actualiza el estándar europeo del CENELEC y se le da promoción al RDS en la exposición de Electrónica de Consumo de las Vegas, EUA. También se realiza la 8ª reunión del foro RDS en Vilamoura, Portugal
- h) Por lo que respecta a 1997, se llevaron a cabo el 9º y 10º foro RDS en Metz, Francia y en Berlín, Alemania respectivamente. Después en el mes de septiembre se realizó la exposición de la NAB en Nuevo Orleans donde se presentaron un sin número de desarrollos en equipo para la transmisión y recepción del RDS y RBDS.
- i) En 1998, Cadillac se convierte en la primera empresa productora de autos en E.U.A. con el RDS integrado en sus nuevas unidades; tuvieron lugar la 11ª y 12ª reunión del foro en Bordeaux, Francia y Namur, Bélgica respectivamente; y aparece la última versión de una norma conjunta, la EN 50067:1998, que armoniza las características del RDS y del RBDS.
- j) Finalmente en 1999, ha tenido lugar la 13ª reunión del foro en Glion sur Montreux, Suiza donde se acordó entre otros temas: la normalización a nivel mundial del estándar europeo de CENELEC y del norteamericano de la NAB/EIA en uno solo, la próxima aparición de más receptores RDS-TMC para información de tráfico, y la colaboración con diferentes foros como los del DARC, TMC y DAB.

## 2 ) Características.

### 1. - Modulación del Canal de Datos (capa física):

a) Frecuencia de la Subportadora.- El Sistema de Datos Via Radio (RDS) utiliza una subportadora de 57 kHz, que es tres veces la frecuencia del tono piloto estéreo al cual se amarra o le sirve de referencia, es decir, en cuadratura al tercer armónico del tono piloto de 19 kHz ( $\pm 2$  Hz) en el caso de estereofonía; con una tolerancia de frecuencia de  $\pm 6$  Hz <sup>3</sup>; para monofonía la frecuencia de la subportadora es de 57kHz  $\pm 6$  Hz.

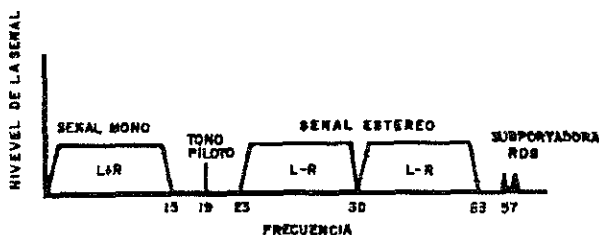


Fig. II.1 Espectro de la señal múltiplex.

b) Nivel de la Subportadora.- La excursión (desviación) nominal recomendada de la portadora principal de FM debida a la subportadora modulada es de  $\pm 2$  kHz; sin embargo, el decodificador deberá diseñarse para que trabaje con niveles de subportadora correspondientes a una excursión entre  $\pm 1$  kHz y  $\pm 7.5$  kHz.

c) Método de Modulación.- La subportadora es modulada en amplitud por la señal de datos conformada y codificada en dos fases con la subportadora suprimida, es decir, se utiliza una forma de PSK<sup>4</sup> de 2 fases (este esquema de codificación/modulación es llamado algunas veces "Manchester"), como se muestra en la siguiente figura:

<sup>3</sup> Nota.- Si se utiliza simultáneamente con el sistema de identificación de información del tráfico rodado "AR" (información de Tráfico para Automovilistas), las subportadoras tendrán una diferencia de fase de  $90^\circ \pm 10^\circ$ , con una excursión nominal recomendada de la portadora de FM principal de  $\pm 1.2$  kHz debido a la señal RDS y de  $\pm 3.5$  kHz debido a la subportadora no modulada de tráfico para automovilistas.

<sup>4</sup> PSK (Modulación por Corrimiento de Fase)

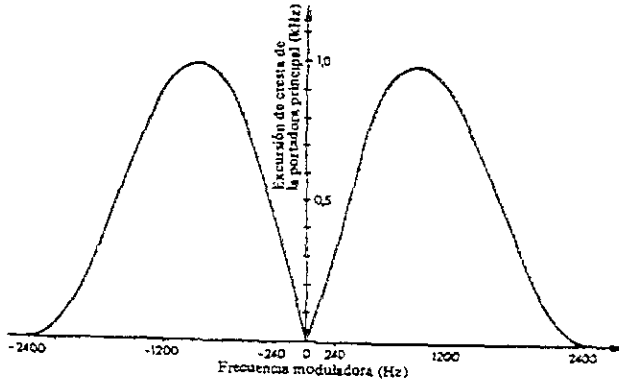


Figura 11.2 Espectro de la señal RDS con codificación bifásica

d) Velocidad de Datos y Frecuencia de Reloj.- La velocidad básica de datos es de 1187.5 bit/s  $\pm$  0.125 bit/s; esta tasa se obtiene dividiendo la frecuencia de la subportadora transmitida entre 48 (que es la frecuencia del reloj).

e) Codificación Diferencial.- cuando el nivel de datos de entrada del codificador en el transmisor es 0, la salida permanece inalterada con respecto al bit de salida precedente, y cuando se produce una entrada de 1, el nuevo bit de salida es el complemento del bit de salida precedente.

Antes de la modulación los datos son diferencialmente codificados/decodificados de acuerdo a las expresiones:

$$\text{salida}_n = \text{entrada}_n * \text{salida}_{n-1} \text{ en el transmisor y}$$

$$\text{salida}_n = \text{entrada}_n * \text{entrada}_{n-1} \text{ en el receptor.}$$

Que se ejemplifican con las siguientes tablas:

SALIDA PREVIA	ENTRADA NUEVA	SALIDA NUEVA
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

En el receptor se realiza a cabo el proceso contrario:

ENTRADA PREVIA	ENTRADA NUEVA	SALIDA NUEVA
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Esto significa que los datos son decodificados correctamente aún si se invierte la señal demodulada de datos, como por ejemplo cuando existe la necesidad de que el demodulador se sincronice en fase con la subportadora removida.

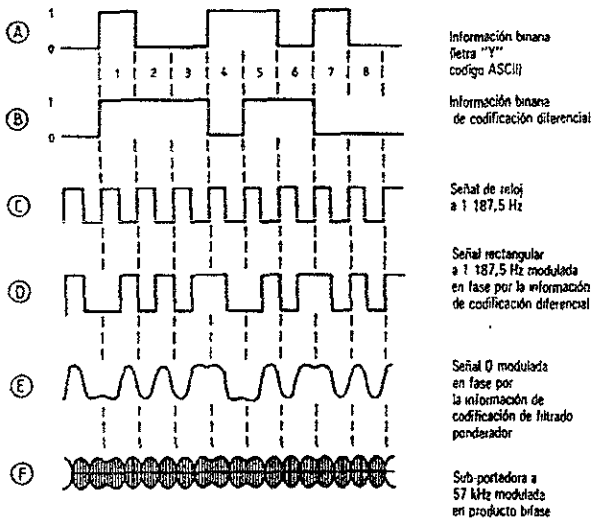


Figura II.3 Generación de la señal codificada RDS.

f) Compatibilidad con otras señales.-

1. - *Con la Señal Estéreo.-* La frecuencia, nivel y método de modulación de la subportadora utilizada para transportar las señales de datos se ha elegido cuidadosamente a fin de evitar interferencias en la recepción del programa principal estereofónico o monofónico. Debido a la extrema importancia de estas consideraciones de compatibilidad, en varios países se han realizado pruebas tácticas detalladas y prolongadas. Se ha hallado que en una gran variedad de condiciones de propagación y de receptores, se logra una buena compatibilidad sin embargo, en algunos lugares en los que las señales recibidas son muy afectadas por la propagación de trayectos múltiples, puede producirse interferencia a la señal del programa principal.

2. - *Con las señales auxiliares existentes.-* El RDS se ha concebido de tal manera que sus señales no interfieran con las señales auxiliares existentes utilizadas en algunos países por ejemplo para identificar la información de tráfico a

automovilistas, como lo hace el sistema "ARI". Esto se logra conformando el espectro transmitido de las señales RDS de manera que se minimice la superposición con el espectro de las señales ARI sin embargo, cuando las señales del RDS se difunden simultáneamente desde el mismo transmisor o desde transmisores distintos, deberá reducirse el nivel de inyección de la señal RDS de modo que la excursión de la portadora FM principal debido a la subportadora RDS sea  $\pm 1.2$  kHz; ésto se consideró necesario para garantizar la compatibilidad requerida con algunos tipos de receptores ARI. Simultáneamente, deberá reducirse la excursión de la portadora FM principal debido a la subportadora ARI no modulada, a  $\pm 3.5$  kHz. No obstante, es posible que en el futuro se pueda aumentar la excursión debido a las señales RDS.

**2. - Codificación de la Banda de Base (capa de enlace de datos):**

a) Estructura de Codificación.- el elemento mayor de la estructura se denomina "grupo" y tiene 104 bits; cada grupo comprende 4 bloques de 26 bits formados por una palabra de información de 16 bits y una palabra de comprobación, para propósitos de sincronía y corrección/detección de errores (CRC) de 10 bits.

Este formato hace que la razón de información efectiva sea de 637.67 bps así, la redundancia permite tener detección adecuada en condiciones de recepción severas debidas a múltiples trayectorias de propagación.

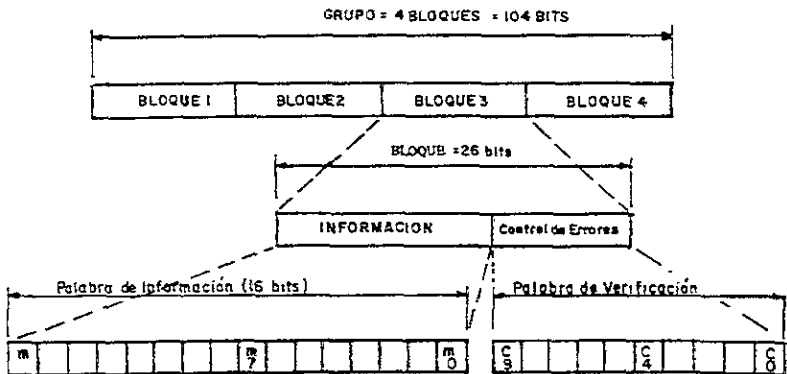


Figura II.4 Estructura de codificación en banda base.

b) Orden de Transmisión de los Bits.- se efectúa de manera continua sin interrupciones entre los bloques o grupos, donde el bit más significativo de todas las palabras de información, palabras de comprobación y direcciones, se transmite primero.

c) Protección Contra Errores.- la palabra de comprobación de redundancia cíclica de 10 bits, a la cual se añade la palabra de desplazamiento de 10 bits para fines de sincronización de grupo y de bloque, está destinada a permitir que el receptor/ decodificador detecte y corrija los errores que se producen en la recepción.

El esquema de control de errores se basa en un generador polinomial de la forma:

$$g(X) = X^{10} + X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^3 + 1$$

d) Sincronización de Bloques y Grupos.- el decodificador puede reconocer el principio y el fin de los bloques de datos debido al hecho de que el decodificador de comprobación de errores detectará, con fuerte probabilidad, el deslizamiento de sincronización de los mismos, los cuales están identificados dentro de cada grupo por diferentes palabras de desplazamiento añadidas a las respectivas palabras de comprobación de 10 bits.

e) Formato del Mensaje (capas de sesión y presentación).-

Los 16 bits de información del 1<sup>er</sup> bloque corresponden al código de identificación de programa PI; los primeros 5 bits del segundo bloque de cada grupo se asignan a un código de 5 bits que especifica la aplicación o servicio del grupo y su versión, de los cuales los cuatro bits más significativos etiquetan al mismo y definen las características a las que se relacionan los datos, y el siguiente bit divide el tipo de grupo en una de dos variantes: A o B. De esta manera cada grupo se identifica por su número y su letra variante. En la siguiente tabla se ilustra la información que se transmite dependiendo del tipo de grupo que se tiene:

Tipo de grupo	Información transmitida
OA	PI, PTY, TP, TA, DI, MS, PS, AF
OB	PI, PTY, TP, TA, DI, MS, PS
1A/B	PI, PTY, TP, PIN
2A/B	PI, PTY, TP, RT
3A/B	PI, PTY, TP, ON
4A	PI, PTY, TP, CT
5A/B	PI, PTY, TP, TDC
6A/B	PI, PTY, TP, INH
14 A/B	PI, PTY, TP, EON
15B	PI, PTY, TP, TA, DI, MS

Tabla. II.1 Tipos de grupo e información transmitida.

De la tabla se nota que el código PI está contenido en el bloque 1 de cada grupo, esto obedece a que el PI es la pieza más importante de información, ya que todos los aspectos de sintonía dependen de la identificación del programa; debido a esto, todos los grupos del tipo B incluyen el código PI en el 3<sup>er</sup> bloque.

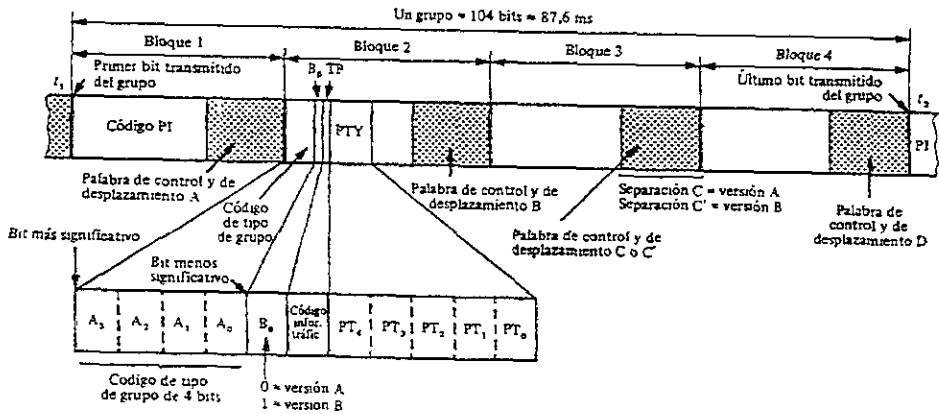


Fig. II.5 Formato de los mensajes y direccionamiento.

Nota 1. - Código de tipo de grupo = 4 bits

Nota 2. - B<sub>0</sub> = Código de versión = 1 bit

Nota 3. - Código PI = Código de identificación de programa = 16 bits

Nota 4. - TP = Código de identificación de un programa de información de tráfico = 1 bit

Nota 5. - PTY = Código de tipo de programa = 5 bits.

Nota 6. - Palabra de control + desplazamiento "N" = 10 bits agregados para la protección contra errores y la información de sincronización de bloque o de grupo.

Nota 7. - t<sub>1</sub> < t<sub>2</sub>, en cada grupo, el bloque 1 se transmite primero y el bloque 4 al último.



Los tipos de grupo especificados se indican también en el cuadro siguiente, donde existe espacio para añadir en una etapa posterior, otras aplicaciones aún no definidas:

TIPO DE GRUPO		APLICACIONES
VALOR DECIMAL	CÓDIGO BINARIO A <sub>3</sub> A <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>0</sub> B <sub>0</sub>	
0	0 0 0 0 X <sup>(1)</sup>	Información básica de sintonización y conmutación.
1	0 0 0 1 X	Número de elementos del programa (horario)
2	0 0 1 0 X	Radiotexto
3	0 0 1 1 X	Aplicación no definida aún.
4	0 1 0 0 0	Hora y fecha
5	0 1 0 1 X	Canales transparentes para texto u otros gráficos (32 canales)
6	0 1 1 0 X	Aplicaciones internas
7	0 1 1 1 0	Radiolocalización
8-13		Aplicaciones no definidas aún
14	1 1 1 0 X	Información sobre otras redes mejorado
15	1 1 1 1 1	Información básica rápida de sintonización y conmutación.

(<sup>1</sup>) La X indica que el valor puede ser "0" (versión A) o "1" (versión B)

Tabla 11.2 Códigos de algunos tipos de grupo.

Una gran parte de la capacidad de transmisión de datos del RDS se utilizará para aplicaciones relativas a funciones de sintonización automáticas o asistidas para receptores de FM. Estos mensajes se repiten frecuentemente de modo que el tiempo de adquisición de datos para la sintonización actual u otra nueva sea corto; permitiendo que los códigos correspondientes ocupen las mismas posiciones fijas dentro de cada grupo y por tanto, pueden decodificarse sin referencia a ningún bloque fuera del que contiene esta información.

FUNCIONES DE SINTONIZACIÓN		OTRAS FUNCIONES	
PI	Identificación de programas	TA	Identificación de información de tráfico
PS	Nombre de la cadena de programas	DI	Identificación del decodificador
AF	Lista de otras frecuencias posibles	M/S	Conmutación música/palabra
TP	Identificación de programas de información de tráfico	PIN	Número de elemento del programa (horario)
PTY	Tipo de programa	RT	Radiotexto
EON	Información mejorada sobre otras redes.	TDC	Canal de datos transparente
		IH	Aplicaciones internas
		CT	Fecha y hora
		RP	Radiolocalización.
		ODA	Aplicaciones Abiertas de Datos.

Tabla 11.3 Abreviaturas utilizadas en las funciones.

f) Velocidad de Repetición.- En el cuadro inferior se indican las velocidades de repetición recomendadas para algunas de las principales aplicaciones.

APLICACIONES	TIPOS DE GRUPOS QUE CONTIENEN ESA INFORMACIÓN	VELOCIDAD DE REPETICIÓN RECOMENDADA (POR SEGUNDO)
Código de identificación del programa (PI)	Todos	11.2*
Nombre de la cadena de programas (PS)	0A, 0B	4*
Código del tipo de programa (PTY)	Todos	11.2*
Código de identificación del programa de información de tráfico (IT)	Todos	11.2*
Código de otras frecuencias posibles (AF)	0A	2**
Código de información de tráfico (TA)	0A, 0B, 15B	4
Código de identificación del decodificador (DI)	0A, 0B, 15B	4
Código de música/palabra (M/S)	0A, 0B, 15B	4
Código del número de elemento del programa (PIN)	1A, 1B	-
Mensaje radiotexto (RT)	2A, 2B	0.2***
Información mejorada sobre otras redes (EON)	14A, 14B	Arriba de 2****

Tabla. II.4 Velocidades de repetición recomendadas

\* Los códigos válidos para estos dos elementos se transmitirán normalmente con esta velocidad de repetición siempre que el transmisor emita un programa de radiodifusión normal. Sin embargo, dependiendo de las necesidades del servicio, las entidades de radiodifusión pueden elegir otras velocidades de repetición.

\*\* Las otras frecuencias posibles (si las hubiera) para transmisores que emiten el mismo programa se transmitirán ciclicamente de una lista de hasta 25. Cuando no se transmitan otras frecuencias, deberán utilizarse los grupos del tipo 0B (que no contienen la información de otras frecuencias) en vez del tipo 0A.

\*\*\* Se requieren un total de 16 grupos tipo 2A para transmitir un mensaje RT de 64 caracteres y por lo tanto se requerirán 3.2 grupos del tipo 2A por segundo.

\*\*\*\* El ciclo de tiempo máximo para la transmisión de todos los datos relacionados con todos los PS's referenciados debe ser menor de dos minutos.

Resumiendo en la siguiente tabla se presentan las características principales del RDS:

CONCEPTO	VALOR
Frecuencia de la Subportadora	57 kHz.
Tolerancia de Frecuencia	$\pm 6$ Hz (0.01%)
Fase de la Subportadora	Amarrada en Fase o en Cuadratura al 3 <sup>er</sup> Armónico para Estereofonía.
Tolerancia de Fase	de $90^\circ \pm 10^\circ$ con el ARI
Desviación de Frecuencia debido al Nivel de la Subportadora	$\pm 2$ kHz. ( de 1.2 kHz con el ARI ) En el decodificador entre $\pm 1$ kHz y $\pm 7.5$ kHz.
Método de Modulación	AM-PSK
Ancho De Banda	4.8 kHz.
Eficiencia del Espectro	0.247 bits/s/Hz.
Velocidad de los Datos y Frecuencia de Reloj	1.1875 kbps. $\pm 0.125$ bps. ( 57000 / 48 )
Tipo de Codificación	Diferencial

Tabla 11.5 Características principales del RDS.

### 3 ) Servicios.

De acuerdo a las recomendaciones de la EBU, el RDS cuenta con 18 servicios principales, a los cuales se les menciona en términos de su acrónimo en inglés. Cabe destacar que de acuerdo con la especificación, algunas de estas facilidades son consideradas básicas mientras que otras tienen el carácter de opcional. A continuación se describen las características principales de los servicios básicos:

**Identificación del Programa ( PI ).-** Es una secuencia de 16 bits, que etiqueta el transmisor de las estaciones (conteniendo un símbolo del país, de la región y un número de identificación). Si el receptor encuentra dos transmisiones con el mismo código, éste supondrá que son idénticas, pero se usará un criterio de mayor intensidad de campo y calidad para determinar cuál señal usar.

**Nombre del Servicio de Programas ( PS ).-** Es una cadena que consta de 8 caracteres usados para identificar la estación recibida y se diseñó para ser desplegado y observado por el radioescucha, como por ejemplo: "BBC R4" y "FR NORD" que corresponden a Radio 4 en la Gran Bretaña y a Fréquence-Nord de Radio Francia respectivamente.

**Frecuencias Alternativas ( AF ).**- Utilizando dos bytes se genera una lista de frecuencias alternativas (hasta 25) para la misma estación, la cual es usada por el receptor móvil para verificar periódicamente la intensidad de la señal, la calidad y el código PI de cada una de las frecuencias enlistadas. Si una de éstas ofrece una recepción superior, entonces el receptor se resintoniza a esta nueva estación.

**Programa de Tráfico ( TP ).**- Es una bandera de un solo bit usada para indicar que el programa escuchado puede transmitir próximamente información para el automovilista pudiendo influir en la decisión del radioescucha para continuar sintonizando la misma estación.

**Anuncio de Tráfico ( TA ).**- Se trata de un código de un solo bit y se usa en conjunción con TP para indicar la transmisión de un mensaje para los conductores. El receptor puede usar esta bandera para aumentar el volumen, desactivar la unidad de cassette (cajita) u otra acción semejante.

Los siguientes servicios son considerados como opcionales.

**Tipo de Programa ( PTY ).**- Puede ser de 8 o 16 caracteres de longitud para definir el tipo de programa dentro de treinta y dos categorías, por ejemplo: noticias, música clásica, etc. También se le utiliza para funciones de sintonización.

**Información del Decodificador ( DI ).**- Consta de cuatro bits e identifica el modo de operación requerido en el receptor por ejemplo, un bit indica mono/estéreo, otro si se ha usado una cabeza artificial para la grabación, y el tercero si se ha aplicado compresión a la señal. El uso del cuarto bit aún no ha sido definido.

**Interrupción Música/Voz ( MS ).**- Utilizando un solo bit puede usarse con el receptor para conmutar entre dos niveles de volumen, dependiendo si se difunde música o voz.

**Número de Elemento del Programa ( PIN ).**- Es un número compuesto a partir del día del mes, la hora y el minuto del inicio programado para el desarrollo de un programa, que puede iniciar antes o después de lo planeado, pero el PIN permanece sin alteración. Los receptores pueden usar este número para encender automáticamente al inicio de un programa determinado o bien iniciar una grabación.

**Radiotexto ( RT ).**- El mensaje de radiotexto es una cadena de 32 o 64 caracteres y está diseñado para proporcionar información acerca del programa recibido, ejemplo:

“ RCA: A COPLAN

Dallas Sym. Orch. Direc. E. Mata”

La señal RT puede ser útil también para proporcionar el número telefónico de un programa o la dirección a donde escribir, si se requiere mayor información.

**Fecha y Hora ( CT )** .- Se utiliza para la transmisión del año, mes, día de la semana, hora y minuto, ayudando a sincronizar varios receptores.

**Información Mejorada sobre Otras Redes ( EON )** .- La señal EON contiene una colección de los datos correspondientes a los códigos PI, AF, PIN, PTY, TP y TA de otras estaciones así, aún cuando se escuche una estación determinada, el receptor estará informado de las frecuencias en las cuales encontrar otros servicios dentro de un área.

**Canal Transparente de Datos ( TDC )**.- Proporciona hasta 32 subcanales de comunicación con dispositivos digitales como por ejemplo radiolocalizadores, computadoras, impresoras, etc.

**Datos de Uso Interno ( IH )**.- Es semejante al TDC, pero su uso está reservado para los radiodifusores.

**Radiolocalización ( RP )**.- El RDS tiene la capacidad de soportar un servicio de radiolocalización cuya implementación resulta a bajo costo y con una amplia área de cobertura. Se pueden utilizar radiolocalizadores de varios tipos.

**Sistema Avisos de Emergencia ( EWS )**.- se utiliza para la codificación de mensajes de emergencia como desastres nacionales, derrames químicos, etc., y está diseñado para ser captado por receptores especiales.

**Aplicaciones Abiertas de Datos ( ODA )**.- permite la implementación de nuevas aplicaciones de datos no definidas aún, en los grupos de datos disponibles que son indicados por el uso del tipo 3A que identifica la aplicación en uso como por ejemplo: DGPS (Sistema de Posicionamiento Global Diferencial).

**Canal de Mensajes de Tráfico ( TMC )**.- diseñado para transmitir mensajes de tráfico en un canal independiente para receptores dedicados (GPS y de navegación), está aún en desarrollo y se ha reservado el grupo tipo 8 para su uso.

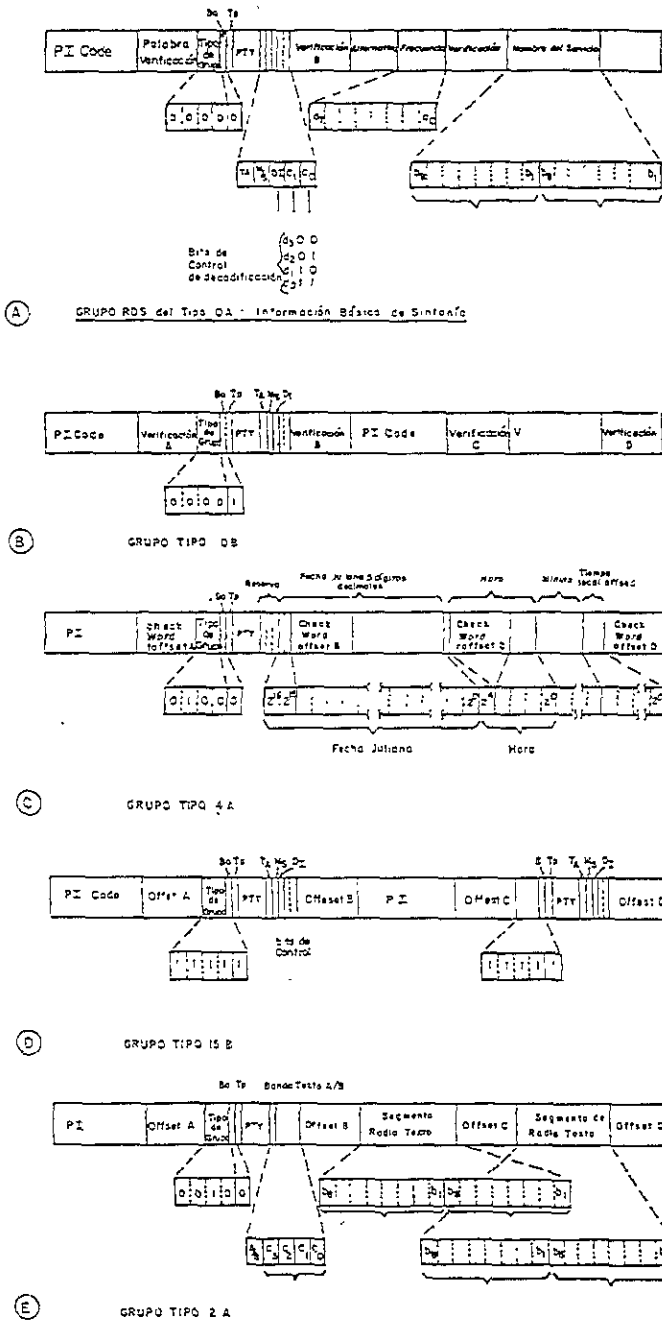


Fig. 11.5 Ejemplo de tramas de algunos tipos de grupo.

## **B) SISTEMA DE DATOS VÍA RADIODIFUSIÓN ( RBDS ).**

### **1 ) Orígenes del RBDS.**

En 1990 empezaron las discusiones acerca de la normalización del RDS en los E.U.A. llevados a cabo por la Asociación Nacional de Radiodifusores (NAB) y el Comité Nacional de Estándares de Radio (NRSC).

En el ambiente radiofónico estadounidense a diferencia de europeo, pocas veces se encuentran redes radiodifusoras y transmisores repetidores o "transposers" como también se les llama, por ésta y otras razones la implementación del RDS necesitó de ciertas adaptaciones.

Fue así que surgió la norma americana del RBDS con requerimientos de interpretación especiales para dos de las características existentes, en primer lugar, la estructura del código PI del estándar EN 50067:1990 era inadecuada a la regulación existente de las estaciones de radio en los Estados Unidos y en segundo lugar, el formato del programa necesitó una nueva lista de los códigos PTY.

Posteriormente en enero de 1993 se adoptó la especificación del RBDS como norma nacional voluntaria, publicada en común acuerdo por la EIA y el NAB.

A finales de 1997 se completó una actualización de la misma llevada a cabo por el NRSC en conjunción con la (EIA/CEMA) y la NAB.

Actualmente la especificación del RBDS se elabora con vistas en ser en la medida de lo posible, lo más compatible con las características de la versión reciente del estándar europeo, EN 50067:1998, permitiendo que se fabrique equipo de radiodifusión, receptores y servicios de datos compatibles a nivel mundial.

Finalmente es importante señalar que desde 1995 en los Estados Unidos, "RBDS" es solamente el nombre que se da para identificar al estándar americano, cuando se implementa en los receptores, es decir a nivel de los usuarios, al sistema se le conoce simplemente como "RDS" al igual que en cualquier otro lugar en el mundo. Además, ambas normas se identifican con el mismo logotipo, tienen las mismas funciones básicas, el mismo núcleo funcional, y en realidad el RDS está contenido en su totalidad en el RBDS.

## 2 ) Características.

Como se mencionó anteriormente el sistema RBDS posee las mismas características funcionales que el RDS en lo que se refiere a la " Modulación del Canal de Datos " y a la "Codificación de la Banda Base".

## 3 ) Servicios.

Al igual que en el RDS existen servicios básicos y opcionales.

En la siguiente tabla se presentan los tipos de Grupo y las Aplicaciones de ambas normas hasta 1997:

GRUPOS DE DATOS EN RBDS		CARACTERÍSTICAS DE DATOS EN RDS
Grupo 0	Sintonización Básica / Conmutación	1. Código de Identificación del Programa
Grupo 1	Número de Detalle de Programa	2. Nombre del Servicio de Programa
Grupo 2	Mensaje Radiotexto	3. Frecuencias Alternativas
Grupo 3	GPS	4. Programa de Tráfico
Grupo 4	Reloj de Tiempo y Fecha	5. Anuncio de Tráfico
Grupo 5	Canales Transparentes de Datos	6. Otras Redes
Grupo 6	Aplicaciones Domésticas	7. Reloj de Tiempo
Grupo 7	Servicios de Radiolocalización	8. Información del Decodificador
Grupo 8	Canal de Mensajes de Tráfico TMC	9. Música / Vo-
Grupo 9	Sistema de Aviso de Emergencia	10. Mensaje Radiotexto
Grupo 10	Nombres PTY	11. Número de Identificación de Programa
Grupo 11	Indefinido	12. Tipo de Programa
Grupo 12	Indefinido	13. Radiolocalización
Grupo 13	Indefinido	14. Sistema Diferencial de Posicionamiento Global
Grupo 14	Otras Redes	15. Canal Transparente de Datos
Grupo 15	Sintonización Rápida / Conmutación	16. Canal de Datos Domésticos

Tabla. II 6 Grupos y características de datos del RDS y del RBDS.



La última versión de la norma común a ambos sistemas especifica las siguientes asignaciones de grupos:

TIPO DE GRUPO	APLICACIONES
0A 0B	Solamente información básica de sintonización y conmutación.
1A 1B	Número del elemento de programa y códigos de etiquetado Número del elemento de programa.
2A 2B	Solamente Radiotexto.
3A 3B	Identificación de aplicaciones solamente para ODA Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA)
4A 4B	Solamente hora y fecha. Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA).
5A 5B	Canales transparentes de datos (32 canales) o ODA
6A 6B	Aplicaciones internas o ODA
7A 7B	Radiolocalización o ODA Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA)
8A 8B	Canal de Mensajes de Tráfico o ODA Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA).
9A 9B	Sistema de Avisos de Emergencia o ODA Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA)
10A 10B	Tipo de Programa (PTY) Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA).
11A 11B	Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA)
12A 12B	Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA).
13A 13B	Radiolocalización mejorada o ODA Aplicaciones Abiertas de Datos (ODA)
14A 14B	Solamente información mejorada sobre otras redes.
15A 15B	No definida (eliminación de la adquisición rápida del PS) Solamente información rápida de conmutación.

Tabla. II 7 Tipo de grupo y aplicaciones del RDS y RBDS.

#### 4 ) Diferencias entre el RDS y el RBDS.

En la industria de la radiodifusión de Estados Unidos de Norteamérica, la introducción del estándar europeo RDS requirió de algunas modificaciones para adaptarse a sus características propias:

a) Debido a que el número de estaciones de radiodifusión que utilizan frecuencias alternas (AF's) es pequeño, el método B del AF ya no se requiere y por esta razón el tipo de grupo 15A, que transmite 4 caracteres PS por grupo, se definió para utilizar más eficientemente el ancho de banda y para llevar a cabo una adquisición más rápida de los PS sin embargo, esta última función ya no se utiliza y los nuevos equipos ya no la contienen, sin que esto afecte a los ya existentes.

En la versión anterior del RBDS se incluía esta característica en los grupos del tipo 15A, que ahora permanecen indefinidos por lo menos hasta la próxima actualización de la norma RBDS, posiblemente antes del año 2003.

b) Durante la actualización de la norma RDS, se ha hecho todo lo posible en el foro RDS para prohibir específicamente el mal uso que han hecho algunos radiodifusores del PS, al utilizarlo como una característica de mensajes de texto similar al RT pero con 8 caracteres de longitud; ya que el PS fue diseñado para permanecer invariable en los receptores que incorporan listas AF como una ayuda en la búsqueda del programa seleccionado y su identificación.

En ambas normas está prohibido su uso para otros fines diferentes a los anteriores y la transmisión del mismo toma normalmente cuatro grupos del tipo 0A.

c) En Norteamérica (Canadá, México y E.U.A.) por no existir un organismo central que regulara la asignación de códigos PI, fue necesario formularlos por cada programa, y para asegurar que fueran únicos se llevó a cabo una conversión de las siglas de las estaciones (letras de llamada); de esta manera, el concepto de PI genéricos del RDS ya no existe.

Además, una porción de los códigos está reservada para usos de red y asignaciones a estaciones en Canadá y México que permiten 3584 códigos PI posibles no regionales y 765 nacionales de red, incluyendo a E.U.A.

Cuando se recibe el código PI de identificación de país junto con el ECC, se puede identificar el país de origen con exactitud ya que estos últimos permiten a los receptores identificar al país donde viene la señal de radio.

d) Se requirió una variante de la característica PTY, por la sensibilidad de los radiodifusores de EUA al despliegue del nombre del tipo de programa que aparece en los receptores cuando se sintoniza una estación, llamada PTYN semidinámica del tipo de grupo 10A con una bandera de texto A/B, que aparece en pantalla con información más detallada del programa una vez que se ha sintonizado uno en particular. Ahora esta característica se incluye en ambas normas.

De esta manera se creó una lista de los tipos de programa con 25 categorías como se muestra a continuación:

No.	CENELEC PTY ( RDS )		EUA PTY ( RBDS )	
0	Sin tipo de programa o indefinido	NONE	Sin tipo de Programa	****
1	Noticias	NEWS	Noticias	NEWS
2	Cuestiones Actuales	AFFAIRS	Información	INFORM
3	Información	INFO	Deportes	SPORTS
4	Deporte	SPORT	Plática	TALK
5	Educación	EDUCATE	Rock	ROCK
6	Drama	DRAMA	Rock Clásico	CLS ROCK
7	Cultura	CULTURE	Tópicos Adultos	ADLT HIT
8	Ciencia	SCIENCE	Rock Suave	SOFT RCK
9	Variado	VARIED	40 en la Cima	TOP 40
10	Música Pop	POP M	Música Country	COUNTRY
11	Música Rock	ROCK M	Música Antigua	OLDIES
12	Música M.O.R.	M.O.R. M	Música Suave	SOFT
13	Clásica Ligera	LIGHT M	Nostalgia	NOSTALGA
14	Clásica Seria	CLASSICS	Jazz	JAZZ
15	Otra Música	OTHER M	Clásica	CLASSICL
16	De Reserva		R & B	R & B
17	De Reserva		R & B Suave	SOFT R&B
18	De Reserva		Lenguaje	LANGUAGE
19	De Reserva		Música Religiosa	RELMUSIC
20	De Reserva		Plática Religiosa	REL TALK
21	De Reserva		Personalidad	PERSNLTY
22	De Reserva		Pública	PUBLIC
23-29	De Reserva		De Reserva	
30	De Reserva		Prueba de Emergencia	TEST
31	Alarma	ALARM	Emergencia	ALERT!

Nota: Para cambiar automáticamente de tabla se usa un Código de País Extendido (ECC)

Tabla. II.8 Tipos de programa de ambas normas.

