

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

DISTRIBUCIÓN DE SEÑALES DE AUDIO POR
SATÉLITE UTILIZANDO EL MÉTODO
DE ACCESO SCPC

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE
INGENIERIA EN LA ESPECIALIDAD DE ELECTRONICA Y
TELECOMUNICACIONES

LORENA SOFIA CARVAJAL GUERRA.

QUITO, ENERO 1996

CERTIFICACION

Certifico, esta tesis ha sido desarrollada
en su totalidad por la señorita
Lorena Sofía Carvajal Guerra

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Carlos Egas A.', written over a horizontal line.

Ing. Carlos Egas A.
DIRECTOR DE TESIS

Quito, enero de 1996

A mis padres,
que con amor incomparable
me han dedicado su vida

CONTENIDO

CAPÍTULO I: INTRODUCCION

<u>1. GENERALIDADES</u>	<u>2</u>
1.1 ORIGEN DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE	2
1.2 LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE	4
1.3 DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE	5
1.4 OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD	7
1.5 CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE LOS SATÉLITES	7
1.6 TIPOS DE SERVICIOS	8
1.7 COMPARACIÓN ENTRE REDES DE SATÉLITE Y REDES TERRENALES	10
<u>2. INTELSAT Y PANAMSAT</u>	<u>11</u>
2.1 SISTEMAS SATELITALES	11
2.2 INTELSAT	12
2.3 PANAMSAT	16
2.4 COMPARACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE INTELSAT Y PANAMSAT	19
<u>3. DESCRIPCIÓN DE LOS SATÉLITES A SER UTILIZADOS</u>	<u>20</u>
3.1 INTELSAT 707	21
3.2 PAS - 1	26

CAPÍTULO II: SCPC

<u>1. TRATAMIENTO DE LA SEÑAL DE AUDIO EN BANDA BASE</u>	<u>32</u>
1.1 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE LA SEÑAL ANALÓGICA EN BANDA BASE	33
1.2 DIGITALIZACIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS	37
1.3 TRATAMIENTO DE LA SEÑAL DIGITAL EN BANDA BASE	40
<u>2. TÉCNICAS DE MULTIPLEXACION</u>	<u>51</u>
2.1 .- MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA FDM (FREQUENCY DIVISION MULTIPLEX)	51
2.2 MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO TDM (TIME DIVISION MULTIPLEX)	52
2.3 OTRAS TÉCNICAS DE MULTIPLEXACION	53
<u>3. TÉCNICAS DE MODULACIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL</u>	<u>54</u>
3.1 MODULACIÓN ANALÓGICA	54
3.2 MODULACIÓN DIGITAL	57
<u>4. TÉCNICAS DE ACCESO AL SATÉLITE</u>	<u>69</u>
4.1 DESARROLLO DE LAS TECNICAS DE ACCESO AL SATELITE	69
4.2 DEFINICION DEL ACCESO MULTIPLE	70
4.3 CLASIFICACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE	71
4.4 .- ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA FDMA (FREQUENCY DIVISION MULTIPLE ACCESS):	71
4.5 .- ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO TDMA (TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS):	73

4.6 ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO CDMA (CODE DIVISION MULTIPLE ACCESS)	76
4.7 COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ACCESO	79
4.8 .- ACCESO MÚLTIPLE DE ACUERDO AL TIEMPO DE USO DE LOS CANALES	80
5. SCPC ANALÓGICO Y DIGITAL	81
5.1 DESVENTAJAS DE SCPC	83
5.2 VENTAJAS DE SCPC	83
5.3 APLICACIONES DE SCPC	84
5.4 SISTEMA SPADE (SINGLE-CHANNEL PER CARRIER PCM MULTIPLE-ACCESS DEMAND-ASSIGNED EQUIPMENT)	85
5.5 INTELSAT: SCPC-QPSK Y SCPC-CFM PARA RADIODIFUSIÓN	86
5.6 CONSIDERACIONES GENERALES DEL CAPITULO II	86

CAPÍTULO III: DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCION

1. REQUERIMIENTOS DE LA RED	89
1.1 LA RADIODIFUSIÓN FM	89
1.2 ENCUESTA A LAS EMISORAS DE RADIO FM EN QUITO Y GUAYAQUIL	96
1.3 CONFIGURACIÓN FÍSICA DE LA RED	106
2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN A CUMPLIR	111
2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE AUDIO PARA RADIODIFUSIÓN	111
2.2 VELOCIDAD DE LA INFORMACIÓN PARA TRANSMISIONES DIGITALES	112
2.3 ANCHO DE BANDA PARA TRANSMISIONES ANALÓGICAS	114
2.4 OBJETIVOS DE DESEMPEÑO	114

3. PLANES DE TRANSMISIÓN: ANALÓGICO Y DIGITAL 117

3.1 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 5 PORTADORAS DE AUDIO CON DATOS DEL INTELSAT VII	119
3.2 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 1 PORTADORA DE AUDIO PARA EL INTELSAT VII	149
3.3 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 5 PORTADORAS DE AUDIO PARA EL PAS-1	155
3.4 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 1 PORTADORA DE AUDIO PARA EL PAS-1	161
3.5 PLAN DE TRANSMISIÓN ANALÓGICO DE 5 PORTADORAS DE AUDIO PARA EL INTELSAT VII	167
3.6 ANÁLISIS DE LOS PLANES DE TRANSMISIÓN	174

4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL SEGMENTO TERRESTRE 160

4.1 CONFIGURACIÓN DE UNA ESTACIÓN TERRENA	160
4.2 EQUIPOS COMERCIALES A UTILIZARSE EN LA DISTRIBUCIÓN DE AUDIO MEDIANTE LA TÉCNICA SCPC	174

5. DETERMINACIÓN DE COSTOS 181

5.1 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS AL REALIZAR UN ENLACE SATELITAL	181
5.2 COSTO DEL SEGMENTO TERRENO	181
5.3 COSTO DEL SEGMENTO ESPACIAL	189
5.4 EVALUACIÓN DE COSTOS DE LAS CONFIGURACIONES	209
5.5 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	216
5.6 COMPARACIÓN ENTRE LAS TRANSMISIONES POR SATÉLITE Y TERRENALES PARA LA DISTRIBUCIÓN DE AUDIO DE EMISORAS DE RADIO	218

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES 227

2. RECOMENDACIONES 230

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones son uno de los campos de más decisivo avance en la humanidad, su desarrollo cada vez más sorprendente nos aproximan de forma acelerada hacia una globalización total, sin límites físicos que obstaculicen la comunicación entre un punto y otro de nuestro globo terrestre. Dentro de este desarrollo vertiginoso uno de los avances tecnológicos más importantes constituye el sistema de comunicación satelital.

Los satélites debido a sus características exclusivas pueden adaptarse para satisfacer numerosas necesidades; actualmente han abierto nuevas oportunidades de servicios que antes no tenían atractivo por su costo, porque eran muy difíciles de realizar o porque, simplemente, sobrepasaban los límites de la tecnología.

En este primer capítulo, se exponen algunos conocimientos básicos de las comunicaciones satelitales, su origen, características, desarrollo y futuro; estos conocimientos permitirán tener un panorama general para abordar con más facilidad los capítulos siguientes. Además, se estudiarán las dos organizaciones que brindan este servicio en nuestro país, INTELSAT y PANAMSAT con cuyos satélites se realizará el estudio de transmisión, objeto de la presente tesis. Finalmente, se indicarán las características básicas de los satélites INTELSAT VII y PAS I, que son necesarias para evaluar su utilización.

1. GENERALIDADES

1.1 ORIGEN DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE

Las comunicaciones por satélite de tipo comercial se inician en la segunda mitad de la década de los 60, como una consecuencia más de la Segunda Guerra Mundial. Este acontecimiento histórico permitió el desarrollo de dos distintas tecnologías, los misiles y las microondas, y a su vez estas dos tendencias dieron origen a las comunicaciones espaciales, que aparecen como una extensión de los sistemas de radioenlaces ofreciendo comunicaciones punto a punto, pero con un alcance mucho mayor.

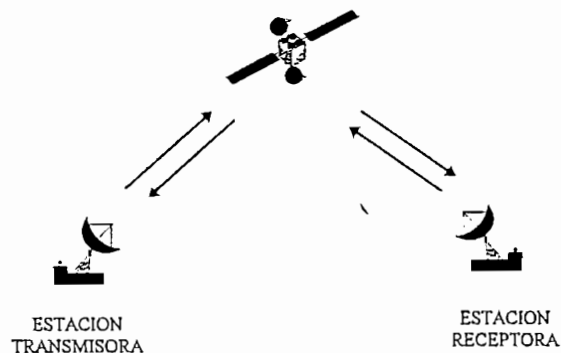


Fig. 1-1: Comunicación satelital punto-punto

Los primeros satélites en órbita tenían características poco atractivas, una corta duración de vida y baja capacidad, con un costo muy elevado. El desarrollo tecnológico ha permitido el aumento de la capacidad de los satélites, incorporando métodos de reutilización de frecuencias, transmisores de alta potencia, e incrementando su vida útil, todo esto produce una notable reducción de costos. El siguiente cuadro compara el primer satélite comercial, el INTELSAT I (Early Bird) con las características de uno de los últimos diseños, el INTELSAT K. En el cuadro se puede observar la drástica reducción de costos:

SATÉLITE	PESO [kg]	CAPACIDAD [canales]	COSTO ANUAL [\$ por canal]	AÑO DE LANZAMIENTO	VIDA ÚTIL [años]
INTELSAT -I	68	480	32 500	1965	3
INTELSAT-K	1473	26400	380	1994	10

Tabla 1 : Comparación entre los INTELSAT I y K¹

La reducción de costos, producto del desarrollo tecnológico, beneficia no solo al segmento espacial, sino también al segmento terreno. Las estaciones son cada vez más pequeñas y menos costosas. Además, la tendencia es invertir la complejidad tecnológica entre el segmento terrestre y el segmento espacial, por tanto se busca colocar los equipos más sofisticados en el satélite, para tener estaciones terrenas menos complejas y facilitar el acceso a los países de menor desarrollo.