Sin embargo, de acuerdo a la última versión de la norma común a ambos sistemas se redefinieron los tipos de programa como se muestra:

No.	GENELEC PTY (RDS)	EUA PTY (RBDS)
0	No se indica el Tipo	Sin tipo de Programa
1	Noticias	Noticias
2	Magazin	Información
3	Información	Deportes
4	Deportes	Plática
5	Educación	Rock
6	Drama	Rock Clásico
7	Cultura	Tópicos Actuales
8	Ciencia	Rock Suave
9	varios	40 en la Cima
10	Música Pop	Música Country
11	Música Rock	Música de Ayer
12	Música Fácil de Escuchar	Música Ligera
13	Música Ligera	Nostalgia
14	Música Clásica	Jazz
15	Otra Música	Música Clásica
16	Información Meteorológica	Ritmo y Blues
17	Economía	Ritmo y Blues Suaves
18	Infancia	Idioma Extranjero
19	Sociedad	Música Religiosa
20	Religión	Plática Religiosa
21	Opinión	Personalidad
22	Viajes	Público
23	Ocio	Colegio
24	Música Jazz	Sin Asignación
25	Música Country	Sin Asignación
26	Música Nacional	Sin Asignación
27	Música de Ayer	Sin Asignación
28	Música Folk	Sin Asignación
29	Documenta	Información Meteorológica
30	Test de Alarma	Prueba de Emergencia
31	Alarma	Emergencia

Tabla. 11.9 Tipos de programa de la norma común.

Por acuerdo del foro RDS el despliegue de los tipos de programa para el caso del idioma español es como se presenta en la siguiente tabla:

No.	GENELEC PTY ( RDS )		EUA PTY ( RBDS )	
0	No se indica el Tipo	NINGUNO	Sin tipo de Programa	NINGUNO
1	Noticias	NOTICIAS	Noticias	NOTICIAS
2	Magazin	MAGAZINE	Información	INFO
3	Información	INFO	Deportes	DEPORTES
4	Deportes	DEPORTES	Plática	PLATICA
5	Educación	EDUCA	Rock	ROCK
6	Drama	DRAMA	Rock Clásico	ROCK CLA
7	Cultura	CULTURA	Tópicos Adultos	TOP ADLT
8	Ciencia	CIENCIA	Rock Suave	RCKSUAVE
9	Varios	VARIOS	40 en la Cima	TOP 40
10	Música Pop	M POP	Música Country	COUNTRY
11	Música Rock	M ROCK	Música de Ayer	M AYER
12	Grandes Éxitos	G ÉXITOS	Música Ligera	M LIGERA
13	Música Ligera	M LIGERA	Nostalgia	NOSTALGA
14	Música Clásica	CLASICA	Jazz	JAZZ
15	Otra Música	M VARIA	Música Clásica	CLASICA
16	Información Meteorológica	METEO	Ritmo y Blues	R & B
17	Economía	ECONOMIA	Ritmo y Blues Suaves	R&B SUAV
18	Infancia	INFANCIA	Idioma Extranjero	IDIOMA
19	Sociedad	SOCIEDAD	Música Religiosa	M RELIGI
20	Religión	RELIGION	Plática Religiosa	RELIGION
21	Opinión	OPINION	Personalidad	PERSONAL
22	Viajes	VIAJES	Público	PUBLICO
23	Ocio	OCIO	Colegio	COLEGIO
24	Música Jazz	M JAZZ	Sin Asignación	
25	Música Country	COUNTRY	Sin Asignación	
26	Música Nacional	NACIONAL	Sin Asignación	
27	Música de Ayer	M AYER	Sin Asignación	
28	Música Folk	M FOLK	Sin Asignación	
29	Documental	DOCU	Información Meteorológica	METEO
30	Test de Alarma	PRUEBA	Prueba de Emergencia	PRUEBA
31	Alarma	ALARMA	Emergencia	ALERTA !

Tabla. II.10 Versión en español de los tipos de programa de la norma común.

e) Desde 1993 el RBDS incluye una opción extra para el multiplexaje de la señal RDS y la del sistema de radiolocalización MBS modificado (MMBS), utilizado por una compañía llamada "Cue Paging" en 500 de las 5000 estaciones de FM en EUA, cubriendo al 90% de la población.

El MBS/MMBS utiliza el mismo tipo de modulación y estructura de datos que el RDS pero, emplea un protocolo de datos diferente. Para identificar una señal del MBS se reconoce la existencia de la palabra de desplazamiento E=0 y su intercalación con

las palabras A y D del RDS, es decir, se requiere de un nuevo mecanismo de sincronización.

f) La norma americana también tiene otra opción para usar una "base de datos en receptores" (IRDS), que permite emular algunas funciones del RDS en radiodifusoras tanto de AM como de FM, que no lo tengan instalado realmente, mediante el uso de memorias ROM's conteniendo las siglas y los PTY de todas las estaciones. Para actualizar esa información se utilizan los canales 0 y 1 del grupo 5A del TDC o mediante alguna ODA.

g) Opcionalmente se puede agregar un sistema de datos vía AM (el AMDS), con características comunes al RDS pero, desde el desarrollo de éste, no se ha llegado a un acuerdo en el esquema de modulación a utilizar, como el que consiste en transmitir datos en dos tonos dentro de la frecuencia en banda base del AM, el cual es compatible con el AM estéreo.

h) En los EUA se ha definido el protocolo opcional ODA del "Sistema de Emergencia y Alertas (EAS)" para la transmisión silenciosa de información privada de emergencia sin embargo éste ha resultado de poco interés en Europa.

i) Finalmente las versiones anteriores de la norma americana crearon nuevos conceptos ya poco utilizados como los siguientes:

- El Tipo de Grupo 3A "Lugar y Navegación" (LN).- que permitía tener GPS diferenciales (DGPS) con una tasa de bits baja y basados en la norma RTCM SC-104 de la Comisión Radio Técnica del comité especial para servicios marítimos.

La nueva versión del estándar conjunto de ambos sistemas ha redefinido este grupo para la identificación de Aplicaciones Abiertas de Datos (AID) con un total de 65 mil códigos con asignaciones a nivel internacional.

- El Tipo de Grupo 5 "Canales Reservados Transparentes de Datos" - como los canales 0 y 1 para realizar las actualizaciones del IRDS y el canal 2 utilizado por una SCA que permite acomodar información de tráfico, meteorológica y de emergencia en subportadoras de 67, 76 o 92 kHz; pudiendo ser en forma hablada o de datos.

El RDS actúa como un interruptor para indicarle a los receptores cuando se transmite en esas subportadoras.

## C) SISTEMA DE DATOS VÍA EL CANAL DE RADIO (DARC).



### 1 ) Orígenes del DARC.

Durante muchos años se llevaron a cabo experimentos con diferentes frecuencias de subportadora en FM, tasas de transmisión de datos, esquemas de modulación y niveles de inyección de las señales, que fueron dando forma al sistema que actualmente se llama DARC del inglés " Data Radio Channel ", destacando entre ellos los siguientes:

- En 1990 surgió una propuesta de sistema para una tasa de 48 kbps como resultado de la cooperación que se dió entre la empresa TERACOM de Suecia y la NHK de Japón sin embargo, se trataba de un esquema de multiplexaje en FM, solamente para recepción fija. Este sistema fue llamado en Suecia DARASTAT del inglés " Data Radio Stationary", (Sistema Fijo de Datos vía Radio).

- Para 1991 empezó en TERACOM el desarrollo de un sistema para recepción móvil y se adoptó el esquema de modulación LMSK al concluirse que era el óptimo. Al mismo tiempo se llevaron a cabo diversas pruebas relacionadas con la compatibilidad y las relaciones de protección con los servicios de radiodifusión existentes en la banda de FM; así como estudios de áreas de cobertura, calidad del servicio con y sin recepción, longitud óptima de los mensajes y tipo de antenas.

- En julio de 1993 la empresa Digital DJ de EUA y la NHK de Japón formaron una alianza técnica para desarrollar las especificaciones de lo que sería el Sistema de Transmisión de Datos de Alta Velocidad por Subportadora en FM.

- En Europa en 1994 empezó un proyecto Eureka el EU1197, llamado **SWIFT** (Sistema para el Envío y Teledistribución de Información en forma Inalámbrica ) que especificó una arquitectura de sistema, decidiendo trabajar con la tecnología del DARC. Entre los países participantes estuvieron Alemania, Francia, Noruega y Suecia. Ahora también es una norma europea, la ETS 300-751, que fue desarrollada por el comité JTC.

- Para octubre de 1995, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) seleccionó al sistema DARC como una norma mundial para la tecnología por subportadora de alta velocidad en FM (la BS.1194) y se realizaron algunas pruebas de campo.

- Desde 1996 la tecnología del DARC ha sido promovida por el foro del mismo nombre y funciona como el del RDS.

- A finales de 1997 se utilizaba principalmente en Japón y en algunas partes de Estados Unidos por la compañía " Digital DJ" bajo el nombre de **FMSS** (Sistema en FM para Servicio de Información por Subportadora).



## 2 ) Características.

Se trata de un sistema de subportadora en la banda de FM con una frecuencia de subportadora de 76 kHz. (alta en comparación con otros sistemas como el RDS), y al basarse en la infraestructura de FM existente, se puede tener una red de radiodifusión a bajo costo con cobertura regional.

El DARC es adecuado para aplicaciones fijas, móviles y portátiles como se especifica en la recomendación BS:1194 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU).

De acuerdo con el modelo OSI (Interconexión para Sistemas Abiertos) el sistema DARC presenta 5 capas o niveles que son:

### 1.- Capa I (Física):

En ésta se especifican las siguientes características:

a) Frecuencia de la Subportadora.- Los datos son multiplexados en una subportadora a 76 kHz en la banda base de FM, amarrada en fase al 4º armónico del tono piloto para estereofonía, con una tolerancia de frecuencia de entre 76 kHz  $\pm$  7.6 Hz (0.01%) y una diferencia de fase que no exceda  $\pm$  5º para la fase del tono piloto.

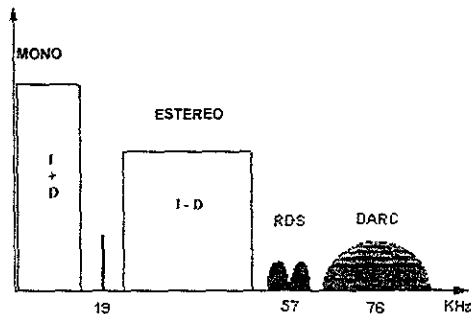


Fig. II.6 Espectro de la señal múltiplex.

b) Nivel de la Subportadora.- Depende del nivel de la señal estéreo I-D así, cuando la desviación de la portadora principal causada por la señal estéreo es menor de 2.5% ( $\pm$  1.875 kHz.), el nivel de la subportadora produce una desviación de 4% ( $\pm$  3 kHz) de la principal; y cuando la desviación principal es mayor de 5% ( $\pm$  3.75 kHz), el nivel

de la subportadora produce una desviación de 10% ( $\pm 7.5$  kHz). Entre estos límites la desviación varía linealmente.

c) Método de Modulación.- Se utiliza el LMSK (Modulación por Desplazamiento Mínimo de Nivel Controlado) que es una forma de MSK (Modulación por Desplazamiento Mínimo), ofreciendo buen desempeño en presencia de ruido a expensas de una eficiencia espectral baja, en donde se controla la amplitud por medio de la señal de sonido estéreo (I-D). El control de nivel reduce el deterioro de la relación señal/ ruido debido a interferencias multitrayectoria en recepción móvil.

Se usa una frecuencia de 76 kHz + 4 kHz cuando el dato de entrada es 1 y una frecuencia 76 kHz - 4 kHz cuando es 0.

d) Capacidad del canal.- Es posible escoger dos tasas de bits para los datos del canal dependiendo de las funciones de corrección de errores, de la necesidad de capacidad que se tenga y del retraso permitido por cada aplicación, que pueden ser:

1) 6800 bps para una función máxima de corrección de errores.

2) 9700 bps con funciones de corrección limitadas y un modo con alta capacidad de 16 kbps  $\pm 1.6$  bps.

e) Compatibilidad con otras señales

1.- *Con la Señal Estéreo.*- Se realizaron experimentos para determinar el nivel mínimo de multiplexación de la LMSK con el propósito de ofrecer compatibilidad con el sonido estéreo y se encontró que abajo del 4% resultó ser favorable en la recepción, con una desviación de la portadora principal de entre 3 y 7.5 kHz.

2.- *Con la Señal del RDS.*- tuvieron lugar mediciones de la BER con cinco diferentes combinaciones de la señal múltiplex como función de su potencia en condiciones de recepción fija. Con secuencias PN (ruido aleatorio) se modularon las subportadoras del RDS y del DARC y entre los resultados que se obtuvieron están los siguientes:

- Apareció una pequeña degradación de entre 0.5 y 1 dB. cuando se agregó el tono piloto.
- La señal del DARC no incrementó la BER.
- La señal estéreo también causó degradación.

Las mediciones obtenidas se muestran en la siguiente tabla.

Componente	Desviación en la Portadora Principal
RDS	3 kHz (4%)
Tono Piloto	6.75 kHz (9%)
Señal Estéreo	De acuerdo con la recomendación BS. 641
DARC	3 kHz (4%) - 7.5 kHz (10%)

Tabla. II.11 Desviaciones de las componentes de la señal múltiplex.

De lo anterior se concluyó que el desempeño de la señal RDS no se vio afectado por la introducción de cualquier sistema de subportadora como el DARC, cuya interferencia puede ser controlada de acuerdo a las recomendaciones BS. 412.

## 2.- Capa II (Enlace de Datos):

Presenta las funciones lógicas relacionadas con la transmisión de datos tales como la sincronización de trama, formato de datos, protección y detección de errores, y codificación.

### a) Estructura.-

El elemento más grande de una estructura de datos se llama "trama" que consta normalmente de 78,336 bits en total, organizados en 190 bloques de información de 288 bits cada uno y 82 bloques de paridad vertical también de 288 bits, cada uno compuesto de un BIC (Código de Identificación de Bloque) de 16 bits y 272 bits de paridad.

A su vez, cada bloque de información está compuesto de un BIC de 16 bits, 176 bits de información, un CRC (Verificación de Redundancia Cíclica) de 14 bits, y 82 bits de paridad horizontal.

b) Sincronización.-

Existen cuatro tipos de BIC que permiten tener sincronización tanto de tramas como de bloques y su estructura general es la siguiente:

BIC1	0001	0011	0101	1110
BIC2	0111	0100	1010	0110
BIC3	1010	0111	1001	0001
BIC4	1100	1000	0111	0101

c) Detección de Errores.-

Se utiliza un CRC de 14 bits para garantizar que la información recibida esté libre de errores mediante "detección de errores" después de que se realizó la corrección de los mismos con el bloque (272,190), el cual es un código cíclico ordenado.

A partir de los 176 bits de información, el CRC se calcula usando el siguiente polinomio generador:

$$g(x) = x^{14} + x^{11} + x^2 + 1$$

d) Corrección de Errores.-

La probabilidad de no detectar los errores cuando estos ocurren en el bloque de información es del 20% y existen dos modos para la detección y corrección de los mismos que son:

- El Código Bloque (272,190) con una capacidad promedio de corrección de 11 bits de entre 176 existentes, es un código cíclico ordenado y su polinomio generador es el siguiente:

$$g(x) = x^{82} + x^{77} + x^{76} + x^{71} + x^{67} + x^{66} + x^{56} + x^{52} + x^{48} + x^{40} + x^{-6} + x^{34} + x^{24} + x^{22} + x^{18} + x^{16} + x^4 + 1$$

- El Código Producto (272,190)\* (272,190) que tiene una capacidad de protección contra errores de casi el 100% para una tasa de error de bits del 3%.

Para organizar la estructura de datos se han especificado cuatro métodos de corrección de errores (A0, A1, B y C), de los cuales los tres primeros utilizan el código producto (272,190)\*(272,190) que permite al receptor/decodificador detectar y corregir los errores, y el último método solamente usa el código bloque (272,190) Cada método se identifica y distingue por una secuencia de BICs.

- Método A0:

En éste la llamada "trama A" consiste normalmente de 190 bloques de información seguidos de 82 bloques de paridad vertical; limitando el retraso de transmisión (de 0 a 1.5 segundos) del lado del transmisor .

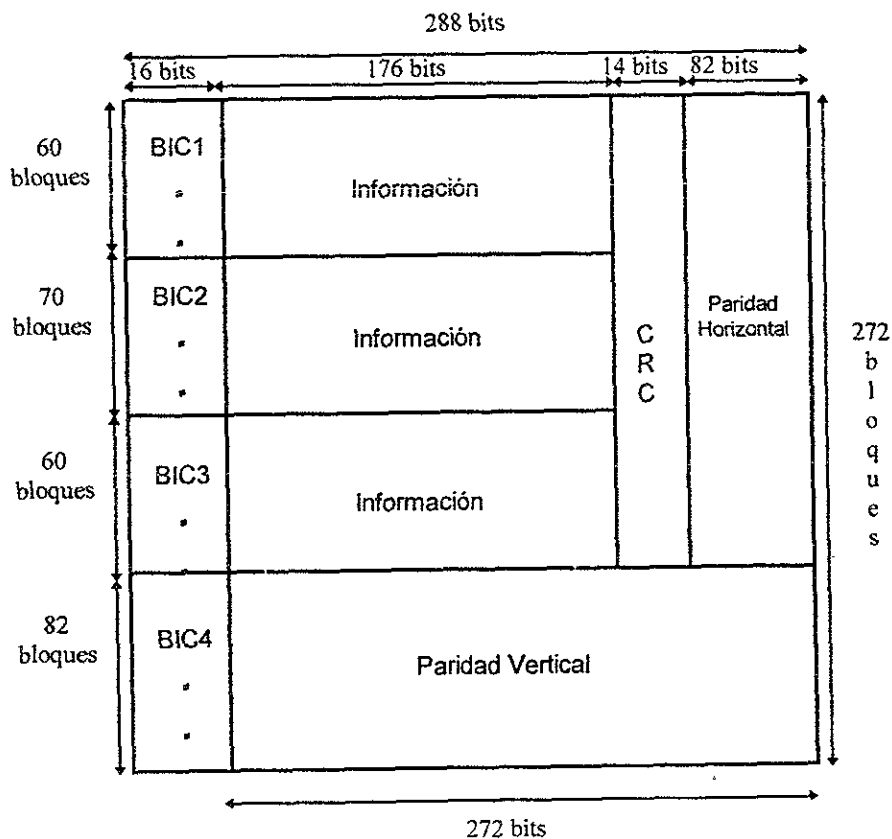


Fig. II.7 Formato de la trama en el método A0.

Método A1:

Para servicios que requieren transmisión en tiempo real, es posible insertar 12 bloques de información adicionales (solamente bloques de código) entre los códigos de paridad en la trama del código producido. Estos se colocan en posiciones fijas, en grupos de 4 bloques en tres posiciones diferentes, los primeros cuatro

bloques se ponen después de 20 bloques de paridad, los siguientes cuatro, después de 21 bloques de paridad y el último grupo después de otros 21 bloques. El BIC que se utiliza con los bloques adicionales es el BIC2.

La estructura de este método está basada en un código producto  $(272,190) \times (272,190)$  para 202 bloques de información que permiten tener funciones de corrección de errores más robustas mediante la adición de los bloques de paridad a los bloques de información.

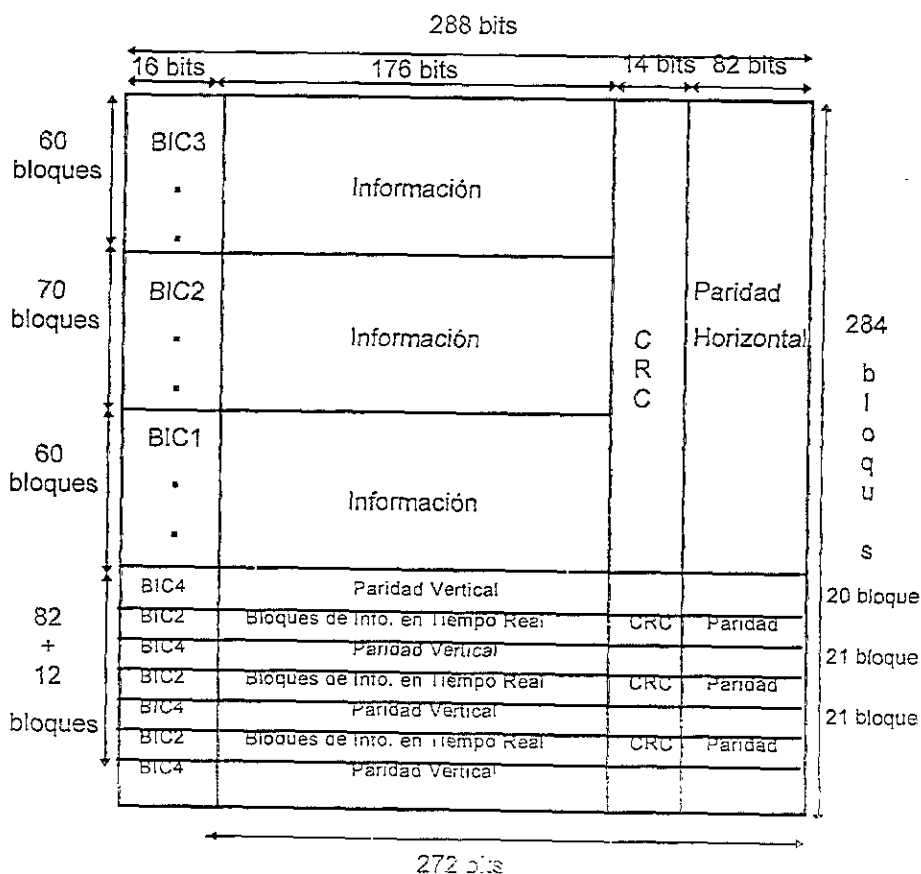


Fig. II 8 Formato de la trama de acuerdo al método A1.

- Método B:

Se utiliza para permitir una transmisión casi uniforme durante toda la llamada "trama B" pero causa un retraso de alrededor de 5 segundos del lado del transmisor. En su estructura 82 bloques de paridad se intercalan con los 190 bloques de información como se muestra en la siguiente figura:

13 bloques	BTC1	Información 1	CRC	
	BTC1	Información 2	CRC	
				Paridad
123 bloques	BTC1	Información 12	CRC	
	BTC1	Información 13	CRC	
	BTC3	Información 14	CRC	
	BTC3	Información 15	CRC	
	BTC4	Paridad		
	BTC3	información 16	CRC	
	BTC3	información 17	CRC	
13 bloques	BTC4	Paridad		
				Paridad
	BTC3	Información 95	CRC	
	BTC3	Información 96	CRC	
	BTC4	Paridad		
13 bloques	BTC2	Información 97	CRC	
	BTC2	Información 98	CRC	
				Paridad
123 bloques	BTC2	Información 108	CRC	
	.			.
	BTC3	información 113	CRC	
	BTC4	Paridad		
				Paridad
	BTC3	información 189	CRC	
	BTC3	Información 190	CRC	
	BTC4	Paridad		

Fig. II.9 Formato de la trama en el método B.

- Método C:

Se trata de un método de alta capacidad basado en el código bloque (272,190) que permite incrementar la capacidad en más de 43% con respecto a los anteriores, eliminando también el retraso de tiempo generado por el código producto.

Este método se utiliza para servicios que requieren, por el tipo de código utilizado, obligadamente una transmisión en tiempo real pero con un bajo nivel de protección contra errores como por ejemplo, servicios de recepción fija o de información repetitiva.

Se usan solamente 272 bloques horizontales de información de 288 bits cada uno, con un BIC3 como se muestra a continuación:

BIC3	Información	CRC	Paridad
------	-------------	-----	---------

Fig. II.10 Formato de la trama de acuerdo al método C.

e) Codificación. -

Para evitar restricciones en el formato de los datos de entrada y para dispersar el espectro de modulación, los datos deben codificarse por medio de una secuencia PN<sup>1</sup> especificada por.

$$g(x) = x^9 + x^4 + 1$$

f) Retraso de Transmisión y Tasa de Bits .-

Debido al método de corrección de errores utilizado, el retraso de tiempo en el transmisor y en el receptor puede variar, por ejemplo para el lado del transmisor se tienen los siguientes retrasos:

METODO	RETRASO (segundos)	TASA DE BITS (kbps)
A0	0 a 15	6.8
A1	0 a 15 normal 0 a .400 en tiempo real	> 6.8
B	5	9.8
C	5	> 9.8

Tabla. 12 Retrasos en el transmisor en el método C.

g) Selección.

Se le carga de ser posible la información contenida en los bloques de la trama en un discriminador lógico de canal para distinguir los diferentes tipos de trama que existen los que es pueden ser:

<sup>1</sup> PN (Ruido Pseudoaleatorio).



a) Canal de Servicio.-

Manda mensajes de servicio e información de canal a los receptores, los que sin estos mensajes no podrían sincronizarse en el canal físico.

Los mensajes que se transfieren son:

- La Identificación de la Red y del Transmisor.
- Tablas de Frecuencias Alternas.
- Tabla de la Organización del Canal.
- Tabla con la Frecuencia Alterna del Servicio.
- Otra tabla con Información de Redes.

b) Canal de Mensajes Cortos.-

Provee un protocolo para mensajes de datos de más de 117 bytes de longitud; es el equivalente del "canal de información rápida (FIC)" definido en la DAB <sup>2</sup>.

Este canal se adapta bien a aplicaciones en tiempo real como DGPS.

c) Canal de Mensajes Largos.-

Los datos son enviados en paquetes de longitud variable, llamados "mensajes largos", con un campo de encabezado y uno de datos.

Los servicios que se pueden transmitir en este canal son:

- 1.- Radiodifusión ( periódicos digitales, hojas de noticias recientes, etc.).
- 2.- Correo (X400).
- 3.- Transferencias con garantía de alta tasa de bits como: sonido, imágenes fijas, etc.
- 4.- Transferencia de interna archivos (difusión de faxes, listas de precios, etc.).
- 5.- Texto de direcciones y mensajes gráficos ( señal con información de tráfico, llegadas de autobús calculadas, etc.).

**4.- Capa IV:**

Aquí se define el servicio básico como el direccionamiento punto a punto que permite la selección de una aplicación por parte del usuario.

---

<sup>2</sup> DAB (Radiodifusión Sonora Digital)

También se definen tres tipos de mensajes con su correspondiente contraparte de la capa anterior, los cuales pueden ser multiplexados para dar diferentes prioridades.

5.- Capa V:

En esta capa se estructuran los mensajes largos en grupos de datos para su transporte en uno o más paquetes. Cada grupo contiene un encabezado de grupo, un campo de datos de grupo y un CRC que puede ser opcional; su estructura provee los elementos necesarios para la transferencia de archivos y es totalmente compatible con las especificaciones de la DAB (ETS 300 401).

En términos generales el DARC presenta las siguientes características.

- Es un Sistema de Difusión punto - multipunto en un solo sentido (comunicación simple).
- Posee una amplia cobertura dada por el uso de la infraestructura de FM existente
- Es un sistema inalámbrico (de radiodifusión).

Las características principales de la capa física se pueden resumir en la siguiente tabla:

CONCEPTO	VALOR
Frecuencia de la Subportadora	76 kHz.
Tolerancia de Frecuencia	$\pm 7.6$ Hz. (0.01%)
Fase de la Subportadora	Amarrada en Fase al 4º Armónico para Estereofonía
Tolerancia de Fase	$\pm 5$
Desviación de Frecuencia debido al Nivel de la Subportadora	Depende del nivel de la señal estéreo I-D ( $\pm 3$ kHz a $\pm 7.5$ kHz)
Método de Modulación	LMSK
Ancho de Banda	35 kHz. a -20dB. (60 a 95 kHz.)
Eficiencia del Espectro	0 457 bits/s/Hz.
Velocidad de los Datos	16 Kbps. $\pm 1.6$ bps.
Tipo de Codificación	Por una secuencia de Ruido Pseudoaleatorio (PN)

Tabla. II.13 Características principales del DARC.

### Pruebas de Transmisión en el Laboratorio

Se llevaron a cabo experimentos para ver el comportamiento de características de transmisión, como la tasa de bits con error (BER) bajo la presencia de ruido aleatorio para diferentes voltajes de entrada en el receptor, y se observó que se eliminaban los bits con errores después de la corrección de los mismos cuando el voltaje de entrada era mayor a  $16 \text{ db } \mu\text{V}$ .

También se vio la influencia del desvanecimiento por multitrayectoria en la BER, la cual no se pudo reducir abajo de  $10^{-3}$  cuando no hubo corrección de los errores aún si se incrementaba el voltaje de entrada en el receptor sin embargo, cuando éste último era mayor a  $27 \text{ db } \mu\text{V}$ , la BER podía reducirse a niveles lo suficientemente bajos.

### Pruebas de Transmisión en el Campo

Tuvieron lugar en las autopistas y caminos dentro de un área de servicio en FM para registrar las tasas de recepción de páginas correctas, así cuando éstas eran de paquetes de 20 bytes se obtuvo una recepción correcta en más del 90% de las veces al utilizar el método o trama C para corregir los errores, y cuando estaban formadas por 250 paquetes (8500 bytes) las tramas A y B permitieron una recepción correcta de cerca del 85% en el código producto, que resultó ser el de mejor desempeño en relación con otros códigos.

De los experimentos realizados se concluyó que la interferencia en la banda múltiple de FM era causada principalmente por las señales de audio de la región estéreo ya que la LMSK, donde se controla la amplitud con relación al nivel de modulación del canal estéreo, ofreció un buen desempeño para una ruta dada cuando se utilizó con el código producto (272,190).



**SWIFT (Sistema para el Envío y Teledistribución de Información en forma Inalámbrica):**

También es un sistema de subportadora en FM que permite la difusión de datos en adición a la programación habitual que ofrecen las estaciones de FM. Provee un servicio de múltiples aplicaciones basado en el DARC (en lo que se refiere a las capas 1, 2 y los cuatro primeros bits de la capa 3 del modelo OSI) como un sistema de radiodifusión para receptores fijos, portátiles y móviles sin embargo, utiliza una codificación en banda base (resto de la capa 3) y capas 4 a 5, diferentes. Esto se debe a las características propias de las redes de FM de los países europeos y de otros como Japón que es donde se ha implementado.

### 3 ) Servicios.

Con el sistema DARC es posible construir una red de múltiples aplicaciones cuyos componentes principales son los siguientes:

1.- Centro de Mantenimiento Operacional (OMC) - Se encarga de la administración de toda la red y tiene las siguientes funciones:

- a) Asegurarse de tener las áreas de cobertura apropiadas para las aplicaciones.
- b) Prevenir a la red sobre cualquier exceso de la capacidad o pérdida de datos.
- c) Manejar el control de acceso de los proveedores de servicio a los servidores de red.
- d) Cobrar a los proveedores de servicio
- e) Informar a los mismos sobre cualquier falla en la red que pueda afectarlos.

También se encarga de tomar las acciones pertinentes cuando se presentan alarmas provenientes de los equipos de las estaciones terminales.

2.- Interfaces.- Existen las siguientes:

- a) Entre el servidor de la red y un servidor prestador del servicio.
- b) Entre el servidor de la red y los equipos de las estaciones terminales.
- c) La de aire del lado del receptor.
- d) Entre el receptor con PCMCIA y el software de aplicación.
- e) Entre dos servidores de red.

3.- Servidor de Red (NWS).- su función principal es la de transferir datos a través de una red de distribución, desde los prestadores de servicio hasta los equipos de las estaciones transmisoras (codificadores).

Ofrece dos tipos de servicios:

- a) Un servicio de radiodifusión de archivos donde son enviados solos o en conjunto a través de un protocolo de difusión que agrega la dirección destino, los requerimientos de calidad y los horarios de transmisión.
- b) Un servicio de datos en tiempo real para llevar flujos de información estructurados y no estructurados como mensajes cortos y audio digital, respectivamente.



De igual forma con el SWIFT se puede tener una red de radiodifusión de datos integrada por:

- Un Servidor Proveedor del Servicio (SPS).
- Servidor de Red (NWS).
- Sistema de Acceso Condicional (CAS).
- Sistema de Administración (MS).
- Equipos Transmisores de las Estaciones (TSE).
- Diferentes tipos receptores.

Por ejemplo en la siguiente figura se observa que el SPS tiene acceso directo al NWS; con el CAS se codifican los datos para asegurarse que solo los subscriptores que pagaron reciban los mismos; el NWS manda los datos a los TSE a través de enlaces seriales, en los cuales se genera la subportadora DARC que se agrega al audio, al tono piloto y a la señal del RDS en el generador estéreo de las estaciones.

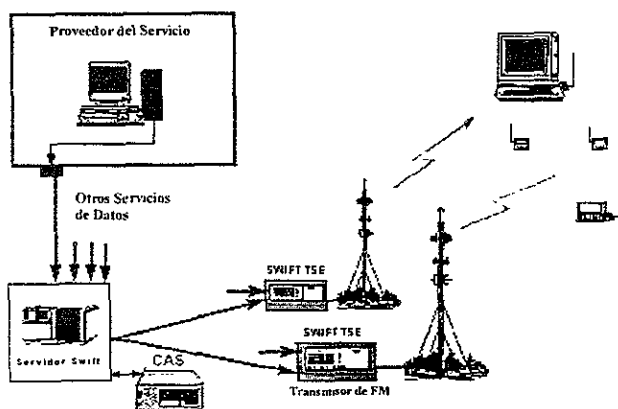


Fig. II.11 Estructura de una red del SWIFT.

#### 4 ) Comparación entre el RDS y el DARC.

Las pruebas de campo y de laboratorio han mostrado que la subportadora del DARC es completamente compatible con la del RDS y cumple con las curvas de relaciones de protección de la recomendación 412-4 de la ITU.

Para lograr tener un área de servicio como la del canal principal de audio, se requiere un nivel de inyección de los datos (de  $\pm 7.5$  kHz) mayor que el utilizado en el RDS que es de  $\pm 2$  kHz. De esta forma cuando se implementan tanto el RDS como el DARC, se debe reducir la desviación máxima del programa de audio para asegurar que la desviación total permanezca dentro del máximo permitido de  $\pm 75$  kHz. El área de cobertura del DARC puede ser hasta un 80% mayor que la ofrecida por el RDS y para transmitir mensajes largos, se requiere menos tiempo y sin probabilidad creciente de errores.

Finalmente el DARC ofrece un canal flexible y transparente de datos compatible con el modo de paquete y el FIC<sup>4</sup> de la Radiodifusión Sonora Digital (DAB) y con el RDS, que permite la transmisión de archivos de datos a velocidades de entre 6 y 10 kbps (más de 10 veces la tasa de transmisión del RDS que es de 1.2 kbps); y realmente puede ser visto como un sistema intermediario en el corto plazo para hacer una transición desde los servicios básicos de datos del RDS a los que ofrece la DAB utilizando para ello la infraestructura de FM existente.

---

<sup>4</sup> FIC (Canal de Información Rápida)



**D) SISTEMA PARA DATOS DE ALTA VELOCIDAD POR SUBPORTADORA EN FM (HSDS).**

**1) Orígenes y Desarrollo del HSDS.**



Los Sistemas de Comunicaciones de SEIKO (SCS) desarrollaron este sistema con la idea de satisfacer las necesidades que han planteado las comunicaciones personales inalámbricas y de crear una red mundial capaz de hacer llegar servicios de información personales. Su introducción comercial fue en Portland, Oregon en julio de 1990 y posteriormente (1992) en ciudades como Seattle - Tacoma y Washington. Actualmente está implementado en algunas ciudades alrededor del mundo bajo la marca ACTIVE haciendo uso de receptores integrados en relojes de pulsera (SEIKO Message Watch).

## 2 ) Características.

Se trata de un sistema de difusión en un solo sentido que ofrece un protocolo de comunicaciones muy flexible, permitiendo tener una configuración como estación simple o de múltiples estaciones operando independientemente en un área geográfica amplia, haciendo uso de la infraestructura de las estaciones de FM existentes lo que lo hace ser un sistema barato de implementar. Aunado a esto, la tasa de transmisión de datos alta de 19 Kbps, hacen del HSDS el sistema de comunicaciones personales inalámbrico con uno de los menores costos de transmisión por bit.

Funciona como un servicio de multiplexaje por división en el tiempo similar al de las redes digitales de telefonía celular comunes en EUA, Japón y Europa sin embargo, no requiere la atribución de otras frecuencias ya que toma ventaja del espectro disponible no utilizable en la banda de FM comercial (75-108 MHz.) alrededor del mundo.

Cuando se tienen múltiples estaciones, éstas se acomodan mediante receptores capaces de manipular distintas frecuencias como transmisiones de mensajes con desfaseamiento de tiempo en cada estación y de listas de las estaciones que rodean a cada una de ellos. De esta manera, los mensajes que se repiten son rechazados a través de una comparación que se hace con el número del mensaje transmitido, logrando así elevar la confiabilidad.

De acuerdo con el modelo OSI (Interconexión para Sistemas Abiertos) el sistema HSDS presenta las siguientes capas o niveles:

### 1.- Capa I (Física):

Describe las características del canal de subportadora de datos del sistema de mensajes HSDS como las siguientes:

a) Frecuencia de la Subportadora.- Está centrada en 66.5 kHz que es 3.5 veces el tono piloto de 19 kHz, con una relación de fase de  $63^\circ$ , lo que permite tener amarre en fase, además de incluir una reducción del ruido parabólico en el receptor y un mejor desempeño en audio en comparación con subportadoras de más alta

frecuencia, como las subportadoras de 67 kHz que se han venido utilizando durante muchos años.

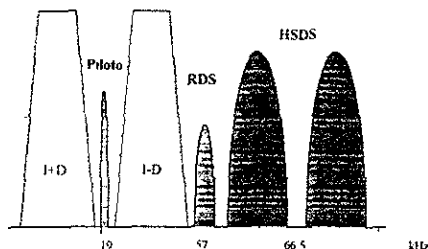


Figura II.12 Espectro de la señal múltiplex.