En este sentido, es posible explicar el apareamiento y propagación de otros servicios satelitales. El principal de ellos es la difusión por satélite, que consiste en la transmisión desde una estación central a varias estaciones de recepción distribuidas en una área de cobertura o viceversa, es decir, aparece ya una comunicación entre múltiples estaciones y no solo de un punto a otro como se la concibió inicialmente:

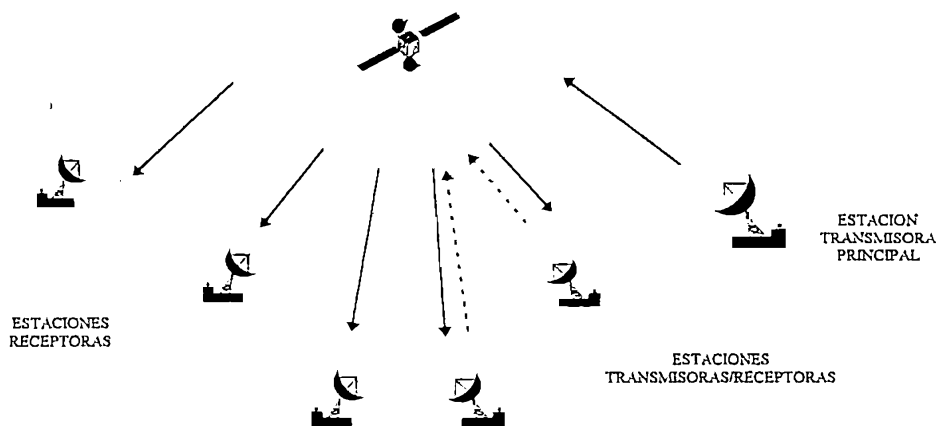


Fig. 1-2 : Difusión por satélite

¹ folletos de INTELSAT

Bajo esta concepción han sido desarrolladas redes de transmisión de datos multipuntos, redes de radiodifusión de audio y vídeo y redes de concentración que pueden operar con pequeñas antenas de diámetro entre 0,6 y 3,5 m y con un costo entre 500 y 5000 dólares.

1.2 LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE

Una llamada transcontinental o una transmisión internacional en vivo de cualquier evento, en cualquier lugar del mundo por radio o televisión, son actividades cotidianas que se han convertido en parte de nuestro entorno, y que simplemente son comunicaciones satelitales.

Una comunicación por satélite se define como el establecimiento de un enlace entre puntos distantes mediante un repetidor colocado en órbita, para realizar un intercambio de información entre ellos. Las funciones básicas que cumple el satélite son dos, la traslación de la banda de frecuencias y la amplificación de potencia:

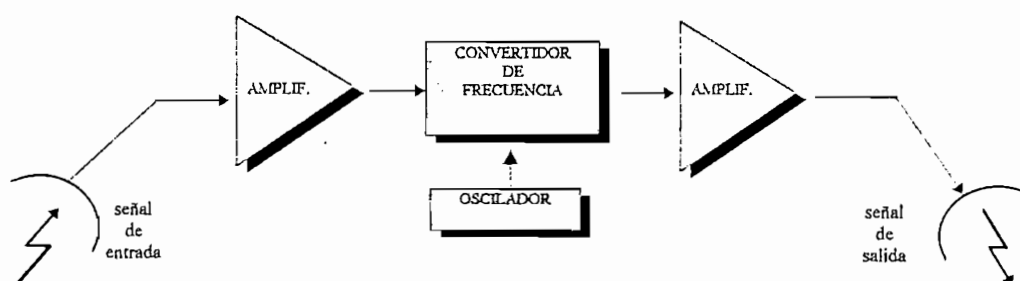


Fig. 1-3: Esquema básico de un satélite

Los satélites de comunicaciones, por lo general, permanecen en una órbita geoestacionaria, es decir, que ante un observador de la tierra se mantienen inmóviles. Pueden enlazar cualquier tipo de información como sonido, imagen o datos ya sea en forma analógica o digital.

Para un satélite geoestacionario todos los puntos que ve en la tierra le son equidistantes, por lo cual le resulta fácil interconectar los distintos lugares de una geografía nacional, regional o continental, tres satélites son suficientes para cubrir toda la superficie terrestre.

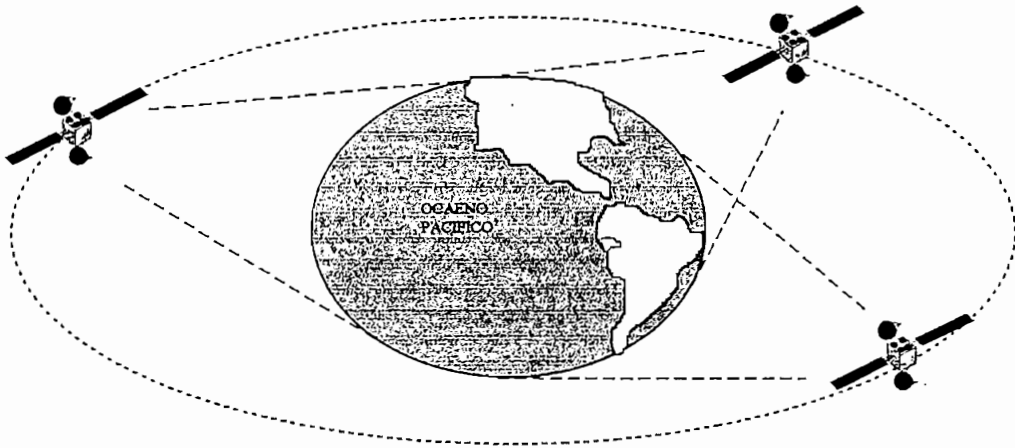


Fig. 1-4: Cobertura de la tierra con tres satélites geoestacionarios

1.3 DESARROLLO DE LAS COMUNICACIONES POR SATÉLITE

En forma resumida el desarrollo de las comunicaciones satelitales se indican en el siguiente esquema:

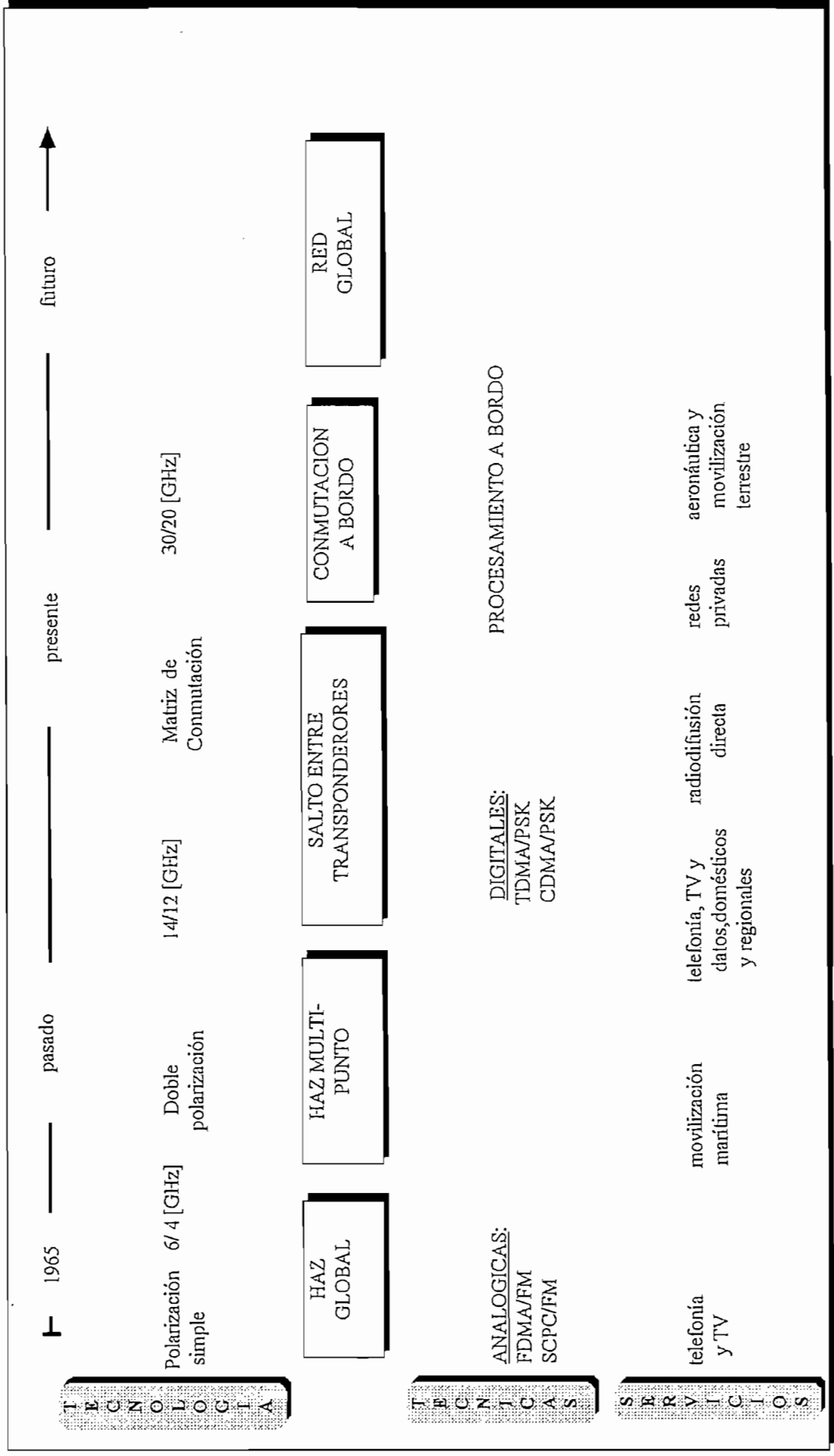


Fig. 1-5: Desarrollo de las telecomunicaciones por satélite

1.4 OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es la fracción de tiempo durante la cual un servicio está activo conforme a las especificaciones establecidas. La recomendación 579 del CCIR estipula que la disponibilidad para enlaces satelitales debe ser superior del:

- ◆ 99,8% del año en el caso de averías
- ◆ 99.8% de algún mes si la interrupción del servicio es debido a la propagación

La disponibilidad se pierde por averías que tienen relación con la estación terrena y con el equipo del satélite.

En el satélite es necesario considerar la confiabilidad, la cual está determinada por los daños del equipo a bordo, cortes durante un eclipse cuando existen fuentes de energía solar y el tiempo de vida útil del satélite. En general, para asegurar la disponibilidad se tiene un satélite en operación, uno de respaldo en órbita, y otro de respaldo en tierra. Los lanzamientos que son indispensables para reemplazar los satélites cuando su vida útil termina, también influyen en la continuidad del servicio.

1.5 CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES DE LOS SATÉLITES

Son cinco las principales características operacionales que hacen del satélite un medio diferente y superior a las actuales redes terrestres:

- ◆ disponibilidad constante durante los todos los días al año,
- ◆ facilidad y rapidez en la instalación de las estaciones terrenas, independientemente de la distancia y accesibilidad de la zona que recibirá el servicio,

- ◆ gran flexibilidad para modificaciones de las estaciones terrenas, planes de tráfico, servicios , etc.,
- ◆ posibilidad de radiodifusión,
- ◆ amplio ancho de banda.

1.6 TIPOS DE SERVICIOS

El satélite puede brindar tres tipos de servicios que son:

1.6.1 Servicios de troncal telefónica y televisión de intercambio

El tráfico es internacional y es un servicio punto-punto. Utilizan antenas grandes de 15 a 30 m de diámetro:

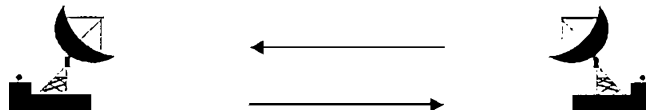


Fig. 1-6: Servicio punto-punto

1.6.2 Sistemas multiservicios

Telefonía y datos para uso de grupos geográficamente dispersos, cada grupo comparte una estación y accede a ella través de una red terrestre, su extensión es limitada. Están equipadas con antenas de 3 a 10 m de diámetro:

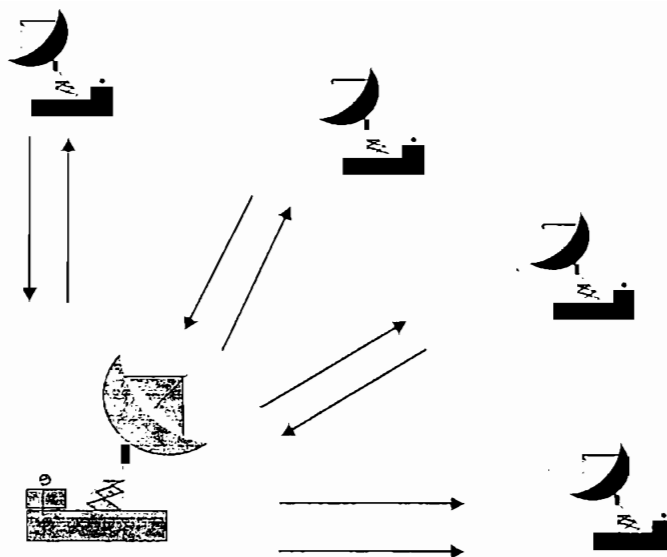


Fig. 1-7: Sistema multiservicio

1.6.3 Sistemas de terminales de muy pequeña abertura (VSAT)

Con baja capacidad de transmisión de datos, televisión o radiodifusión de programas con sonido digital, más a menudo los usuarios están directamente conectados a la estación, tiene antenas de 1,2 a 0,6 m de diámetro :

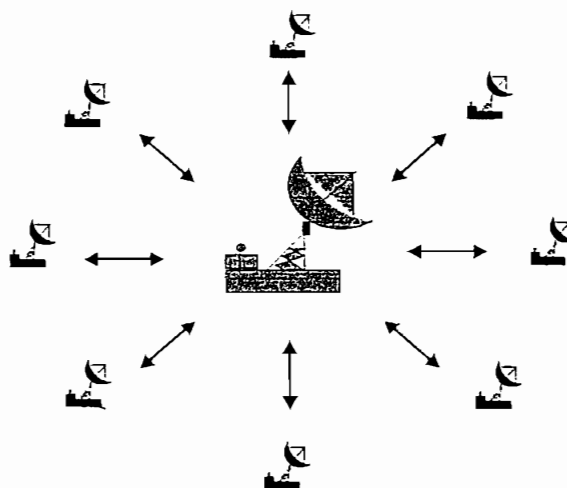


Fig. 1-8: Servicio VSAT

1.7 COMPARACIÓN ENTRE REDES DE SATÉLITE Y REDES TERRENALES

Los campos de aplicación donde los satélites pueden resultar más ventajosos que los enlaces terrestres son:

- ◆ enlaces de alta densidad de tráfico, como telefonía interurbana, televisión punto a punto, etc.
- ◆ enlaces de baja densidad de tráfico, como telefonía rural, aplicaciones comerciales, etc.
- ◆ aplicaciones de radiodifusión, como distribución de televisión, distribución de radio, nuevos servicios empresariales, etc.
- ◆ para rutas de larga distancia, porque los costos son independientes de la distancia
- ◆ transmisiones en condiciones geográficas especiales, debido a las ventajas de un sistema de satélites para salvar los obstáculos físicos del terreno, tales como montañas, océanos, etc.

Además, los sistemas de satélites tienen consecuencias socioeconómicas peculiares: la posibilidad de conexión inmediata de abonados aislados, y el establecimiento de enlaces de emergencia en una catástrofe.

1.7.1 Satélite Vs. Fibra Óptica

En los próximos 10 años las telecomunicaciones por satélite tendrán una fuerte competencia con las redes terrestres de fibra óptica.

La fibra óptica, al igual que los satélites ofrece un amplio ancho de banda y alta capacidad y en muy poco tiempo la mayoría de los continentes industrializados estará completamente enlazada mediante cable de fibra óptica.

Sin embargo, se espera que esta competencia traiga resultados positivos porque obligará a los operadores de los sistemas de comunicaciones por satélite más especialización en sus servicios exclusivos; por ejemplo, la difusión y recolección de datos, el acceso a los vehículos en movimiento, la radiolocalización y otros. Servicios que permitirán que el satélite continúe ocupando un importante lugar entre los medios de comunicación. En este sentido, los satélites y la fibra óptica tienden más a complementarse que a sustituirse.

2. INTELSAT Y PANAMSAT

2.1 SISTEMAS SATELITALES

Los sistemas de servicio fijo por satélite comprenden todos aquellos sistemas que tienen una estación terrena fija de recepción y transmisión. Se pueden utilizar tanto como sistemas internacionales, sistemas regionales o nacionales.

Los sistemas regionales proporcionan telecomunicaciones internacionales entre un grupo de países próximos geográficamente o que constituyen una comunidad administrativa, cultural, etc.; y los sistemas nacionales, proporcionan telecomunicaciones dentro de un solo país.

Países que tienen suficiente capacidad económica y tecnológica han diseñado y lanzado sus propios satélites de comunicaciones: Estados Unidos, Unión Soviética, Japón, China.

Otros se han asociado para el lanzamiento de satélites regionales: EUTELSAT, UNISAT, y otras organizaciones en Europa Occidental, y el Sistema INTERSPUTNIK en la ex - Europa Socialista. Otros países de menores recursos

económicos o de tecnología en desarrollo, tienen satélites que han sido diseñados y lanzados especialmente para su uso por otros países, como los de Brasil, India, Indonesia, Canadá, México, Australia y los Países Arabes.

Todos estos sistemas han permitido crear potentes y flexibles redes de comunicación, utilizadas en telefonía rural y urbana, televisión comercial y educativa, además de las transmisiones de datos.

Tanto los sistemas regionales como los nacionales han sido configurados para ofrecer una potencia concentrada en una determinada región geográfica, de esta manera se disminuye el tamaño de las antenas terrestres y la potencia requerida, lo que conlleva a una disminución de costos en la estructura terrena.

Los sistemas satelitales internacionales permiten realizar comunicaciones con una conectividad total, entre cualquier región de la tierra, y son especialmente útiles para países que no cuentan con sistemas nacionales o regionales, como es el caso del Ecuador.

El sistema de comunicaciones internacionales por excelencia es el sistema INTELSAT, que es una organización de la cual es miembro el Ecuador. Otro de los sistemas internacionales es el PANAMSAT, que fue el primer sistema de satélites privados, que apareció para cubrir las necesidades de los usuarios de América Latina, y paulatinamente ha ido creciendo hasta constituir un sistema internacional privado.

2.2 INTELSAT

El INTELSAT (International Telecommunications by Satellite) es un organismo internacional compuesto por más de 120 países que tiene propiedad y explota los sistemas de comunicación comercial por satélite a nivel global. Es la proveedora de servicios comerciales de telecomunicaciones por satélite más

grande del mundo: sus satélites cursan más de la mitad de todo el tráfico de telefonía internacional, prácticamente todas las transmisiones transoceánicas de televisión y servicios nacionales a más de 40 naciones.

Fue creada en 1964 por once países, para aprovechar las ventajas políticas, financieras y operacionales de este sistema . Poco a poco se convirtió en la primera organización que ofreció cobertura mundial. Tiene su sede en Washington D.C.

Los servicios que ofrece son los siguientes:

- ◆ telefonía pública con conmutación,
- ◆ servicios por redes (empresariales) de línea privada
- ◆ servicios de difusión (audio y vídeo)
- ◆ servicios regionales y nacionales

INTELSAT explota su propio sistema de satélites, con miles de estaciones terrenas con antenas de diámetros de 30 m a 50 cm. Por sus sistemas de transmisión circulan al rededor de 8000 portadoras utilizadas por más de 200 usuarios. Además presta facilidades para conformar redes domésticas a más de 30 naciones.