#### b) Métodos de Modulación y Demodulación.-

Fueron escogidos para satisfacer los siguientes requerimientos:

- ⇒ No tener interferencia con los receptores de radio en FM.
- ⇒ Ofrecer compatibilidad con las normas internacionales de radiodifusión en FM.
- ⇒ Un adecuado desempeño de la tasa de bits con error (BER) en presencia de ruido.
- ⇒ Tener receptores móviles a bajo costo.
- ⇒ Permitir una simple implementación de los circuitos integrados en los demoduladores.
- ⇒ Una área de cobertura comercialmente satisfactoria.
- ⇒ Ofrecer una tasa de bits alta .

La subportadora de 66.5 kHz. es una señal modulada en amplitud con subportadora suprimida de doble banda lateral, que utiliza la técnica duobinaria denominada AM-PSK (descrita por Lender en 1963), (Ver apéndice C). Esta técnica permite tener una eficiencia de 1bit/segundo/Hz al utilizar en forma controlada la interferencia intersimbólica, producida por un filtro que combina el bit de datos previo y el actual para crear una señal de salida de tres niveles en el demodulador.

La señal del HSDS es modulada como una subportadora con un rango de inyección (potencia disponible) de entre 5% y 20% pero, en las portadoras de las estaciones de comerciales FM se utiliza una inyección del 10%.

Por lo que respecta a la demodulación, es de tipo síncrona llevada a cabo con un muestreo de Nyquist mediante un amarre en fase al reloj de muestreo del tono piloto de 19 kHz.

c) Capacidad del canal.- Los métodos de modulación y de codificación utilizados, permiten tener una tasa de datos de 19 Kbps (12.6 kbps en promedio), un ancho de banda angosto de 19 kHz centrado en 66.5 kHz con una alta eficiencia espectral, y un impacto despreciable en el canal principal.

Esta capacidad de transmisión de datos hace adecuado al HSDS para la distribución de servicios de mensajes simples y también robustos. Además, se puede optimizar cada canal de datos tanto en su contenido como en la utilización de números de identificación de los varios tipos de receptores existentes, lo que permite mandar determinados paquetes de datos a cada receptor para controlar la potencia consumida y el desfasamiento de tiempo.

d) Desempeño en la banda de FM.-

La subportadora del HSDS se agrega sobre la señal de banda base antes de ser modulada en FM por la portadora de RF (Frecuencia de Radio); usando un ancho de banda simétrico.

Es importante determinar la relación señal a ruido  $SNR_{SC}$  en el canal de subportadora dado que define el desempeño BER para cualquier método de modulación. Así, para un sistema de recepción en FM en ausencia de los efectos de multitrayectoria, la  $SNR_{SC}$  depende de los siguientes parámetros:

- 1.- La potencia de la portadora  $C$  (en dBm) en el canal principal de FM del receptor.
- 2.- El porcentaje de la potencia disponible para la subportadora.
- 3.- El ancho de banda efectivo del canal de subportadora  $B_{SC}$
- 4.- La figura de ruido del receptor  $N_{frcvr}$ .

La relación matemática que contiene los elementos anteriores y que es básica para el diseño del área de cobertura en un sistema en FM de banda angosta y con modadores ídea es:

$$SNR_{SC} = C \beta^2 / (F_{rcvr} kT B_{SC})$$

Donde:  $\beta$  = es la relación de desviación de frecuencia de la subportadora a la frecuencia de subportadora.  
 $k = 1.38 * 10^{-23}$  joules/K (constante de Boltzman).  
 $T = 290^\circ$  K (Temperatura del ruido termal).

e) Compatibilidad con otras señales.-

1.- *Con el Canal Principal de Audio.-* Al considerarse importante la no interferencia de la subportadora se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El tipo de filtraje en el lado del transmisor, el cual es digital implementado con un filtro de respuesta a impulso finita.

- La atenuación del filtro fuera de banda, dado que la subportadora está a más de 60 dB por debajo del tono piloto en los extremos del ancho de banda.

También hay que considerar como fuente de interferencia la mezcla no lineal de la subportadora con el audio debido a las multitrayectorias. Para solucionar este problema el HSDS utiliza la generación aleatoria de datos para eliminar el ruido de la señal y para evitar la producción de tonos en la porción de audio de la banda de FM. Sobre todo lo anterior, se han realizado extensas pruebas de laboratorio y de campo que han demostrado la no interferencia de la subportadora del HSDS con el canal de audio principal.

2.- *Con la Subportadora del sistema RDS.-* Dado que el sistema RDS lleva más tiempo implementado no solamente en Europa sino también en E.U.A., se han hecho diversos estudios para determinar los efectos de la señal del HSDS sobre la recepción de la del RDS, utilizando radios comerciales para automóviles con una sensibilidad en el receptor RDS de .01 BER y una inyección de la señal del 2.66 %. Algunos resultados representativos se muestran a continuación:

Sensibilidad del Receptor RDS	Sin Audio	Con la Señal I-D
Sin el HSDS	-93.5 dBm	-92.50 dBm
Con el HSDS	-93.0 dBm	-91.75 dBm

Tabla II.14 Resultados de las pruebas de compatibilidad.

De acuerdo a la tabla se observa que el impacto de la señal del HSDS en la sensibilidad del RDS, con o sin audio es menor a .75 dB, lo que resulta inferior al de la señal I-D que es de 1 dB o más.

## 2. - Capa II (Enlace de Datos):

Incluye la estructura de trama y de paquete, además de otros aspectos relacionados con la transmisión de datos tales como la sincronización de trama, el formato de los datos, la protección y detección de errores, y la codificación.

### a) Estructura de Trama. -

El protocolo del HSDS está basado en un esquema de multiplexaje por división en el tiempo (TDM) orientado a paquetes, en el que la estructura más grande que se utiliza es la " trama maestra " constituida por 64 Subtramas y éstas a su vez se dividen en 1027 unidades llamadas " ranuras de tiempo " cada una conteniendo un paquete. Las primeras 3 ranuras de tiempo de cada subtrama son ranuras de control y las restantes 1024 lo son de mensajes.

Se utiliza la señal del tono piloto de 19 kHz. como fuente de reloj para los datos sin embargo, al no ser una señal constante en 19 kHz, se agregan los bits de paridad necesarios entre cada paquete para mantener la misma tasa de datos. Esta adición de bits es lo que mantiene una adecuada sincronización.

### b) Estructura de Paquete. -

Los datos se transmiten en paquetes de longitud fija de 260 bits constituidos por una bandera de sincronización de 20 bits, un código de corrección de errores (ECC) de 4 bits, bits de información y un código de detección de errores (CRC).

Los paquetes de las ranuras de control incluyen información de la fecha, hora y las listas de las estaciones vecinas que utilicen el HSDS.

Por otra parte, los paquetes de las ranuras de mensajes de tiempo restantes incluyen un número de ranura, una dirección destino, el formato de los datos, del paquete y los datos de información.

### c) Detección de Errores -

Los bits de información de las capas superiores constan de 18 octetos (8 bits por octeto) por cada paquete, y a partir de ellos se genera un CRC de 16 bits de 2 octetos que se añade tomando como referencia una norma de la CCITT, creándose así una unidad de datos de enlace de 20 octetos que minimiza las posibilidades de tener mensajes falsos.

La estructura general de paquete y de trama se presenta en la siguiente figura:

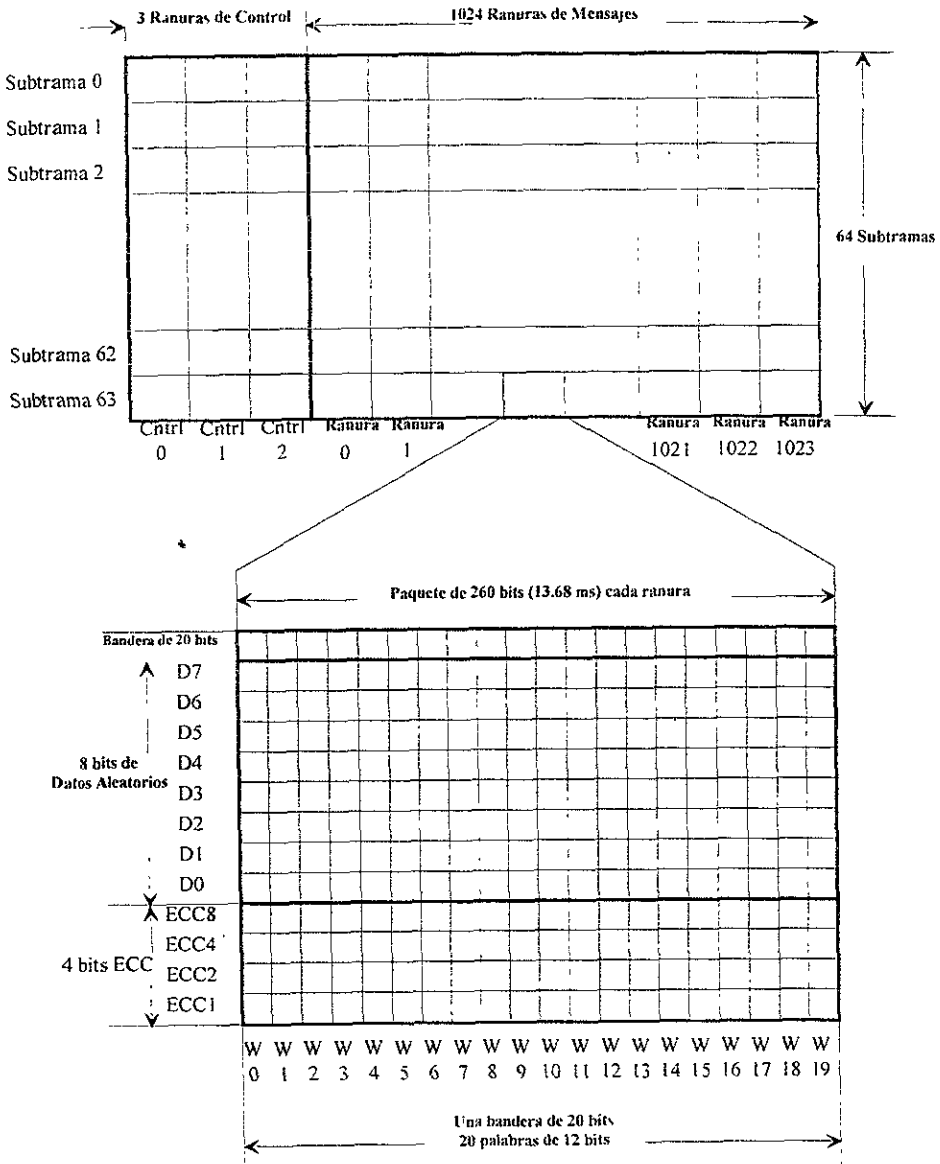


Figura II.13 Estructura de Trama y de Paquete.



d) Corrección de Errores. -

El esquema de corrección de errores es muy flexible ya que se pueden utilizar distintos métodos que varían con las aplicaciones.

En cada paquete con el primer octeto (número de incremento de ranura de tiempo) se realiza la operación lógica XOR con cada uno de los 19 octetos restantes lo que da por resultado tener datos pseudoaleatorios. A cada octeto de estos datos se le añade un ECC de Hamming de 4 bits y a cada una de las 20 palabras de doce bits se le referencia como "el enésimo ECC"

Esta técnica de corrección de errores (ECC) provee una detección simple de errores de bits y una corrección en 12 bits o lo que equivale a una capacidad de corrección del 8.3%; además es fácil de decodificar y razonablemente eficiente.

Para aumentar la capacidad de corrección de errores, los datos del enésimo ECC se intercalan en cada transmisión lo que da una inmunidad a errores de 20 bits.

La sincronización de palabra se establece por una secuencia de banderas de 20 bits que se añaden al inicio del enésimo CRC, seguidas de los datos aleatorios, del enésimo ECC y finalmente de los datos intercalados. El proceso contrario ocurre en el decodificador del receptor como se muestra en la siguiente tabla:

PASO	CODIFICADOR	DECODIFICADOR
1	Calcula y añade el CRC	Encuentra la Bandera
2	Genera datos aleatorios	Desintercala los datos
3	Añade la corrección de errores	Aplica la corrección de errores
4	Intercala los datos	Quita la aleatoriedad a los datos
5	Añade una bandera	Calcula y compara el CRC

Tabla II.15 Pasos en los procesos de codificación y decodificación

En el futuro, se planea aplicar una doble corrección de errores a la corriente de paquetes generada por aplicaciones con menores restricciones de la potencia transmitida y con requerimientos de mayor confiabilidad de datos.



### 3. - Capa III (Red):

En ésta se incluyen las características necesarias para hacer que un número de estaciones individuales actúe como un sistema simple, como son las direcciones destino, el multiplexado para múltiples aplicaciones y estaciones, listas de estaciones locales, desfasamientos en tiempo y sincronización.

#### a) Sistemas de Múltiples Estaciones.-

Cuando se requiere utilizar este tipo de sistemas, las tramas maestras se sincronizan al UTC<sup>1</sup> y comienzan al inicio de cada cuarto de hora (más un desfasamiento de tiempo en cada transmisor individual). De esta manera, las estaciones sincronizadas y con desfasamiento dan la oportunidad de cambiar la frecuencia sintonizada y de hacer intentos posteriores en otras frecuencias para recibir paquetes.

#### b) Confiability del Sistema.-

Como todos los sistemas inalámbricos robustos, el HSDS requiere utilizar diferentes métodos para solucionar los efectos que ocasionan las multitrayectorias y los obstáculos naturales y artificiales, como lo son las técnicas de diversidad y los mensajes numerados.

Las técnicas de diversidad posibles son las siguientes:

1. - Diversidad de Frecuencia.- se puede lograr a partir de la capacidad que existe para sintonizar cualquier frecuencia en el rango de 87.5 a 108 MHz. De esta manera, al transmitir en múltiples frecuencias un receptor que esté en una multitrayectoria nula en determinada frecuencia, no lo estará en otra diferente.

2. - Diversidad de Espacio.- Cuando existen transmisores en diferentes lugares, es posible reducir el tamaño de las áreas de sombra y las posibilidades de mensajes perdidos de acuerdo a los requerimientos de las aplicaciones.

3. - Diversidad de Tiempo.- Se puede ofrecer de dos formas:

---

<sup>1</sup> UTC ( Reloj Universal del Tiempo)

- Mediante transmisiones múltiples en la misma estación, donde se transmite la misma información en diferentes instantes de tiempo para los receptores móviles que hayan estado en una zona de sombra en determinado momento.

- Mediante transmisiones con retraso, (desfasamiento de tiempo) entre estaciones, que permite cambiar la frecuencia sintonizada y hacer intentos posteriores en otras frecuencias para recibir un paquete en receptores de baja tasa de datos. También es posible seleccionar una estación particular de las que estén disponibles.

Además de las técnicas anteriores cada transmisión incluye un número de mensaje transmitido que elimina los mensajes duplicados y permite la detección de los perdidos. Cuando existen múltiples transmisiones de un mensaje es posible recibir el mismo varias veces, pero como se rechazan los números de mensaje duplicados, estos mensajes no se repiten.

#### 4. - Capa IV (Implementación):

Aquí se presentan las características de los equipos y de los circuitos integrados necesarios para la puesta en operación del HSDS como son:

- I. El Generador de la Subportadora.
- II. El Módulo completo del Receptor / Demodulador.
- III. El Circuito Integrado del Receptor.
- IV. El Circuito Integrado del Demodulador.

Resumiendo el HSDS presenta las siguientes características:

CONCEPTO	VALOR
Frecuencia de la Subportadora	66.5 kHz.
Tolerancia de Frecuencia	$\pm 7\text{Hz. } (\pm 1\%)$
Fase de la Subportadora	Amarrada en Fase al 3.5 <sup>o</sup> Armónico para Estereofonia
Tolerancia de Fase	$\pm 63^\circ$
Desviación de Frecuencia debido al Nivel de la Subportadora	De $\pm 3.32\text{ kHz}$ a $\pm 13.3\text{ kHz}$
Método de Modulación	AM-PSK
Ancho De Banda	19 kHz.
Eficiencia del Espectro	1 bit/s/Hz.
Velocidad de los Datos	19 Kbps.
Tipo de Codificación	Duobinaria

Tabla II.17 Características principales del HSDS.

### Pruebas de Laboratorio

Se realizaron tomando en cuenta los siguientes parámetros:

1. Una sensibilidad en los receptores de  $-91.5$  dBm.
2. Una relación de la señal subportadora a ruido (S/N) de  $12$  dB.
3. Una tasa de bits con error (BER) de  $2 \times 10^{-2}$ .
4. Una tasa de terminación de paquetes (PCR) de  $0.55$ .
5. Una tasa de terminación de mensajes (MCR) de  $0.91$ .
6. Tres transmisiones en una sola estación.

Con los componentes y las especificaciones que se muestran en la siguiente figura:

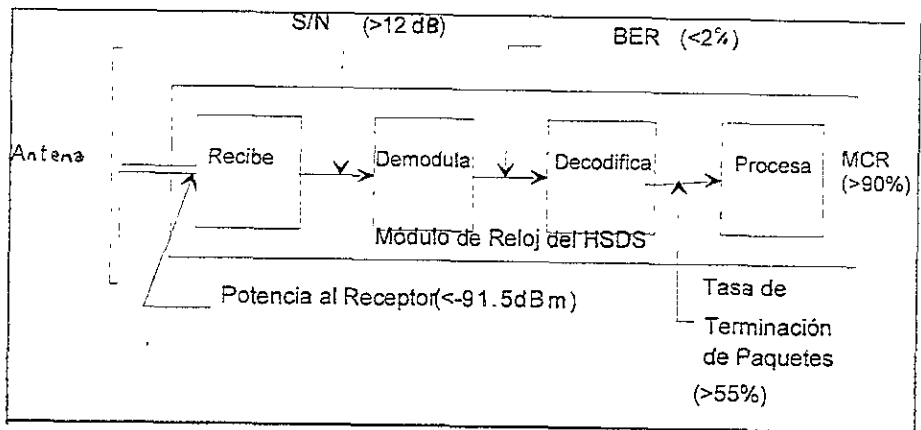


Figura II.14 Características de desempeño del HSDS.

### Pruebas de Campo

Los resultados de dos pruebas de campo efectuadas en Portland, Oregon se presentan a continuación:

a) La primera de 1987, fue realizada para evaluar el desempeño y el alcance inicial de una estación simple, incluyendo las técnicas de corrección de errores. Se utilizó un transmisor de  $100$  kW, una torre a  $249$  m sobre el promedio del terreno con una frecuencia de  $101.1$  MHz.; en una ruta de carretera predeterminada y se obtuvieron gráficamente los resultados de la distancia recorrida contra la tasa de terminación de paquetes (PCR), la potencia promedio recibida en dBm, la desviación estándar de la potencia en dBm y la velocidad del vehículo.

Como se esperaba se obtuvo la más alta PCR en áreas con una señal adecuada y con multitrayectorias mínimas.

Para determinar la efectividad del método de corrección de errores, se clasificaron los paquetes en cuatro categorías, con los resultados siguientes:

Categoría	Resultado
Aquellos libres de errores, sin requerir corrección de los mismos.	64.1%
Paquetes con posibilidades de ser corregidos	11.9%
Los que no se podían corregir.	7.2%
Perdidos completamente al no poderse obtener sincronización de palabra.	16.7%

Tabla II.16 Porcentajes de recepción de los paquetes.

Los resultados que se obtuvieron mostraron que era necesario repetir los paquetes para tener tasas de terminación satisfactorias en receptores con antenas móviles muy pequeñas, y que el esquema de corrección de errores no debía ser muy extenso.

b) En 1989 se llevó a cabo otra prueba para determinar la cobertura del entonces sistema comercial HSDS, en la cual se seleccionaron tres estaciones operando en: 95.5 MHz, 98.5 MHz y 101.1 MHz.

Con un analizador de espectro se hizo la medición de la potencia de la señal registrada con una antena monopolo vertical de un cuarto de longitud de onda, montada en el techo de un vehículo a dos metros del piso.

Se obtuvo la tasa terminación de paquetes usando la antena anterior y simulando una altura del centro de la misma de 1 metro. Cabe señalar que las especificaciones de la sensibilidad del receptor tipo reloj (Message Watch) de -91.5 dBm y de la ganancia de la antena de -29 dB, son mejores en 2.5 dB con respecto a las simuladas en esta prueba de campo.

Los resultados indicaron que hubo un incremento en la cobertura asociada con las transmisiones múltiples.

### 3 ) Servicios.

Algunos servicios que incluye el sistema HSDS son:

- a) Mensajes numéricos y estandarizados como: "Call Home, Call Office, etc."
- b) Resultados de partidos de fútbol, basquetbol, hockey, béisbol, etc.
- c) Pronósticos y reportes meteorológicos diarios.
- d) Reportes de esquí durante los meses de invierno.
- e) Índices ambientales.
- f) Información financiera diaria como: Dow Jones, New York Gold, Prime Interest, Standard & Post, etc.
- g) Números ganadores de la lotería diaria y semanal.

#### 4 ) Comparación entre el RDS y el HSDS.

Ambos sistemas utilizan el método de modulación AM-PSK donde la subportadora es modulada en amplitud con subportadora suprimida de doble banda lateral sin embargo, la codificación de los datos se realiza con técnicas diferentes, codificación diferencial para el RDS y duobinaria para el HSDS, lo que permite tener una mayor eficiencia espectral en éste último sistema.

Aunado a lo anterior, el número de bits utilizables es de entre 10 y 16 kbps (12.6 kbps en promedio) a diferencia de los 670 bps del RDS, lo que permite ofrecer un gran número de servicios adicionales.

Por otra parte, el ancho de banda angosto del HSDS le permite ofrecer compatibilidad con el RDS y otros sistemas a nivel mundial (en el rango de los 53 a 75 kHz) y con los usos de subportadoras arriba de los 76 kHz en los E.U.A.

Finalmente los receptores del HSDS son únicamente los relojes de pulsera de Seiko por lo que su adquisición está limitada a las poblaciones donde se presta el servicio.

## **E) CANAL POR SUBPORTADORA PARA INFORMACIÓN DE TRÁFICO ( STIC ).**

### **1 ) Origen del STIC.**

Sus inicios datan desde 1992 cuando las compañías FHWA y MITRE patrocinaron un proyecto de investigación y desarrollo para una tecnología por subportadora de alta tasa de datos.

El prototipo del receptor STIC fue probado primero en Fayetteville, NC, y posteriormente en Atlanta, en el verano de 1996, como parte de la "prueba operacional de campo" (FOT), del ADAS (Sistema de Consejos al Conductor de Atlanta) y también en Cleveland como parte de un programa extenso de pruebas comparativas.

Actualmente, con la conclusión del ADAS FOT de Atlanta, los participantes de la industria y la comunidad científica, desempeñarán un papel primordial en la comercialización del sistema STIC que fue desarrollado específicamente para aplicaciones ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte).

Finalmente, es importante tomar en cuenta que todavía no está disponible una realización comercial completa del sistema STIC al requerirse desarrollo en el área de la multiplexación de los servicios informativos a los consumidores finales.



## 2 ) Características.

El sistema STIC utiliza un esquema complejo de modulación, codificación e interpolación de datos para atenuar las multitrayectorias y los otros efectos de la propagación característicos del ambiente en FM.

De acuerdo con el modelo OSI (Interconexión para Sistemas Abiertos) este sistema presenta solamente una capa que es:

### 1.- Capa I (Física):

En ésta se especifican:

#### a) Frecuencia de la Subportadora.-

Se utiliza una subportadora a 72.2 kHz en la banda base de FM como se muestra en la siguiente figura:

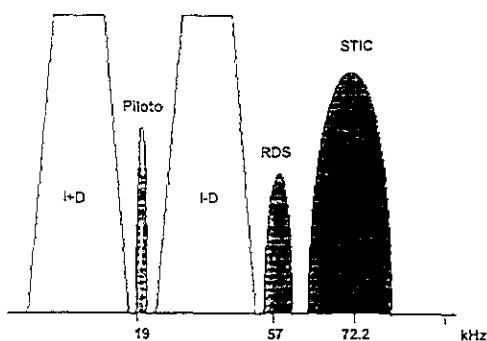


Fig. II.15 Espectro de la señal múltiplex.

b) Métodos de Codificación y Modulación.- Usando la codificación convolucional y la interpolación, los bloques de datos son procesados añadiéndoles 4 bits de estimación del estado del canal. Posteriormente estos datos son codificados con un formato BCH y modulados con el esquema de  $\pi/4$  DQPSK. La señal modulada se filtra usando un filtro levantado coseno raíz cuadrada con un factor de roll-off de 0.68. Los parámetros del interpolador y de la codificación están diseñados basándose en los datos de propagación de la banda de FM (100 MHz).

Los parámetros de propagación son elementos clave en la selección de aquellos del procesamiento de la forma de onda del STIC como por ejemplo el tamaño del

interpolador, el número de bits del estado del canal, y las técnicas de codificación. Los valores típicos que se han considerado para la fase de la evaluación de este sistema son.

- Retraso =  $3 \times 10^{-6}$  sec.
- Dispersión Doppler de 8 Hz (a 110 km./h para la banda de 100 MHz)

c) Capacidad del canal.- La tasa efectiva de la información es de 8 kbps, para una BER típica de  $10^{-5}$  y una tasa raw de símbolo de 18.8 kbps.

### 3 ) Comparación entre el STIC y el HSDS.

Una ventaja que tiene el STIC lo constituye el hecho de que fue desarrollado principalmente para ser un sistema con financiamiento público, sin ser un esquema propietario.

Por otra parte, una deficiencia del sistema es estar enfocado solamente a la capa física del modelo OSI, requiriendo mucho desarrollo en las capas superiores, ya que como cualquier sistema de difusión de información y de mensajería, son necesarios otros protocolos para ofrecer servicios confiables punto a punto; sin embargo, se trata de un sistema muy prometedor para la difusión de la información de aplicaciones ITS.

A medida que se desarrollen las capas superiores del sistema STIC, será necesario probarlas objetivamente en conjunto con sistemas integrales que crean aplicaciones reales de valor agregado, y realizar una integración con los receptores existentes para el STIC y para los otros sistemas, como el de SEIKO, con fines comparativos a nivel de hardware, software y de infraestructura de red.

Finalmente, la complejidad de los receptores depende de los parámetros antes mencionados, donde se atenúan los efectos de la propagación usando la información del estado del canal para estimar la calidad de los datos recibidos, mejorando de esta forma el algoritmo de decodificación. El receptor es obviamente un sistema sofisticado de comunicación digital con un diseño avanzado específicamente para combatir los efectos del canal móvil ITS y tomando en cuenta sus aplicaciones.

El costo de los receptores es probablemente un poco más caro que aquellos del sistema HSDS sin embargo, con el volumen y los rápidos avances en las tecnologías digitales y de semiconductores, se revertirá esta situación.

## F) **RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL ( DAB ).**

### 1 ) **Orígenes de la DAB.**



Desde sus inicios en los años 20's, la radiodifusión sonora se ha desarrollado utilizando sistemas analógicos en las bandas de AM (540 a 1610 kHz) y de FM (88 a 108 MHz) sin embargo, los avances tecnológicos permiten ahora explotar las bondades de la transmisión digital de señales de radio. La Radiodifusión Sonora Digital (DAB, por sus siglas en inglés) permite una recepción de audio de alta calidad libre de interferencia y tiene la potencialidad de proveer múltiples servicios adicionales como la transmisión de datos.

Los inicios de los sistemas DAB datan de 1986 y desde entonces se han propuesto métodos de distribución satelitales y terrestres.

En 1988 la EBU (Unión Europea de Radiodifusión) junto con el IRT de Alemania y el CCETT francés, organizaron la primera demostración pública de un prototipo del DAB en la WARC-ORB 88 (Conferencia Mundial Administrativa de Radio) de la ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) en Ginebra; posteriormente se dieron demostraciones en 1990 en Ottawa, Canadá.

Desde hace varios años, se han realizado trabajos y estudios tendientes al establecimiento de estándares de transmisión para la radiodifusión sonora digital. En los Estados Unidos se ha trabajado sin éxito hasta ahora, en sistemas denominados " En Banda ", que prevén la reutilización de las actuales bandas de AM y de FM para la DAB, respetando el ancho de banda atribuido a cada estación.

Mientras la radio digital se desarrolla en el mundo, México y la mayoría de los países latinoamericanos continúan amarrados a los resultados que en Estados Unidos se tengan sus sistemas.

La sección de la banda L que va de los 1452 a 1492 MHz ha sido atribuida mundialmente para el servicio de DAB. En particular, México apoyó esta atribución al igual que lo hizo Canadá. Sin embargo, los Estados Unidos hicieron una reserva y decidieron utilizar la banda "S" (1 a 2 GHz) para los servicios de radiodifusión por satélite.

Por otra parte, los europeos desarrollaron un sistema funcional de la DAB llamado "Eureka 147" que ha sido adoptado como estándar de transmisión en Europa y Canadá, y a partir de diciembre de 1994, fue definido como una recomendación mundial de la ITU.

Actualmente, se han instalado transmisores DAB con formato Eureka 147 para realizar pruebas de recepción en Inglaterra, Francia, Alemania, Italia, Holanda, Suecia, Dinamarca, Suiza, Canadá y Australia; se están llevando a cabo pruebas de la DAB en Estados Unidos, la India, Japón y China.

Hasta el momento, se han realizado dos pruebas satelitales de DAB en la banda L, una en México del 17 al 21 de julio de 1995, conducida por la BBC de Londres en conjunción con el Instituto Mexicano de Comunicaciones y Telecomunicaciones de México; con el sistema Eureka 147 en los suburbios de la Cd. de México, haciendo pruebas de transmisión mediante el satélite "Solidaridad 2", que opera en banda "L" en un rango de frecuencias un poco arriba del asignado a la DAB por la UIT (1452-1492 GHz.), lo que permitió que las señales recibidas estuvieran libres de distorsión; y la otra en Australia, en junio del mismo año, conducida por el "Special Broadcasting Service". Ambas pruebas resultaron muy satisfactorias y permitieron conocer el comportamiento y las posibilidades para el DAB satelital en recepciones fija y móvil. Otros países como la India y Canadá están también interesados en el DAB satelital y, en el caso concreto de la India, se tiene un programa específico para este sistema.

## 2 ) Características.

La Radiodifusión Sonora Digital (DAB) ha venido desarrollándose en diversos lugares del mundo ya que su proyección es tanto satelital, terrestre o mixta.

La radio digital debe de cumplir con las siguientes características técnicas establecidas por ITU:

- a) Tener el sonido la calidad del disco compacto (CD).
- b) Eliminar interferencias por multitrayectoria.
- c) Proporcionar un servicio a receptores portátiles, fijos y en movimiento.
- d) Tener un uso eficiente del espectro radioeléctrico.
- e) Facilidad de utilizar canales de datos.

### MODOS DE OPERACIÓN:

Los sistemas DAB pueden operar en 4 modos de transmisión; cada uno en una gama de frecuencias diferente que va de los 30 MHz a los 3 GHz y que han sido seleccionadas para no sufrir los efectos de Doppler y de retraso que se presentan en la recepción móvil con ecos de multitrayectoria; éstos son:

**Modo I.-** resulta ser más adecuado para una Red de Frecuencia Simple (SFN) terrestre en la banda de VHF, porque permite la separación más grande entre transmisores. En particular la banda VHF-III que va de los 223 a los 230 MHz, está asignada en Europa al canal 12 de televisión en el sistema PAL.

**Modo II.-** será utilizado preferentemente para SFNs medianas en la banda "L" (de 1452 a 1467.5 MHz) y para aplicaciones de radio local que requieren de un transmisor terrestre.

**Modo III.-** es más apropiado por cable, satélite y transmisiones terrestres complementarias ya que opera en todas las frecuencias por arriba de los 3 GHz para recepción móvil.

**Modo IV.-** también utiliza la banda "L" y permite una separación más grande entre transmisores en SFNs pero, resulta menos resistente a degradaciones en velocidades de vehículos más altas.

### 3 ) Comparación entre la DAB y el RDS.

La DAB tiene numerosas ventajas sobre la radiodifusión en FM ya que ofrece una calidad de recepción perceptiblemente mejor para el audio y los servicios de datos, superando los efectos adversos de la propagación multitrayectoria que afectan la banda de VHF-FM. Tiene además un alto grado de robustez; proporciona un ahorro significativo de espectro al utilizar la técnica de "Red de Frecuencia Simple" (SFN) y, ofrece una alta flexibilidad para reunir dinámicamente un gran número de servicios de audio y de datos en un multiplexor de servicio, llamado "ensamblador ", que puede proporcionar una capacidad para seis programas de audio estereofónico (cada uno con una tasa de bits de 192 kbps). A su vez cada ensamblador tiene su propio canal de "Datos Asociados al Programa (PAD) de 32kbps y una capacidad adicional para otros datos en el "Canal de Información Rápida" (FIC) y en el "Canal de Información Auxiliar" (AIC).

Haciendo una comparación entre los servicios de datos de la DAB llamados "Información de Servicio" (SI) y los del RDS se tiene lo siguiente:

- ❖ Las capacidades de transmisión de datos para los servicios DAB (de unos cuantos bps hasta 10 kbps o más) son significativamente superiores a las del RDS de tan solo 2 kbps.
- ❖ La etiqueta del servicio en el RDS (PS) es de solo 8 caracteres de longitud y en la DAB es de 16.
- ❖ Todas las características de visualización de texto en ambos sistemas utilizan las mismas tablas de caracteres por lo que existe cierta compatibilidad entre ellas.
- ❖ La característica de "Información de Frecuencias" de la DAB proporciona una referencia cruzada a fuentes alternas de un servicio y es similar a la característica de "AF" del RDS.

Las semejanzas y diferencias importantes se muestran en la siguiente tabla:

<b>Característica DAB</b>	<b>Posición de la Característica en el Multiplexor DAB</b>	<b>Capacidad de Transmisión <sup>1</sup></b>	<b>Equivalencia en el RDS</b>
<b>Datos Relacionados con el Servicio.</b>			
Parte (MCI) del Directorio de Servicio	FIC	Alta	PI, ECC
Etiqueta del Servicio	FIC	Alta	PS
Información de Frecuencias	FIC	Media	AF
Acceso Condicional	FIC MSC	Media	—
<b>Datos Relacionados con el Programa</b>			
Idioma del Programa	FIC	Baja	Lang.
Tipo de Programa	FIC	Media	PTY
Número de Programa	FIC	Media	PIN
Frente / Base	Audio	Baja	—
<b>Datos Asociados con el Programa (PAD)</b>			
Control de Rango Dinámico	PAD	Baja	—
Etiqueta Dinámica.	PAD	Media	RT
Música / Opinión / Apagado	PAD	Baja	MS
Derechos Reservados.	PAD	Baja	—
Sistema Interactivo de Transmisión de Texto (ITTS)	PAD	Media	—
<b>Características de No Audio</b>			
Hora y Fecha	FIC	Baja	CT
Aplicaciones Internas	PAD/FIC	Baja/Media	IH
Identificación del Transmisor	FIC/AIC	Media	—
Radiolocalización	FIC/AIC	Alta	RP
Canal de Mensajes de Tráfico (TMC)	FIC/AIC	Media	TMC
Sistemas de Aviso de Emergencias (EWS)	FIC/AIC	Baja	EWS
<b>Datos Relacionados con los Grupos.</b>			
Etiqueta de Grupo	FIC	Muy Baja	—
Anuncios	FIC	Baja	TP, TA
Alarma	FIC	Muy Baja	PTY = 31
<b>Otros Grupos y Servicios</b>			
Otros Grupos y AM / FM	FIC /AIC	Alta	EON

Tabla 11.18 Comparación de las características de la DAB y del RDS.



Cuando los servicios DAB duplican a los de la banda en FM, o cuando aún no están disponibles, la característica DAB "información de frecuencias " permite tener referencias al FM (y en teoría también al AM)

Durante 1996 y 1997, el foro RDS estableció un grupo de trabajo para examinar la implementación de las diferentes características de datos de ambos sistemas por los radiodifusores y en los receptores, evitando confusiones por parte de los usuarios.

Finalmente la diferencia fundamental entre los servicios del RDS y los que ofrece actualmente la DAB estriba en que mientras ésta llega a suscriptores, el RDS está diseñado para ser captado sin necesidad de pagar por el servicio, pero contando con un receptor especial dotado de la capacidad del despliegue de datos.

#### 4 ) Sistemas DAB.

Los sistemas más representativos por su modo de operación, son los siguientes:

a) Sistema Eureka 147. - operable en banda "L" (1452 a 1492 MHz.) y en banda III (223 a 230 MHz) existe en versiones terrestre y satelital.

b) Sistema en Canal y Banda (IBOC). - operable en las bandas de 88 a 108 MHz. (FM) y de 535 a 1705 kHz. (AM). Existe únicamente en transmisión terrestre.

c) Sistema en Banda y en Canal Adyacente (IBAC).- operable en la banda de 88 a 108 MHz. únicamente en transmisión terrestre.

d) Sistema Satelital de la Voz de las Américas y la NASA.- operable en banda "S" (experimentación realizada en 2030 y 2050 MHz.).

e) Sistema Satelital de Satellite CD Radio, Inc. .- operable en banda "S" de 2320 a 2332.5 MHz.

f) Sistema satelital de American Mobile Radio Corp. .- operable en banda "S" de 2332.5 a 2345 MHz.

g) Sistema satelital o híbrido de WorldSpace .- operable en banda "L" y "C".

Mencionando un poco del desarrollo de algunos de los sistemas anteriores se tiene lo siguiente:

##### a) Sistema Eureka 147:

Desarrollado desde 1987 por un consorcio europeo fundado por 18 empresas de Alemania, Francia, Inglaterra y Holanda, constituye hasta ahora, el más avanzado en el ámbito de la radiodifusión digital. De 1988 a la fecha el sistema ha sido probado con éxito en Ginebra, Montreux, Las Vegas, Boston, San Francisco, Montreal, Toronto y México.