2.2.1 Datos Generales:

- ◆ cuatro regiones de servicio: Atlántico, Indico, Pacífico, Asia - Pacífico.
- ◆ confiabilidad del segmento espacial: 99,99 %
- ◆ máxima flexibilidad y versatilidad para la formación de redes con diversos tamaños de estación terrena
- ◆ seis estaciones de telemetría, seguimiento, control y monitoreo para garantizar la integridad de las operaciones de los satélites y los servicios de telecomunicaciones

2.2.2 Sistema de Satélites de Intelsat

Tiene en servicio 21 satélites geoestacionarios, el último lanzado en noviembre de 1995, y 2 satélites actualmente en construcción que serán lanzados en 1996. Todos estos satélites corresponden a cuatro generaciones en términos de evolución técnica, además un satélite que trabaja exclusivamente en la banda Ku:

SERIE DE INTELSAT	V/V-A		VI	VII/VII-A		K	VIII
P.I.R.E. ¹ [dBW]	23.5		26.5	26		47	29
VIDA ÚTIL [años]	7		10	10.9		10	10
NUMERO DE SATÉLITES	15 ²		5	9		1	2
FECHA DE SERVICIO	1989		1993	1995		1992	1996
CAPACIDAD circuitos bidireccionales + canales de TV	V	V-A	24000	VII	VII-A	32	22500
	12000	15000		18000	22500		
	2	2	3	3	3		3
TRANSPONEDORES	V	VA		VII	VII-A		
BANDA C	21	26	38	26	26	0	36
BANDA Ku	4	6	10	10	14	16	6

Tabla 2: Satélites de Intelsat³

2.2.3 Acceso a Intelsat

El acceso a INTELSAT, para definir diversas actividades operacionales, técnicas y/o financieras se lo puede realizar a través de:

- ◆ un signatario de un país miembro de INTELSAT
- ◆ una estación terrena autorizada en un país que no es miembro
- ◆ otros clientes autorizados por los signatarios o estaciones terrenas autorizadas

¹ Para el haz global en banda C

² 9 satélites han sido ya reemplazados por la serie VII/VII-A

³ Folletos de INTELSAT

INTELSAT es una organización muy exigente en los requisitos de potencia y ancho de banda asignada. Verifica el cumplimiento de estos parámetros en las estaciones en funcionamiento, en las nuevas estaciones que ingresan al sistema y también monitorea el funcionamiento de los satélites para detectar cualquier degradación de los componentes del equipo de comunicaciones, todo esto lo realiza a través de los servicios de monitoreo del sistema de comunicaciones y una red de teleanalizadores de espectro.

Esta organización delimita las características y los tipos de estaciones a través de las cuales es posible acceder a las facilidades que ofrece INTELSAT.

Además, para determinados servicios¹ satelitales establece el cumplimiento de un PLAN DE TRANSMISIÓN en el que se verifica la calidad del enlace satelital y se documentan los parámetros característicos de las estaciones terrenas y del satélite que intervienen en la transmisión. Existen dos tipos de formatos para elaborar el Plan de Transmisión determinados por INTELSAT² :

- ◆ FORMULARIO A, se utiliza en el caso de la transmisión de una sola portadora de televisión.
- ◆ FORMULARIO B, se utiliza para los servicios restantes de radiodifusión, telefonía o datos.

El EMETEL (Empresa Estatal de Telecomunicaciones), en representación del Ecuador, es signatario de INTELSAT, por tanto, a través de esta empresa se debe solicitar cualquier tipo de servicio satelital del sistema INTELSAT, ya sea para servicios estatales o privados.

¹ especificados en los documentos IESS de INTELSAT

² SSOG-600 de INTELSAT

2.3 PANAMSAT

PanAmSat es el nombre con el cual se designa la empresa de comunicaciones por satélite Alpha Lyracom para realizar operaciones. PanAmSat (Pan American Satellite) fue fundada en 1984 para responder a las necesidades de la industria de las telecomunicaciones. Se creó para satisfacer la creciente demanda en el mundo y, en especial en América Latina, de servicios de comunicaciones con sistemas satelitales de alta potencia, flexibilidad y simplicidad. Estos, solamente fue posible de realizar a mediados de 1985 con la histórica decisión de la Comisión Federal de Telecomunicaciones de los Estados Unidos que permitió el desarrollo de sistemas privados satelitales para proporcionar nuevos servicios en forma independiente al sistema internacional de satélites INTELSAT.

PanAmSat en 1988 revolucionó la industria de las telecomunicaciones con el lanzamiento del primero de sus satélites de la serie PAS y así, por primera vez los usuarios de telecomunicaciones en cualquier parte de América accedieron al servicio de satélites privados.

Actualmente, proporciona comunicaciones y enlaces de difusión flexibles y de bajo costo entre Estados Unidos, Latinoamérica y Europa. Esta empresa además de proporcionar capacidad de satélite ofrece servicios de telecomunicaciones, que comprenden desde la planificación y diseño de complejas redes internacionales, hasta su operación y expansión futura.

Con PanAmSat es posible el enlace ascendente y descendente desde cualquier país de habla hispana en el hemisferio occidental. A nivel nacional, los países pueden utilizar los haces pincel de alta potencia para tener una tecnología más avanzada que las redes de comunicaciones existentes.

Dentro de sus objetivos PanAmSat busca contribuir al progreso de la región mediante la incorporación de Latinoamérica a las modernas tecnologías. El centro de control y telepuerto internacional en Florida provee de 24 horas de

servicio para sus clientes incluyendo reservaciones, monitoreo de alimentadores, servicios de compresión de vídeo, conversión y servicios de encriptación de estándares de TV.

2.3.1 Datos Generales

- ◆ primer sistema de satélites internaciones privado
- ◆ primero en Latinoamérica en ofrecer redes de radio digital
- ◆ aplicaciones comerciales de compresión de vídeo digital
- ◆ tecnología de haces amoldables
- ◆ acceso directo a servicios internaciones satelitales
- ◆ redes digitales de amplio ancho de banda para América Latina

2.3.2 Tipos de usos

Cadenas de TV nacionales, teleeducación, servicios de telefonía rural, redes privadas telefónicas de grandes consorcios y empresas estatales, redes de voz y datos de alta velocidad para la industria y la banca.

Todo esto puede implantarse a través de los transpondedores de los haces pincel del satélite.

Mediante los transpondedores regionales, son posibles cadenas regionales de TV, cadenas de TV por cable, enlaces telefónicos y de datos que interconecten a todo el continente, al igual que difusión de noticias audiovisuales.

Provee comunicaciones transatlánticas en banda Ku y servicios entre Estados Unidos y Europa. Tiene cobertura en banda C para América Central y Sur y el Caribe con una serie haces puntuales y regionales y un rango de velocidades desde 64 Kbps.

2.3.2.1 SERVICIOS DE RADIODIFUSIÓN

Permite alcanzar un sistema internacional de radiodifusión con la flexibilidad de crear, diseñar y controlar todas sus redes. Los radiodifusores pueden transmitir y recibir señales desde cualquier lugar del mundo con alta calidad, uso fácil y costo efectivo.

Es el primer sistema de satélites privado diseñado especialmente para la industria del vídeo en todo el mundo. Ofrece servicios de radiodifusión a tiempo completo, parcial u ocasional para aplicaciones como televisión, distribución de programación, eventos especiales y noticieros.

2.3.3 Satélites de PANAMSAT

PanAmSat cuenta con 3 satélites que proveen interconexión a todo el mundo, además se encuentran proyectados 2 satélites más para servicio en el Océano Pacífico:

- ◆ PAS-1, localizado a 45 ° de longitud oeste, sus características se detallan en la sección 3.2. del presente capítulo.
- ◆ PAS-2, sirve al Asia y a la región de las costas del Pacífico; desde Bangladesh hasta las costas del oeste de Estados Unidos y desde Rusia hasta Nueva Zelanda, incluyendo el servicio de emisión de transmisión y recepción en el noreste de Asia, China, Australia y Nueva Zelanda. Está colocado a 192 ° de latitud oeste o 168° de latitud este. Fue lanzado en diciembre de 1993.
- ◆ PAS-4, PanAmSat completa la cobertura al mundo con el servicio a toda la región del océano Índico, uniendo la cobertura desde Europa hasta el Japón; incluyendo Europa Central y Europa del este, África, Rusia, Países Islámicos,

el Medio Oriente, el sur de Asia, China, el sudeste de Asia y Australia. Fue lanzado en 1994.

El satélite denominado PAS-3, tubo problemas al colocarse en órbita, fue lanzado en 1994 y sus proyecciones fueron cubrir la región del océano Atlántico para servicios ente las Américas y Europa, como también al África.

2.3.4 Acceso a PanAmSat

PanAmSat proporciona todos los servicios necesarios de control y funciones afines del satélite.

Cada transpondedor se vende individualmente y los clientes pueden comprar tanta capacidad como necesiten. Los clientes tienen control completo sobre la forma en que utilizan el transpondedor, en tanto que no interfiera con otros usuarios. Los propietarios reciben informes regulares de las operaciones del sistema.

En el Ecuador, el acceso a PanAmSat está regulado por la Superintendencia de Telecomunicaciones. Esta institución pública aprueba los proyectos y establece el contacto con PanAmSat, reteniéndose por este concepto el 40% del monto total de cualquier negociación realizada con este sistema de satélites.