Formado hace mas de 10 años cuenta en este momento con transmisiones piloto o en proceso de desarrollo en más de 20 países; se calcula que los usuarios potenciales rebasan los 2000 millones.

- En Inglaterra se dio inicio al servicio nacional DAB el miércoles 27 de septiembre de 1995, cuando el servicio inicial de la BBC cubrió el 20% de la población, estimándose que éste crecería pretendiendo abarcar al 60% de la

población para Marzo de 1998, tan pronto como 27 transmisiones salieran al aire. La predicción es que la DAB llegue al 40% de los hogares ingleses a partir de los 10 años de su lanzamiento a los consumidores.

En Francia ha surgido un nuevo interés con la decisión de otorgar licencia a tres transmisores que operan en el área de París por un periodo de tres años, a éstos probablemente se les agregue un cuarto transmisor.

- El 17 de octubre de 1995 inició oficialmente la transmisión DAB con el sistema piloto berlinés que opera desde cuatro transmisores, donde la "Deutsche Telecom" está a cargo de dos de estos transmisores en la banda "L", uno en el centro de la ciudad de Alexanderplatz y otro en las afueras; seis lo hacen desde ambos puntos en forma simultánea y en la misma frecuencia; y se estimó que alrededor del 40 % de la población Alemana sería cubierta por la DAB a finales de ese año.

- En Suecia el 27 de Septiembre de 1995 fue inaugurado el primer servicio de DAB, con un transmisor sirviendo el área de Estocolmo. En el verano de 1996 entraron en operación más transmisores para cubrir un área mayor, con lo que se logró cubrir al 42% de la población de aproximadamente 8.5 millones y se espera que para finales de este año se cubra al 75% de la población.

- El servicio oficial de DAB en Dinamarca fue lanzado el 1 de Septiembre de 1995 por Danmarks Radio (DR), utilizando únicamente un transmisor de 500 W de P.E.R., durante los primeros meses de ese año. Con la ayuda del gobierno se distribuyeron 500 receptores a consumidores, con propósitos de investigación. El receptor cuenta con un gran display gráfico y la unidad remota ha sido reemplazada por un PAD, el cual puede ser usado para obtener información y realizar funciones de control.

- En Canadá se asignó a los radiodifusores de AM y FM, un canal de DAB en banda "L" por cada estación y desde 1991 se ha experimentado en el uso de la misma en forma terrestre, con instalaciones en 4 de las ciudades más importantes del país. Toronto, Ottawa, Vancouver y Montreal. Se planeó comenzar con transmisiones comerciales antes de que concluyera 1997 y dentro de los próximos 5

años se proporcionará el servicio de DAB a un alto porcentaje de la población, comenzando ese año en Toronto y Montreal

- China anunció el 15 de Diciembre de 1996 la inauguración de tres redes de estaciones Eureka 147 en la provincia de Guangdong, el área cercana a Hong Kong la cual está creciendo industrial y económicamente. Los tres sitios están en Foshan, Guangzhou (formalmente Canton) y Zhongshan, y están transmitiendo en un solo ensamble a 85 MHz con hasta 7 programas de audio.

Actualmente funcionan estaciones experimentales (que utilizan el sistema Eureka 147) en Alemania (Baviera, Baden Württemberg y Berlín), Australia (Sydney, Melbourne y Brisbane), Canadá (Toronto, Montreal, Ottawa y Vancouver), Dinamarca (Copenhague), Francia (París), Inglaterra (Londres), Holanda (Harlem, Hilverson y Rotterdam), Noruega (Oslo), Suecia (Estocolmo) y Suiza.

#### **b) Sistemas IBOC e IBAC en EUA:**

Por lo que se refiere a la Radiodifusión Sonora Digital terrestre, a partir de 1991 varias empresas vienen trabajando para llevar a cabo la digitalización del servicio de radio AM y FM mediante los llamados sistemas "en Canal y en Banda" (IBOC) y "en Banda y en Canal Adyacente" (IBAC).

Los sistemas IBOC, desde el punto de vista de tecnología, están aprovechando la técnica desarrollada por el ejército de EUA llamada "extracción de señal" que permite esconder señales de radio digitales de muy baja potencia dentro de las señales analógicas más fuertes.

También la empresa "Electric Desicions Inc." creó una tecnología llamada "Transporte de carga acústica", mediante el empleo de un microchip para la decodificación de las señales encubiertas, las cuales funcionan a 50 o 60 dB abajo de las señales principales.

La "Asociación de Fabricantes de Electrónica de Consumo" (CEMA) formó un subcomité para organizar e iniciar una serie de análisis imparciales, probando los sistemas y estableciendo un programa con la finalidad de determinar técnicamente que sistema o sistemas DAB servirán mejor a sus miembros, radiodifusoras, consumidores y una gran cantidad de grupos de industria afectados. Reconociendo

que para el desempeño de la calidad del sonido del sistema completo (programa fuente, codificador/decodificador, elementos del sistema transmisor y el receptor) se deben dar con consideraciones primarias.

En 1991 en EUA se tomó la decisión de que la radiodifusión sonora digital sería desarrollada en las mismas frecuencias y en la misma banda en las que operan actualmente las casi 11000 estaciones de AM y FM que existen.

Los sistemas deben de cumplir con los siguientes requisitos:

- a) Deben de ser eficientes desde el punto de vista de la frecuencia.
- b) Deben ofrecer una mayor fidelidad de sonido.
- c) Deben estar al alcance de todas las estaciones existentes.
- d) La introducción de los sistemas no debe atentar la integridad económica de las estaciones.
- e) El nuevo receptor de radiodifusión sonora digital debe estar al alcance del consumidor promedio.
- f) Los sistemas deben de ser fáciles de implantar administrativamente.

### **c) Sistemas Satelitales en EUA:**

Se cuenta con una asignación de 50 MHz. en la banda "S" (de 2310 a 2360 MHz.) donde se utilizan canales de audio de alta calidad vía satélite, estando interesadas varias empresas en realizar este tipo de desarrollo, principalmente la formada por la "Voz de las Américas" (VOA) y la NASA, quienes pretenden utilizar de 20 a 25 canales. Su sistema según parece, inicialmente estará enfocado a cubrir los servicios que desde hace mucho tiempo ha venido realizando la VOA, particularmente utilizando la "Onda Corta".

Por otro lado existen dos sistemas que prestarán el "Servicio de Radio Sonoro Digital" (DARS) a través de satélite. El 6 de marzo de 1996, la FCC publicó los requisitos para el proceso de subasta de dos licencias para la prestación del DARS a través de los Estados Unidos continentales. Cada licencia podría hacer uso de 12.5MHz del espectro ubicado en la banda "S" dentro del rango de 2320-2345 MHz. El 2 de abril de 1997 la FCC informó sobre los ganadores del proceso de subasta de las dos licencias. La primera, la N001, fue otorgada a "Satelite CD Radio, Inc." por

\$83,346,000.00 dólares y la segunda, la N002 fue para la compañía "American Mobile Radio Corp. por la cantidad de \$ 89,888,888.00 dólares".

A continuación se da una explicación más detallada de algunos sistemas DAB identificados por las compañías que los han desarrollado.

### **AT&T/Lucent Technologies**

El sistema de audio digital de AT&T está diseñado para operar en el modo "en Banda y en Canal Adyacente" (Inband Adjacent Channel, IBAC) o en el modo "en Banda y en Canal Reemplazable" (In-Band Reserved Channel, IBRC) en la banda de 88-108 MHz, en donde la señal digital ocupa un solo canal de 200 kHz y la codificación de audio digital es proporcionada por el "Codificador Perceptual de Audio" (PAC) de AT&T, que da una señal de 160 kbps.

El sistema utiliza modulación de 4 fases, un ecualizador de canal adaptivo y un método de tres capas de protección de error para mantener la calidad de audio en presencia de deterioro de la transmisión.

La entrada del modulador de 4 fases es un flujo de bits a 360 kbps (compuesto de 340 kbps de datos de audio multiplexados y un encabezado de 20 kbps para sincronización y ecualización del canal). Esta modulación proporciona una eficiencia ideal de 2 bits/segundo/Hz, y una frecuencia real de 1.8 bits/seg./Hz. formando el paquete de datos de 360 kbps de datos dentro de un canal de FM de 200 kHz. El espectro de RF de este sistema DAB incluye un tono piloto para ayudar eficientemente en la recuperación de la portadora.

### **AT&T/Amati/Lucent Technologies**

Se trata de un sistema "en Banda y en Canal" (In-Band On-Channel, IBOC) que utiliza codificación (PAC) y puede operar en tres modos, (DSB), (LSB) o (USB)<sup>2</sup>. En el modo DSB la señal digital consta de 73.5 kHz de ancho de banda lateral, que va de los 126.5 kHz a los 200 kHz y un ancho de banda compuesto total de 400 kHz;

el promedio de la señal digital es de alrededor de 15 dB por debajo de la señal de FM. La señal IBOC utiliza modulación multitono discreta o COFDM<sup>3</sup> (Ver Apéndice E) en el que se tienen 32 subportadoras con modulación diferencial de 4 fases. En los modos LSB o USB se utilizan 18 subportadoras y modulación diferencial de 8 fases.

### Sistemas DAB VOA/JPL<sup>4</sup>

El sistema está diseñado para la distribución directa por satélite, operando en la banda de 2310 a 2360 MHz (Banda S), en la que la señal digital utiliza un solo canal de 200 kHz y la codificación digital de audio es proporcionada por el "Codificador Perceptual de Audio" de AT&T (APC), el cual da una señal de 160 kbps. Para lograr la eficiencia en potencia y el ancho de banda, se utiliza la "Modulación por Corrimiento de Fase en Cuadratura" (Quadrature Phase Shift Keying o QPSK).

### USADR FM-1

Aquí se utiliza la señal IBOC digital localizada en una región de la banda lateral de 100 kHz, que va desde los 120 kHz hasta los 220 kHz arriba y abajo de la frecuencia central del canal de FM, para tener un ancho de banda total compuesto de 440 kHz; con un promedio de la potencia de la señal digital de alrededor de 15dB por debajo de la señal de FM y utilizando 48 subcanales de datos del tipo "espectro expandido" (spread spectrum); además, se transmite un canal 49 como señal para la equalización multitrayectoria.

La fuente de audio estéreo codifica a tasas que varían desde un mínimo de 128 kbps hasta un máximo de 256 kbps fragmento por fragmento. La duración del símbolo es de 125 microsegundos.

---

<sup>2</sup> DSB (Doble Banda Lateral), LSB (Banda Lateral Inferior), USB (Banda Lateral Superior),

<sup>3</sup> COFDM (Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal Codificado)

<sup>4</sup> VOL/JPL (Voz de las Américas / Laboratorio de Propulsión Jet)

## USADR FM-2

Con el uso de las técnicas de corrimiento de frecuencia, la señal digital IBOC se transmite ortogonalmente a la señal analógica de FM donde la energía digital se extiende dentro de los canales adyacentes superior e inferior, utilizando 64 subcanales de datos con una tasa de 2 kbps, una duración del símbolo de 500 microsegundos y una tasa de error de 384 kbps.

La codificación de la fuente de audio estéreo varía desde un mínimo de 128 kbps hasta un máximo de 256 kbps y los datos auxiliares son transmitidos a diferentes velocidades.

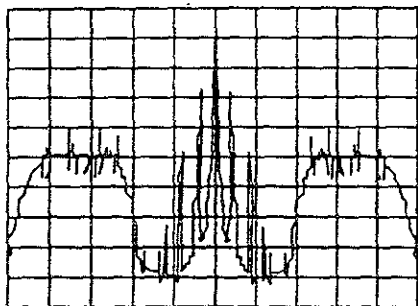


Figura II.16 Espectro de la señal del sistema USADR FM-1.

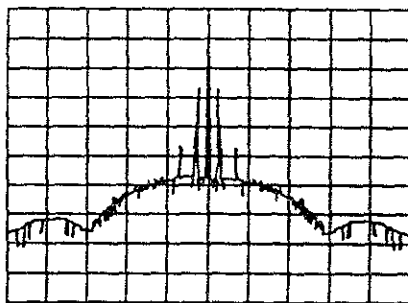


Figura II.17 Espectro de la señal del sistema USADR FM-2.

## USADR AM

La fuente de codificación de audio se realiza a 96 kbps, incluyendo un canal auxiliar de datos de 2.4 kbps con corrección de errores y una tasa de modulación de datos a 128 kbps, con un ancho de banda de la señal digital incluyendo la señal de AM analógica, de 40 kHz.



**Eureka 147**

Se trata de un sistema flexible que puede operar en cualquier rango de frecuencia por arriba de los 30 MHz y que basa su confiabilidad en dos aspectos:

- 1.- Una señal con un ancho de banda que exceda de 1 megahertz, raramente será sujeta a una atenuación total.
- 2.- Toma ventaja de la energía recibida en las secciones del espectro sujetas a interferencia constructiva, con la finalidad de reconstruir los mensajes completos sin error, con un ancho de banda de la señal de 1.5 MHz.

El sistema utiliza modulación COFDM, con un número de portadoras radiadas de 384 para el modo II, una duración del símbolo de 250 microsegundos y usando la codificación de audio digital MUSICAM<sup>5</sup> (Ver Apéndice D).

**g) Sistema satelital o híbrido de WorldSpace:**

Con base en Washington, EUA, surgió en 1990 y tendrá como objetivo principal el proporcionar radio digital via satélite a bajo costo en porciones de África, Medio Oriente, Asia, América Latina y el Caribe; dividiéndose en tres grandes grupos: AfriSpace (con servicio en todo el continente africano), CaribSpace (cubriendo los países del caribe y América Latina) y AsiaSpace (con cobertura de los países del Este asiático, excepto Japón).



Figura II.18 Areas de cobertura del sistema WorldSpace

<sup>5</sup> MUSICAM (Masking pattern Universal Sub-band Integrated Coding And Multiplexing)

Poseerá las siguientes características:

- Un total de 3 satélites geoestacionarios en las posiciones orbitales:
  - a) 21° este para el AfriStar (lanzado el 28 de octubre de 1998),
  - b) 95° oeste el CaribStar y,
  - c) 105° este para el AsiaStar.
- También se construirá un cuarto satélite como respaldo de los anteriores.
- Cada satélite llevará 3 haces de precisión que cubrirán 14 mil km<sup>2</sup>.
- El enlace de subida (UpLink) va de 7025 MHz a 7075 MHz (25 MHz) y el de bajada (DownLink) de 1467 A 1492 MHz (25 MHz en Banda "L")
- No utilizará la DAB como sistema de transmisión, sino uno propietario.
- 192 canales de transmisión en cada haz con posibilidades de llevar audio, datos, software, textos, mensajes de fax e imágenes dinámicas de alta calidad al utilizar la técnica avanzada de compresión MPEG II de la capa tres del modelo OSI.
- La tasa básica de los canales es de 16 kbps aunque se pueden combinar dos o más canales para elevar la calidad como se indica a continuación:
  - 16 kbps = radiodifusión sonora.
  - 32 kbps = FM monofónica.
  - 64 kbps = FM estéreo.
  - 96 kbps = calidad casi la del CD.
  - 112 kbps = el equivalente virtual de la calidad de sonido del CD.

Resumiendo, en la siguiente tabla aparece una relación de las empresas con sus respectivos sistemas DAB:

COMPANÍA	CARACTERÍSTICAS
AT&T/Lucent Technologies	FM en banda y en canal adyacente (IBAC)
AT&T/Lucent Technologies	FM en banda y en canal reemplazable (IBRC)
AT&T/AMATI	FM en banda y en canal (IBOC).
Voz de las Américas y NASA	Sistema satelital en banda S
USA Digital Radio	FM en banda y en canal (IBOC).
USA Digital Radio	AM en banda y en canal (IBOC).
Thompson Consumer Electronics	Eureka 147 terrestre y satelital en banda L
WorldSpace	Sistema satelital en banda L y C

Tabla II.19 Principales Sistemas DAB.

## Radio Digital vía Satélite

Existen y se espera poner en operación otros sistemas de radio digital por satélite semejantes a la DAB pero con características propias como se indica a continuación:

### a) Radio Digital Astra (ADR) / Radio Digital vía Satélite (DSR). –

Ambos transmiten también señales de radio con la calidad de los discos compactos CD's pero con algunas limitaciones:

- Son de recepción fija, utilizando antenas parabólicas o por conexión alámbrica, representando una gran desventaja ya que alrededor del 80% de las recepciones de radio se realizan a bordo de vehículos y con equipos portátiles.
- Por lo anterior están más enfocados a transmisiones locales de radio.
- Ofrecen servicios limitados de datos adicionales.
- Están disponibles únicamente en Europa.

#### ADR:

Lo introdujo la empresa SES, en 1994, en sus satélites ASTRA, pero debido a su limitación solamente de recepción fija, es probable que opere durante algunos años más.

Este sistema utiliza una señal de televisión analógica para transmitir un pequeño número de canales de radio además de poder incluir un canal de datos internos, haciendo uso del "Protocolo Universal de Comunicación para el Codificador" (UECP). Esto permite tener un enlace con una red de radiotransmisores terrestres, donde cada transmisor individual reciba datos RDS según se requiera.

#### DSR:

Ha sido utilizado solamente en Alemania y desde su lanzamiento en los años 80 s. ha resultado sin éxito en la creación de un mercado europeo por las limitantes antes mencionadas y al volverse redundante cuando se introdujo la DAB.

**b) DVB-S.-**

Desarrollado para transmitir señales de televisión digital, también puede proporcionar numerosos servicios de radio (sonido y datos en Mbps), pero con limitantes de calidad y áreas de servicio para recepciones móviles, ya que se requiere tener línea de vista al satélite aunque utilizando platos parabólicos más pequeños que el ADR.

**c) Mediastar.-**

Se espera ponerlo en operación en el año 2001 usando el rango de frecuencias de 1.5 GHz, para proveer transmisiones de radio digital en Europa utilizando la DAB, con tres satélites de órbita baja colocados sobre áreas de cobertura específicas como se muestra a continuación:

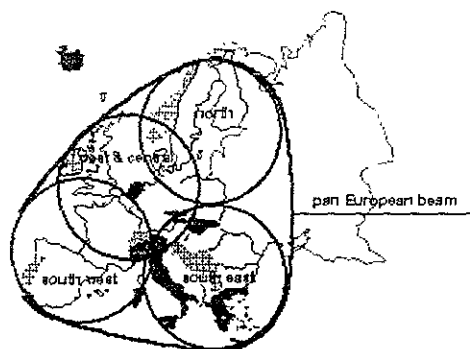


Figura 11.19 Cobertura del Mediastar.

## 5) Resultados de las Evaluaciones Técnicas Efectuadas a los Sistemas DAB

La EIA (Asociación de Industrias en Electrónica) y el NRSC (Comité Nacional de Sistemas de Radio) sometieron nueve sistemas DAB propuestos (dos con un segundo modo de operación) a pruebas de laboratorio y tres de éstos a pruebas de campo.

Sistema	Siglas	Banda de Frecuencia (MHz)	Tipo de Sistema	Esquema de Codificación	Tasa de Bits de Audio (2 canales) (kbps)	Ancho de Banda para el Audio (kHz)
AT&T/Lucent	ATT	88-108 (FM)	IBAC	PAC	160	20
AT&T/Amati	ATAM1	88-108 (FM)	IBOC	PAC	128	20
AT&T/Amati	ATAM2	88-108 (FM)	IBOC	PAC	160	20
Eureka 147	EUR1	1452-1492(L)	Nueva Banda	MUSICAM	224	20
Eureka 147	EUR2	1452-1492 (L)	Nueva Banda	MUSICAM	192	20
USADR FM-1	USFM1	88-108 (FM)	IBOC	MUSICAM	256 máx.	20
USADR FM-2	USFM2	88-108 (FM)	IBOC	MUSICAM	256 máx.	20
USADR AM	USAM	0.54-1.7 (AM)	IBOC	MUSICAM	96	15
VOA/JPL	VOA	2310-2360 (S)	DBS <sup>6</sup>	PAC	160	20

Tabla II.20 Características principales de los sistemas DAB.

Notas: Para los sistemas USFM1 y 2 se utilizaron tasas de bits de entre 128-256 kbps. MUSICAM corresponde al MPEG II<sup>7</sup> de capa 3 del modelo OSI.

### PRUEBAS DE LABORATORIO

Se realizaron en presencia de errores en la transmisión y comprendieron los siguientes aspectos:

#### a) Calidad del Audio

Los resultados de las pruebas subjetivas realizadas de acuerdo al procedimiento descrito en el apéndice 1 del informe 1/97 de la CEMA, se muestran en la siguiente tabla:

<sup>6</sup> DBS (Radiodifusión Directa vía Satélite).

<sup>7</sup> MPEG (Grupo Experto de Imágenes en Movimiento).

Sistema	Diffgrade Total Promedio	# de Materiales Transparentes	# de Materiales abajo de -1.0
Eureka 147 (EUR1)	-0.33	4	0
USADR FM-1 (USFM1)	-0.43	4	2
USADR FM-2 (USFM2)	-0.50	4	2
VOA/JPL (VOA)	-0.51	2	2
AT&T/Lucent (ATT)	-0.52	1	2
AT&T/Amati (ATAM2)	-0.55	2	3
Eureka 147 (EUR2)	-0.79	3	4
AT&T/Amati (ATAM2)	-0.88	0	5
USADR AM ( USAM 48 kHz.)	-2.31	0	9
USADR AM ( USAM 32 kHz.)	-2.32	0	9

Tabla II.21 Resumen de las pruebas de calidad del audio.

Cada uno de los sistemas fue sometido a pruebas de calidad, utilizando 9 materiales de audio, de donde los expertos observadores concluyeron que el sistema Eureka 147 ofrece la mejor calidad de audio bajo condiciones sin deterioro, cuando los resultados son examinados:

- (1) de acuerdo al Diffgrade promedio global (que representa la diferencia algebraica de las calificaciones dadas a las versiones codificadas y de referencia de los materiales de audio utilizados).
- (2) el número de materiales transparentes, (que relaciona la variabilidad o consistencia de cada sistema, esto es, el número de veces que un sistema puede ser considerado "transparente" o sin distinción entre las versiones, para un audio dado) y
- (3) el número de materiales por debajo de -1.0 (que toma en cuenta el error estadístico, y representa el número de veces que el error de un sistema cae por debajo de -0.775 en el diffgrade, para algún material).

Las pruebas de laboratorio que fueron realizadas en siete sistemas DAB incluyeron, como se indica en la tabla II.20, a cuatro que operan en la banda de VHF de 88 a 108 MHz. , uno en la banda de AM, uno en la banda satelital (Banda S), y otro en una nueva banda DAB terrestre (banda L). Los sistemas (E-147 192 Kb/s) y (AT&T/Amati LSB) son modos secundarios, mientras que los sistemas IBOC (AT&T/Amati DSB) y (USADR FM-1) fueron modificados en el segundo cuarto de 1995.

**b) Compatibilidad en banda.**

Los estudios de compatibilidad en banda comprenden una porción significativa de las pruebas de laboratorio en los que se miden la posible interferencia al programa de servicio analógico causado por la introducción de la señal DAB en banda. En particular, se realizaron extensas pruebas para medir la interferencia a los servicios auxiliares (subportadoras), las cuales, utilizaron un grupo de receptores seleccionados como representativos de los receptores analógicos existentes en la población.

**1.- Interferencia Digital a Digital.**

Los sistemas IBOC que utilizan el primer canal adyacente para la transmisión de la señal digital, tienen un problema fundamental con la interferencia desde este canal de FM que puede resultar en una reducción significativa de la cobertura digital comparada con la de la señal de FM anfitriona. La interferencia en el segundo adyacente es crítica pero puede reducirse mediante un mejor diseño del sistema. Con excepción del sistema que transmite la señal digital debajo de la analógica (USADR FM-2), el desempeño en cocanal excede lo establecido por las relaciones de potencia de las señales en RF (D/U)<sup>8</sup> de la FCC (menos interferencia).

Así por ejemplo, los resultados de las pruebas de los sistemas DAB en banda mostraron interferencia en el primer adyacente de 18 a 21 dB (Umbral de Audición o TOA<sup>9</sup>) que es mayor que la protección FM a FM en +6 dB D/U, y una interferencia en el segundo adyacente interferente de entre 23 y 43 dB (TOA) que es mayor que la relación de protección de FM en -40 dB D/U dependiendo del tipo de receptor. Por lo que respecta al sistema DAB AM, la medición D/U medida fue de 27 dB a TOA, el primer y segundo canal adyacente medido fue de 32 dB D/U a TOA, y la interferencia en el segundo adyacente fue de alrededor de 1 dB menor que en el primer adyacente.

---

<sup>8</sup> D/U (Desired/Undesired) Señales "Deseada" o propia de la estación y señal "No-Deseada" o interferente.

<sup>9</sup> TOA (Threshold Of Audibility) Umbral de Audición y define el nivel más alto o D/U, donde puede detectarse un material de audio debido a errores en la transmisión.

### 2.- Interferencia Analógica-Digital

Nuevamente los sistemas que transmiten la señal digital en el primer canal adyacente, tienen un problema significativo con la interferencia desde una señal no deseada en este canal adyacente, que hace que experimenten una pequeña interferencia desde estaciones de FM operando en cocanal o en el segundo canal adyacente.

Los resultados de las pruebas mostraron interferencia en el primer adyacente de entre 17 y 19 dB (TOA), más que el criterio de protección de FM. En particular, el sistema DAB AM promedió mediciones de 30 dB D/U de TOA para los primeros y segundos canales adyacentes.

### 3.- Interferencia Digital a Analógica

Se encontró un incremento en la interferencia a otras estaciones de FM operando en el primero y segundo canal adyacente, que depende del receptor.

Los resultados mostraron interferencia en el primer adyacente de hasta 25 dB más que la relación de protección de FM y una interferencia en el segundo adyacente de hasta más de 22 dB (con receptores para automóviles de banda ancha). Cabe señalar que estas mediciones de desempeño no permitirán operaciones satisfactorias en banda bajo la presente tabla de asignación de canales. Para las pruebas de AM se utilizaron los siguientes tres receptores: un Delco para automóvil, un Denon Hi-Fi y un Panasonic portátil de los cuales, el super radio Denon NAB fue operado en los modos de banda angosta y banda ancha. Para las pruebas de interferencia del primer adyacente de AM, el agregar la señal digital IBOC sumó a la señal analógica un pequeño efecto de ruido en el receptor y, por lo que respecta al segundo adyacente, la señal digital incrementó la interferencia de entre 15 y 20 dB sobre la referencia analógica al nivel de la señal.



4.- Interferencia IBOC al anfitrión analógico

Los sistemas IBOC presentaron una degradación S/N (Señal /Ruido) de la recepción de la "anfitriona" analógica por mas de 24 dB, con su correspondiente evaluación subjetiva de -3.0 bajo condiciones de señal fuerte. Esta interferencia es más pronunciada bajo condiciones de niveles de señal RF de moderada a fuerte, en donde el ruido es detectado por decodificadores PLL estéreo y puede ser eliminada utilizando circuitos especiales; por ejemplo una gran cantidad de receptores estéreo están sujetos a este incremento de ruido.

En la siguiente tabla se muestra un resumen los resultados de las pruebas de laboratorio:

Interferencia	Cocanal (D/U)	1 <sup>er</sup> . Adyacente (+6 dB) (D/U)	2 <sup>a</sup> Adyacente (-40 dB) (D/U)
Digital - Digital	Mejor que la norma excepto USADR -FM2	Excede la norma de 18-21 dB	Excede la norma 23-43 dB
Analógica - Digital	Relaciones D/U negativas	17-19 dB	Muy pequeña
Digital - Analógica.	Resultados poco confiables	Excede la norma con +de 25 dB	Excede la norma con + de 22 dB

Tabla 11.22 Resultados de las pruebas de compatibilidad.

## PRUEBAS DE CAMPO

De las pruebas de campo, que examinaron la habilidad práctica receptora de las señales DAB en un ambiente móvil como lo harían los radioescuchas, se encontró que los sistemas proporcionan un porcentaje de fiabilidad de recepción en rutas móviles como los mostrados en la siguiente tabla, que totaliza 6 rutas probadas en los alrededores de una ciudad escogida al azar:

RUTA	EUREKA-147	EUREKA-147 (sencillo)	AT&T	VOA/JPL
Perimetral	99.2	95.1	88.9	71.4
Central	99.5	99.6	92.6	40.5
Norte	76.4	84.6	65.2	93.7
Sur	92.4	92.4	27.5	94.5
Oeste	54.7	32.5	37.3	83.3
Este	68.1	47.4	55.4	80.1
<b>Promedio</b>	<b>81.7</b>	<b>75.3</b>	<b>61.2</b>	<b>77.3</b>

Tabla II.23 Resultados de las pruebas de campo de la calidad del audio.  
(Porcentajes del total de los puntos de datos medidos)

Es importante señalar que estos resultados no identificaron cuando los sistemas estaban simplemente fuera de su rango de cobertura a través de las rutas de prueba, lo cual es crítico en una evaluación profunda del desempeño bajo condiciones de campo. Ilustrativo de esto son los numerosos casos en algunas rutas cuando sistemas como el VOA/JPL estuvieron en el modo de fallas (por ejemplo fuera del rango de cobertura) y tuvieron una recepción dispareja; de cualquier manera, en otras posiciones de las rutas de prueba donde el satélite VOA/JPL no tuvo línea de vista al receptor (bloqueos por el terreno, señales de tránsito, árboles, etc.), la señal recibida sufrió repetida y ocasionalmente interrupciones continuas.

No obstante los resultados que se obtuvieron en las rutas del Centro y del Perímetro, éstas son especialmente significativas debido a la fuerte intensidad de la señal presente para todos los sistemas; además de ser representativas de los

actuales ambientes urbanos y los grados relativos de desempeño de cada sistema, y de ser consistentes con las expectativas del laboratorio, excepto por los severos resultados disparejos del sistema VOA/JPL causado por el bloqueo de la señal.

Por todo lo anterior, se requiere realizar un mayor análisis de cada sistema para obtener mas información sobre la naturaleza de las condiciones de radio frecuencia durante fallas, márgenes de umbral, intensidad de la señal y cubrimiento, etc. También serían interesantes mayores evaluaciones sobre la magnitud de las señales analógicas de FM transmitidas y grabadas simultáneamente durante las pruebas de los sistemas DAB.

Al igual que en las pruebas de laboratorio, las de campo se realizaron en presencia de errores en la transmisión y un subcomité estableció los siguientes objetivos de desempeño como las bases de sus evaluaciones de los sistemas DAB:

1. - Sonido de calidad CD.
2. - Inmunidad a multitrayectoria y otras interferencias.
3. - No interferencia objetable a otros servicios.
4. - Minimización de los costos de transmisión y complejidad de recepción con costos.
5. - Capacidad de datos adicionales.
6. - Degradación en el umbral del área de recepción con un mínimo de problemas.

El grado al cual los sistemas probados reunieron estos objetivos (excluyendo costos y complejidad); se detalla a continuación:

#### **A.- Compatibilidad**

Los siguientes sistemas DAB fallaron para obtener un nivel mínimo aceptable de desempeño y por otras razones no son recomendados para mayores consideraciones:

- AT&T/Lucent Technologies/Amati ( LSB & DSB)
- AT&T/Lucent Technologies
- USADR FM-1
- USADR FM-2
- USADR AM

### 1. - Interferencia IBOC a Anfitrión

Todos los sistemas FM IBOC probados provocaron una degradación inaceptable en la calidad de recepción de las estaciones anfitrionas; únicamente unos cuantos tipos de circuitos receptores resisten esta degradación y esto representa menos del 10% de los aparatos receptores que se utilizan en el mercado, lo que representa una deficiencia fundamental en el diseño de los sistemas IBOC al no ser compatibles con las recepción de radiodifusión existentes.

Además, todos los sistemas IBOC FM degradaron severamente el desempeño de las subportadoras en 67 y 92 kHz. de la estación en FM anfitriona y se observó degradación IBOC compuesta en la operación de subportadoras de otras estaciones -- más allá de un umbral mínimo aceptable.

### 2. - Interferencia En Banda Digital a Digital y Analógica a Digital.

Todos los sistemas IBOC FM probados, causaron interferencia digital a digital que se extendía en el primer canal adyacente aunque, el sistema USADR también la causó en los segundos canales adyacentes. El resultado del cubrimiento digital está severamente limitado por la interferencia que resulta de las frecuencias existentes ocupadas por estaciones radiodifusoras analógicas en cambio, la interferencia en el segundo adyacente puede ser mejorada modificando el diseño del sistema.

El sistema IBAC AT&T/Lucent tiene limitada cobertura potencial por la ubicación en frecuencias sujetas a la interferencia extendida en el primero y segundo adyacente de los niveles de señal de las estaciones radiodifusoras en FM.

### 3. - Interferencia IBOC Digital a Analógica

En el primer adyacente es de hasta 23 dB superior a la que existe de FM a FM, y la interferencia en el segundo adyacente es de hasta 22 dB; por lo que la interferencia de recepción producida a una radiodifusora analógica existente es inaceptable.

Resumiendo, en la siguiente tabla se muestran los resultados de las pruebas de compatibilidad:

Interferencias	1 <sup>er</sup> Adyacente (+6 dB) (D/U)	2o Adyacente (-40 dB) (D/U)
IBOC – Anfitrión	Degradación a la estación anfitriona. Degradación en las subportadoras de 67 y 92 kHz.	
Digital – Digital y Analógica – Digital	Interferencia	Interferencia a sistemas USADR
Digital – Analógica.	+23 dB	Hasta 22 dB

Tabla II.24 E.7 Resultados de las pruebas de compatibilidad

### B.- Multitrayectoria

Bajo condiciones de deterioro y multitrayectoria, los sistemas de AT&T/Lucent/Amati (LSB & DSB), USADR FM-1, FM-2 & AM, y VOA/JPL demostraron un desempeño extremadamente pobre, independiente del tipo de multitrayectoria utilizada en las simulaciones, y los otros sistemas mostraron un mejor papel.

### C.- Tiempo de readquisición

Los sistemas que excedieron el "segundo" en este tiempo, superan el umbral máximo de aceptación de los consumidores y los únicos que cumplen con un criterio aceptable, son el Eureka 147 y el de AT&T/Lucent Technologies.

### D.- Calidad del Audio.

El sistema AM USADR mostró una calidad de audio juzgada como "muy molesta" comparada con la calidad del CD de referencia (si se muestrea a 32 kHz, o 48 kHz. ), alcanzando un nivel mínimo de aceptabilidad. La inherente incompatibilidad de los sistemas en banda con la recepción analógica existente hace irrelevante el realizar posteriores evaluaciones sobre la calidad del audio.

Afortunadamente el sistema DAB Eureka-147 ofreció la máxima calidad con un desempeño superior a 224 kbits/s.

### **E.- Capacidad de datos.**

Todos los sistemas poseen algún grado de capacidad de datos auxiliares sin embargo, el sistema Eureka-147, con su inherente capacidad de ubicar datos, proporciona una mayor oportunidad futura de explotación.

### **F.- Conclusiones.**

Las pruebas de campo confirmaron la superioridad del sistema DAB Eureka-147 en sus configuraciones sencilla y en la de transmisores múltiples, ya que mostró recepción superior en áreas donde se esperaba cobertura adecuada, por lo que resulta poco probable que posteriores análisis y evaluaciones aporten más datos al respecto, y puesto que utiliza una nueva banda de frecuencia (banda L), no se estudió la compatibilidad con otros servicios.

Además, se observó que el sistema VOA/JPL es susceptible a grandes bloqueos de señal (en las frecuencias banda S), resultando en fallas de audio (o silencios) provocadas por edificios, señales, árboles y follaje.

En resumen de todos los sistemas probados, únicamente el sistema Eureka-147 ofrece el desempeño en la calidad del audio y la robustez que los radioescuchas esperarán de los nuevos servicios DAB.

## 6 ) Servicios.

La tecnología digital permite la combinación de múltiples servicios distintos dentro de un mismo flujo de información binaria; así, el audio digitalizado puede combinarse con otros datos, ya sea que estén relacionados con la información de audio o no, creándose un flujo de información digital que puede incluir imágenes, audio, texto, datos (como programas de cómputo) e incluso video.

Existen básicamente tres tipos de información:

a) Programas de audio.

b) Información asociada a los programas de audio – que puede incluir: el nombre de la pieza musical, su autor, su intérprete, la letra de la canción, etc.

c) Información relacionada a servicios independientes de los programas de audio..- incluye servicios como radiolocalización de personas, periódico electrónico, ayuda sobre el estado del tráfico vehicular en la región, estado del tiempo y cápsulas informativas; los cuales pueden o no ser gratuitos como en el sistema Eureka 147 que tiene la capacidad de acceso condicional para que sólo determinados receptores puedan decodificar cierta información.

Gran parte de la discusión sobre los servicios de información independientes del programa de audio se centra en la cantidad de servicios que debieran ofrecerse, en comparación con la información de audio de los sistemas DAB, ya que algunos radiodifusores quisieran explotar al máximo la capacidad de transmisión de datos asociada mientras que otros, se oponen a su uso indiscriminado al considerar que el sentido fundamental de la DAB es la "radiodifusión sonora".

## 7) Conclusiones.

A pesar del retiro de los proponentes de los sistemas IBOC de las pruebas de campo, al no encontrar estación que quisiera prestar sus instalaciones para las pruebas, algunos radiodifusores estadounidenses continúan en la posición de que esta es la única tecnología aceptable para ser implementada en los mercados locales de los EUA.

En este sentido, la empresa "Radio USA Digital" ha desechado los dos conceptos FM IBOC que fueron probados en el laboratorio y ha realizado un acuerdo con las compañías Westinghouse y Lucent Technologies (Laboratorios Bell) para rediseñar completamente su sistema, el cual tratará de superar a todas las fallas que surgieron durante las pruebas de laboratorio. Durante la convención de la NAB 1997 en las Vegas, se presentó un documento con la discusión técnica del nuevo sistema FM IBOC, mismo que cubre el concepto de la AM IBOC en forma menos detallada.