2.4 COMPARACIÓN DE LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE INTELSAT Y PANAMSAT

Tanto INTELSAT como PanAmSat son sistemas internacionales de satélites, pero con diferente política para su funcionamiento. INTELSAT es una cooperativa con mayor respaldo y garantía en sus servicios, pero a su vez con mayor exigencia en sus requerimientos. PanAmSat, por su parte, es una empresa privada más flexible que permite el acceso a cualquier usuario y para cualquier servicio disponible. En el siguiente cuadro se resumen las diferencias y semejanzas de estos dos sistemas:

CARACTERÍSTICA	INTELSAT	PANAMSAT
TIPO DE ORGANIZACIÓN	Cooperativa con 120 países miembros a nivel mundial	Empresa privada con participación limitada de servicio
AÑO DE CREACIÓN	1984	1964
CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA	21 satélites a nivel mundial	4 satélites a nivel mundial
COBERTURA	Cobertura mundial	Cobertura mundial
USOS MILITARES	Prohibidos	Autorizados
SERVICIOS DE LLAMADAS	Red pública a nivel nacional e internacional	Servicio internacional no conmutado todos los servicios generales y domésticos
CONFIABILIDAD	Alta confiabilidad	Menor confiabilidad
INFRAESTRUCTURA	Estación terrena más costosa	Estación más baja en infraestructura
ESTACIONES DE TELEMETRÍA CONTROL Y MONITOREO	6 estaciones	1 estación
TIPO DE POLARIZACIÓN	elíptica	lineal
LIMITES DE USO	sí	no
SERVICIOS CON INTERRUPCIÓN	sí	no
DEPENDENCIA	Depende de políticas externas de un consorcio mundial	Depende de políticas externas tipo comercial

Tabla 3: INTELSAT y PanAmSat

3. DESCRIPCIÓN DE LOS SATÉLITES A SER UTILIZADOS

Los satélites que serán utilizados en el análisis de la red de distribución de audio, cuya realización es uno de los objetivos de esta tesis son:

- ◆ INTELSAT 707
- ◆ PAS 1

Estos satélites son los más actuales, dentro de los dos sistemas mencionados anteriormente, que se encuentran disponibles y que cubren al Ecuador con sus pisadas.

3.1 INTELSAT 707

Pertenece a la serie VII-A de INTELSAT.

Esta serie es la más reciente en órbita¹. Tienen gran potencia y versatilidad. Están distribuidos por todas las zonas de servicio de INTELSAT. Ofrece gran optimización para el funcionamiento con estaciones terrenas pequeñas, el uso eficiente de la capacidad satelital y operaciones digitales. También cuenta con una protección más avanzada de los telemandos y una mejor capacidad para trabajar en órbita inclinada. Tienen capacidad para reconfigurar en tiempo real la cobertura de los satélites en órbita, según las corrientes de tráfico y las necesidades de servicio.

3.1.1 Características Generales de la Serie INTELSAT VII-A

- ◆ La serie INTELSAT VII-A tiene capacidad para transmitir 22.500 circuitos telefónicos bidireccionales y 3 canales de TV.
- ◆ El área de cobertura cubre el continente americano, Europa Oriental y una parte de África.
- ◆ Permite trabajar en las bandas C y Ku.
- ◆ Tiene la capacidad de conmutación entre las frecuencias de 11/12 [Ghz]. Seis transpondedores permiten seleccionar la frecuencia de enlace descendente en el segmento de 11 [Ghz] o en la banda de 12 [Ghz] para usos empresariales. De esta manera los usuarios podrán seguir utilizando la banda de 11 [Ghz], al tiempo que se fomenta el uso de la banda de 12 [Ghz] para

¹ el último lanzamiento del 709 se lo realizó en Noviembre de 1995

IBS entre los clientes interesados principalmente en aplicaciones empresariales.

- ◆ Conectividad de banda Ku a banda C en uno de los canales, que permite interconectar los haces pincel en banda Ku y los haces pincel/globales en banda C.
- ◆ Mayor potencia radiada de enlace descendente en los haces globales en banda C, mediante el uso de amplificadores de potencia de estado sólido de 30 W en los seis transpondedores de haz global.
- ◆ 4 transpondedores en banda Ku que trabajan con polarización cruzada, permitiendo aprovechar al máximo las frecuencias de esta banda mediante la doble polarización, para poder reconfigurar en órbita más transpondedores para cursar servicios en la banda que requiera un cliente.
- ◆ Linealidad superior, debido al uso de amplificadores de estado sólido en la banda C, exclusivamente, y de amplificadores TWTA (Travelling Wave Tube Amplifier) linealizados en banda Ku.
- ◆ Vida útil más prolongada con una confiabilidad potencial de hasta 15 años.
- ◆ Compatibilidad con todas las tecnologías actuales de cifrado

3.1.2 Características Técnicas del INTELSAT 707

El ancho de banda de los transpondedores está dividido en segmentos de 34, 36, 41, 72, 77 y 112 [MHz] .

Este satélite dispone de:

- ◆ 1 haz global
- ◆ 2 haces hemisféricos
- ◆ 4 haces zonales, y
- ◆ 1 haz pincel

Todos en banda C. En banda Ku tiene tres haces pincel con orientación independiente. Es posible asignar por separado, un total de diez transpondedores entre los tres haces pincel. Las interconexiones permitidas entre estos haces son:

HAZ ASCENDENTE	HAZ DESCENDENTE
global	global
pincel C	global
hemisférico	global
hemisférico	hemisférico
zonal	hemisférico
global	hemisférico
pincel C	hemisférico
zonal	zonal
hemisférico	zonal
pincel C	pincel C
global	pincel C
hemisférico	pincel C

Tabla 4: Conexiones de los haces del INTELSAT 707

Es posible asignar hasta seis transpondedores de haz global al haz pincel en banda C con orientación independiente y polarización doble.

El INTELSAT 707 tiene capacidad para ajustar por separado la ganancia de cada transpondedor (densidad de flujo de saturación del satélite) por pasos de 1,5 dB en una gama de 14 dB. Esto permite mejorar las comunicaciones cursadas por estaciones terrenas grandes y pequeñas.

La potencia en los diferentes haces es:

Haz de cobertura	Pire al borde del haz [dBW]
hemisférico/zona en banda C	33
global en banda C	26
píncel en banda C	36
píncel en banda K	44,5/47 cobertura externa e interna

Tabla 5: Potencia del INTELSAT 707¹

3.1.3 Características del INTELSAT 707 para la Distribución de Señales de Audio en FM en el Ecuador

El área dentro de la cual se realiza la distribución de señales de audio apenas cubre todo el Ecuador, por tanto el haz elegido es uno tipo píncel en banda C para la transmisión. Los haces tipo píncel ofrecen un mayor P.I.R.E. para coberturas pequeñas.

En la recepción se utilizará el haz hemisférico oeste, de esta forma se facilita una futura expansión de la red hacia América. En el caso de una transmisión hacia todo el mundo, se puede solicitar en la recepción el cambio con un haz tipo global.

Revisando las pisadas del satélite INTELSAT 707, se observa que el haz píncel en la banda C está ubicado justamente en el Ecuador. La siguiente figura muestra las pisadas del haz píncel en banda C:

¹ folletos de INTELSAT

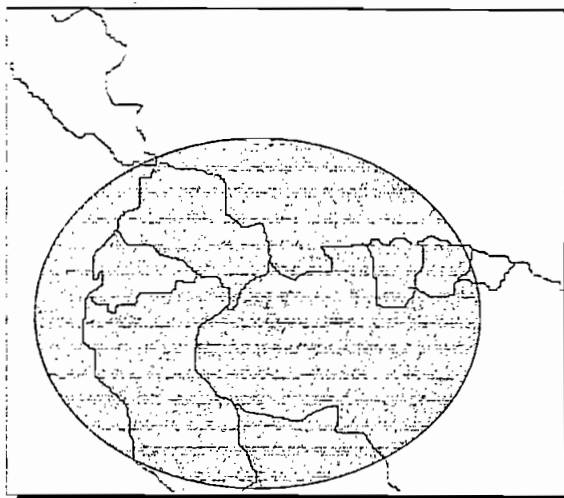


Fig. 3-2: Pisada del haz pincel C de INTELSAT 707¹

Los datos de potencia, figura de mérito, etc., se indican en la siguiente tabla, estos datos se han obtenido de la información disponible de INTELSAT en el documento IEES 410:

P.I.R.E [dBW]	23.8
DFP ² [dBW/m ²]	-97.7
G/T [dB/K]	-5

Tabla 6 : Datos del INTELSAT 707 para 9[Mhz]

¹ ref. 1, pp 21

² para ganancia alta

3.2 PAS - 1

Es el primer satélite lanzado por PanAmSat, cubre todo lo que es el norte, centro y sur de América, el Caribe, y Europa. Está situado a 45 ° de latitud oeste ó 315° de latitud este. Es un satélite híbrido de la Astro Series 3000. Usa un total de 6 transpondedores en banda Ku (3 para Estados Unidos y 3 para Europa). En total se puede acceder a 6 transpondedores desde cada localidad. Tiene 18 transpondedores en banda C que cubren América Latina y El Caribe con 3 haces puntuales y un haz regional. La vida útil media es de 13.25 años, .

3.2.1 Zonas de cobertura de PAS-1:

PanAmSat ofrece tres haces pincel y un haz regional. Los tres haces pincel ofrecen potencia concentrada a determinados grupos de países. Los contornos del haz están dispuestos de tal forma que se proporciona la potencia máxima dentro de las fronteras nacionales de cada país del grupo. Dentro de cada haz la potencia del satélite oscilará entre un mínimo de 37 dBW y un máximo de 40 dBW, según el ancho de banda del transpondedor y la posición del usuario en relación al centro del haz. Los haces pincel están diseñados para el desarrollo y expansión de redes nacionales y subregionales de telefonía, datos y radiodifusión.

El haz de América Latina ofrece niveles de potencia entre 34 y 36.9 dBW .

Proporciona cobertura internacional, regional y nacional a 5 regiones geográficas: Latinoamérica, el Caribe, Europa y el área continental de Estados Unidos y Canadá:

La cobertura internacional comprende:

- ◆ Estados Unidos/Latinoamérica

- ◆ Estados Unidos/Europa
- ◆ Estados Unidos/Latinoamérica/Europa

Además de su capacidad de transmisión intercontinental, los tres haces pincel de alta precisión de PAS -1 son:

- ◆ Haz pincel norte: Centroamérica, Colombia, Venezuela, el Caribe
- ◆ Haz pincel central: Ecuador, Perú, Bolivia
- ◆ Haz pincel sur: Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay

3.2.2 Características Generales

El PAS 1 es un satélite de comunicaciones híbrido, de Astro Electronics de la serie 3000 de RCA, con 24 transpondedores, que operan en las bandas C y Ku.

El acceso al satélite PAS-1 se realiza a través de la Estación Central Internacional de Miami de Alpha Lyracom (Miami Internacional Gateway).

Esta Central proporciona el "doble salto" necesario para aquellos usuarios cuyas necesidades de comunicaciones internacionales combinan la cobertura europea y latinoamericana.

Está diseñado para que sus transpondedores iluminen los contornos específicos de los países de América Latina; su potencia es alta, por esta razón, las antenas requeridas en la infraestructura terrestre se han reducido drásticamente en su tamaño.

Los servicios de monitoreo y control del satélite (seguimiento, telemetría y telemando) utilizan la Central Internacional de Miami y las instalaciones de Contel ASC en Atlanta.

3.2.3 Características Técnicas del PAS-1

Cada haz del enlace ascendente es asignado a un específico transpondedor de recepción. Los dos transpondedores en banda C asignados al haz latino pueden ser conmutados sobre el haz de África.

Los haces pueden ser adaptados en función de las necesidades de los clientes. Además, cuenta con haces cruzados fijos y también permite la conmutación de haces.

El uso de avanzados linealizadores evita distorsiones para cada portadora digital y minimiza interferencias destructivas entre varias portadoras en el mismo transpondedor.

Los haces del PAS-1 están perfilados a la región de la tierra, de esta forma, los haces se dirigen a zonas pobladas y no se desperdicia la potencia en grandes regiones del océano.

Tiene haces cruzados que permiten la flexibilidad del enlace ascendente o descendente entre las bandas Ku y C. Los clientes pueden diseñar en forma híbrida para alcanzar sus requerimientos.

Permite un factor variable como coordinación en frecuencia, tamaño de la estación terrena y condiciones de clima de las zonas. Estas características no solo proveen flexibilidad y conectividad, sino que también reducen el costo de las redes.

En el siguiente cuadro se resumen las características mencionadas y otras que servirán para realizar el cálculo del enlace satelital para la distribución de señales de audio, y en la figura a continuación se indican las pisadas del haz para América Latina del PAS-1, que se utilizará para esta aplicación:

SATÉLITE	PAS-1
LONGITUD	45 grados oeste
VEHÍCULO LANZADOR	Ariane 401
MANUFACTURA Y MODELO	GE Astrospace Series 3000 Hughes Aircraft Company HS 601
FECHA DE LANZAMIENTO	Junio de 1988
BANDAS DE FRECUENCIA	C: 4/6 [Ghz] Ku: 11/14 [Ghz]
TRANSPONDEDOR	
BANDA C	18
NUMERO	12 36 [Mhz], 6 72 [Mhz]
ANCHO DE BANDA	lineal
POLARIZACIÓN	
BANDA Ku	6
NUMERO	72 [Mhz]
ANCHO DE BANDA	lineal
POLARIZACIÓN	
COBERTURA DE LA ANTENA	47.5 [dBW] (haz central)
HAZ EUROPEO	37.5 [dBW] (haz central, banda estrecha)
HAZ LATINO	
HAZ CONTINUO	45.5 [dBW] (haz central)
POTENCIA DE SALIDA	16 [W]
TWTA	8.5 [W]
SSPA	
TIPO DE ESTABILIZACIÓN	triaxial
PESO	1 560 [kg]
VIDA ÚTIL	13.25 [años]

Tabla 7: Características del PAS-1¹

¹ folletos de Panamsat

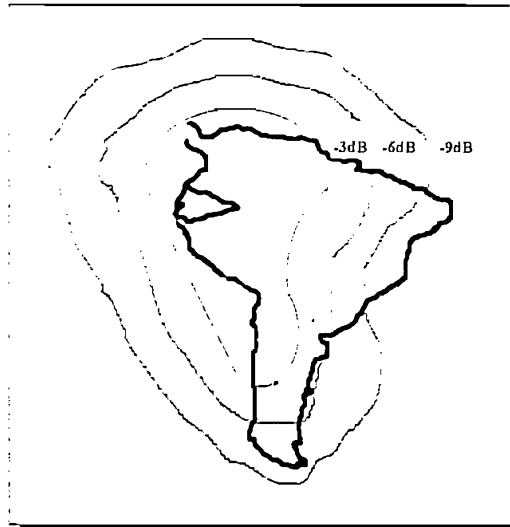


Fig. 3-3: Haz para América Latina de 37 dBW¹

¹ folletos de Panamsat

CAPITULO II

SCPC

En este capítulo se estudiarán, en forma general, cada una de las técnicas de procesamiento de la señal objeto de la transmisión y que caracterizan a un sistema satelital. Se pondrá mayor énfasis en el SCPC (Single Carrier Per Channel) y en el tratamiento especial que deben tener las señales de audio de radiodifusión para una transmisión con esta técnica.

Un modelo esquemático del canal de transmisión a través del satélite es el siguiente:

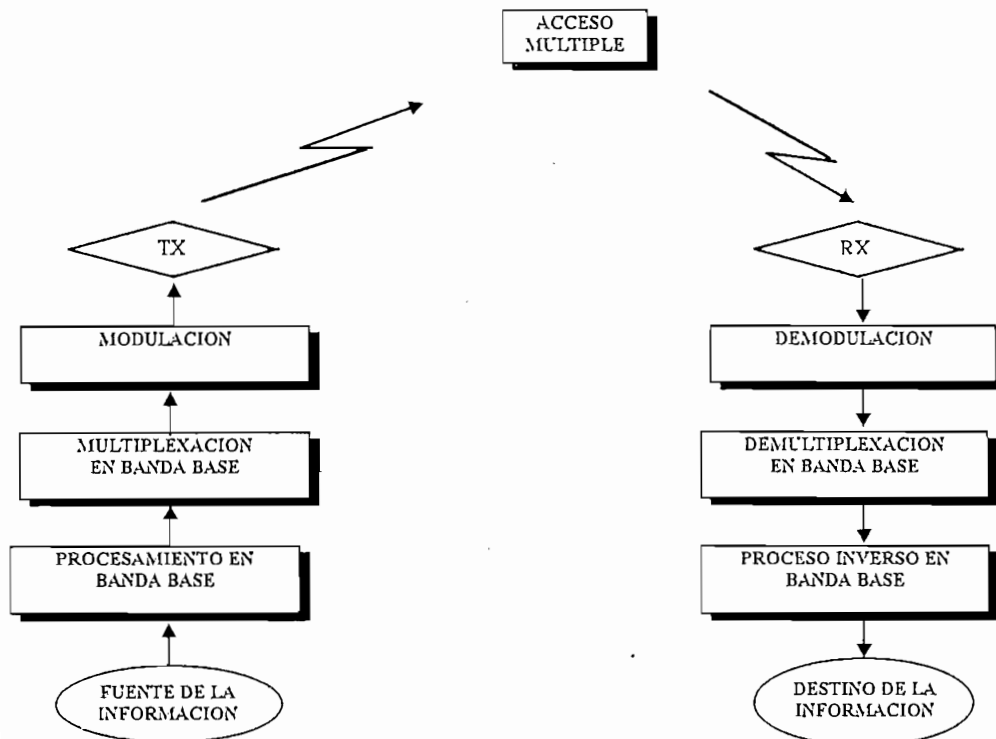


Fig 1-1: Modelo de un canal de transmisión por satélite

Las señales que son transmitidas, se someten a un tratamiento previo:

Antes de la modulación de la portadora, las señales en banda base son modificadas para obtener un mejor rendimiento en la transmisión. Si se envían varios canales simultáneamente, se deberá incluir un proceso de multiplexación. Y finalmente, para llegar hacia el satélite se pueden elegir diversas tipos de acceso.

Todos estos procedimientos se agrupan en las técnicas que se mencionan a continuación:

- ◆ configuración de la banda de base
- ◆ procesamiento de multiplexación
- ◆ métodos de modulación
- ◆ técnicas de acceso al satélite

El proceso que reciba cada señal depende de muchos factores, entre los principales están, el tipo de señal a transmitir, las características de la red terrena, las características de los equipos disponibles, el costo, la calidad de la transmisión, etc.

1. TRATAMIENTO DE LA SEÑAL DE AUDIO EN BANDA BASE

El objetivo de dar un tratamiento a las señales en banda base es entregar calidad al enlace espacial usando métodos cuyo costo, es menor que el modificar otros parámetros (ancho de banda, potencia, etc.) para obtener los mismos resultados.

Algunos de estos métodos tienen relación con los utilizados en transmisiones terrenas o pueden ser exclusivamente utilizados en enlaces espaciales, pero en

todo caso, influyen en forma determinante en la calidad de funcionamiento de la red satelital.

Para el futuro, se tiende hacia una mayor integración del tratamiento en banda base con las funciones de codificación y modulación, junto con la utilización de una codificación adaptativa, que permita tener en cuenta las variaciones de las condiciones de propagación.