La principal diferencia entre el sistema actual IBOC de USA Digital / Westinghouse y el sistema probado en laboratorio, es que muchas de las limitaciones técnicas inherentes a esta tecnología, ya han sido superadas por los desarrolladores. Así por ejemplo, en el sistema de Westinghouse se reducen significativamente el ancho de banda de las señales DAB en banda, restringiéndolo a los bordes exteriores del canal de FM, para asegurar la compatibilidad con la información de la señal digital que intenta centrarse. Además, los datos DAB se duplican tanto en la parte baja como en la alta del canal, para compensar la interferencia de estaciones en canales adyacentes, y se mantiene el nivel de la señal DAB abajo del de la señal de FM principal ( menos de la décima parte de la potencia de la FM ); todo esto para minimizar la interferencia entre la información analógica y la digital.

Adicionalmente, Westinghouse está proponiendo el mismo tipo de modulación que utiliza el sistema Eureka-147 (el OFDM<sup>10</sup> ver Apéndice E), sin embargo, un ancho de banda IBOC mucho menor significa que no se podrá obtener una total eliminación

---

<sup>10</sup> OFDM (Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal)



de la multitrayectoria, y esta nueva versión está siendo descrita para producir calidad CD con una capacidad de datos auxiliares modesta.

Por otra parte, la versión de AM promete únicamente proporcionar calidad de audio que es comparable a la actual FM analógica y todavía debe de probarse técnicamente

El concepto anterior del IBOC, es híbrido, ya que en caso de fallas en la señal digital el receptor regresará automáticamente a la señal AM o FM anfitrión; lo que denota una aceptación inherente, en situaciones difíciles, de que el sistema IBOC no será mejor que los sistemas analógicos actuales. También, no ha especificado la forma en que se piensa sincronizar la señal de audio de la transmisión analógica con la de la señal digital lo que da lugar a los problemas de la multitrayectoria en ambientes urbanos.

Finalmente, es importante señalar que el panorama del DAB para las radiodifusoras locales de EUA, parece desalentadora debido a que la industria se ha mantenido a sí misma en una posición en donde no hay un plan de respaldo, lo que ha provocado que no exista realmente un sistema IBOC que funcione para FM y mucho menos para AM.

Por lo menos pasarán varios años para desarrollar un sistema FM IBOC que proporcione calidad equivalente a un CD estéreo y una modesta capacidad de datos, donde los receptores tendrán que regresar a la transmisión analógica cuando la calidad de la señal DAB se deteriore.

Resumiendo las principales características de las "Tecnologías de Transmisión de Datos en FM" vistas en el capítulo actual, se tiene lo siguiente:

NOMBRE DEL SISTEMA	FREC. (kHz)	VEL. (kbps)	SERVICIOS	CARACTERÍSTICAS	PRUEBAS REALIZADAS
Sistema de Datos Vía Radio (RDS)	57	1 187	Radiolocalización, radiotexto, anuncios de tráfico.	Soporta servicios GPS, LAN inalámbricas, de datos a alta velocidad	Desde 1980 en Berna, Suiza.
Sistema de Datos Vía el Canal de Radio (DARC) Digital DJ, NHK	76	16	Información de tráfico, noticias, eventos diversos, clima, etc.	Coexiste con el RBDS Presenta texto y gráficas. Posee memoria local	En el verano de 1996, Seattle, E.U.A
Sistema de Alta Velocidad para Datos por Subportadora (HSDS) Seiko	66.5	19	de información diversa (deportiva, financiera, meteorológica, etc.)	Se utiliza un reloj de mensajes que tiene 2 líneas de 12 caracteres cada una	En 1987 y 1989, Portland, E.U.A
Canal por Subportadora para Información de Tráfico (STIC) Mitre	72.2	8	Para el Viajero Proporciona datos de tráfico.	Usa el IVHS (Sistema de Vehículos en Carretera Inteligente)	En el verano de 1996, Atlanta, E.U.A.

## **IV.- NORMATIVIDAD ASOCIADA A LAS TECNOLOGIAS DE TRANSMISION DE DATOS EN FM.**

### **A) INTRODUCCION.**

Aunque la radio y la televisión abiertas son reguladas por la Ley Federal de Radio y Televisión (LFRT) y su reglamento, según lo dispuesto en el artículo 12 de la Ley Federal de Telecomunicaciones (LFT), se ha suscitado una controversia sobre la instancia y la legislación que tiene que ver con las tecnologías de subportadoras.

Los radiodifusores argumentan que la explotación de la tecnología se hace en una frecuencia ya asignada en los parámetros de la LFRT y que por lo mismo únicamente es necesario, en todo caso un permiso, pues no se está utilizando un espectro más, salvo en los enlaces respectivos.

La SCT por su parte, opina que si bien los servicios auxiliares y adicionales se pueden dar en una misma transmisión, es claro que los fines por los que originalmente fue otorgada una concesión de radio tiene variantes; razón por la cual deben sujetarse a nuevas disposiciones en las que ya se trabaja.

De cualquier forma los lineamientos jurídicos que rigen hasta cierto punto el uso de las subportadoras en México son:

- Acuerdo Técnico - Administrativo sobre el uso de subportadoras en FM (D.O.F.<sup>1</sup> 24 de septiembre de 1990).
- Norma Oficial Mexicana de FM (D.O.F. 11 de noviembre de 1993).  
Capítulos 5 y 6.

Como referencia se incluyen en éste capítulo los siguientes:

- Ley Federal de Telecomunicaciones (D.O.F. 7 de junio de 1995).  
Artículos 12 y 33.
- Ley Federal de Radio y Televisión (D.O.F. 19 de enero de 1960).  
Artículos 17, 18 y 19.
- Ley de Vías Generales de Comunicación (D.O.F.).  
Libro Séptimo " Sanciones" Capítulo Único. Artículos 523 y 524.
- Reglamento de Telecomunicaciones. (25 de octubre de 1990.)

Capítulos 3 " Concesiones " Art. 24 y Capítulo 4 " Permisos " Sección II

" Permisos para Servicios de Telecomunicación de Valor Agregado " Art. 41.

- Formato e Instructivo para la Presentación de las Características Técnicas de las Estaciones de Radiodifusión Moduladas en Frecuencia que utilizan Subportadoras para Servicios de Valor Agregado. PARTE CTE-FM-II-S
- Solicitud de Autorización para el Empleo de Subportadoras Múltiples Subordinadas al Canal Principal de una Estación de FM.
- Procedimiento para solicitar la instalación, operación y explotación de estaciones de radiodifusión.
- Procedimiento para la Modificación de Parámetros Técnicos para Estaciones de Frecuencia Modulada (88 - 108 MHz).

A nivel internacional existen numerosos documentos que regulan el uso de subportadoras como:

- Código de Regulaciones Federales (CFR) de E.U.A. Título 47, partes 73.293 y haciendo mención de las partes 73.295, 73.319 y 73.322.
- Recomendaciones e Informes del CCIR. 1986. Vol. X Parte 1 " Servicios de Radiodifusión (Sonora) " Informe 463-4 " Transmisión con un Solo Transmisor de Varios Programas Radiofónicos o de Otras Señales en Radiodifusión Sonora con Modulación de Frecuencia ".
- Ruego UIT-R 83-1 "Servicios de Radiodifusión de Datos" (1986-1990).
- Norma europea CENELEC EN 50067 del RDS y la americana NRSC del RBDS.
- EBU SPB 485 (Rev. 1992) "Asignación de Códigos ID por país/área para el uso del RDS.
- Norma internacional EN 50067:1998 del RDS y del RBDS.
- Recomendaciones de la ITU-R:
  - \* 412-4. \* BS. 412-7
  - \* BS. 450-2 "Normas de Transmisión para la Radiodifusión de sonido en VHF-FM ". (1982-1995).
  - \* BS. 643 y 653 "Servicios de Radiodifusión de Datos"
  - \* BS. 1194 " Especificaciones del Sistema de Datos Vía el Canal de Radio (DARC). (1995).

---

<sup>1</sup> D.O.F. (Diario Oficial de la Federación).

## **B) LEYES, REGLAMENTOS Y ACUERDOS.**

- Haciendo referencia a los artículos 12 y 33 de la Ley Federal de Telecomunicaciones (D.O.F. 7 de junio de 1995) que dicen:

" **Artículo 12.** Las concesiones a que se refiera esta ley sólo se otorgarán a personas físicas o morales de nacionalidad mexicana...

**Artículo 33.** Para la prestación de servicios de valor agregado bastará su registro ante la Secretaría."

- Acuerdo Técnico - Administrativo sobre el uso de subportadoras en FM (D.O.F. 24 de septiembre de 1990).

**" ACUERDO por el que establecen las disposiciones administrativas y técnicas para la instalación, operación y control de subportadoras múltiplex subordinadas al canal principal de una estación de radiodifusión en frecuencia modulada.**

Al margen un sello con el escudo nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos - Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

ANDRÉS CASO LOMBARDO, Secretario de Comunicaciones y Transportes, con fundamento en los artículos 36 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 2o. , 8o. , 15, 40,41,48,49,50,51 y 385 de la Ley de Vías Generales de Comunicación; lo, 2o. y 3 de la Ley Federal de Radio y Televisión; lo, 5o y 24 del Reglamento Interior de ésta Secretaría y

### **CONSIDERANDO**

**PRIMERO.-** Que dentro de las políticas sectoriales a cargo de esta Dependencia del Ejecutivo Federal se establece, entre otros propósitos la ampliación del sistema de comunicaciones a todo el territorio mexicano, y su eficaz aprovechamiento en función de los objetivos y prioridades nacionales.

**SEGUNDO.-** Que en el marco de dicha política sectorial se proponen acciones tendientes a apoyar el desarrollo de actividades productivas y distributivas, mediante la transmisión oportuna de información, así como la de facilitar la prestación de los servicios de comunicación colectiva en base a una infraestructura moderna y eficiente.

**TERCERO.-** Que el desarrollo de la tecnología en los transmisores que operan modulados en frecuencia ha hecho posible que puedan transmitirse simultáneamente diversas subportadoras dentro del canal asignado a una estación radiodifusora modulada en frecuencia sin degradar la calidad de la señal principal.

CUARTO.- Que dentro de este contexto, y a fin de racionalizar el uso y aprovechamiento del espectro radioeléctrico, se hace necesario establecer las bases para la utilización de las subportadoras múltiplex incrementando la capacidad de transmisión de las estaciones de radiodifusión con portadora principal modulada en frecuencia.

QUINTO.- Que en gran medida las estaciones de radiodifusión de este tipo en nuestro país, cuentan con equipo de transmisión acorde con el avance tecnológico, que permite la transmisión simultánea de subportadora múltiplex.

SEXTO.- Que es indispensable se tomen las medidas pertinentes para regular la prestación de los servicios que se pueden proporcionar mediante el uso de las subportadoras múltiplex subordinadas al canal principal de una estación de radiodifusión en frecuencia modulada por lo que he tenido a bien dictar el siguiente:

### ACUERDO

ARTICULO 1º. - En el presente acuerdo se establecen las disposiciones administrativas y técnicas para la instalación, operación y control de subportadoras múltiplex subordinadas al canal principal de una estación de radiodifusión en frecuencia modulada.

ARTICULO 2º. - Para los efectos de este Acuerdo, los términos y expresiones que figuran a continuación tendrán el siguiente significado:

LEY	Ley de Vías Generales de Comunicación.
SECRETARIA	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SUBPORTADORA	
MÚLTIPLEX	Señal de modulación para el canal principal constituida por la suma de las señales izquierda y derecha de la portadora piloto.

ARTICULO 3º. - La Secretaría con vista al interés público podrá autorizar el uso de las subportadoras múltiplex subordinadas al canal principal de estaciones de radiodifusión modulada en frecuencia.

ARTICULO 4º. - Por cada una de las subportadoras múltiplex subordinadas que operan con fines de explotación comercial, deberá destinarse una de ellas al Estado, para los propósitos que sean determinados por la Secretaría.

ARTICULO 5º. - La autorización a que se refiere el artículo tercero se podrá otorgar a los concesionarios o permisionarios de estaciones de radiodifusión modulada en frecuencia, previa solicitud que formulen conforme al instructivo que proporcione la Secretaría.

También podrá otorgarse esta autorización a personas físicas o morales que sin ser concesionarios o permisionarios de estaciones de radiodifusión modulada en frecuencia así lo soliciten siempre y cuando acompañen a su solicitud el convenio

celebrado con el concesionario o permisionario de la estación de radiodifusión modulada en frecuencia de la cual se pretenda utilizar la subportadora en cuestión

Las condiciones y términos de este convenio deberán ser aprobados por la Secretaría.

ARTICULO 6º . - La Secretaría conforme a los estudios técnicos y legales que corresponda determinará si es factible otorgar la autorización solicitada, atendiendo especialmente las características e innovaciones de los proyectos que se presentan.

ARTICULO 7º . - La autorización se considerará como accesoria del servicio principal concesionado o permisionado y, en los casos de nulidad, caducidad, revocación o rescate de la concesión o permiso del canal principal, la autorización otorgada para el uso de la subportadora seguirá la misma suerte de la principal.

ARTICULO 8º . - En caso de que el concesionario instale y opere sin la autorización correspondiente una subportadora en su estación de radiodifusión en FM, perderá en beneficio de la Nación los elementos componentes de las mismas, en los términos del artículo 523 de la Ley, de conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 524 del Ordenamiento invocado.

ARTICULO 9º . - La operación de los equipos transmisores utilizados para la transmisión de subportadoras múltiplex subordinadas, deberán sujetarse, en lo general, a las normas técnicas en vigor y en lo particular a las normas complementarias que operan en el anexo técnico a este Acuerdo.

ARTICULO 10º . - Los concesionarios de estaciones de radiodifusión moduladas en frecuencia y autorizadas para transmitir en las subportadoras múltiplex, evitarán las intranferencias que resultan de los productos de intermodulación tanto dentro del canal de radiodifusión como fuera de éste, así como emisiones no esenciales que se producen por sobremodulación.

ARTICULO 11º . - La Secretaría podrá ordenar que se suspendan los servicios que se presten mediante el uso de las subportadoras múltiplex subordinadas, cuando no cumplan con las disposiciones señaladas en este Acuerdo en su anexo técnico y en las autorizaciones otorgadas.

ARTICULO 12º . - La Dirección General de Normas de Sistemas de Difusión de la Secretaría, tendrá a su cargo el cumplimiento de las disposiciones contenidas en el presente Acuerdo como autoridad en la materia.

### **TRANSITORIOS**

ARTICULO PRIMERO.- Este Acuerdo entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

ARTICULO SEGUNDO.- Dentro de los seis meses siguientes a la fecha de su publicación de este Acuerdo, ajustándose a lo dispuesto en el mismo, los interesados regularizarán ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes la operación de

subportadoras múltiple subordinadas al canal principal de la estación de radiodifusión modulada en frecuencia.

ARTICULO TERCERO.- Las normas técnicas incluidas en el anexo dejarán de tener efecto en la fecha en que se actualicen, para incluir esta modalidad en las Normas Técnicas para Instalación y Operación de Estaciones de Radiodifusión Sonora en la banda de 88 a 108 MHz con portadora principal modulada en frecuencia, que fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 6 de noviembre de 1974.

ARTICULO CUARTO.- Se derogan las disposiciones administrativas que contravengan lo dispuesto en este Acuerdo.

El anexo técnico de éste acuerdo al que se hace referencia en el art. 3<sup>er</sup>. de Transitorios queda actualmente incluido en la norma siguiente.

- Ley de Vías Generales de Comunicación (D.O.F.).

En el artículo 8º del Acuerdo Técnico - Administrativo sobre el uso de subportadoras en FM se hace mención a los siguientes artículos de la Ley de Vías Generales de Comunicación en caso de no pedir autorización para operar una subportadora:

" **Art. 523** El que sin concesión o permiso de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas, construya o explote vías federales de comunicación, perderá en beneficio de la nación de obras ejecutadas, las instalaciones establecidas y todos los bienes muebles e inmuebles dedicados a la explotación y pagará una multa de cincuenta a cinco mil pesos, a juicio de la misma Secretaría. Igual sanción tendrá el que ocupe la zona federal y la playa de las vías flotables o navegables sin la autorización de la Secretaría de Comunicaciones.

**Art. 524** Para la aplicación de las sanciones a que se refiere el art. anterior, se observara el procedimiento siguiente:

Tan luego como la Secretaría de Comunicaciones tenga conocimiento de la infracción, procederá al aseguramiento de las obras ejecutadas, las instalaciones establecidas y todos los bienes muebles e inmuebles dedicados a la explotación de la vía de comunicación, ocupación de la zona federal, o playas, de las vías flotables o navegables, poniéndolo bajo la guarda de un interventor especial, previo inventario que se formule. Posteriormente al aseguramiento se concederá un plazo de diez días al presunto infractor para que presente las pruebas y defensas, que estime pertinentes en su caso; y pasado dicho término, la Secretaría de Comunicaciones dictará la resolución que corresponda. "



- Reglamento de Telecomunicaciones. (25 de octubre de 1990.)

Capítulo 3 " Concesiones " Art. 24 y Capítulo 4 " Permisos " Sección II

" Permisos para Servicios de Telecomunicación de Valor Agregado " Art. 41

" **Art. 24** Los concesionarios o permisionarios de estaciones de radiodifusión, podrán prestar servicios de conducción o distribución de señales de voz y datos, así como bidireccionales de radio o televisión según sea el caso, mediante el aprovechamiento de subportadoras y espacios radioeléctricos disponibles dentro del ancho de banda autorizado conforme a las normas técnicas en las concesiones y permisos específicos de radio y televisión, siempre y cuando obtengan permiso previo y expreso de la Secretaría como prestador de servicios de telecomunicaciones, en los términos de este Reglamento, salvo que el servicio que pretendan sea materia de concesión, en cuyo caso se ajustarán al procedimiento que señala la Ley y este Reglamento.

**Art. 41.** Se requerirá de permiso específico de la Secretaría para prestar servicios de telecomunicaciones de valor agregado mediante el uso de las subportadoras o canales radioeléctricos disponibles subordinados al canal principal de las estaciones de radiodifusión autorizadas, conforme a las normas técnicas y administrativas que fije la Secretaría, con la salvedad a que se refiere el artículo 24 de este Reglamento. "

## **C) NORMAS Y RECOMENDACIONES.**

- Norma Oficial Mexicana de FM (D.O.F. 11 de noviembre de 1993).

Otro documento al que hay que apegarse es la Norma Oficial Mexicana (NOM-02-SCT1-93) en cuanto a especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de estaciones de radiodifusión sonora en la banda de 88 a 108 MHz, con portadora principal modulada en frecuencia que entró en vigor a partir del jueves 11 de noviembre de 1993, en particular los capítulos 5 y 6 que al pie de la letra dicen:

### **" CAPITULO 5 SISTEMA ESTEREOFONICO**

- 1) La señal de modulación para el canal principal estará constituida por la suma de las señales izquierda y derecha.
- 2) Se transmitirá una subportadora piloto a  $19000 \text{ Hz} \pm 2 \text{ Hz}$ , la cual modulará en frecuencia a la portadora principal entre los límites del 8 y 10%.
- 3) La subportadora estereofónica será la segunda armónica de la portadora piloto y cruzará el eje del tiempo con una pendiente positiva simultáneamente con cada cruce del eje del tiempo por la subportadora piloto.
- 4) Se utilizará modulación en amplitud de doble banda lateral con portadora suprimida para la subportadora estereofónica en 38 kHz.
- 5) La subportadora estereofónica de 38 kHz sea suprimida a un nivel inferior al 1% de modulación de la portadora principal.
- 6) La subportadoras de sonido estereofónico deben ser capaces de aceptar audiofrecuencias desde 50 Hz hasta 15000 Hz.
- 7) La señal de modulación para la subportadora estereofónica sea igual a la diferencia de las señales izquierda y derecha.
- 8) Las características de preénfasis del subcanal estereofónico será idéntico a los del canal principal con respecto a la fase y a al amplitud a todas las frecuencias.
- 9) Se aplicarán los siguientes niveles de modulación a las transmisiones de sonido estereofónico:
  - a) Cuando exista una señal en un canal solamente de una transmisión sonora de dos canales (bifónica), la modulación de la portadora por componentes de audio dentro del rango de la banda de 50 Hz a 15000 Hz no deberá exceder al 45% y

la modulación de la portadora por la suma de la subportadora modulada en amplitud en el rango de la banda base de 23 kHz a 53 kHz no deberá exceder al 45%.

b) Cuando exista una señal en un canal solamente de una transmisión de sonido estereofónico que tenga más de una subportadora estereofónica en la banda base, la modulación de portadora por las componentes de audio dentro de la banda de 50 Hz a 15000 Hz no podrá exceder al 37% y la modulación de portadora por las componentes de audio dentro del rango de la base audio de 23 kHz a 99 kHz no deberá exceder al 53% con una modulación total que no exceda de 90%.

10) La modulación total de la portadora principal incluyendo a las subportadoras piloto y a todas las subportadoras de sonido estereofónico deben cumplir con los requisitos de los niveles de modulación de la portadora principal por todas las subportadoras de comunicaciones subordinadas limitadas al 10%.

11) En el instante cuando solamente se aplique una señal izquierda positiva, la modulación del canal principal causará una desviación hacia arriba de la frecuencia portadora principal; y la subportadora estereofónica y su señal de bandas laterales cruzará el eje del tiempo simultáneamente y en la misma dirección.

12) La relación de la cresta de la desviación del canal principal a la cresta de la desviación del subcanal estereofónico cuando exista solamente una señal izquierda (o derecha) en estado estacionario estará dentro de  $\pm 3.5\%$  por unidad para todos los niveles de esta señal y para todas las frecuencias desde 50 a 15000 Hz.

13) La diferencia de fase entre los puntos cero de la señal del canal principal y la envolvente de las bandas laterales de la subportadora estereofónica, cuando exista solamente una señal izquierda (o derecha) en estado estacionario, no excederá en  $\pm 3$  para las frecuencias de modulación de audio desde 50 a 15000 Hz.

14) La separación entre cualquiera de dos canales de un sistema de transmisión estereofónico debe exceder de 29.7 dB para todas las frecuencias de modulación de audio entre 50 y 15000 Hz.

Esta separación indicará que se cumple con los párrafos 12 y 13 de esta sección.

15) La diafonía no lineal dentro del canal de programa principal causada por señales en el subcanal de radiodifusión estereofónico debe atenuarse al menos en 40 dB (medidos como ruido RCM) abajo del 90% de modulación. La diafonía no lineal dentro de los subcanales de radiodifusión estereofónicos causada por señales en el canal principal deberán atenuarse como mínimo 40 dB (medidos como ruido RCM) abajo del 90% de modulación, (la diafonía lineal no incluye efectos de diferencia de retardo de fase en los circuitos de programas de audio. Estos efectos están representados por las pérdidas de la separación del canal, y también por la distorsión de amplitud en la recepción monofónica de programas estereofónicos).

16) El comportamiento del transmisor se aplica al canal principal y a los subcanales estereofónico por igual, excepto que el nivel de referencia del 100% de modulación incluye a la subportadora piloto.

## CAPITULO 6 SUBPORTADORA MULTIPLEX

Las especificaciones técnicas de esta sección se aplica a todas las transmisiones de subportadoras múltiplex subordinadas a estaciones de MF exceptuando aquellas empleadas en la Radiodifusión sonora Estereofónica, según lo previsto en lo anterior.

### 1) MODULACIÓN

Se puede utilizar cualquier forma de modulación en amplitud, (DBL-BLU, etc.), modulación de ángulo (MF ó PM) o desviación de frecuencia para la operación de una subportadora múltiplex o cualquier combinación.

### 2) SUBPORTADORA BANDA BASE

a) Durante las transmisiones de programas monofónicos, las subportadoras múltiplex y sus bandas laterales significantes deben estar de la gama de 20 a 99 kHz.

b) Durante las transmisiones de los programas sonoros estereofónicos, las subportadoras múltiplex y sus bandas laterales significantes deben estar dentro de la gama de 53 a 99 kHz.

c) Durante los períodos cuando no se estén transmitiendo programas de radiodifusión, las subportadoras múltiplex y sus bandas laterales significantes deben estar dentro de la gama de 20 a 99 kHz.

### 3) INYECCION DE SUBPORTADORAS

a) Durante las transmisiones de programas monofónicos, la modulación de la portadora por la suma aritmética de todas las subportadoras no deberá exceder el 30% referido a una desviación por modulación de 75 kHz. Sin embargo, la modulación de la portadora por la suma aritmética de todas las subportadoras arriba de 75 kHz no podrá exceder del 10%.

b) Durante las transmisiones de programas sonoros estereofónicos, la modulación de la portadora por la suma aritmética de todas las subportadoras no podrá exceder del 20% referido a una desviación por modulación de 75 kHz, sin embargo la modulación de la portadora por la suma aritmética de todas las subportadoras arriba de 75 kHz no podrá exceder del 10%.

c) Durante los períodos cuando no se transmita algún servicio de radiodifusión, la modulación de la portadora por la suma aritmética de todas las subportadoras arriba de 75 kHz no deberá exceder del 10%, y la modulación de la portadora por la suma aritmética de todas las subportadoras, no deberá exceder al 30%, referido a una desviación por modulación de 75 kHz.

#### 4) RUIDO DE DIAFONIA

a) Durante las transmisiones de programas monofónicos, la diafonía dentro del canal de programa principal (50 a 15000 Hz) originada por subportadoras de comunicación, debe estar como mínimo 60 dB (medidos como ruido RCM) abajo de la referencia del 100% de modulación.

b) Durante las transmisiones de programas sonoros estereofónicos, la diafonía dentro de la gama de 50 a 53000 Hz originada por subportadoras de comunicación, puede estar al menos 60 dB (medido como ruido RCM), abajo de la referencia del 100% de modulación.

5) El uso de las subportadoras múltiplex, no deberá producir emisiones no esenciales que excedan las siguientes limitaciones:

a) Todas las emisiones que aparezcan entre 120 y 240 kHz, respecto a la frecuencia central de la portadora principal, deben atenuarse por lo menos 25 dB abajo del nivel de la portadora sin modulación. Al cumplir esto, es necesario demostrar que la anchura de banda ocupada es de 240 kHz o menor.

b) Todas las emisiones que aparezcan entre 240 y 600 kHz respecto a la frecuencia central de la portadora principal, deben atenuarse por lo menos 35 dB abajo del nivel de la portadora sin modulación.

c) Todas las emisiones que aparezcan más allá de 600 kHz con respecto a la frecuencia central, deben atenuarse por lo menos  $43 + 10 \log_{10}(P)$ , dB abajo del nivel de la portadora sin modular, u 80 dB, cualquiera que resulte menor (P = Potencia en Watts).

d) Cuando una estación radiodifusora origine emisiones no esenciales que causen interferencia perjudicial a otros servicios, el concesionario o permisionario de la estación deberá tomar las medidas apropiadas para suprimirlas totalmente o reducirlas a un nivel tal, que dejen de ser perjudiciales.

6) Las estaciones que operan subportadoras múltiplex subordinadas, deberán realizar las pruebas de comportamiento necesarias para determinar que se cumple con lo previsto en esta parte.

7) Las estaciones que operan subportadoras múltiplex subordinadas, deberán tener las facilidades necesarias en el transmisor para determinar que las transmisiones cumplen con los ordenamientos técnicos de esta parte.

#### NIVELES DE MODULACIÓN

El porcentaje de modulación debe mantenerse a un nivel tan alto como sea necesario para producir una buena calidad de transmisión y servicio, estos niveles no deben exceder a los valores especificados en los párrafos siguientes:

a) En ningún caso la modulación total excederá al 100% cuando se opere con sistemas monofónico o estereofónico únicamente. 110% cuando se utilice una

subportadora, ni del 115% en caso que se empleen dos o más subportadoras, en las crestas de recurrencia frecuente.

b) Las estaciones que transmitan programas estereofónicos deben cumplir con las especificaciones de modulación para señales estereofónicas, indicadas en el capítulo 5 relativo a sistema estereofónico, incisos 2 y 9.

c) Las estaciones que transmitan señales con subportadoras múltiplex subordinadas al canal principal, deben cumplir con las especificaciones indicadas en el capítulo 6, fracción 3 inciso a. "

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
SUBSECRETARIA DE COMUNICACIONES Y  
DESARROLLO TECNOLOGICO  
DIRECCION GENERAL DE NORMAS DE SISTEMAS DE DIFUSION**

**Formato e Instructivo para la Presentación de las Características Técnicas de las Estaciones de Radiodifusión Moduladas en Frecuencia que utilizan Subportadoras para Servicios de Valor Agregado.**

Se deberán presentar en dos ejemplares y avalados por un perito en telecomunicaciones, en la especialidad de radiodifusión.

***CARACTERISTICAS TECNICAS DEL SISTEMA:***

1. - Nombre o razón social del solicitante.
2. - Indicación de la zona o región aproximada que se pretende servir, explicando por separado si las instalaciones se proyectan por etapas, debiendo anotarse la duración estimada de cada una de ellas y número aproximado de suscriptores por etapa.
3. - Especificación del equipo transmisor (rango de frecuencia en que va a operar la subportadora).
4. - Zona o región aproximada que se pretende servir.
5. - Potencia nominal.
6. - Potencia radiada aparente.
7. - Tipo de línea.
8. - Longitud.
9. - Pérdida en la línea de transmisión.
- 10.- Tipo de antena.
- 11.- Ganancia.
- 12.- Patrón de radiación.
- 13.- Polarización.

**PARTE CTE-FM-II-S**

DE \_\_\_\_\_  
(DISTINTIVO) (POBLACION) (ESTADO)

**GENERADOR DE SUBPORTADORA:**

- II. 1. - Marca y modelo del transmisor.
- II. 2. - Marca y modelo del generador.
- II. 3. - Frecuencia
- II. 4. - Servicio que proporcionará.
- II. 5. - Diagrama a cuadros del equipo transmisor principal y de la conexión con el equipo que empleará para la transmisión a través de la subportadora.
- II. 6. - Número de suscriptores o usuarios.

Firma del perito en telecomunicaciones, con número de registro vigente.

**INSTRUCTIVO PARA EL LLENADO DE LA FORMA CTE-FM-II-S**

- II.1.- De instalarse el generador de subportadora, en equipos auxiliares o reserva y emergentes o de urgencias, además del principal, mencionar marca y modelo de los mismos en cada caso.
- II.2.- Sin comentarios.
- II.3.- Indicar la frecuencia de transmisión de la subportadora.
- II.4.- Señalar el servicio que proporcionará.
- II.5.- (Localización de personas, teletextos, videotextos, otros).
- II.6.- Sin comentarios.
- II.7.- Sin comentarios.



**DIRECCIÓN GENERAL DE SISTEMAS  
DE RADIO Y TELEVISION  
DIRECCION DE RADIO**

**SOLICITUD DE AUTORIZACION PARA EL  
EMPLEO DE SUBPORTADORAS MULTIPLEX  
SUBORDINADAS AL CANAL PRINCIPAL DE  
UNA ESTACION FM**

1 - Nombre o razón social del concesionario de la estación de FM

\_\_\_\_\_

2 - Nombre del representante legal (si es el caso)

\_\_\_\_\_

3 - Distintivo de llamada de la estación \_\_\_\_\_  
Frecuencia \_\_\_\_\_ MHz

4 - Potencia de la estación (PRA) \_\_\_\_\_ kW;  
Ciudad o población \_\_\_\_\_

5 - Clave de la concesión \_\_\_\_\_

Fecha de vencimiento \_\_\_\_\_

6 - Domicilio \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7 - Teléfono \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_

8 - Estado \_\_\_\_\_  
Horario de operación \_\_\_\_\_ horas a \_\_\_\_\_ horas

9 - Utiliza ya alguna subportadora: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

10 - En caso de ser positivo, ¿cuenta con autorización: Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

11 - En caso de ya utilizarla, señale si es:  
Analógica \_\_\_\_\_ Digital \_\_\_\_\_

12 - Señale en que frecuencia está la subportadora: 52 kHz  57 kHz   
62kHz  92kHz  Otra  ¿Cuál? \_\_\_\_\_

13 - ¿Qué servicios presta a través de la subportadora?

\_\_\_\_\_

14 - Tipo de servicio que pretende proporcionar

a) Promoción de la propia estación   
(Anexos II y III)

b) Prestación de los servicios de telecomunicaciones   
(Anexos I, II y III)

15 - ¿Qué tipo de subportadora desea emplear?  
Analógica \_\_\_\_\_ Digital \_\_\_\_\_

16 - ¿Qué frecuencia(s) desea utilizar?  
52 kHz  57kHz  62kHz   
92kHz  Otra  ¿Frecuencias? \_\_\_\_\_

17 - En caso de ser subportadora digital, esta es: RBDS  RDS  Otras

18 - ¿Existe actualmente alguna empresa que preste el servicio que solicita en la localidad?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

19 - En caso de ser afirmativo señale el nombre del prestador del servicio:

\_\_\_\_\_

20 - Señale si el solicitante será quien opere este sistema  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

21 - En caso de ser una persona diferente, señale el nombre y condiciones de uso que se pacten:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**REQUISITOS**

- a) Copia del oficio de autorización de algún servicio anterior, (si es el caso)
- b) Copia del pago correspondiente por el estudio de la solicitud de conformidad con el Artículo 124/A/I de la Ley Federal de Derechos. (\$3,428.94 hasta 03/1999)
- c) Poder a favor del representante legal,
- d) Copia del plano presentado ante la Secretaría de Comunicaciones y Transportes del área de servicio de la estación de FM al contorno de 0.5 mV/m.

**ANEXOS**

- I Información comercial y financiera del nuevo servicio (solo en caso de prestar servicios de valor agregado)
- II Información Técnica del servicio (para toda solicitud)
- III Acreditación del legal uso del equipo generador de subportadora (para toda solicitud).

Fecha :

\_\_\_\_\_

Nombre y Firma:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Entre las disposiciones legales que hay que seguir en el "programa de modernización de la administración pública en el sector comunicaciones y transportes" de la Dirección General de Sistemas de Difusión, que depende de la Subsecretaría de Comunicaciones y Transportes de la SCT, están:

*A) El procedimiento para solicitar la instalación, operación y explotación de estaciones de radiodifusión que al pie de la letra dice:*

" Cuando una persona física o moral tenga interés en instalar, operar y explotar una estación de radio o televisión deberá sujetarse a lo establecido en la Ley Federal de Radio y Televisión de conformidad con los siguientes artículos:

El artículo 17 de la Ley Federal de Radio y Televisión establece que:

Sólo se admitirán solicitudes para el otorgamiento de concesiones para usar comercialmente canales de radio y televisión, cuando el Ejecutivo Federal por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, previamente determine que pueden destinarse para tal fin, lo que hará del conocimiento general por medio de una publicación en el Diario Oficial. Las solicitudes de concesión" deberán llenar los siguientes requisitos:

- I. Nombre o razón social del interesado y comprobación de su nacionalidad mexicana.
- II. Justificación de que la sociedad, en su caso, está constituida legalmente.
- III. Información detallada de las inversiones en proyecto"

Las solicitudes de concesión y el plazo de presentación, serán establecidos en el Acuerdo Secretarial de susceptibilidad de explotación.

El artículo 18 de la Ley Federal de Radio y Televisión establece que;

"La Secretaría de Comunicaciones y Transportes señalará al solicitante el monto del depósito o de la fianza que deberá constituir, para garantizar que se continuarán los trámites hasta que la concesión sea otorgada o negada.

De acuerdo con la categoría de la estación radiodifusora en proyecto, el monto del depósito o de la fianza no podrá ser menor de \$10.00, no exceder de \$ 30.00.

Si el interesado abandona el trámite, la garantía se aplicará en favor del Erario Federal.

El artículo 19 de la Ley Federal de Radio y Televisión establece que:

"Constituido el depósito u otorgada la fianza, el Ejecutivo Federal, por conducto de la Secretaría de Comunicaciones y Transporte, estudiará cada solicitud que exista con

relación a un mismo canal y calificando el interés social, resolverá a su libre juicio, si alguna de ellas debe seleccionarse para la continuación de su trámite, en cuyo caso dispondrá que se publique, a costa del interesado, una síntesis de la solicitud, con las modificaciones que acuerde, por dos veces y con intervalo de diez días, en el Diario Oficial y en otro periódico de los de mayor circulación en la zona donde debe operarse el canal, señalando un plazo de treinta días contados a partir de la última publicación, para las personas o instituciones que pudieran resultar afectadas presenten objeciones.

Si transcurrido el plazo de oposición no se presentan objeciones, previo cumplimiento de los requisitos técnicos, administrativos y legales que fije la Secretaría, se otorgará la concesión. Cuando se presenten objeciones, la Secretaría oír a los interesados, les recibirá las pruebas que ofrezcan en un término de quince días y dictará la resolución que a su juicio proceda, en un plazo que no exceda de treinta días, oyendo a la Comisión Técnica Consultiva establecido por la Ley de Vías Generales de Comunicación.

Otorgada la concesión será publicada, a costa del interesado, en el Diario Oficial de la Federación y se fijará el monto de la garantía que asegure el cumplimiento de las obligaciones que imponga dicha concesión. Esta garantía no será inferior de diez mil pesos ni excederá de quinientos mil.

Una vez otorgada la garantía antes citada, quedará sin efecto el depósito o la fianza que se hubiere constituido para garantizar el trámite de concesión.

Los solicitantes que no hayan sido seleccionados, tendrán derecho a la devolución del depósito o fianza que se hubieren otorgado para garantizar el trámite de su solicitud".