1.1 TÉCNICAS DE TRATAMIENTO DE LA SEÑAL ANALÓGICA EN BANDA BASE

Los principales métodos usados son:

- ◆ pre- y de- énfasis
- ◆ compresión - expansión
- ◆ activación de la portadora por la voz

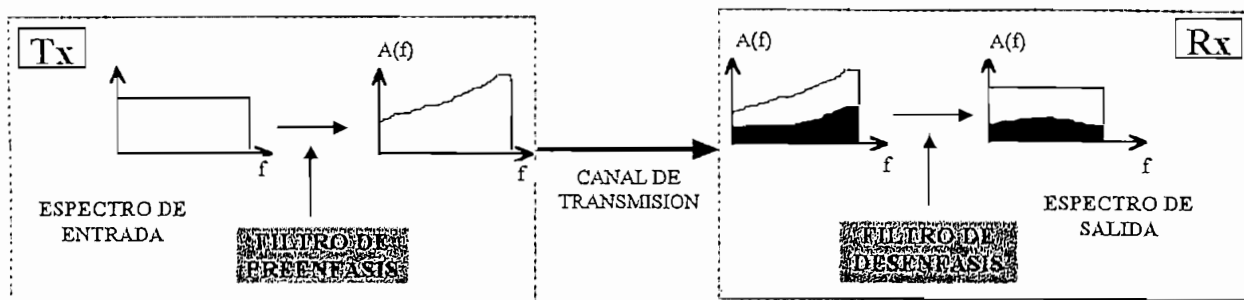
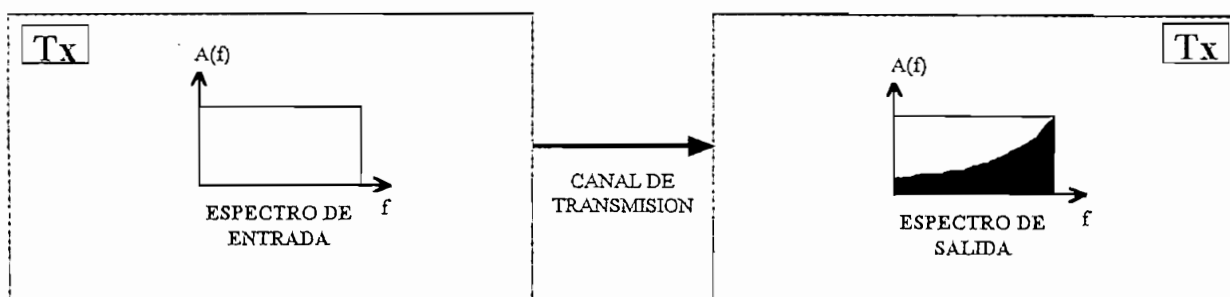
Para audio son aplicables los métodos de compresión-expansión y pre- y de- énfasis.

Para televisión se utiliza especialmente el método de pre - y de - énfasis.

Y para transmisiones de telefonía se utilizan los tres métodos.

1.1.1 Pre- Y De - Énfasis

El ruido en la salida del demodulador de un transmisor de frecuencia modulada (FM) tiene una densidad espectral parabólica; es decir, que los componentes de alta frecuencia de la señal son más afectados por el ruido que la baja frecuencia.

Fig. 1-1: Transmisión con pre - énfasis¹Fig. 1-2: Transmisión sin pre - énfasis²

El filtro de pre - énfasis antes del modulador incrementa la amplitud de la alta frecuencia. La frecuencia que pasa, es la frecuencia para la cual la ganancia del filtro de pre-énfasis es 0 dB.

Después de la modulación el filtro de de-énfasis (cuya ganancia tiene una ley inversa que la de pre-énfasis) reduce la amplitud de las altas frecuencias y el ruido. La señal es restaurada sin distorsión espectral.

La potencia de ruido en la banda se reduce y por tanto, se mejora la relación señal a ruido (S/N) en el orden de 4 a 5 dB para telefonía y 13 dB para TV³.

¹ ref. 1, pp 86

² ref. 1, pp 86

³ ref. 1, pp 86

1.1.2 Compresión Y Expansión

Este método consiste en reducir el rango dinámico de la señal antes de la modulación (compresión) y realizar la operación inversa después de la demodulación (expansión) para mejorar la relación señal a ruido (S/N) en la calidad del demodulador.

Cuando el control de la ganancia del dispositivo de compresión - expansión está adaptado a la potencia de las sílabas, la técnica se llama compresión silábica, en este caso las constantes de tiempo en funcionamiento del compansor se adaptan a la variación silábica de la señal vocal, es decir, los cambios de ganancia se efectúan lentamente en función de la envolvente de la señal en banda base.

La relación de compresión - expansión está definida por la expresión¹:

$$R_c = \frac{n_e - n_{eo}}{n_s - n_{so}}$$

ec.: 1-1

donde:

- n_e nivel de entrada de la señal vocal
- n_{eo} nivel no afectado
- n_s nivel de salida
- n_{so} nivel de salida correspondiente a un nivel de entrada de n_{eo}

El valor recomendado de R_c es de 2 dB, es decir, que una señal de 2 dB se reduce a 1 dB para la transmisión, de modo que el rango dinámico se reduce en la mitad y se expande al doble en la recepción, restaurando el rango original.

¹ ref. 2, pp. 104

Por lo general se recomienda que el nivel de la señal que no sufre variación sea de 0 dB, ya que así se aumenta la calidad de la señal, pero también aumenta la potencia media del canal. Para transmisiones hacia el satélite la potencia es un parámetro crítico, por tanto, se toman valores más bajos como referencia, por ejemplo -10 dB0 para INTELSAT, como se indica en la siguiente figura:

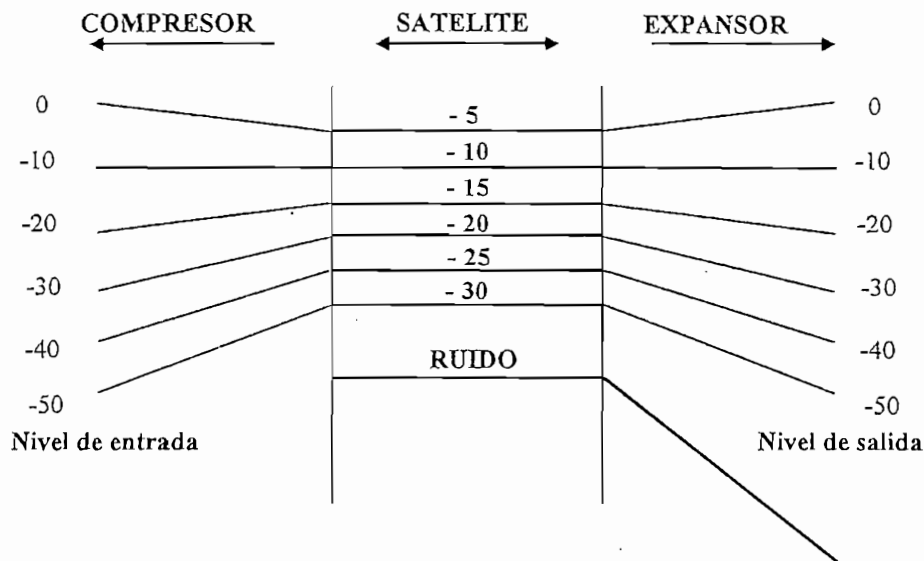


Fig. 1-3 : Principio de la compansión¹

La ventaja de este método es que mejora la calidad de los canales porque la potencia de ruido se añade a la señal después de la compansión y a un nivel considerablemente menor que el nivel de referencia que no se ha modificado, de esta manera se obtiene una reducción considerable de la potencia de ruido respecto a la señal.

En la expansión, el ruido a la salida del demodulador es atenuado. Por ejemplo, si el nivel de ruido a la entrada del receptor entre sílabas, palabras y frases es -25 dB con respecto al cero de referencia, el nivel de ruido correspondiente después de la expansión es -50 dB.

¹ ref. 1, pp 87

El resultado de esta atenuación es un mejoramiento en la S/N (relación señal a ruido). El ruido sólo se escucha en las pausas de la conversación y como el objetivo de la expansión es reducir la potencia de ruido debajo del nivel de referencia no modificado, las pausas se hacen más silenciosas.

También existe un mejoramiento subjetivo que se puede determinar en forma experimental. Este valor se le considera en el orden de 15 dB, es decir, que para la misma calidad de un canal, la relación señal a ruido puede reducirse en 15 dB.

1.1.3 Activación De La Portadora Por La Voz

El principio básico de este método es establecer el enlace espacial solo cuando el usuario está hablando, durante las pausas de la conversación se suprime el canal de transmisión.

Esta técnica permite una explotación más ventajosa en relación al ancho de banda/potencia del enlace.

1.2 Digitalización de señales analógicas

La digitalización permite que señales de diverso origen puedan ser transmitidas en forma digital por el mismo canal del satélite, con miras a incorporarlas a la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Este procedimiento es muy utilizado actualmente, a pesar de que el cambio de señales analógicas a digitales implica un incremento en el ancho de banda.

La digitalización implica 3 pasos:

- ◆ Muestreo
- ◆ Cuantificación
- ◆ Codificación

1.2.1 Muestreo

El primer paso para la digitalización de una señal analógica es el muestreo que debe realizarse a una frecuencia F_s igual a por lo menos el doble de la frecuencia f_{MAX} del espectro de la señal en banda base (velocidad de muestreo de Nyquist).

A la salida de esta etapa se obtienen pulsos modulados en amplitud PAM (Pulse Amplitude Modulation).

Para un programa de radio de alta calidad los valores para la frecuencia máxima y frecuencia de muestreo recomendados por el CCIR¹ son:

$$f_{MAX} = 15 \text{ kHz}$$

$$F_s = 32 \text{ kHz}$$

1.2.2 Cuantificación

Cada muestra obtenida en el proceso de muestreo es cuantizada en un número finito M de niveles discretos. Esta cuantificación introduce un error denominado error de cuantificación.

La cuantificación puede ser uniforme cuando los pasos de cuantificación son independientes de la magnitud de las muestras, o no uniforme si los pasos son una función de la magnitud de la magnitud de las muestras.

En la cuantificación no uniforme la calidad de funcionamiento en la transmisión se mejora y se vuelve poco sensible a las características estadísticas de la señal. Este tipo de cuantificación se estudiará en la sección 1.3.1.

¹ CCIR Recomendación 606

1.2.3 Codificación De La Fuente

Las muestras cuantificadas tienen un número M de niveles que pueden ser representadas por un alfabeto finito de señales que serán transmitidas en el enlace.