B) Procedimiento para la Modificación de Parámetros Técnicos para Estaciones de Frecuencia Modulada (88 - 108 MHz) cuyo formato de presentación es el siguiente:

C. DIRECTOR GENERAL DE SISTEMAS DE DIFUSIÓN  
DE LA SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
P R E S E N T E

(REPRESENTANTE O APODERADO LEGAL)  
EN NOMBRE Y REPRESENTACIÓN DE \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
(CONCESIONARIO)  
PERSONALIDAD QUE ESTA ACREDITADA CON OFICIO \_\_\_\_\_  
SEÑALANDO COMO DOMICILIO PARA OIR Y  
(No. OFICIO Y FECHA DE ACREDITACION) RECIBIR NOTIFICACIONES  
EL \_\_\_\_\_ Y CON FUNDAMENTO EN EL  
(SEÑALAR EL DOMICILIO LEGAL)

ARTICULO 22 DE LA LEY FEDERAL DE RADIO Y TELEVISIÓN, CON TODO RESPETO SOLICITO LA SIGUIENTE:  
MODIFICACIÓN DE PARÁMETROS TÉCNICOS PARA ESTACIONES DE FRECUENCIA MODULADA (88-108 MHz)  
PARA MAYORES ELEMENTOS DE ANÁLISIS, APORTO LAS CARACTERÍSTICAS DE LA CONCESIÓN, AUTORIZADAS POR ESA H. DEPENDENCIA.

DATOS TÉCNICOS DE LA ESTACIÓN

DISTINTIVO DE LLAMADA: \_\_\_\_\_ FRECUENCIA: \_\_\_\_\_ MHz  
POTENCIA NOMINAL: \_\_\_\_\_ POTENCIA RADIADA APARENTE: \_\_\_\_\_  
DOMICILIO DE LA PLANTA TRANSMISORA: \_\_\_\_\_  
COORDENADAS: LN \_\_\_\_\_ LO \_\_\_\_\_  
POBLACIÓN PRINCIPAL A SERVIR: \_\_\_\_\_  
UBICACIÓN DE LOS ESTUDIOS: \_\_\_\_\_  
ENLACES \_\_\_\_\_ FRECUENCIA \_\_\_\_\_ OTRO TIPO \_\_\_\_\_  
ESTUDIO-PLANTA \_\_\_\_\_  
CONTROL REMOTO: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DEL LUGAR DE INSTALACIÓN:

ALTURA DEL CENTRO ELÉCTRICO DE RADIACIÓN S.N.T. \_\_\_\_\_  
ALTURA TOTAL DEL OBSTÁCULO: \_\_\_\_\_  
ALTURA DEL CENTRO ELÉCTRICO (3-16): \_\_\_\_\_  
ANTENA TRANSMISORA: MARCA \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_  
DIRECCIONALIDAD DE LA ANTENA \_\_\_\_\_  
POLARIZACIÓN: HORIZONTAL \_\_\_\_\_ VERTICAL \_\_\_\_\_ CIRCULAR \_\_\_\_\_  
GANANCIA: EN POTENCIA \_\_\_\_\_ EN dB \_\_\_\_\_  
PATRÓN DE RADIACIÓN \_\_\_\_\_ VERTICAL \_\_\_\_\_ HORIZONTAL \_\_\_\_\_  
LÍNEA DE TRANSMISIÓN: MARCA \_\_\_\_\_ MODELO \_\_\_\_\_  
EFICIENCIA (%): \_\_\_\_\_ ATENUACION (dB): \_\_\_\_\_  
LONGITUD: \_\_\_\_\_ SECCIÓN TRANSVERSAL: \_\_\_\_\_  
EQUIPO TRANSMISOR:  
PRINCIPAL: MARCA: \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_  
AUXILIAR: MARCA: \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_

**TRAMITE QUE PRETENDE REALIZAR**

- CAMBIO DE DISTINTIVO POR: \_\_\_\_\_  
(SUGERIR EL DISTINTIVO)
- CAMBIO DE FRECUENCIA POR \_\_\_\_\_
- AUMENTO DE POTENCIA RADIADA APARENTE A: \_\_\_\_\_
- CAMBIO DE UBICACIÓN DE SU PLANTA TRANSMISORA A \_\_\_\_\_  
(SEÑALAR UBICACIÓN Y DESPLAZAMIENTO EN Km)
- COORDENADAS GEOGRÁFICAS LN \_\_\_\_\_ LO \_\_\_\_\_
- ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR DEL LUGAR DE INSTALACIÓN: \_\_\_\_\_
- ALTURA DEL CENTRO ELÉCTRICO S N T \_\_\_\_\_
- CAMBIO DE UBICACIÓN DE ESTUDIOS A: \_\_\_\_\_  
(SEÑALA LA UBICACION Y DESPLAZAMIENTO EN km.)
- MODIFICACIÓN A LA ALTURA TOTAL DEL OBSTÁCULO: \_\_\_\_\_
- MODIFICACIÓN A LA ALTURA DEL CENTRO ELÉCTRICO S N.T. \_\_\_\_\_
- CAMBIO DE ANTENA TRANSMISORA POR UNA MARCA: \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_
- GANANCIA: EN POTENCIA \_\_\_\_\_ EN dB: \_\_\_\_\_
- ANEXAR EL PATRÓN DE RADIACIÓN
- CAMBIO DE LÍNEA DE TRANSMISIÓN POR UNA:
- MARCA: \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_ EFICIENCIA (%). \_\_\_\_\_ ATENUACIÓN EN dB: \_\_\_\_\_
- CAMBIO O  INSTALACIÓN DE EQUIPO TRANSMISOR:
- PRINCIPAL: MARCA \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_
- AUXILIAR: MARCA: \_\_\_\_\_ MODELO: \_\_\_\_\_

Bajo protesta de decir verdad, declaro que los datos contenidos en la presente solicitud son correctos y verídicos y, que estas modificaciones, en caso de autorizarse, se efectuarán en los plazos que señale la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, de conformidad con el artículo 45 de la Ley Federal de Radio y Televisión.

\_\_\_\_\_  
FIRMA DEL CONCESIONARIO O REPRESENTANTE LEGAL

ESTA SOLICITUD SE PRESENTARA POR DUPLICADO, ACOMPAÑADA CON EL (LOS) COMPROBANTE(S) DE PAGO(S) DE DERECHOS RESPECTIVO(S)

\*Para estos trámites deberá anexar en 3 ejemplares la parte PU-FM (Escala 1:50,000) \*

El parámetro técnico de las tecnologías de transmisión de datos en FM entraría, en caso de ser necesario, en la categoría de servicio de valor agregado si no se modifican otros parámetros de operación.

## **D) DOCUMENTOS INTERNACIONALES.**

A nivel mundial diversas organizaciones han establecido numerosos documentos que regulan el uso de subportadoras como los siguientes:

- Código de Regulaciones Federales (CFR) de E.U.A. Título 47 partes:

### **" 73.293 Utilización de Subportadoras Múltiplex en FM.**

Las estaciones radiodifusoras de FM con licencia pueden transmitir, sin necesidad de autorización posterior, servicios de comunicación en subportadora de conformidad con las partes:

*73.319 Estándares Técnicos de Subportadoras Múltiplex en FM.*

*73.322 Estándares de Transmisión de Sonido Estereofónico en FM.*

*73.295 Servicios Subsidiarios de Comunicación en FM. "*

- Informe 463-4 " Transmisión con un Solo Transmisor de Varios Programas Radiofónicos o de Otras Señales en Radiodifusión Sonora con Modulación de Frecuencia "

En su parte Introdutoria dice lo siguiente:

" Dada la creciente necesidad en casi todo el mundo, de un número mayor de programas, conviene examinar las actuales normas de radiodifusión para determinar si, modificándolas, podría obtenerse una mejor utilización de las bandas de frecuencia disponibles. En los sistemas de modulación de frecuencia se utiliza una gran anchura de banda para proporcionar un servicio de calidad excepcional; pero se ha comprobado que se pueden agregar otros servicios de radiodifusión sin reducir, de modo significativo, la calidad de los programas. Este hecho es importante cuando la demanda de servicios adicionales de radiodifusión puede obligar a considerar de nuevo la cuestión de las normas.

### **2. - Condiciones que han de reunir los aparatos de comprobación y de prueba**

El principal objeto de los aparatos de comprobación de las subportadoras suplementarias es el siguiente:

- disponer de un instrumento para utilizarlo en la explotación normal y en los ajustes diarios de la estación de radiodifusión;

- proporcionar un medio de probar el estado del sistema transmisor.

Teniendo en cuenta estas necesidades, adquieren interés los siguientes factores:

- profundidad de modulación de la portadora principal por la subportadora,
- frecuencia central de la subportadora;
- espectro de la subportadora modulada;
- diafonía y ruido;
- distorsión, respuesta-frecuencia o proporción de errores, según el caso.

### **3. - Sistemas que utilizan una o más subportadoras para programas radiofónicos suplementarios**

El análisis del funcionamiento con subportadora suplementaria (CCIR, 1966-69a) revela que el uso de una subportadora de modulación de frecuencia proporciona la mejor relación señal/ruido para una amplitud dada de subportadora. Aunque el estudio teórico de la diafonía no figura en el presente Informe, el análisis cualitativo (abonado por la experiencia adquirida en el empleo de subportadoras) demuestra que el sistema de modulación con la mejor relación señal/ruido presenta también la menor diafonía cuando no varían otros parámetros del sistema.

Eligiendo la frecuencia subportadora más baja posible, se obtendrá la mejor relación señal/ruido en el canal suplementario de subportadora. Sin embargo, conviene que la frecuencia de la subportadora sea lo suficientemente alta para impedir batidos audibles. La elección de una frecuencia de subportadora aún más elevada, reduciría la probabilidad de diafonía, pero disminuiría inútilmente la relación señal/ruido. "

RUEGO UIT-R 83-1

Ru. UIT-R 83-1

**SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN DE DATOS**

(1986-1990)

El CCIR,

**CONSIDERANDO**

- a) que se han introducido ya algunos servicios de radiodifusión de datos, respecto a los cuales figura información en la Recomendación 653;
- b) que siguen adelante los estudios del CCIR sobre radiodifusión de datos en general, sobre los cuales figura información en los informes 802, 956, 1207 y 1208;
- c) que algunas administraciones ofrecen una amplia gama de servicios de datos a través de las redes públicas de telecomunicación;
- d) que la utilización de estas facilidades complementarias de entrega puede aumentar el interés de algunos de estos servicios de datos;
- e) que convendría optimizar la compatibilidad de los terminales receptores para los dos métodos de entrega,

**FORMULA, POR UNANIMIDAD, EL SIGUIENTE RUEGO:**

Que el Director del CCIR señale a la atención del Director del CCITT la documentación del CCIR sobre servicios de radiodifusión de datos, e invite al CCITT a que tenga en cuenta, en sus estudios sobre servicios de datos basados en las redes públicas de telecomunicación, la conveniencia de hacer compatible el equipo terminal con los servicios de radiodifusión de datos. De forma similar, el CCIR debe tener en cuenta en sus estudios sobre servicios de radiodifusión de datos la documentación pertinente del CCITT.



## V.- IMPLEMENTACION DE LAS TECNOLOGÍAS DE TRANSMISIÓN DE DATOS EN FM.

### A) SISTEMA DE DATOS VÍA RADIO ( RDS ) Y SISTEMA DE DATOS VÍA RADIODIFUSIÓN ( RBDS ).

#### 1) Equipo:

##### a) Generadores.

Entre los proveedores en México, del equipo que se necesita para implementar la tecnología del RDS, están los siguientes:

PROVEEDOR	EQUIPO	MARCA y MODELO	COSTO (dólares)
Sucesores JL, S.A. de C.V.	Generador RDS	CRL SC 100	\$3735.00
		INOVONICS 701	\$730.00
	Monitor de RDS Sintonizador RDS	INOVONICS 710	\$1335.00
		BELAR RDS-1	\$2540.00
		DENON TU380RDS	\$665.00
AURI, S.A. de C.V.	Generador RDS	CRL SC100	\$3735.00
	Sintonizador RDS	INOVONICS 710 DENON TU380RDS	\$1100.00 \$710.00
DIRSA de C.V.	Generador RDS	CRL SC100	\$3740.00
	Terminal de Radiolocalización	CRL 2200	
GRUPO DIEZ	Radiolocalizador	NOKIA Finger	
		SPARTAN 3000	
SAHABSA de C.V.	Generador RDS	CRL SC100	\$3802.00
	Sintonizador RDS	CRL SC100	\$4568.00
		MARTI SCG-10	\$977.20
ELECTROINGENIERIA DE PRECISION, S.A.	Sintonizador RDS	MARTI SCD-10	\$977.00
		Generador RDS	Rohde y Schwarz DMC01

Tabla V.1 Proveedores de equipo RDS en México.

**b) Receptores.**

Auto-Radios:

Existen cerca de 50 fabricantes en el mercado europeo con más de 400 modelos diferentes, de alto, medio y bajo nivel, a diferencia del mercado de los EUA que se queda muy detrás con pocos fabricantes; algunos de ellos son:

- |                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| - Alpine Electronics        | - Philips   |
| - Becker                    | - Pioneer   |
| - Blaupunkt                 | - Sherwood  |
| - Ford Motor Company        | - Sony      |
| - Grundig                   | - Supertech |
| - JVC                       | - Volvo     |
| - Mac Audio Electronic GmbH |             |

En los Estados Unidos, existen compañías como Delco, Denon y Pioneer que son líderes en el mercado, colaborando estrechamente con los productores americanos de autos para proporcionar productos OEM<sup>1</sup>. En 1997 compañías como Ford, General Motors y Toyota anunciaron que comenzarán a ofrecer automóviles americanos equipados con radios RDS como el que se muestra en la siguiente figura:



Fig.V.1 Receptor para automóvil de GM/Cadillac.

Por su parte los productores europeos de autos también han comenzado a vender unidades con auto-radios RDS en el mercado de los EUA.

Hay que distinguir entre los receptores RDS de primera y segunda generación, es decir, los que contienen solamente las características básicas como PI, el nombre del PS, AF, TP y TA, y los que tienen además otras como EON (TA, AF, y PTY), PTY, CT, MS y RT.

<sup>1</sup> OEM (Productor de Equipo Original).

### Descripción del funcionamiento de un Autorradio:

Con relación a un autorradio común y corriente, el receptor RDS comprende una unidad de tratamiento en la banda de frecuencias situada después del canal estéreo, es decir, de 54 a 60 kHz, en la señal MPX.

El decodificador de datos extrae de este canal las informaciones emitidas por las estaciones, según el procedimiento de modulación complejo denominado "bifase".

Después de la selección y decodificación por la unidad de tratamiento, los datos son derivados hacia una memoria que almacena el mensaje esperando que el conductor lo llame para su visualización, bien en forma de abreviaturas o de palabras que se suceden, ya que los mensajes son datos alfanuméricos que responden al código binario.

El teclado numérico es el que gobierna esta visualización: según la tecla que se oprima se verá aparecer, bien la frecuencia de la estación o directamente en forma abreviada el nombre de la emisora o incluso el tipo de programa (informaciones, servicios, deportes, música, etc.), puesto que todas estas informaciones están seleccionadas directamente por secuencias RDS sucesivas.

El sintonizador de FM, es decir, el circuito de recepción, puede ser utilizado de dos maneras diferentes:

- a) Por el usuario, con el teclado, o por mediación del sintonizador de ajuste a PLL; en este caso, la forma de recepción se deja enteramente a elección del usuario.
- b) Automáticamente, cuando el usuario ha entendido su funcionamiento; en este caso la recepción de una emisora se ajusta sistemáticamente sobre la portadora más potente que posea el indicativo seleccionado por la primera elección del usuario; por tanto, la automatización viene dada por el tipo de emisión retenida durante esta primera elección; seguidamente, gracias al RDS, el autorradio se encarga de la localización de la estación en la gama de frecuencias disponible.

Caseros de alta fidelidad:

Hoy en día hay cientos de modelos de alrededor de 25 fabricantes en el mercado europeo; en el americano todavía existen muy pocos, con precios variados y algunos de los fabricantes son:

- |                          |            |
|--------------------------|------------|
| - Bang & Olufsen         | - Sharp    |
| - Grundig                | - Sherwood |
| - Harman Kardón          | - Sony     |
| - JVC                    | - Technics |
| - Philips Sound & Vision | - Yamaha   |
| - Pioneer                |            |

En términos generales, este tipo de receptores utilizan funciones como el PS, algunos soportan AF y la mayoría el RT, PTY y CT sin embargo, el precio adicional que se paga no es significativamente superior al de los receptores tradicionales, por lo que se espera que en un futuro cercano la mayoría de los modelos estén equipados con las funciones del RDS.

Radios Portátiles:

Los fabricantes que tienen modelos en el mercado europeo y americano son:

- Sangean (también conocido como Uher o SuperTech),
- Siemens,
- Sony (en especial con el radiocasete portátil SRF-M48RDS de FM), y
- Grundig

Los precios están en el término medio con una tendencia hacia modelos menos costosos desde los \$60 dólares americanos.

En el ámbito internacional existen los siguientes proveedores de receptores RDS/RBDS de los que se obtuvo información sobre su costo:

PROVEEDOR	EQUIPO	MARCA y MODELO	COSTO (dólares)
DGPS	Radiolocalizador	RDS-1000	\$375.00
		RDS-3000	\$375.00
CIRKISYS TECHNOLOGY LTD.	Radiolocalizador	RDS1 6006	\$100.00
		RDS3 6006	\$110.00
INFO TELECOM	Radiolocalizador	RDS/MBS FM 101	\$127.00
		RDS/MBS FM 110	\$169.00
		RDS/MBS FM 310	\$149.00
	Receptor de Datos	RDS/MBS FM 10	
		RDS/MBS FM 30	\$140.00
	RDS/MBS FM 35	\$92.00	

Tabla V.2 Algunos proveedores de equipo RDS en el mundo.

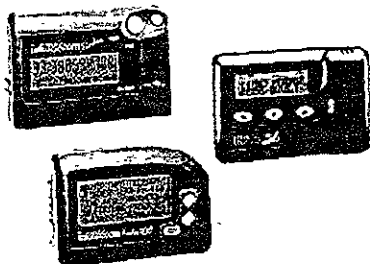


Fig. V.2 Radiolocalizadores de INFO TELECOM.

**c) Conjuntos de Circuitos Integrados y de Chips**

Los principales fabricantes de componentes RDS, son "Philips Semiconductors y SGS-Thomson" y sus circuitos más conocidos son:

- El SAA6579T de Philips (demodulador y filtro paso banda integrado de 57 kHz).- se trata de un preprocesador RDS con mejoras que permiten tener una recepción más confiable de los datos durante la entrada de señales débiles. También realiza la detección de las tramas RDS, la detección/corrección de errores, la sincronización, la corrección de los bits desfasados y el control del procesamiento de los datos.
- Los CCR520S, CCR526S y CCR610S de Philips.- son conjuntos completos de chips para auto-radios terminales RDS/EON, que incluyen el MCU con software de procesamiento para las especificaciones RDS.
- El CCR991 y el CCR922 de Philips.- son MCUs específicos de 8 bits con el software de preprocesamiento para las señales RDS/RBDS y MBS/MMBS (solamente el CCR922).
- Los TDA7330B o TDA7330BD, TDA7331B, o TDA7331BD, y el TDA7479 de SGS-Thomson (todos estos son demoduladores de un solo chip con un filtro paso banda integrado de 57 kHz). - los TDA7332 o TDA73312D son filtros paso banda de 57 kHz.
- El ST7285A5 de SGS-Thomson.- es un MCU de 8 bits (con una memoria ROM de 48 KB y una RAM de 3 KB para los datos) con un demodulador RDS integrado y un filtro paso banda de 57 kHz.

Otros fabricantes de IC's que trabajan desde 1987 son los siguientes:

- Bosch-Blaupunkt (en asociación con Texas Instruments),
- NEC (con el uPC2539GS que trae un filtro y un demodulador),
- Rohm (con su modelo BU1920F que incluye un filtro y un demodulador),
- Sanyo (con los modelos LC7070, LC72721, y LC72720N que son chips sencillos con filtro y demodulador),
- Siemens, y
- Tokio Cosmos.

### d) Radio en Tarjetas Insertables para Computadoras Personales

Los más conocidos son:

#### Radio Smart de Philips:

En 1996 en los Estados Unidos, esta compañía mostró un nuevo paquete de chips (TEA5757H, PCF8574T, TDA1308T, SAA6579T, CCR921, TEA6320T, TEA6360T, y TDA1517P) que permite el diseño y la fabricación de tarjetas que se añaden a las computadoras personales compatibles con IBM; también disponible en el módulo receptor multimedia de FM conocido como "OM 5604", que se diseñó para superar el ruido eléctrico extremo encontrado en el ambiente de las PC's.

Philips además ha diseñado un software bajo ambiente Windows, con código fuente en el lenguaje de programación PASCAL, para simplificar la tarea de diseño para el producto final.

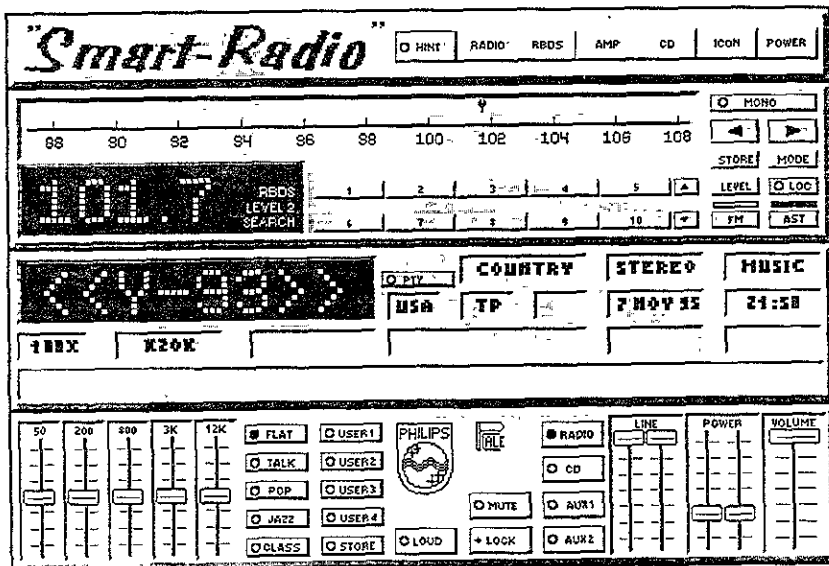


Fig. V.3 Software de diseño de Philips.

Radio ADS Rock-It:

En 1995, la compañía californiana de multimedios ADS (Sistemas Digitales Avanzados) desarrolló un receptor/decodificador RBDS en FM estéreo en una tarjeta insertable para PC llamada "Radio Rock-it RDS", la cual tiene más de una aplicación, la visualización de los datos del RBDS o la grabación del programa difundido en un disco duro para ser escuchado más tarde, e incluso incluye un ecualizador gráfico de cinco bandas para mejorar la difusión o cualquier otro material de información de entrada. Se espera que este sistema pueda ser utilizado para registrar los últimos reportes meteorológicos al permitir servicios bajo demanda.

Radio GEWI G211 y decodificador de oficina TMC:

Se trata de un radio RDS construido en una tarjeta pequeña PCMCIA, como las utilizadas en las computadoras portátiles o laptops, que incluye un software en Windows que instala un radio y un decodificador RDS en una ventana para el monitoreo de los datos.

Por su parte el decodificador de oficina TMC, constituye un aditamento bajo ambiente Windows que permite la decodificación de mensajes TMC en conformidad con la norma ALERT-C<sup>2</sup>.

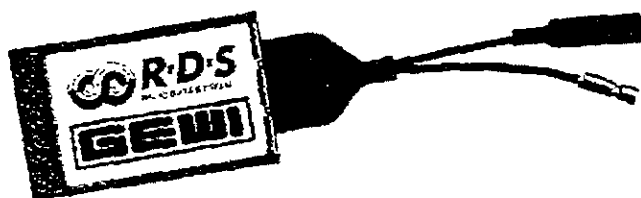


Fig. V.4 Tarjeta de radio para PC de GEWI con software TMC.

<sup>2</sup> ALERT-C (Ubicación de Problemas y Avisos para Caminos y Transportación Europea, version C)



**e) Software de Monitoreo y Análisis de Datos RDS para PC's.**

A nivel internacional existen algunos fabricantes de software de monitoreo y decodificación de los datos del RDS enviados por las estaciones radiodifusoras para analizar y verificar el envío correcto de los mismos en tiempo real. También es posible en algunos casos, evaluar los datos en otra computadora a través de un puerto serial y grabarlos para ser analizados posteriormente.

**EI AUDITEM AUDEMAT Rx MCRDS:**

Es un software bajo ambiente Windows (disponible en inglés o francés) para monitorear y analizar los datos del RDS y viene con un kit que incluye una unidad receptora con salida de datos para conectarse al puerto serial de una PC mediante un cable de interfaz especial.

**Explorador AZTEC FM versión 3.0:**

Se trata de un paquete para la decodificación y análisis de los datos, de la frecuencia de radio (RF) y para mediciones del audio, disponible también en Windows, que requiere un receptor RDS de AZTEC para conectarse con la PC; sin embargo, en un solo producto se combinan muchas funciones del RDS con capacidades de medición y análisis estadísticos incluyendo las características de modulación y del nivel de la RF.

**Software Decodificador versión 2.0 de Franken-Team:**

Es una aplicación en DOS para la recepción de los datos del RDS, que requiere un receptor con algunas modificaciones como una conexión de las señales digitales de datos y del reloj RDS, del demodulador a una enchufe conveniente (como por ejemplo, un conector telefónico estéreo de 3.5 milímetros). Este decodificador es adecuado para analizar todas las características del RDS/RBDS según lo especificado en las últimas versiones de ambas normas

Además, se cuenta con un grabador de eventos que permite salvar acontecimientos dinámicos tales como los cambios de las funciones PI o RT.

También se proporciona un cable de interfaz que incluye un buffer para los desacoplamientos que sean necesarios.

El Schumperlin PRD-3 y PRDLIB16.DLL:

Es un programa en DOS para decodificar, monitorear y analizar el flujo de datos del RDS, la versión PRD-3-C viene con un cable que necesita ser conectado al puerto serial de una PC y a los pines de "salida de datos RDS" y de "tierra" del demodulador RDS, a un receptor también RDS.

La PRDLIB16.DLL es una librería de conexión dinámica como las utilizadas en el sistema operativo Windows (de 16 bits), que permite crear en pocos minutos aplicaciones específicas del decodificador RDS ya que realiza toda la decodificación de bajo nivel de la corriente de datos del RDS (sincronización de bloques y de grupos, etc.).

En la siguiente tabla se muestran los precios de algunos de los productos anteriores:

COMPANIA	CARACTERISTICAS	COSTO
SATX	Ver. MS- DOS de evaluación	\$ 95.00 Dls.
SATX	Ver. Windows 95/NT de evaluación	\$ 255.00 Dls.
Franken RDS	Ver. MS- DOS de decodificación	\$ 698.00 Dls.
Franken RDS	Ver. MS- DOS Profesional de decodificación	\$ 1.648.00 Marcos Alemanes

Tabla V.3 Precios de software de monitoreo.

## 2) Servicios y Aplicaciones:

### a) Adicionales.

Entre los servicios adicionales que se pueden ofrecer están:

Enlaces de Comunicación Multipunto.- Dado que la propia señal del RDS se ofrece como un servicio punto-multipunto manteniendo fijo el costo del equipo de transmisión, a medida que se mandan mensajes o datos a otras localidades, el costo por mensaje se reduce. Además, se pueden ofrecer diversas características no públicas que las mismas estaciones transmisoras pueden utilizar para generar ganancias adicionales.

Mensajes no Públicos.- se hace uso de los grupos 3,5,6 y 7 de la señal RDS para aplicaciones internas o para proveedores externos de servicios. Sin embargo, no todos los codificadores RDS/RBDS soportan estos grupos de datos o pueden actualizarse.

Radiolocalización RBDS.- Se puede formar fácilmente una red de radiolocalización que abarque el área de cobertura de la estación de radio que se esté utilizando, configurando para ello el tipo de grupo 7, de la señal RDS para aplicaciones externas.

Algunos codificadores RDS/RBDS como el CRL SC-100 ofrecen dos variantes para configurar una terminal de radiolocalización:

a) TNPP Completo.- consiste en dejar disponible el grupo 7 para que lo utilice algún proveedor de servicios de radiolocalización, que será quien instale alguna terminal de radiolocalización en el sitio donde se encuentre el generador de RDS/RBDS y los demás equipos necesarios para operar. Con esta variante se pueden tener hasta 10 mil usuarios y proveer un área de cobertura de al menos igual a la del contorno de 1 milivolt. Se hace uso del protocolo de radiolocalización TNPP.

b) Interna.- aquí no se requiere montar la terminal de radiolocalización, ya que el propio generador o codificador trae integrado un programa de control para radiolocalización al que se puede tener acceso vía el panel de control o mediante el programa de terminal VT-100 del sistema operativo Windows.

Dado que el propio radiodifusor posee el equipo generador y el transmisor, no se requiere pagar renta por el servicio de radiolocalización. Con esta variante se pueden tener hasta 300 usuarios o bien ofrecer aplicaciones comerciales diversas.

Control de Señales.- mediante el uso del tipo de grupo 6 de la señal del RDS se pueden controlar diversas aplicaciones internas, como señales de despliegue de agendas electrónicas, además de aplicaciones como conmutación de redes y señales de identificación especiales.

Sistemas de Ampliación de redes LAN.- Al tipo de grupo 6 de la señal del RDS se le puede comparar con una red LAN inalámbrica expandida, ya que se pueden mandar mensajes simples o actualizaciones para otros tipos de redes directamente a computadoras personales sin necesidad de intermediarios, mediante el empleo de una tarjeta receptora para computadora.

Sistemas de Posicionamiento Global (GPS).- Se hace uso del grupo 3 como un complemento al servicio que ofrecen las compañías de DGPS, ya que con la señal RDS se puede obtener una ubicación más exacta de los receptores personales (dentro de 6 mts.), al corregir los pequeños errores que introducen las condiciones atmosféricas, los errores relativos a la posición de los satélites de posicionamiento global y a los de selectividad.

Las propias compañías de DGPS pueden controlar el grupo 3 al conectar una terminal, con actualizaciones de información relativa a la localización de los receptores, directamente al generador de RDS/RBDS. Lo único que requieren saber es la latitud y la altitud de la antena transmisora de la estación de radio para adecuar sus cálculos.

Otros servicios que se van a ofrecer o ya se están ofreciendo son los siguientes:

Datos a Altas Velocidades.- la norma del RDS/RBDS es compatible con estos servicios y en algunos generadores/codificadores lo único que se necesita tener es un puerto interno de expansión (PCB) o también existen los generadores PCB con procesadores digitales de señal (DSP) que se pueden utilizar como generadores de SCA.

Nuevos usos de los grupos 5,6 y 7. - Muchos proveedores de servicios pueden hacer uso de estos grupos para múltiples aplicaciones como las siguientes:

- A) Control de la potencia de los receptores.
- B) Servicios de notificación del robo de tarjetas de crédito
- C) Transmisiones electrónicas de periódicos y revistas.
- D) Actualizaciones de contraseñas.
- E) Distribución de software.
- F) Información bancaria.
- G) Información financiera.
- H) Enlaces selectivos de datos.
- I) Aplicaciones internas de las propias estaciones.
- J) Condiciones del tráfico.
- K) Información policiaca.
- L) Canales educativos.
- M) Señales de control remoto.
- N) Sistemas de Emergencia.
- Ñ) Información sobre rutas de autobuses.
- O) Sistemas de ayuda a los conductores.
- P) Información meteorológica.

### **b) Radiolocalización Utilizando el RDS.**

Como ya se explicó antes, el RDS permite la transmisión de datos sobre una subportadora de 57 kHz en FM simultáneamente con la señal estéreo de FM. Esto ofrece una amplia gama de aplicaciones (protocolo multi-aplicaciones) entre las cuales está la "Radiolocalización", que se encuentra especificada en el grupo 7A de la norma CENELEC EN 50067.

#### **Características:**

La radiolocalización del RDS constituye un protocolo normativo que permite la transmisión de mensajes numéricos, alfanuméricos o de tono, solamente usando la infraestructura de las redes de FM en conjunto con un generador/codificador RDS. Las características que se ofrecen son numerosas:

- a) Radiolocalización individual
- b) Flotillas privadas (en vez de enviar un mensaje a una persona, se puede enviar el mismo mensaje a un grupo de personas).
- c) Mensajes de longitud variable.
- d) Radiolocalización internacional (muchos países la han adoptado como los EUA, Francia, Alemania, Brasil, Kenia, Senegal, Malasia, etc.).
- e) Sistema contador de mensajes.
- f) Administración de mensajes repetidos, etc.

Además, este protocolo permite la creación por parte del proveedor del servicio, de una amplia gama de servicios de valor agregado (VAS) tales como:

- Noticias en horarios fijos.
- Reportes climáticos.
- Resultados deportivos.
- Información de tráfico.
- Información de actividades culturales.
- Repetición de mensajes importantes.
- Mensajes pre-programados, etc.

El Protocolo Mejorado de Radiolocalización (EPP) es una evolución de la parte de radiolocalización del estándar EN 50067 del RDS debido a:

- Las mejoras en el protocolo básico de radiolocalización tales como un contador de llamadas de mensaje, una bandera de repetición para los mensajes duplicados y un aumento en la capacidad del sistema (10 millones de direcciones en vez de 1 millón).
- Un incremento de la vida útil de las baterías: cerca de 10 veces la vida actual, lo que significa de 3000 a 4000 horas de vida útil en la batería de los radiolocalizadores.

#### **Redes de Radiolocalización:**

Una red de radiolocalización consiste en transmisiones de mensajes punto a punto y está compuesta por una terminal del control de radiolocalización, un codificador de RDS colocado en el lugar donde está el transmisor de FM y por uno o varios transmisores de FM.

Una ventaja importante de esta tecnología es la baja inversión requerida para la infraestructura que difunde los datos, puesto que se utiliza la red existente del canal de FM de cada estación.

Los recursos para la transmisión de datos son rentados por las estaciones de radio a los prestadores de servicio.

La cobertura de la red depende de la potencia del transmisor de FM por ejemplo, con un transmisor de 56kW ERP, el área cubierta es cerca de 62.920 kilómetros cuadrados. La distancia entre el transmisor y el radiolocalizador podría ser en este caso de cerca de 100 kilómetros (dependiendo de la topología del área).

La capacidad de suscriptores para radiolocalización del RDS depende de varios aspectos como los siguientes:

- El número de direcciones para radiolocalizadores (códigos CAP):
  - 1 millón para el estándar del RDS
  - 10 millones con la implementación de la característica EPP.

- La capacidad de la red:
  - número de grupos 7A transmitidos por segundo (tasa neta de radiolocalización cerca de 400 bits/segundo).
  - número de mensajes repetidos.
  - número de mensajes transmitidos por suscriptor
- El número de redes para la misma área (un máximo 4 redes en la norma RDS versión 1992).

Ejemplos los cálculos para determinar el # de suscriptores de acuerdo a diferentes factores son los siguientes:

A) Para 0.1 mensajes / día / suscriptor

Con 6 grupos 7A / segundo

Para mensajes numéricos de 10 dígitos

Con 1 repetición y 1 red

y 1 día = 10 horas

Se tendrían: 55 000 suscriptores.

B) Para 0.1 mensajes / día / suscriptor

Con 6 grupos 7A / segundo

Para mensajes numéricos de 10 dígitos

Sin repetición y 4 redes

y 1 día = 10 horas

Se tendrían: 440 000 suscriptores.

C) Para 0.1 mensajes / hora / suscriptor

Con 7 grupos 7A / segundo

Para mensajes alfanuméricos de 40 caracteres

Con 1 repetición y 3 redes

y 1 día = 10 horas

Se tendrían: 36 000 suscr.ptores.



**Comparación entre el Protocolo del RDS y otros Protocolos:**

La inversión de equipo necesario para montar una red sería de:

- \$ 3 000 Dls. en promedio para un codificador RDS por transmisor.
- \$ 50 000 Dls. para una estación base dedicada completa utilizando el POCSAG con una cobertura limitada.

Existen tres tecnologías alternativas como: POCSAG, FLEX y ERMES.

En la siguiente tabla se muestra una comparación de las diferencias entre el protocolo que utiliza el RDS para la radiolocalización y otros protocolos comúnmente utilizados:

	EN OTROS SISTEMAS	EN EL RDS
Licencia para ofrecer el servicio	Necesaria	Necesaria
Licencia para utilizar una frecuencia	Necesaria (implica pérdida de tiempo y dinero)	Se utiliza la de la propia estación de radio.
Sitio para el montaje del equipo a utilizar	Necesario	Donde está el transmisor de FM
Compra o renta de sitios de instalación	Necesaria (implica pérdida de tiempo y dinero)	No se requiere ya que es el mismo donde está el transmisor.
Construcción de antenas transmisoras	Necesario (implica pérdida de tiempo y dinero)	Se utiliza la de la propia estación de radio.
Montaje del transmisor	Necesario	No Necesario
Integración de una red de servicios	Es complicada y cara	Resulta fácil y económica
Mantenimiento de la red	Es complicado y caro	No requiere mantenimiento adicional.
Potencia del transmisor	De 100 a 500 wats	ERP arriba de 260 000 wats
Distancia desde el sitio transmisor	Unos cuantos kms.	100 km. con 56 KW de ERP
Costos de operación	Muy altos (inversión en toda la red y costos de operación y mantenimiento)	Muy bajos (costo del codificador/generador y renta de la red)

Tabla V.4 Comparación de los requerimientos del RDS con los de otros protocolos.

### Radiolocalizadores:

Los radiolocalizadores se programan y buscan el canal correcto de radiolocalización de acuerdo con sus parámetros internos programados como: direccionamiento, 1<sup>er</sup>, 2<sup>o</sup>, 3<sup>er</sup> y 4<sup>o</sup> dígito del código PI, código de CCITT; y detectan los mensajes enviados a los usuarios.

Entre los fabricantes de estos aparatos están:

A) InfoTelecom con los modelos:

- RDS/MBS FM 101/201. - RDS/MBS FM 310. - RDS/MBS FM 110/210.

B) Cirkisys Technology Ltd. con los modelos:

- Dynamo RDS - RDS1 6006 con 1 línea. - RDS3 6006 con 4 líneas.

C) DGPS con los modelos:

- RDS-1000 - RDS-3000



*FM Sub-Carrier Pagers*



Fig. V.5 Radiolocalizadores de CIRKISYS.

**c) WARI (Sistema de Alarma e Información Asistido por Radio).**

WARI sirve para reducir daños y peligros en caso de siniestro mediante una alarma secreta de los centros directivos y de los equipos de emergencia (bomberos, protección civil etc.), y el aviso e información detallada a toda la población con cobertura total. De esta forma se pueden poner en marcha y coordinar de inmediato las medidas oportunas para salvar vidas y limitar daños. La señal del WARI llega rápidamente y con seguridad al destinatario, en casa, en el coche, en el puesto de trabajo, de día y de noche.

Mediante la utilización de la red de radio de FM y del sistema de datos por radio RDS, normalizado en todo el mundo, WARI hace posible la propagación de la información con cobertura total, y en consecuencia permite tener una organización rápida y efectiva cuando se requiera.

En caso de siniestro, se alarma primero en secreto a todos los equipos de emergencia a través de telegramas de datos, después la población es alarmada por sirenas, y por radio se transmiten informaciones habladas a la población antes, durante y después del peligro.

De forma complementaria se pueden utilizar también la televisión y el teléfono para el aviso a la población, así como todas las redes de comunicación planeadas en el futuro. Con WARI es posible asegurar el cumplimiento de todas las funciones y tareas incluso si se interrumpe el suministro de corriente.

El sistema WARI incluye cuatro niveles:

**a) Registro integrado.-**

Un sistema de registro altamente integrado forma parte de WARI, permitiendo el contacto directo con las fuentes de información que es necesario para estimar la situación como por ejemplo, la que se obtiene de la industria y del servicio meteorológico. Un sistema de datos por radio posibilita una vía de comunicación segura y prácticamente libre de sobrecargas.

### **b) Coordinación y alarma.-**

La central de alarma principal está unida a una emisora de FM por una red telefónica especial y de forma redundante, como segunda posibilidad por un radioenlace dirigido. Por estas vías se transmiten avisos y telegramas de datos a la emisora. Estos últimos se introducen adicionalmente con la señal de emisión a la transmisión en curso, para ser procesados por la instalación emisora normal y radiados por la antena transmisora.

### **c) Transmisión.-**

Los avisos radiados por las emisoras principales y los telegramas de datos, son recibidos por receptores WARI en emisoras secundarias, procesados y radiados por la antena transmisora de cada emisora. De esta manera se organiza una red de transmisión de avisos con cobertura total. Todas las terminales de WARI que funcionan en el área de cobertura reciben los avisos transmitidos por la red radiofónica.

Incluso en caso de avería de una emisora, WARI sigue asegurando alarma e información con cobertura total. Si falla una emisora principal, una emisora cercana se hace cargo automáticamente de sus funciones.

Es igualmente posible equipar a emisoras de televisión o estaciones de cablevisión con receptores WARI, que pueden mezclar los avisos recibidos en el programa en curso.

### **d) Recepción de avisos ( terminales).-**

Las terminales WARI se pueden dividir en tres subgrupos:

- Receptores para la dirección de los equipos de emergencia como: avisadoras, receptores de datos móviles, etc.
- Receptores para alarmar e informar a la población como: receptores en sirenas, receptores WARI domésticos, instalaciones receptoras colectivas, auto-radios, sistemas de dirección de tráfico, receptores de radio y televisión convencionales, etc.
- Receptores para controlar el sistema y receptores de documentación, receptores de control para las emisoras principales, registradores de documentación, etc.

En caso de fallar una emisora, todas las terminales especiales del WARI sintonizan automáticamente la emisora más próxima que tenga igual información de la zona. Si no encuentran una emisora de la misma zona, las terminales reciben automáticamente la más próxima estación de alarma de otra zona. Si no se recibe ninguna estación de alarma, las terminales lo indican,; en cuanto vuelve a funcionar la estación averiada, las terminales la sintonizan automáticamente. En este punto constituyen la única excepción los aparatos de radio y televisión convencionales, que no tienen una ampliación del sintonizador.

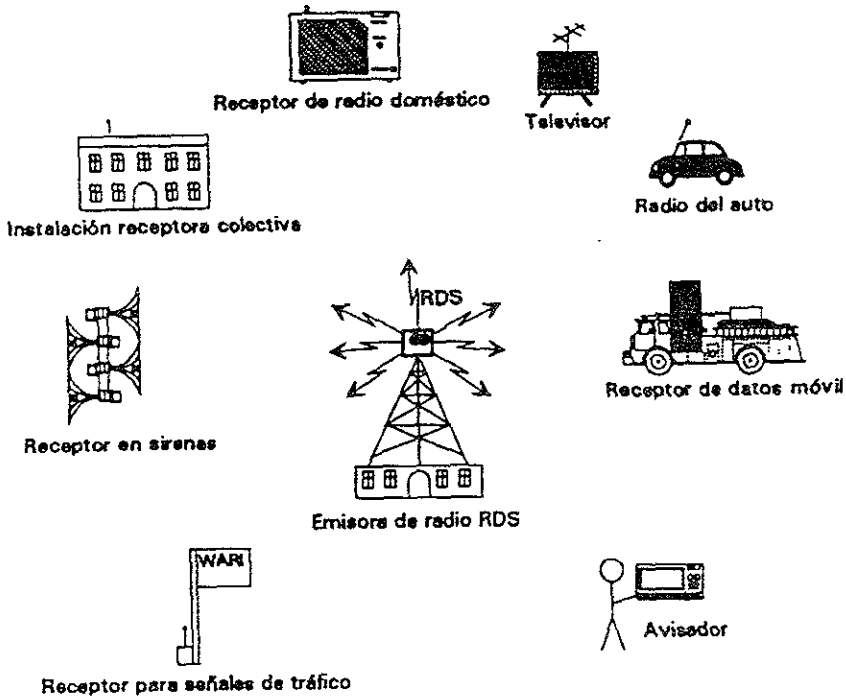


Fig. V.6 Ejemplo de la estructura de red del sistema WARI.

#### **d) Sistemas de Radiodifusión de Información de Tráfico.**

En muchos países existen ya desde hace algún tiempo, sistemas especiales para difundir información de tráfico vía radio que se utilizan por ejemplo, para avisar a los conductores sobre accidentes de tráfico y posibles rutas para evitar congestionamientos y retrasos.

Algunos de los sistemas que han sido desarrollados en diferentes países son los siguientes:

##### ***ALI (Guiado Local Asistido por Computadora)***

La forma de comunicar informaciones en ruta, sin que las restantes emisoras de radiodifusión intervengan, ha sido concebida por el procedimiento ALI, que se trata de un sistema propuesto en Alemania por Blaupunkt, desarrollado de una forma bastante similar en Inglaterra con el nombre de AWARE y en Japón con el de CACS. Este sistema ha caído en desuso en los diferentes países como consecuencia de la generalización del RDS; no obstante, permanece vigente para gobernar las señalizaciones en suburbios según la densidad de circulación.

##### ***ARI (Información por Radiodifusión para el Conductor)***

Siguiendo procedimientos similares a los utilizados en Inglaterra, algunos países como Alemania, Austria, Luxemburgo y Suiza han adoptado este sistema que tiene las siguientes características:

1. - Su función principal consiste en asistir a la sintonización de las estaciones radiodifusoras que ofrezcan información de tráfico y en alertar al conductor cuando ésta se presente.
2. - La parte central que está libre entre las bandas laterales del espectro RDS está ocupada por una portadora independiente, modulada en amplitud por un indicativo BK comprendido entre 25 y 60 Hz (tonos de baja frecuencia), que sirve para identificar las estaciones que presten servicio dentro de zonas de tráfico preestablecidas.

3. - Las frecuencias de modulación del ARI son submúltiplos de 57 kHz como por ejemplo, la componente 34,926 Hz que resulta de la división  $57000 / 1632$ , afecta en una región geográfica autónoma a las informaciones de ruta locales.

4. - Para sintonizar estas señales especiales los vehículos deben estar equipados con un decodificador asociado al radio de FM, con el que se pueda detectar la subportadora de 57 kHz y en el caso más simple, encender un foco piloto que indique que se ha sintonizado una estación ARI.

Actualmente existen en el mercado europeo productores de radios para automóviles que traen integrados diferentes versiones de decodificadores, añadiendo un costo de alrededor \$10 dólares al precio de los receptores tradicionales.

#### ***ARIAM (Sistema ARI en base a Mediciones Actuales)***

Se utilizaban una serie de detectores de vehículos distribuidos a lo largo de una ruta de carretera predeterminada y un centro de control monitoreaba continuamente el estado de estos detectores para decidir cuando ocurría un incidente de tráfico, dando formato a un mensaje para ser difundido mediante el sistema ARI.

#### ***AVIC (Sistema de Radionavegación)***

El AVIC (Comunicación de Información Audio Visual) diseñado por los E.U.A., Japón, las compañías Trimble Navigation Ltd. y Pioneer, utiliza las señales emitidas por los satélites GPS<sup>3</sup> que indican la posición de un vehículo portador de un módulo de recepción GPS, permitiendo determinar la longitud, la latitud, las altitudes reales y teóricas, la velocidad y el sentido de desplazamiento del vehículo; todo esto con relación a un punto geográfico definido por la posición del satélite o con relación a una proyección calculada.

El sistema AVIC no se limita únicamente a la radiocirculación de los automóviles, sino que desde hace algunos años, permite el cálculo automático del punto de partida de navíos o de aviones. Un módulo decodificador calcula este punto

a partir de la recepción de tres satélites, pero se precisa combinar la información así decodificada con la recibida por un cuarto satélite para obtener la altitud.

En cuanto a los automovilistas, es preciso contar con una pantalla para reproducir un mapa numerado en un disco compacto (CD).

## **CARFAX**

Fue propuesto en 1977 por la BBC de Londres y concebido como un servicio de radiodifusión de información de tráfico "ideal" ya que nunca se implementó, pero sirvió de base para el desarrollo de otros sistemas.

El CARFAX consistiría de una red de estaciones transmisoras de baja potencia operando en TDM<sup>4</sup> en un canal simple y situadas entre 45 y 60 kms unas de otras para cubrir todo o parte del territorio de la Gran Bretaña. Para lograrlo se desarrolló una técnica conocida como "Sistema Ring" que definía adecuadamente la cobertura local de cada transmisor dentro de una red celular nacional operando en una frecuencia intermedia (MF). De esta forma cuando se requería de una señal de tráfico para un área en particular, se activaba el transmisor apropiado durante la duración del mensaje.

El sistema sería controlado en un centro de radiodifusión donde se asignarían prioridades a los mensajes y se les daría un formato adecuado mediante una codificación especial utilizando modulación en frecuencia (FM).

Las pruebas de campo llevadas a cabo fueron exitosas pero el sistema nunca se implementó por problemas de asignación de una frecuencia adecuada y por el costo de la red de transmisión dedicada.

Los automovilistas podrían haber recibido la información de tráfico dentro de su área local, mediante la adquisición de un receptor de radio con sintonización fija como unidad independiente al radio convencional o integrado a este último.

---

<sup>3</sup> GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

<sup>4</sup> TDM (Multiplexación por División de Tiempo)



## **CARMINAT**

Este sistema de radionavegación por carretera, basado en el RDS, se debe a Philips y reagrupa las propiedades de varios sistemas propuestos por diversas firmas u organismos como Carin, Demeter, Prometheus, Sagace, etc., que han trabajado en conjunto con compañías especializadas como Philips, Sagem, Renault y también TDF, en lo que se refiere a la información que aporta el RDS. También es el resultado de varios principios sugeridos desde 1981 para el proyecto europeo "EUREKA".

El sistema gira en torno a una computadora a bordo de un vehículo, gobernado por las informaciones obtenidas de los odómetros montados en las ruedas, de un magnetómetro y por los diferentes parámetros de funcionamiento del motor: nivel de aceite, carga de la batería, reserva de combustible, temperatura del motor, etc.

Los datos recibidos son tratados con el fin de situar al vehículo en un mapa reproducido en una pantalla de cristal líquido de gran resolución, utilizando también las informaciones de ruta emitidas por el RDS local que recibe el propio radioreceptor.

## **HAR (Radio Aconsejador para Carreteras)**

Se trata de un sistema Norteamericano que utiliza las frecuencias de 530 y 1610 kHz que corresponden a los límites inferior y superior respectivamente, de la banda de radiodifusión en AM por lo tanto, la información de tráfico puede ser recibida por una gran cantidad de radios en automóviles.

## **AHAR (Radio Aconsejador para Carreteras Avanzado)**

Fue desarrollado posteriormente para evitar la necesidad de sintonizar manualmente la frecuencia de 45 80 MHz en un receptor secundario de radio en FM, y para retornar a la frecuencia sintonizada inicialmente después de recibir dos veces un mensaje de tráfico.

### *HAIR (Radio de Información por Consejos para Carreteras )*

Se trata de un sistema japonés muy similar al HAR pero que utiliza una sola frecuencia de 1620 kHz y dependiendo del lugar, se utiliza un cable coaxial o un par de cables como antena. Aquí se manda una señal de mensajes variables indicando a los automovilistas que sintonicen la frecuencia anterior para que puedan recibir el mensaje de tráfico correspondiente.

### *RDS-TMC (Canal de Mensajes de Tráfico)*

Se trata de un "servicio de Viaje" de la segunda generación de los sistemas de información del RDS y su aplicación data del verano de 1989 en estaciones de la BBC en el sur y centro de Inglaterra.

La versión TMC usa el sistema RDS para ofrecer un canal aparte para mensajes de tráfico, independiente de la señal de audio del canal principal, lo que permite dar información más detallada y un servicio más comprensible.

La información transmitida está codificada, por lo que se requiere un decodificador en el receptor que reconstruya los mensajes y los despliegue en una pantalla visual o los reproduzca mediante un sintetizador de voz. Los reportes de tráfico están disponibles sin retraso alguno, seleccionarse por región geográfica o por número de carretera, y su información se puede presentar en el idioma escogido por el usuario mediante el uso de una tabla de decodificación adicional.

Aunque existe la limitante de contar con una tasa de 200 bps, los mensajes pueden reducirse a frases sencillas de longitud corta.

Este sistema está siendo desarrollado por un consorcio de radiodifusores, por expertos de tráfico para caminos y productores de receptores como parte del programa DRIVE (Infraestructura de Caminos Dedicada para la Seguridad de Vehículos en Europa) de la Comisión de Comunidades Europeas.

Existen otras dos variantes que son:

#### a) Emulación del sistema ARI:

Se realiza mediante una modificación de la operación de búsqueda por sintonización al utilizar la bandera de "programa de tráfico" (TP), que indica si una

estación transmite mensajes de tráfico como parte de su programación, y la bandera de "anuncio de tráfico" (TA) que indica si un mensaje de tráfico está siendo transmitido en la estación sintonizada.

En la siguiente tabla se indica como se acomodan las características del sistema ARI en el RDS:

CARACTERÍSTICA DEL ARI	EMULACION RDS	POSICIÓN EN EL RDS	TASA DE REPETICIÓN
Identificación del Programa de Tráfico	Bit de la bandera TP	Bloque 2 en todos los grupos	11.42
Código de Identificación de Área	Código de Área	El segundo del Nibble de 4 bits en el Código Pi	>11.42
Código de Anuncio de Mensaje	Bit de la bandera TA	Bloques 2 y 4 de los grupos tipo 0 y 15B	4 normalmente

Tabla V.5 Emulación de las características del sistema ARI en el RDS.

b) Emulación del sistema ARI con referencia cruzada vía la información EON<sup>5</sup>:

Esta variante permite a los radioescuchas sintonizar su estación favorita de un servicio de programas al tiempo que escuchen cualquier mensaje de tráfico emitido en otros servicios referenciados cruzadamente, mediante la característica EON del RDS. Aquí se tiene la opción de seleccionar o no el mensaje de tráfico mediante una tecla en el receptor, como "INFO" o "TA".

**SILAUE (Sistema de Informaciones Localizadas para Automovilistas Equipados)**

Todavía muy poco implementado, pero interesante sobre todo para grandes avenidas, el SILAUE fue concebido en los años 80's por Thomson-CFS para utilizar la banda de VHF con portadoras de 50 a 100 MHz.

La emisión se realiza mediante balizas situadas a lo largo de las autopistas o sobre los paneles de señalización, y la transmisión se efectúa de forma clara por medio del radio del automóvil cuya programación se substituye con las informaciones de tráfico, cuando estas son locales.

<sup>5</sup> EON (Otras Redes Mejorado)

### ***STN (Red de Tráfico por Sombra)***

Se trata de un servicio comercial de noticias que se especializa en informaciones de tráfico y opera en las áreas de Nueva York, Chicago y Filadelfia en los E.U.A.

Utiliza una flotilla de vehículos en tierra y un sistema de antenas aéreas para monitorear las condiciones de tráfico que son enviadas a un centro de operaciones usando diferentes equipos de radiocomunicación. En éste lugar se ordenan los mensajes recibidos, se les da un formato adecuado y se les envían encriptados a estaciones de radio y televisión.

Es importante señalar que los conductores no requieren de equipo especial para recibir la información enviada por las estaciones.

### ***TRAVELPILOT***

Este sistema presentado por Blaupunkt, es en realidad una ayuda autónoma en la conducción, al comprender un lector de discos compactos y una pantalla de visualización que permite reproducir una cartografía simplificada de la región que se está atravesando, con símbolos muy explícitos que ofrecen consejos de manejo con relación a un visualizador, sugeridos por la computadora abordo del vehículo para orientarse en la ciudad e indicando la posición y el destino actuales.

**B) SISTEMA DE DATOS VÍA EL CANAL DE RADIO (DARC).****1) Equipo:**

Entre las compañías que participan en la implementación del DARC están:

- |                    |            |                            |           |
|--------------------|------------|----------------------------|-----------|
| - Advans U.T.V AB  |            | - NOZEMA                   | (Holanda) |
| - AUDITEM          | (Francia)  | - OKI Electric Europe GmbH |           |
| - AZTEC RADIOMEDIA |            | - ORF                      | (Austria) |
| - CETRONIC         |            | - RadioData AB             |           |
| - DDJ Digital DJ   | (EUA)      | - SANYO                    | (Japón)   |
| - DETEX            |            | - SECTRA                   | (Suecia)  |
| - DEUTSCHE TELEKOM | (Alemania) | - SEIKO                    | (Holanda) |
| - EBU / UER        |            | - SGS THOMSON              |           |
| - EUREM            | (Alemania) | - SIMAC                    |           |
| - IAV              |            | - SSR                      | (Suiza)   |
| - IBK              |            | - SWISSCOM                 | (Suiza)   |
| - INFO REALITE     |            | - TDF                      | (Francia) |
| - IPEK             |            | - TELENOR                  | (Noruega) |
| - NHK              | (Japón)    | - TERACOM                  | (Suecia)  |
| - NMA              | (Noruega)  | - VPRT                     |           |
| - NORKRING         | (Noruega)  | - WFMicroelectronic        |           |

En Japón desde 1994, más de 40 estaciones de FM han puesto en operación el DARC y hay al menos 10 fabricantes de receptores caseros, portátiles y para automóvil; con una venta de 400 mil unidades en 1995.

**a) Generadores.**

De la lista anterior de empresas, solamente las siguientes aparecen como principales en la fabricación de equipos generadores y codificadores:

- AUDITEM (modelo DARC2 bajo la marca Audemat)
- AZTEC RADIOMEDIA (con codificadores DARC y RDS como los modelos FMX410/440/480)
- IRIUS TECHNOLOGIES (con el codificador mobiDARC)
- LULIS (como el modelo TSE 760 que es un equipo transmisor y generador, sirviendo de interface entre una red IP y el equipo transmisor de una estación radiodifusora.)
- SECTRA

### b) Receptores.

En Europa hay principalmente receptores para datos portátiles y pequeños como por ejemplo los elaborados por Casio, Sony y Sharp

Existe también una gama completa de receptores caseros y portátiles de compañías como las siguientes:

- AZTEC RADIOMEDIA (sus modelos AZ10, AZ100 "portátil", AZ1000 (rackable) son receptores tanto para RDS como para DARC).

- Digital DJ

Su receptor marca Sharp es un radio estéreo con una pantalla de cristal líquido (LCD) capaz de recibir datos a 12 kbps (después de la corrección de errores y la compresión), lo que equivale a mil caracteres por segundo; además se puede desplegar información alfanumérica y gráfica sin que se interrumpa la señal de audio.

- INFO TELECOM

- Receptores Flash de tamaño compacto (que reciben los datos en un formato estándar (CFII) para dispositivos manuales).
- Receptores de datos (son de gran alcance para aplicaciones OEM).

- IRIUS TECHNOLOGIES

Sus receptores siguientes son capaces de trabajar en dos modos, para recibir las señales del RDS y del DARC:

- SW350 (Se trata de un radiolocalizador alfanumérico para mensajes de datos de más de 1000 caracteres)
- SW410 (Radiolocalizador digital para voz y datos con una capacidad para guardar mensajes de voz de 45 minutos)



Fig. V.7 Radio receptor modelo SW410 de IRIUS TECHNOLOGIES.

- Lucas (posee un analizador DARC/RDS que a su vez es un decodificador).
- OKI (tiene dos modelos el MSM9552 y MSM9553 que son demoduladores para radios inalámbricos y dispositivos de procesamiento).
- SECTRA
- WaveGrabber.

### c) Conjuntos de Circuitos Integrados y de Chips.

Del otro lado del mundo se han venido usando circuitos integrados generalmente de Sanyo y OKI.

### d) Radios en Tarjetas Insertables para Computadoras Personales.

En Europa la aplicación del sistema se ha enfocado principalmente a computadoras personales con tarjetas receptoras (PCMCIA).

Se utilizan técnicas de acceso condicionales con verificación electrónica de contraseñas mediante un código de identificación en los receptores que permite cobrar a los usuarios por el servicio.

Otras compañías que ofrecen radio-receptores son:

- IRIUS TECHNOLOGIES

Con sus modelos radiolocalizadores FMD 40 y el SW 510 para el RDS y el DARC bajo ambientes de Windows CE y Palm PC, (capaz de recibir archivos arriba de los 64 Kbytes).

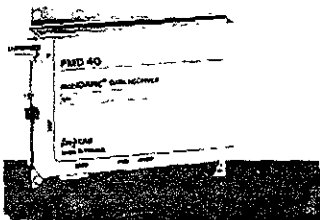


Fig. V.8 Receptor modelo FM40 de IRIUS TECHNOLOGIES.

- SECTRA

Su modelo DRC 2000 es un receptor ideal para computadoras portátiles Laptops y PDA's.

### e) Software de Monitoreo y Análisis de Datos DARC para PC's.

La única empresa que se sabe ofrece el software es:

- AZTEC RADIOMEDIA (con el FM Explorer para win95, 98 y NT)

En términos generales a todo el equipo antes mencionado se le puede agrupar de acuerdo a la siguiente clasificación:

### 1. - Terminal de Usuario Final.

Está constituida por los siguientes elementos:

1. - Una Receptor.- Se trata de una tarjeta PCMCIA tipo II extendida, similar a la que ocupan las computadoras portátiles, de 68 pines con una sección de HF (Alta Frecuencia) constituida por una antena de FM. Además se requiere de un programa o software para servir de intermediario entre la tarjeta y el sistema operativo de una computadora, al incluir funciones de control de acceso.

2. - Una Terminal.- Es simplemente una computadora personal portátil que contiene el software de aplicación antes mencionado y un puerto de comunicaciones PCMCIA tipo II. También es posible tener otros tipos de terminales como receptores portátiles y para automóviles de radio, paneles de mensajes de tráfico, etc.

3. - Un Sistema de Acceso Condicional.- Llamado "Viaces" tiene tres funciones principales que están incluidas en una segunda tarjeta PCMCIA y son:

a) Enmascaramiento / Desenmascaramiento.- consiste en proteger la información de usuarios no autorizados mediante el uso de un algoritmo ETSI de enmascaramiento en el transmisor y su contraparte en el receptor.

b) Chequeo de Autorización.- se trata de difundir las condiciones requeridas para acceder a cualquier servicio con códigos secretos encriptados, para habilitar al desenmascarador de los receptores autorizados.

c) Administración de la Autorización.- Consiste en distribuir las autorizaciones a los receptores, las cuales pueden ser de diferentes tipos dependiendo de la clase de suscripción que se tenga:

- Por tema o clase.    - Reservación por pago por programa.    - Por servicio o tiempo.

### 2.- Equipo de Red.

1.- El Codificador.- realiza diversas tareas como la recepción y selección de los datos que vienen de una red de distribución, la provisión de los campos de protección contra errores y finalmente la modulación de la subportadora.

2.- El servidor de Red (NV, S).- se utiliza para administrar las múltiples fuentes de datos de diversos proveedores de servicio, en particular de aquellos que son locales.



## 2) Servicios y Aplicaciones:

### a) SWIFT (Sistema para el Envío y Teledistribución de Información en forma Inalámbrica).

Puede utilizarse para servicios públicos o de suscripción como:

- Información para viajeros.
- Noticias en forma digital.
- Reportes del Clima.
- Información de Tráfico.
- Periódicos para personas discapacitadas.
- Servicios Financieros.
- Transferencia de Archivos, etc.

Algunas de las aplicaciones donde se utiliza el DARC son las siguientes:

a) **Prensa Electrónica:** Se trata de la principal aplicación y se puede dividir en los siguientes tres medios de información:

#### 1. - *Prensa e Información Gratuita para la Sociedad.-*

Mediante la red de radiodifusión DARC, se pueden enviar directamente, sin costo alguno al público en general, algunos servicios de información para ciudades o asociaciones dando a conocer eventos, espectáculos, o en forma más específica servir como guía para turistas o informar sobre reuniones para hombres de negocio, como medio suplementario de otros servidores de información.

#### 2. - *Periódicos y Revistas.-*

Los mercados de consumo que cubren estos medios de información se ven beneficiados con las posibilidades que ofrece la red de radiodifusión DARC al hacer llegar sus productos a más personas.

#### 3. - *Servicios de Información Electrónica.-*

El sistema DARC puede usarse como un complemento inalámbrico de comunicación en un sólo sentido para los servicios de difusión de información del Internet, a un bajo costo, como las noticias y los espectáculos más recientes, páginas del Web para el público en general, etc.; además de servir como un medio de

promoción de los servicios sin necesidad de establecer una comunicación en línea en todo momento, y hacer llegar los mismos a computadoras de bolsillo, fuera de línea y a hogares sin conexión vía módem.

b) **Noticias para Personas Discapacitadas:** En combinación con la prensa electrónica el DARC puede ayudar a personas con discapacidad de escritura (motriz), para hacer uso de la información recibida y ver incrementado su nivel de vida mediante la lectura con ayuda de sintetizadores de voz y sistemas Braille de texto conectados a los mensajes de la prensa electrónica; también para sintonizar diferentes páginas haciendo uso de teclados normales o con controles de voz

c) **Sistemas de Mensajes X.400:**

Estos sistemas se basan en la tecnología de "Intercambio de Información" de la empresa Microsoft, que hace uso de las " APIs " (Interfaces de Aplicación de Programas), las cuales están integradas al sistema operativo de la computadora y que permiten a los usuarios mandar mensajes a través del sistema DARC.

d) **Servicios de Posicionamiento Global Diferenciales (DGPS):**

La alta tasa de transmisión de datos de la subportadora del DARC hace posible el proveer servicios GPS avanzados, como:

1. - DGPS con altas tasas de actualización y con precisiones de  $\pm 2$  mts. mediante el uso de estaciones GPS, que sirven de referencia para compensar las correcciones de los satélites al calcular la posición de los usuarios.
2. - Servicios integrales GPS que permiten a los usuarios recibir mensajes de datos dentro de un cierto lapso de tiempo después de haberse producido algún error
3. - Servicios de posicionamiento con alta precisión ( $\pm 10$  cm) superiores a los 100m horizontales y 120m verticales actuales. Estos servicios se pueden ofrecer gracias al gran ancho de banda y a la buena relación señal/ruido de sistema DARC.

d) ***Otras Aplicaciones:***

1.- *Servicios de Información de Tráfico.-*

Los actuales servicios europeos que se basan en canales del sistema RDS/TMC pueden mejorarse con la alta capacidad de datos que ofrece la subportadora del DARC, y proveer facilidades mejoradas a las terminales de los usuarios como actualizaciones de las bases de datos cartográficas.

2.- *Actualizaciones de Discos Compactos (CD-ROMs).-*

Los servicios de prensa basados en actualizaciones de CD-ROMs empiezan a tener mucho auge y prometen ofrecer un mercado muy lucrativo, para los grupos editoriales y a empresas de programas de cómputo, que desean hacer llegar revistas, programas, y actualizaciones de noticias a los consumidores en forma rápida y eficiente.

## **C) SISTEMA PARA DATOS DE ALTA VELOCIDAD POR SUBPORTADORA EN FM ( HSDS )**

### **1) Equipo:**

#### **a) Generador de la Subportadora.**

Se utiliza un generador con tecnología DSP (Procesamiento Digital de Señales) que incluye las siguientes características:

- ◆ Un amarre en fase de los datos al tono piloto de 19 kHz con ángulo de fase ajustable.
- ◆ Una operación total redundante que incluye una conmutación automática al generador de subportadora secundario con fuente de alimentación independiente.
- ◆ Detección de interrupción de energía y apagado automático para la operación a prueba de fallas del audio.
- ◆ Un temporizador interno para apagado automático.
- ◆ Operación a control remoto.

#### **b) Módulo Completo del Receptor / Demodulador.**

Los siguientes circuitos integrados se combinan en este módulo (de 30 x 27 x 6 milímetros), el cual cuando está conectado a una antena externa, proporciona una corriente de datos síncronos de 19 kbps a los circuitos y a los procesadores del decodificador externo.

#### **c) Circuito Integrado del Receptor.**

Su función principal como receptor de FM es tomar la señal de RF captada por la antena y generar la señal de banda base de 0 a 100 kHz. Las especificaciones generales del circuito integrado (C) son:

- Sensibilidad  $< -91.5$  dBm con una invasión de la subportadora de 10%.
- 12 dB de salida de la relación subportadora a ruido.
- Un rango de frecuencia de 37.4 a 100 MHz.
- Potencia requerida de 2.1 a 3.3 volts con 18 mA como máximo.
- Temperatura de operación de 0 - 50° C.
- Un número de componentes externos de alrededor de 29.
- No se requieren realizar ajustes.

**d) Circuito Integrado del Demodulador.**

Se encarga principalmente de demodular la señal de banda base en una secuencia de datos binarios síncronos de 19 kbps, además de incluir un sintetizador para el circuito integrado del receptor, un control de bucle de sintonización para la antena y una memoria EE-PROM de 256 dígitos. Las especificaciones generales del CI son las siguientes:

- Para el Demodulador:
  - Un filtro de datos (de 32 puntos filtro FIR coseno raíz cuadrada).
  - Detección de datos de nivel variable del 5% al 20% de los niveles inyección,
  - Reloj PLL (bucle de lazo cerrado) de 19 kHz.
- Potencia requerida de 2.1 a 3.3 volts con:
  - 3.5 mA como máximo para el demodulador de datos y,
  - 1.5 mA como máximo para el sintetizador.
- Temperatura de operación de 0 - 50°C
- Un número de componentes externos de alrededor de 10.
- No se requieren realizar ajustes.

**e) Protocolo de espera / codificación del HSDS.**

También está disponible para su uso en los equipos anteriores.

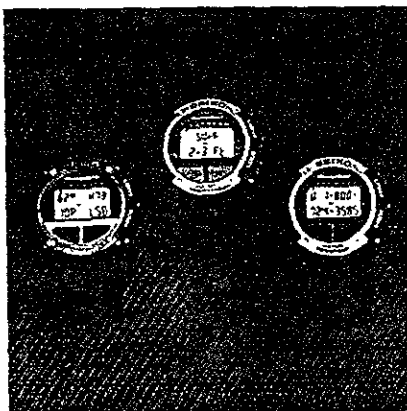


Fig. V.9 Tres modelos del reloj de pulsera para el HSDS.

## 2) Servicios y Aplicaciones:

Algunas aplicaciones que incluye el sistema HSDS son:

- a) Mensajes numéricos y estandarizados como: "Call Home, Call Office, etc."
- b) Resultados de partidos de fútbol, basquetbol, hockey, béisbol, etc.
- c) Pronósticos y reportes meteorológicos diarios.
- d) Reportes de esquí durante los meses de invierno.
- e) Índices ambientales.
- f) Información financiera diaria como: Dow Jones, New York Gold, Prime Interest, Standard & Post, etc.
- g) Números ganadores de la lotería diaria y semanal.

Actualmente, se ofrecen servicios comerciales bajo la marca ACTIVE en áreas metropolitanas como:

- a) Portland, Oregon.- Se utilizan siete radiodifusoras de FM para proveer una cobertura a 1.2 millones de personas que viven dentro de los límites del valle Willamette en Oregon.
- b) Seattle/Tacoma, Washington.- Aquí también se usan siete radiodifusoras de FM con un área de cobertura de 2.6 millones de personas.
- c) Los Ángeles, California.- En Los Ángeles, San Diego y Palm Springs, 19 radiodifusoras de FM proveen una cobertura con aproximadamente 17 millones de personas
- d) Las Vegas, Nevada.
- e) Amsterdam, Holanda.

## **D) RADIODIFUSIÓN SONORA DIGITAL ( DAB ).**

Las condiciones particulares de geografía y de asignación de áreas de cobertura de cada país requiere de distinto tipo de características de los equipos transmisores y receptores así por ejemplo , en Canadá, donde se tiene un gran número de pequeñas estaciones con grandes requerimientos de cobertura, se ha tenido que diseñar equipo de transmisión y recepción distinto (en cuanto a potencia) a los equipos utilizados en varios países europeos, donde las áreas de cobertura son muy inferiores.

Tanto Canadá como varios países europeos, están trabajando intensamente en el diseño de equipos transmisores y receptores que mejor se adapten a sus necesidades específicas; algunos desarrollan equipo para la banda "L" y otros en la III, aunque los mayores esfuerzos se están haciendo para la definición de receptores de bajo costo, alta eficiencia y fácil manejo.

### **1) Equipo:**

#### **a) Transmisores y Generadores.**

Existen diversos fabricantes de Equipo de Transmisión como:

- Eddystone GEC-Marconi and BBC
- Fraunhofer / Deutsche Telekom
- Hirschmann
- Itelco
- ITIS
- Philips (con el PDE 452)
- Rohde & Schwarz (de la serie 6000)
- Telefunken Sendertechnik
- Teracom
- Thomcast

Otras compañías fabrican otros equipos como:

- ❖ Grundig (terminales de datos como la DAB T 1001 y DAB T 1002)
- ❖ Kenwood (codificador DAB-3801)
- ❖ Orban (procesador de audio OPTIMOD-DAB 6200)
- ❖ Philips (Receptores para el monitoreo de redes DAB como el DAB 452 substituido por el DAB 752)

- ❖ Rohde & Schwarz (con equipo diverso:
  - Adaptador de red DY 001
  - Codificador MUSICAM
  - Modulador COFDM modelo MCM 01
  - Multiplexor DAB modelo DM 001 )

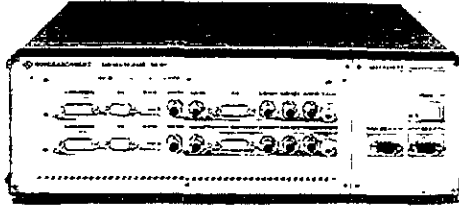


Fig. V.10 Multiplexor DAB modelo DM 001

### b) Receptores.

#### Auto-Radios:

Algunos modelos existentes pertenecen a las siguientes compañías:

- Alpine Electronics.
- Blaupunkt (con receptores en la banda L y III).
- Bosch (sus modelos más populares son:
  - 11240 Sydney RCM 128
  - 11241 Stockholm RCM 128
  - 11242 Toronto RCM 128 )
  - 11243 Sydney RCM 128 W
  - Hanover 106
- Clarion (ha desarrollado un radio/receptor completamente integrado de una sola pieza el DAB9475R)
- Delphi (su modelo más conocido es el DAB 100)
- Ford Motor Company.
- Grundig (con capacidad para decodificar simultáneamente un canal de audio y uno de datos en las bandas L y III posee modelos como el DCR 1000).
- JVC. (receptor KD-SX1500R y sintonizador KT-DB1500 ).
- Kenwood (los más conocidos KDC-PS9060R y KRC-PS959R ).
- Panasonic.
- Philips (con receptores de experimentación en la banda L y III).
- Pioneer (como el DEH-P945R).
- Sharp.
- Sony.
- Voivo.

#### Caseros de alta fidelidad:

Entre los fabricantes están:

- = Arcam (con su modelo Alpha 10)
- \* Bang & Olufsen
- = Cymbol (su modelo más conocido el C-DAB I)



- Kenwood (el AB KTC-959DAB)
  - Panasonic (con receptores bajo el logo de Technics).
  - Pioneer (el más popular es el GEX-P900DAB)
  - Sharp
  - Sony (con el XT-100 )
- WorldSpace (en asociación con compañías como: Hitachi, JVC, Panasonic y Sanyo).

### Radios Portátiles:

Algunos de los más representativos son:

- ◆ El DABman y el MiniDAB de Bosch.- que ofrece recepción en las bandas L y III, y su uso es muy sencillo ya que posee pocos botones frontales y una pantalla de cristal líquido.

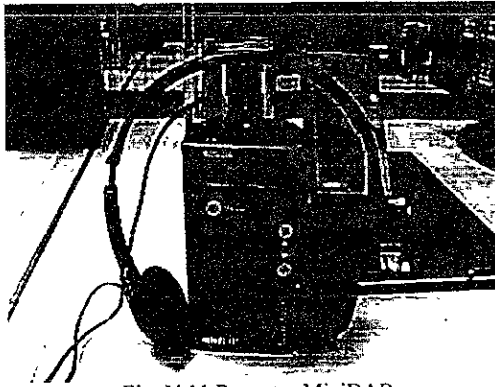


Fig. V.11 Receptor MiniDAB

- ◆ El DCR 200 DAB de Grundig.
- ◆ El MiniDisc de Sharp.
- ◆ WorldSpace (con un costo entre \$130 y \$150 dls., además de recibir la programación vía satélite, se pueden recibir transmisiones de onda corta, AM y FM con el mismo receptor portátil).

### c) Conjuntos de Circuitos Integrados y de Chips.

Han sido desarrollados receptores de un solo chip como los realizados en común por Hitachi y Roke Manor llamados GoldCARD.

También elaboran circuitos integrados las compañías:

- Intermetall
- JESSI
- Philips (con el SAA3500 que substituye al Fadic123 & Sivic para la demodulación y decodificación)
- Radioscape (con el modelo RSD5011-A DAB que es un procesador en banda base)

Finalmente el componente principal de los receptores WorldSpace es un conjunto especial de circuitos integrados "STARMAN", que demodulan y descomprimen las transmisiones, que son producidos por las compañías SGS Thomson y ITT Intermetall y serán incorporados en la primera generación de receptores satelitales.

#### d) Radios en Tarjetas Insertables para Computadoras Personales.

Los más conocidos son fabricados por las siguientes compañías:

##### La DAB PCMCIA de Bosch:

Fue presentada por primera vez a mediados de 1998 y además de expandir las posibilidades de recepción inalámbrica de las PC's, permitiéndole grabar los canales de audio directamente al disco duro en formato MPEG para su uso posterior. También resulta útil a los proveedores de servicios para ofrecer información como:

- Periódicos y otras publicaciones periódicas.
- Datos financieros como cotizaciones de la bolsa y tasas de interés.
- Anuncios publicitarios
- Páginas de Internet, etc.

Bosch también desarrollará computadoras portátiles y asistentes personales digitales con tarjetas DAB PCMCIA (conocidas como pc-card) como parte de sus productos futuros.

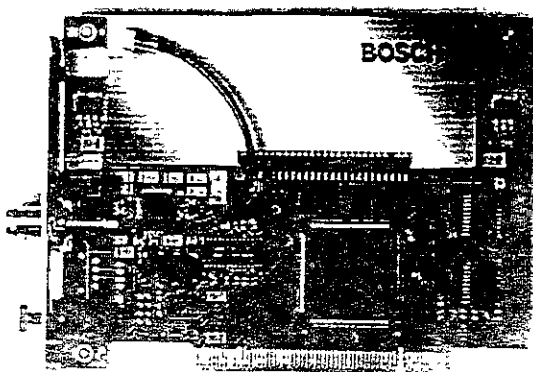


Fig. V.12 Tarjeta insertable PCMCIA.

El Sistema de Red para Audio de Sharp.

Está disponible desde mediados de 1998 y posee las interfaces necesarias para conectarse a una computadora personal aparte de ofrecer otras posibilidades de recepción como Dat y minidisco.

La Pc-Card de RadioScape.

La TT DAB PCI de Techno Trend.

**e) Software de Decodificación para PC's.**

Una pequeña compañía británica de software, RadioScape, ha desarrollado un software completo que utiliza un chip Pentium Intel estándar para PC (el RSR4001 DAB) para decodificar la señal DAB, en lugar de circuitos integrados específicamente diseñados para el DAB. Esto abre la posibilidad de tener una amplia gama de aplicaciones multimedia que se podrían poner en práctica mediante software, disponibles para los receptores.

## 2) Servicios y Aplicaciones:

La tecnología digital permite la combinación de múltiples servicios distintos dentro de un mismo flujo de información binaria; así el audio digitalizado puede combinarse con otros datos, ya sea que estén relacionados con la información de audio o no, creándose un flujo de información digital que puede incluir imágenes, audio, texto, datos (como programas de cómputo) e incluso video.

Existen básicamente tres tipos de información:

a) Programas de audio.

b) Información asociada a los programas de audio. – que puede incluir: el nombre de la pieza musical, su autor, su intérprete, la letra de la canción, etc.

c) Información relacionada a servicios independientes de los programas de audio. - incluye servicios como radiolocalización de personas, periódico electrónico, ayuda sobre el estado del tráfico vehicular en la región, estado del tiempo y cápsulas informativas. Estos servicios pueden o no ser gratuitos como en el sistema Eureka 147 que tiene la capacidad de acceso condicional para que sólo determinados receptores puedan decodificar cierta información.

Gran parte de la discusión sobre los servicios de información independientes del programa de audio se centra en la cantidad de servicios que debieran ofrecerse, en comparación con la información de audio de los sistemas DAB, ya que algunos radiodifusores quisieran explotar al máximo la capacidad de transmisión de datos asociada mientras que otros, se oponen a su uso indiscriminado al considerar que el sentido fundamental de la DAB es la "radiodifusión sonora"

### 3) Mercado.

Tanto en Europa como en América del Norte se han realizado estudios de aceptación de la DAB cuyo propósito ha sido el de detectar cuales son las principales necesidades de los usuarios para determinar que características deberá tener el servicio en general y los aparatos receptores en particular. La gran gama de servicios de entretenimiento e información que están ahora disponibles, requiere que el servicio de DAB tenga características particulares que lo hagan atractivo para los usuarios finales.

Los estudios que se han realizado incluyen cuestionamientos sobre la forma de introducción de los receptores; el tipo de servicios adicionales a la radio que el sistema proveerá, tanto información relacionada al programa de audio como servicios independientes de datos; definición de características de los receptores para lograr un adecuado balance entre capacidades y costos; disponibilidad de equipos receptores; definición de áreas de cobertura, y efecto en la apreciación del audio utilizando distintas tasas de transmisión.

Otro de los aspectos que preocupan en cuanto a la introducción de la DAB es la transmisión simultánea de los actuales servicios de AM y FM con la DAB. Durante un período de transición, los radiodifusores deberán transmitir ambas señales (analógica: AM o FM y digital: DAB) con la información; este proceso requiere de grandes inversiones, y al menos durante una primera etapa, implica pérdidas ya que no habrá suficientes usuarios para la DAB.

Desde el punto de vista de los fabricantes de equipos receptores, el éxito de la DAB está fuertemente ligado a la disponibilidad estos equipos; ya que los fabricantes estarán dispuestos a apoyar la producción masiva de receptores sólo hasta estar convencidos del éxito de la DAB.

En México la empresa Multiradio Digital, propiedad del empresario Joaquín Vargas de MVS Comunicaciones, ofrece un servicio de radio digital por suscripción desde hace algunos años.

## VI.- CONCLUSIONES.

A pesar de que la realización del presente trabajo no fue fácil, ya que requirió de la consulta de muchas fuentes de información, no sólo bibliográficas (libros, revistas, periódicos, pero sobre todo el Internet), sino también algunas citas personales, no dejó de ser apasionante el poder adentrarse cada vez más en el mundo de la radiodifusión sonora analógica-digital, y el darse cuenta del gran potencial que ofrecen las tecnologías de transmisión de datos en la banda de FM a los radiodifusores y al público receptor.

Como se mostró, las posibilidades tecnológicas de la radio son muy amplias ya que este medio de comunicación además de transmitir música y programación hablada puede proporcionar servicios agregados como datos a bajas, medianas y altas velocidades, música continua y hasta información personalizada.

Este trabajo surgió precisamente a partir de una inquietud por darle un mejor uso a estas posibilidades radiofónicas para ofrecer sus beneficios de una manera económica, al mayor número de personas posible.

Desde el punto de vista técnico, después de examinarse las características de algunas tecnologías existentes para la transmisión digital de datos, se puede concluir que éstas ofrecen capacidades similares a aquéllas dadas por la propuesta DAB de los llamados sistemas en banda (IBOC), mientras mantienen conformidad con las regulaciones de radiodifusión actuales en términos de eficiencia en ancho de banda, rango de recepción e implementación práctica y su aplicabilidad en la radiodifusión sonora digital (DAB), en la diseminación de datos a través de los sistemas de alta velocidad por subportadora.

La principal diferencia en estos sistemas está en las técnicas de modulación y en sus estrategias para combatir los desvanecimientos por multitrayectorias y otros aspectos de la propagación en ambientes móviles.

En primer lugar por los formatos complejos de codificación y de modulación que utilizan los sistemas DARC y STIC; y por las técnicas de diversidad de tiempo y frecuencia usados por el HSDS.

Después de determinar la infraestructura necesaria y de comparar los precios de receptores actuales, que pueden ser portátiles, caseros o para autos, de la información adicional que será transmitida por las estaciones de FM en la región de subportadora, se puede establecer que sí resulta técnica y económicamente viable la implementación de las tecnologías propuestas, sin embargo, aún falta establecer un marco legal claro y preciso que esté de acuerdo a los intereses de todas las partes en cuestión. el cual no está lejos de conseguirse.

De esta manera, entre las causas que han impedido la implementación de las tecnologías de transmisión de datos en FM (empleo de subportadoras múltiplex) en México están las siguientes:

- Unas reglas del juego claras respecto a la necesidad de tener y/o solicitar una nueva concesión para ofrecer los servicios que pueden ser vistos de valor agregado como la radiolocalización, al considerarse una competencia desleal para empresas dedicadas exclusivamente a ofrecer alguno de los servicios antes mencionados.
- La estructura operativa de las estaciones y cadenas radiodifusoras es de carácter más local en comparación con otros países como E.U.A., debido a las condiciones geográficas, a la historia de la radiodifusión sonora misma, al número de estaciones y por consiguiente a la complejidad de los lineamientos jurídicos necesarios para operar las propias estaciones.

Si los radiodifusores logran obtener una posición en el nuevo espectro y si la DAB se comporta como se espera en transmisiones terrestres, podría ser una oportunidad para mejorar la calidad del servicio de radiodifusión sonora pública, algo que es inalcanzable para las bandas de AM y FM en la actualidad.

Es importante mencionar que, a diferencia de lo que ocurre en la mayoría de los países americanos. en Europa la radiodifusión tiene una participación estatal muy importante y, en algunos casos, está financiada y dirigida principalmente por el estado. Particularmente, el hecho de que en México la industria de radiodifusión esté fundamentalmente en manos privadas hace más difícil la transición entre la tecnología analógica y la digital debido a la consecuente conciliación de intereses.

Por lo tanto el futuro de las tecnologías de transmisión de datos en FM en nuestro país, dependerá de las decisiones que tomen las autoridades de la SCT y de los propios radiodifusores respecto a qué sistema utilizar, y si realmente están interesados en ofrecer servicios de mayor calidad (al ser digitales) al público mexicano con receptores al alcance de sus condiciones económicas.

Finalmente es importante señalar que en el futuro los servicios de datos que ofrecen los sistemas y/o tecnologías vistas en este trabajo de tesis se verán complementados y competirán, por cierto tiempo, en algunas partes del mercado con los servicios ofrecidos por los canales de la DAB, sin embargo, tarde o temprano serán sustituidos por éstos últimos.



## VII.- GLOSARIO.

**ADJUDICACION.-** Provisión para el uso de un canal específico identificado con una población en particular.

**ALTURA DEL CENTRO DE RADIACIÓN DE LA ANTENA SOBRE EL TERRENO PROMEDIO.-** La altura del centro de radiación de la antena sobre el nivel del mar menos el promedio de las alturas de terreno sobre el nivel del mar, situado entre 3 y 16 Km. a partir de la misma para ocho direcciones espaciadas igualmente cada 45° de acimut, comenzando con el norte verdadero.

Cuando se emplee otra polarización diferente a la horizontal, la altura del centro de radiación de la antena estará basada en la altura del centro eléctrico de radiación de la antena que transmite la componente horizontal de radiación.

**ÁREA DE SERVICIO.-** Es el área del terreno que cubre una estación con una intensidad de campo suficiente para proporcionar el servicio de radiodifusión.

**ASIGNACIÓN.-** Uso autorizado de una adjudicación por una estación existente.

**CANAL DE RADIODIFUSIÓN EN MODULACIÓN DE FRECUENCIA.-** Parte del espectro igual a la anchura de banda para estaciones de radiodifusión sonora de M.F., que se caracteriza por el valor nominal de la frecuencia portadora situada en el centro de dicha parte del espectro.

**CANAL PRINCIPAL.-** La banda de frecuencia de 50 a 15000 Hz que modula en frecuencia a la portadora principal.

**CANAL ESTEREOFÓNICO DERECHO (IZQUIERDO). -** La señal derecha (izquierda) reproducida eléctricamente en la recepción de una transmisión estereofónica modulada en frecuencia.

**CONTORNOS DE INTENSIDAD DE CAMPO.-** En la autorización de una estación de radiodifusión sonora de F.M., se consideran dos contornos de intensidad de campo eléctrico. Estos contornos se especifican con los valores de 500 y 1000  $\mu\text{V}/\text{m}$ , e indican aproximadamente una área cubierta sobre el terreno promedio, en ausencia de interferencia de parte de otras estaciones de la misma clase.

En las condiciones reales, las verdaderas áreas cubiertas pueden variar grandemente de las estimadas, debido a que el terreno en una determinada trayectoria puede ser diferente al terreno promedio que se consideró al trazar las gráficas de intensidad de campo eléctrico. .

**DESVIACIÓN DE FRECUENCIA.-** La desviación instantánea de la frecuencia portadora a causa de la modulación

**ESTACIÓN.-** Uno o más transmisores, incluyendo las instalaciones accesorias, necesarias para asegurar un servicio de radiodifusión en un lugar determinado.

**PORCENTAJE DE MODULACIÓN.**- Es la razón de la oscilación real de la frecuencia a la oscilación de frecuencia definida como el 100% de modulación a una oscilación de frecuencia de  $\pm 75$  kHz

**POTENCIA EFECTIVA RADIADA.**- El producto de la potencia de entrada a la antena y la ganancia en potencia de antena. Este producto debe ser expresado en KW y en dB con relación a 1 KW (dBK). (Si se especifica para una dirección en particular, la potencia efectiva radiada estará basada en la ganancia en potencia en esa dirección solamente). La potencia efectiva radiada autorizada está basada sobre el promedio de la ganancia en potencia de antena para cada dirección en el plano horizontal.

**POTENCIA RADIADA APARENTE.**- La potencia suministrada a la antena, multiplicada por la ganancia relativa de la antena, en una dirección dada.

**RADIODIFUSIÓN DE LA BANDA DE 88 A 108 MHZ.**- Servicio de radiodifusión que se desarrolla en esta porción de la banda cuyas emisiones están destinadas a la recepción directa por el público en general.

**RADIACIÓN NO ESENCIAL.**- Radiación en una frecuencia o frecuencias situadas fuera de la banda de  $\pm 100$  kHz a cada lado de la frecuencia central, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las radiaciones armónicas, las radiaciones parásitas y los productos de intermodulación están comprendidos en las radiaciones no esenciales, pero no las radiaciones en la proximidad inmediata de los límites de la banda necesaria resultante del proceso de modulación requerido para la transmisión de la información.

**RADIODIFUSIÓN ESTEREOFÓNICA EN MODULACIÓN DE FRECUENCIA.**- La transmisión de un programa estereofónico por una estación, empleando el canal principal y un subcanal estereofónico; esta transmisión permite la recepción compatible en los receptores monofónicos.

**SEÑAL DERECHA (IZQUIERDA).** - La salida eléctrica de un micrófono o combinación de micrófonos, situados de tal manera que transmita la frecuencia, tiempo, fase y nivel de los sonidos originados predominantemente a la derecha (izquierda) de los radioescuchas situados al centro del área de ejecución.

**SEPARACIÓN ESTEREOFÓNICA.**- La razón de la señal eléctrica causada en el canal derecho (izquierdo) a la señal eléctrica causada en el canal izquierdo (derecho), debido a la transmisión de una señal sólo en el canal derecho (izquierdo).

**SUBCANAL ESTEREOFÓNICO.**- La banda de frecuencia de 23 a 99 kHz que contiene la subportadora estereofónica y sus bandas laterales asociadas.

**SUBPORTADORA MULTIPLEX.**- La banda de frecuencia de 20 a 99 kHz, en la que se pueden utilizar subportadoras múltiplex subordinadas al canal principal.

- **DARASTAT.**- Sistema Fijo de Datos vía Radio.
- **DARC.**- Sistema de Datos Vía el Canal de Radio.
- **DARS.**- Servicio de Audio Digital Vía Radio.
- **DBS.**- Radiodifusión Directa vía Satélite
- **DDS.**- Sintetizador Digital Directo.
- **DGPS.**- Sistema de Posicionamiento Global Diferencial.
- **DI.**- Información del Decodificador.
- **DN.**- Red de Distribución.
- **DSB.**- Doble Banda Lateral.
- **DSP.**- Procesador Digital de Señal.
- **DSR.**- Radio Digital vía Satélite.
- **DRIVE.**- Infraestructura de Caminos Dedicada para la Seguridad de Vehículos en Europa.
- **EAS.**- Sistema de Emergencia y Alertas.
- **EBU.**- Unión Europea de Radiodifusión.
- **EC.**- Comunidad Europea.
- **ECC.**- Código de Corrección de Errores.
- **EIA.**- Asociación de Industrias en Electrónica.
- **EON.**- Información Mejorada sobre Otras Redes.
- **EPP.**- Protocolo Mejorado de Radiolocalización.
- **ERMES.**- Sistema Europeo de Mensajes Vía Radio.
- **ETSI.**- Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones.
- **EWS.**- Sistema de Avisos de Emergencia.
- **FCC.**- Comisión Federal de Telecomunicaciones.
- **FDM.**- Multiplexaje por División de Frecuencia.
- **FDMA.**- Acceso Múltiple por División de Frecuencia.
- **FFSK.**- Modulación por Corrimiento Rápido en Frecuencia.
- **FFT.**- Transformada Rápida de Fourier.
- **FIC.**- Canal de Información Rápida.
- **FLEX.**- Protocolo para radiolocalización de Motorola.
- **FM.**- Modulación de Frecuencia.
- **FMSS.**- Sistema en FM para Servicio de Información por Subportadora.

- **OEM.-** Productor de Equipo Original.
- **OFDM.-** Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal.
- **OMC.-** Centro de Mantenimiento Operacional.
- **ON.-** Otras Redes.
- **OSI.-** Interconexión para Sistemas Abiertos.
- **PAC.-** Codificador Perceptual de Audio.
- **PAD.-** Datos Asociados al Programa.
- **PCM.-** Modulación por Pulsos Codificados.
- **PCN.-** Red de Comunicaciones Personales.
- **PCS.-** Servicios de Comunicación Personal.
- **PI.-** Código de Identificación de Programa.
- **PIN.-** Número de Programa.
- **PN.-** Ruido Aleatorio.
- **POCSAG.-** Grupo Consultivo de la Oficina de Correos para Normalización de Códigos.
- **PS.-** Nombre del Servicio de Programa
- **PSK.-** Modulación por Corrimiento de Fase.
- **PTY.-** Tipo de Programa.
- **QAM.-** Modulación por Amplitud en Cuadratura.
- **QPSK.-** Modulación en Cuadratura por Desplazamiento en Fase.
- **RACE.-** Desarrollo de Investigación en Tecnologías Avanzadas de Comunicaciones en Europa.
- **RBDS.-** Sistema de Datos Vía Radiodifusión.
- **RDS.-** Sistema de Datos Vía Radio.
- **RF.-** Frecuencia de Radio.
- **RP.-** Radiolocalización.
- **RT.-** Radiotexto.
- **SCA.-** Autorización Subsidiaria de Comunicaciones.
- **SCS.-** Servicio Subsidiario de Comunicaciones.
- **SDLC.-** Control Síncrono de Enlace de Datos
- **SPS.-** Servidor Proveedor del Servicio.
- **SSB.-** Banda Lateral Simple.

**VIII.- APÉNDICES.**

**A) ESTUDIOS DE MERCADO DE LA RADIO.**

**B) SISTEMA DE DATOS EN AM (AMDS).**

**C) SEÑALIZACIÓN DUOBINARIA.**

1) Esquemas de Codificación.

**D) MUSICAM.**

**E) COFDM.**

**Audiencia en Automóviles.**

	TOTAL	A/B	C	D
Número de vehículos	2 692 000	835 mil	1 238 000	619 000
Porcentaje de vehículos	100%	31%	46%	23%
Porcentaje de vehículos con Radio	85%	91%	84%	80%
Promedio de viajes al día	2.58	2.94	2.61	2.14
Tiempo total (en horas) de viajes al día	1:45	2:04	1:45	1:25
Horas promedio de exposición a la Radio	1:35	1:40	1:32	*
Tiempo de escuchar el Radio en relación al tiempo total de viaje en auto	81%	78%	81%	*
Auditorio potencial (viajero en auto)	5,385 000	1,602 000	2,638 000	1,145 000
Auditorio potencial (viajero en vehículo con Radio)	4,590 000	1,458 000	2,216 000	916 000
Audiencia real (viajeros que escuchan Radio)	3,361 000	1,218 000	1,662 000	481 000

Tabla VIII.1 Resultados del estudio para la audiencia en automóviles.

**Audiencia de Taxis, Colectivos y Transporte de Carga**

	TAXIS	COLECTIVOS	CARGA
Número de vehículos (en miles)	87	27	195
Porcentaje de vehículos	26%	9%	63 %
Porcentaje de vehículos con Radio	86%	83%	69%
Número de viajes promedio	3.8	7.2	10.3
Horas promedio de trabajo	10:11	10:14	9:13
Horas promedio de exposición a la Radio	6:44	7:06	4:00
Tiempo que escucha Radio en relación al tiempo total de viaje en auto	67%	70%	46%
Auditorio potencial (viajero en Vehículo en miles)	154		347
Auditorio Potencial (viajero en vehículo con Radio en miles)	132		239
Audiencia Real (viajeros que escucharon Radio en miles)	127		204

Tabla VIII.2 Resultados del estudio para la audiencia de taxis, colectivos y transporte de carga.

Por otra parte, el mercado publicitario de mega campañas como las AFORES, las telefónicas y las elecciones políticas han producido grandes ganancias. Es destacable de la información disponible, proporcionada por Nielsen, que las estaciones de Amplitud Modulada hayan captado mayor porcentaje de publicidad que la FM por más de diez puntos; que los veinte principales anunciantes de la radio contrataron poco más de 40% del total invertido en el semestre y, por último, que dentro de esos top twenty, se encuentren, nuevamente, Comercial Mexicana, los tres principales partidos políticos mexicanos junto con el IFE, la CORSAR, bancos y, por supuesto, las compañías telefónicas.

APENDICES

EQUIPAMIENTO TECNOLÓGICO EN EL HOGAR				
(Según Nivel Socioeconómico)				
			Medio	Bajo
Televisión blanco y negro	54.30%	47.90%	54.30%	55.40%
Televisión a color	87.10%	95.80%	91.10%	82.70%
Videocasetera	64.20%	83.40%	70.60%	56.40%
Video juegos	27.00%	44.40%	31.30%	21.00%
Cámara de video	11.40%	33.90%	12.70%	6.70%
Cámara instantánea	34.60%	58.80%	40.10%	26.70%
Cámara fotográfica	63.30%	84.00%	72.60%	53.20%
Antena parabólica	3.40%	12.10%	3.20%	2.10%
Radio grabadora	58.10%	77.00%	64.20%	50.60%
<del>Modular o estéreo en casa</del>	<del>68.20%</del>	<del>85.50%</del>	<del>76.30%</del>	<del>59.50%</del>
Reproductor de discos compactos	30.80%	60.60%	34.70%	23.10%
Computadora personal	7.70%	29.50%	8.50%	3.60%
Fax	2.20%	10.20%	2.20%	0.80%
Teléfono	51.30%	90.40%	62.60%	36.80%
<b>Total</b>	<b>3331</b>	<b>648</b>	<b>1353</b>	<b>1330</b>
<b>Proyección</b>	<b>8621</b>	<b>765</b>	<b>3269</b>	<b>4587</b>

Tabla VIII.4 Porcentajes de posesión de diferentes electrodomésticos 2.

Fuente: La Cultura en México I. Cifras Clave. Jorge A. González y Ma. Guadalupe Chávez. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Universidad de Colima. 1997.

Audiencia de la Radio Metropolitana del D.F. (Porcentaje)				
	1980	1985	1990	1995
FM	23	35.1	55.5	68.5
AM	77	64.9	44.5	31.5

Audiencia de la Radio Area Metropolitana del D.F. (Porcentaje- Febrero)			
	1995	1996	1997
FM	71.2	73.6	76.7
AM	28.8	26.4	23.3

Tablas VIII.5 Y 6 Porcentajes de audiencia de la Radio Metropolitana en el D.F.

Fuente: Nielsen de Radio. Lunes a domingo de la población de 13 años en adelante

### 1.2 Compatibilidad con otros programas en canales adyacentes

Las relaciones de protección usadas en la planeación no deberían afectarse; como por ejemplo, las señales de datos no deben causar interferencia adicional a la señal del programa de audio.

### *2. Confiabilidad de la Recepción de Datos:*

El área dentro de la cual la señal de datos puede recibirse confiablemente, debería ser tan grande como aquella dentro de la cual se provee el servicio del canal principal mediante propagación por ondas de cielo y terrestres.

### *3. Aplicaciones:*

Debido a la tasa de datos baja disponible en el AMDS, no será factible soportar simultáneamente muchas de sus aplicaciones.

Se espera que una gran porción de la capacidad de transmisión de datos se utilizará para características relacionadas con funciones de sintonización automática o asistida. Estas características se denominan " Primarias ", otras se llaman " Secundarias " y pueden ser introducidas para satisfacer las necesidades de radiodifusores individuales.

#### A) Primarias:

- 1.- Código de Identificación de Programa (PI) incluyendo:
  - código de país único para cada país de la UIT;
  - código de lenguaje único.
- 2.- Lista de Frecuencias Alternas (AF's) (el núm. necesario de frecuencias alternativas está todavía bajo consideración).
- 3.- Nombre del Servicio de Programa (PS): comprende al menos 4 caracteres alfanuméricos y será desplegable.
- 4.- Identificación del Programa de Tráfico (TP) e Identificación del Anuncio de Tráfico (TA).

#### B) Secundarias:

- 1.- Tiempo-Hora (CT) y Fecha (UTC y MJD).
- 2.- Número de Parte de Programa (PIN).
- 3.- Código de Identificación del Decodificador (DI).
- 4.- Código del Tipo de Programa (PTY).



### C) SEÑALIZACIÓN DUOBINARIA.

Este esquema, propuesto por A. Lender, es ternario como la señalización bipolar, pero su ancho de banda es sólo la mitad de esta última. Aquí se transmite un 0 por ausencia de pulso y un 1 mediante un pulso  $p(t)$  o  $-p(t)$ , dependiendo de la polaridad del pulso anterior y del número de 0's entre ellos. La regla es como sigue: 1 se codifica mediante el mismo pulso que se usó para codificar el 1 que le precede si los dos 1's se encuentran separados por un número par de 0's; de otra forma, se codifica mediante el negativo del pulso que se usó para codificar el 1 anterior. La figura siguiente muestra un ejemplo de esta codificación

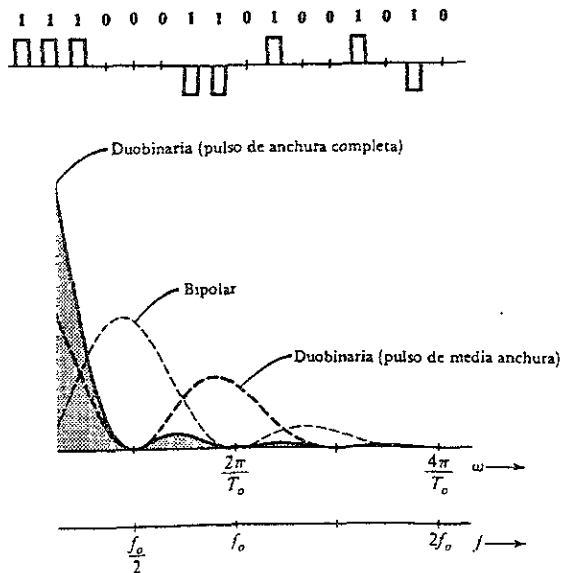


Figura VIII.1 DEP de señales duobinarias (normalizadas para potencias iguales)

Al igual que una señal bipolar, una duobinaria no es transparente ya que la temporización puede extraerse al rectificar la señal, y al igual que una bipolar, sufre de una desventaja de 3 dB en potencia en comparación con la polar. También tiene capacidad de detección de errores, debido a que la recepción correcta implica que entre pulsos sucesivos de misma polaridad debe ocurrir un número par de ceros, y entre pulsos sucesivos de polaridad opuesta un número impar de ceros

## 1) Esquemas de Codificación.

Entre los esquemas de codificación mencionados en éste trabajo están los siguientes:

**Codificación Diferencial.-** Técnica de codificación digital en la que un valor binario (0 o 1) se denota por un cambio o transición de señal más que por un nivel particular de la misma, y en el otro valor no se lleva a cabo un cambio.

En éste esquema la información binaria original se recupera muestreando la onda recibida y comparando la polaridad de las muestras adyacentes para establecer si ha ocurrido o no una transición.

**Codificación Bifase.-** Esquema de codificación bipolar donde se incluye la información del reloj que se obtiene del flujo de datos sincrónico sin necesidad de señales extras de reloj. Los cambios de señal ocurren durante la primera mitad del tiempo del bit, sin retorno a cero y con polaridades opuestas.

Los dos tipos de codificación bifase que se utilizan normalmente son: **Manchester y Manchester Diferencial.**

- a) **Codificación Manchester o de Fase Dividida.-** Esquema de codificación digital en el que se emplea una transición durante el bit para tener señal de reloj, donde una transición a alto (de 0 a 1) durante la primera mitad del tiempo del bit denota un "uno" y un cambio de (1 a 0) denota un "cero". Se elimina la componente de corriente directa CD y presenta componentes de baja frecuencia insignificantes.
- b) **Codificación Diferencial de Manchester.-** Esquema de codificación digital en el que se emplea una transición durante el bit para tener señal de reloj, donde una transición al inicio del tiempo del bit de cada bit denota un "cero" y sin transición para indicar un "uno"

## E) COFDM.

### **COFDM (Multiplexaje por División de Frecuencia Ortogonal Codificado).** -

Es un esquema de modulación y codificación que asegura que las señales se reciban en forma confiable y robusta aún en condiciones de alta interferencia.

Mediante el uso de una expresión matemática precisa, la señal MUSICAM se divide a través de 1536 frecuencias de portadora diferentes y también en el tiempo, asegurando que el receptor sea capaz de recobrar la señal de audio original a pesar de que algunas frecuencias de portadora se vean afectadas por la interferencia o la señal misma por un período de tiempo. Esto permite funcionar a los sistemas DAB haciendo uso de propagaciones por multitrayectoria en forma benéfica, a diferencia de las tecnologías en FM tradicionales.

En la radiodifusión, las señales transmitidas son reflejadas o difractadas por edificios u obstáculos y llegan a los receptores desde varias direcciones, con retrasos y atenuaciones diferentes; a este fenómeno se le conoce como "Propagación Multitrayectoria", que en las transmisiones digitales genera una distorsión de señal llamada "Interferencia Intersimbólica" (ISI), la cual en el dominio del tiempo, hace que se sobrepongan los símbolos transmitidos y en el dominio de la frecuencia, el fenómeno llamado " desvanecimiento selectivo de frecuencia", hace que se dispersen partes del espectro de la señal. La duración de la ISI depende del retraso de dispersión de la multitrayectoria que a su vez depende de la ubicación geográfica y de condiciones atmosféricas del área donde se propagan las señales a transmitir. Cuando el receptor está en movimiento, existe un aparente corrimiento en todas las componentes de frecuencia de las señales recibidas, debido al efecto Doppler.

COFDM fue diseñado específicamente para la radiodifusión digital terrestre o por satélite a receptores portátiles fijos o en vehículos, y tiene tres características importantes que permiten lidiar con la selectividad en tiempo y frecuencia de los canales móviles que son.

#### 1. - Modulación Multiportadora en Banda Ancha. -

A partir de una codificación adecuada se minimiza el efecto del desvanecimiento de frecuencia selectiva; además, la información digital que se desea transmitir se divide en muchas portadoras individuales de banda angosta con

Los parámetros del COFDM pueden configurarse para permitir transmisiones en frecuencia de radio (RF) desde los 50 MHz a los 3 GHz, así para 1.5 GHz los valores de los mismos son:

PARAMETRO	VALOR
Ancho de Banda Nominal	1.536 MHz
Modulación	DQPSK
Demodulación	Diferencial
Código Convolutacional	De tasa variable y longitud k=7
Multiplexaje en Tiempo	384 ms
Multiplexaje en Frecuencia	1.536 MHz

Tabla VIII.9 Parámetros principales del COFDM.

Existen cuatro modos de transmisión COFDM disponibles para RF, de tres de ellos pueden resumirse sus principales características en la siguiente tabla:

Característica	Modo II	Modo III	Modo IV
# de símbolos/trama	77	154	77
#de subportadoras/símbolo	384	192	768
Duración total del símbolo	312	156	623
Duración útil del símbolo	250	125	500
Duración del Intervalo de Guardia	62	31	123
Duración de la Trama	24	24	48

Tabla VIII.10 Características de los modos de operación.

**OFDM.-** Se trata de un esquema de multiportadora que cumple con los requerimientos de una tasa de bits alta para la radiodifusión digital a receptores móviles, portátiles y fijos. Se pueden transmitir entre 3 y 54 canales de audio (dependiendo de la tasa de transmisión de cada canal) más datos en una sola portadora digital, ocupando un ancho de banda de 1.536 MHz.

Su principio de funcionamiento comienza con la información antes de ser transmitida, la cual se divide en un gran número de canales de bits, con tasas de bits bajas, que modulan a portadoras ortogonales individuales usando 4PSK. Estas portadoras se pueden generar mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) y a un grupo de ellas se le denomina "bloque DAB" o "múltiple" que se puede utilizar para llevar simultáneamente varios servicios en 2.3 Mbits, como datos, audio y sistemas de protección contra errores que se forman con un encabezado de código. Con la propagación multitrayectoria, algunas de las portadoras se amplifican y otras sufren interferencia destructiva (desvanecimiento selectivo de frecuencia)

---

## IX.- BIBLIOGRAFÍA.

### A) LIBROS, REVISTAS Y PERIODICOS.

- Advanced Digital Audio.  
Ken C. Pohlmann. Ed. Sams. 1993.
- Auto-Radio.  
Raoul Hebert. Ed Paraninfo. 1992.
- Comunicación Electrónica.  
Temes Lloyd. Ed. Mc. Graw Hill. 1985.
- Introduction to Digital Mobile Communication.  
Yoshihiko Akaiwa. John Willey & Sons, Inc. , 1997.
- La Radio. Presente y Futuro.  
Ramiro Garza. EDAMEX. 1996.
- Los Servicios de Telecomunicaciones. Redes, aplicaciones y costos.  
Carballar Falcón José A. Ed. RA-MA. 1993.
- Mobile Information Systems.  
Walker John. Ed. Artech House. 1990.
- ¡ Qué onda con la Radio !  
Romero Figueroa. Longman de México Editores. 1996.
- RDS: The Radio Data System.  
Dietmar Kopitz y Bev Marks. Artech House. 1999.
- Sistemas de Comunicación.  
B.P. Lathi. Nueva Editorial Interamericana. 1986.
- Sistemas de Comunicación Móvil.  
Lara Rodríguez Domingo y otros. Ediciones Alfa Omega. 1992.
- Telecomunicaciones Móviles.  
Rey Eugenio. Serie: Mundo Electrónico. Grupo Editor Alfa Omega. 1995.
- Telecommunications Technology Handbook.  
Minoli Daniel. Ed. Artech House. 1991.
- " Terrestrial Coverage Considerations for DAB Systems"  
IEEE Transactions on Broadcasting, Vol. 36, No. 4, Diciembre de 1990

**B) DIRECCIONES DE INTERNET.**

Páginas de Foros y de los sistemas en FM:

- <http://www.rds.org.uk>
- <http://www.darc-forum.com>
- <http://www.messagewatch.com>
- <http://www.worlddab.org>
- <http://www.usadr.com>

Proveedores de equipo:

- <http://www.crisystems.com>
- <http://www.audemat.com>
- <http://www.aztec.fr>
- <http://www.irius-technologies.com>
- <http://www.sectra.se>
- <http://www.digitaldj.com>
- <http://www.info-realite.fr>
- <http://www.oki-europe.de>
- <http://www.dgps.com>
- <http://www.rfspec.com>
- <http://www.inventel.com>
- <http://www.info-telecom.com>
- <http://www.arcam.co.uk>
- <http://www.bosch.de>
- <http://www.worldspace.com>
- <http://www.clarion.com>
- <http://www.Cymbol.com>
- <http://www.kenwoodcorp.com>
- <http://www.jvc.com>
- <http://www.panasonic.com>
- <http://www.pioneer-eur.com>
- <http://www.Radioscape.com>
- <http://www.sony.com>
- <http://www.technics.com>
- <http://www.rsd.de>
- <http://www.sv.philips.com/dab>
- <http://www.factel.se>
- [http://www.itis.fr/dab/frame\\_da.htm](http://www.itis.fr/dab/frame_da.htm)

Otras ligas:

- <http://www.cft.gob.mx>
- <http://www.itu.int>
- <http://www.nab.org>
- <http://www.ebu.ch>
- <http://www.eia.org>
- <http://www.dlr.de>
- <http://www.magi.com/~moted/dr>
- <http://www.cemacity.org>
- <http://www.dungeon.com/~start/rds.html>
- <http://www.rds-tmc.com>
- <http://www.rbds.com>
- <http://www.dgt.es>