La mayoría de veces el alfabeto mencionado está formado por señales binarias. Para transmitir M niveles de cuantificación son necesarios m bits de acuerdo a la relación:

$$m = \log_2 M \text{ bits por muestra}$$

Esto determina una tasa de bits de:

$$R_q = F_s \log_2 M$$

ec: 1-2

La velocidad de transmisión es proporcional al ancho de banda ocupado, y este es un parámetro crítico en los enlaces satelitales, por tanto lo óptimo es tratar de reducir esta velocidad.

Existen varias técnicas que han sido usadas para reducir la velocidad de transmisión. Estas técnicas se basan en la existencia de redundancia entre muestras sucesivas. En este sentido, se puede alcanzar una velocidad menor que R_q y transmitir la información a esta velocidad. Estas técnicas se conocen como codificación a baja velocidad LRE (low rate encoding) y son aplicables en transmisiones de audio e imagen.

1.3 Tratamiento de la señal digital en banda base

En el siguiente esquema se indica el camino que sigue una señal en un canal digital:

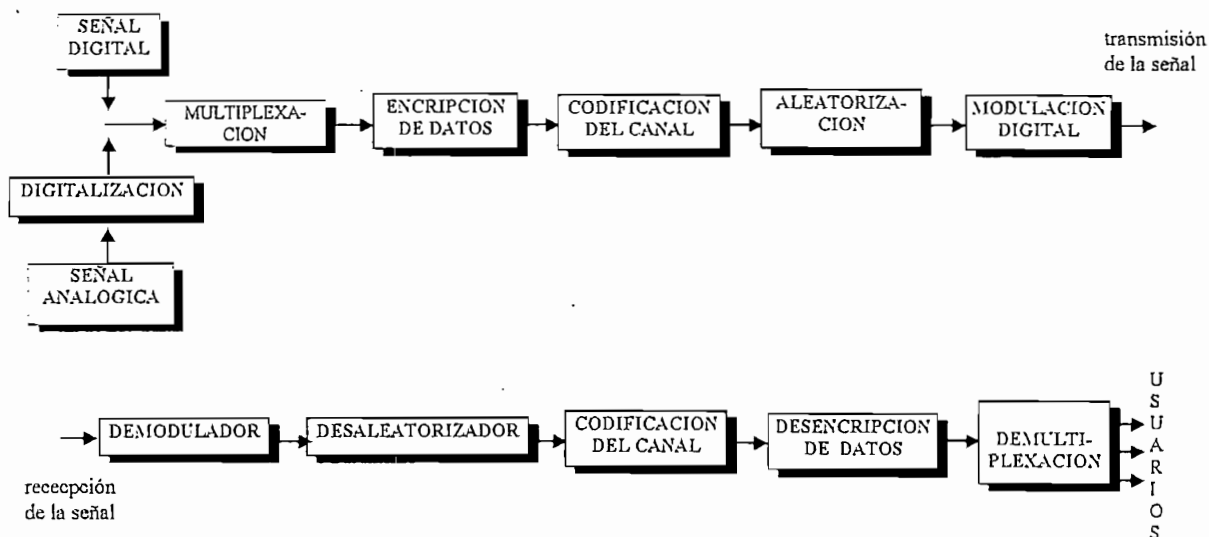


Fig. 1-4: Canal digital

1.3.1 Compresión Instantánea

Se refiere a los métodos de cuantificación no uniforme, en los cuales es posible adaptar la ley de cuantificación para mantener la relación señal a ruido de cuantificación constante para todas las amplitudes de las muestras. Esta operación se llama compresión instantánea ya que la señal se comprime en forma logarítmica. Para muestras de voz, generalmente se utilizan dos tipos de compresión, la "ley μ " y la "ley A".

Otros métodos utilizados son los siguientes:

1.3.1.1 Modulación Delta

El proceso de muestreo de la señal analógica se realiza a una velocidad superior a la de Nyquist (24 a 40 [Khz] para señales de buena calidad), y se utiliza un código de un bit para transmitir el cambio de nivel de entrada.

Tiene aplicación en comunicaciones de mediana calidad, es de muy fácil realización y tiene la ventaja de que los errores de transmisión no son tan graves como en la técnica tradicional. Pero tiene la desventaja de que no pueden interconectarse de un modo general a una red internacional que utilice enlaces analógicos y digitales.

Se pueden obtener mejores resultados si se varía automáticamente el tamaño de cada paso en función de la variación con el tiempo de la información de entrada.

1.3.1.2 Modulación Por Impulsos Codificados Diferencial

La cuantificación y codificación se realiza de la señal diferencia entre la muestra real y una estimación de la misma basada en muestras anteriores. Para recuperar la señal el receptor debe realizar la misma operación.

La ventaja de esta técnica es que tiene un mejor rendimiento porque aprovecha la correlación entre las muestras, con un ahorro de 1 a 2 bits por muestra.

1.3.1.3 Modulación Por Impulsos Codificados Y Codificación Diferencial Adaptativa MICDA A 32 Kbits/S

Esta técnica combina tanto la cuantificación adaptativa como la predicción lineal.

En la cuantificación adaptativa el paso de cuantificación es variable en el tiempo en función de las características estadísticas de la señal.

La predicción lineal consiste en calcular la aproximación de una muestra de la señal a partir de un cierto número de muestras anteriores a esta mediante combinación lineal. Se utiliza la correlación que presentan las muestras consecutivas.

La desventaja es que la señal se degrada por la incorporación de ruido de cuantificación y solo permite la transmisión de datos a 4 800 bit/s.

1.3.2 Compansión Casi Instantánea

Esta técnica reduce la velocidad binaria en la cuantificación, se basa en ajustar la gama de cuantificación de un bloque de muestras de acuerdo con la magnitud de la mayor muestra del bloque. Requiere de la transmisión de una palabra de control, que el receptor utiliza para convertir el tren de bits recibido al formato original.

1.3.3 Multiplicación De Circuitos Digitales

La función de un circuito de este tipo es concentrar una serie de líneas digitales de entrada en un número más reducido de canales de salida, logrando una mayor eficiencia de la utilización del enlace.

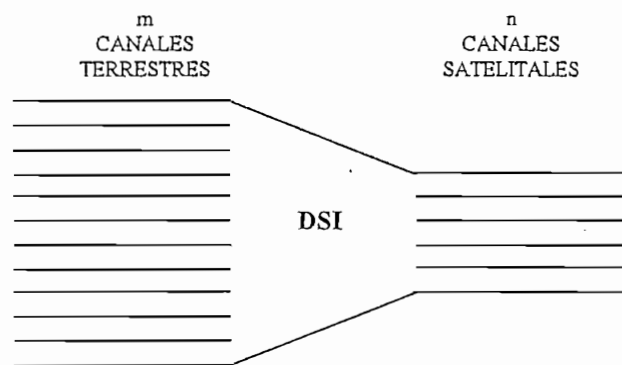


Fig. 1-5: Multiplicación de circuitos digitales

El rendimiento se evalúa a partir de la “ganancia de multiplicación de circuitos” que es la relación entre el número de canales de entrada y el número de canales de salida.

Generalmente se relaciona con las funciones de interpolación digital (capítulo II, sección 1.3.6.1) y la MICDA (capítulo II, sección 1.3.1.3).

1.3.4 Codificación Para El Control De Errores

Estos códigos se usan cada vez más en la transmisión digital por satélite. La detección y corrección de errores en el decodificador se realiza mediante la redundancia de bits introducida en el codificador, cuando la señal se encuentra en banda base.

La codificación para corrección de errores contribuye a mejorar la calidad de los enlaces digitales proporcionando una reducción de bits erróneos (BER) y una ganancia en el balance del enlace.

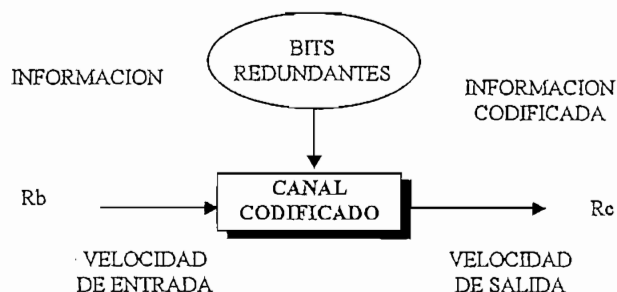


Fig. 1-6: Esquema de la codificación para control de errores

La figura anterior ilustra el principio de la codificación de canal.

El desempeño de un código detector de errores es medido en términos de su eficiencia, expresada como la velocidad de codificación, que se define como:

$$\rho = n / (n+r)$$

ec: 1-3

donde r es el número de bits que se añaden a n bits de información.

La velocidad binaria a la entrada del codificador es R_b . A la salida esta velocidad es más grande y es igual a R_c :

$$R_c = R_b / \rho$$

ec. 1-4

Un valor de ρ menor permite tener mayor capacidad de corrección, pero a su vez aumenta el ancho de banda requerido.

En el diseño de un sistema de codificación para una aplicación determinada se debe considerar varios parámetros como:

- ◆ S/N en la recepción
- ◆ proporción de errores aceptable
- ◆ estructura de los errores
- ◆ ancho de banda disponible
- ◆ velocidad binaria de transmisión
- ◆ tipos de acceso, modulación, demodulación y sincronización
- ◆ nivel de complejidad

Existen dos formas de control de errores:

- ◆ FEC (forward-acting error correction)

◆ ARQ (automatic repeat request)

Estas dos técnicas pueden ser usadas independientemente o en forma simultánea.

1.3.4.1 FEC

Permite corregir cierto número de errores sin la retransmisión de la información. Los más recomendados para su uso son los bloque y los convolucionales.

Debido a la corrección de errores, la probabilidad de bits erróneos BEP (Bit Error Probability) a la salida del decodificador es menor que el de entrada al codificador. La siguiente figura describe un ejemplo de la relación entre la BER a la entrada y salida del decodificador de errores.

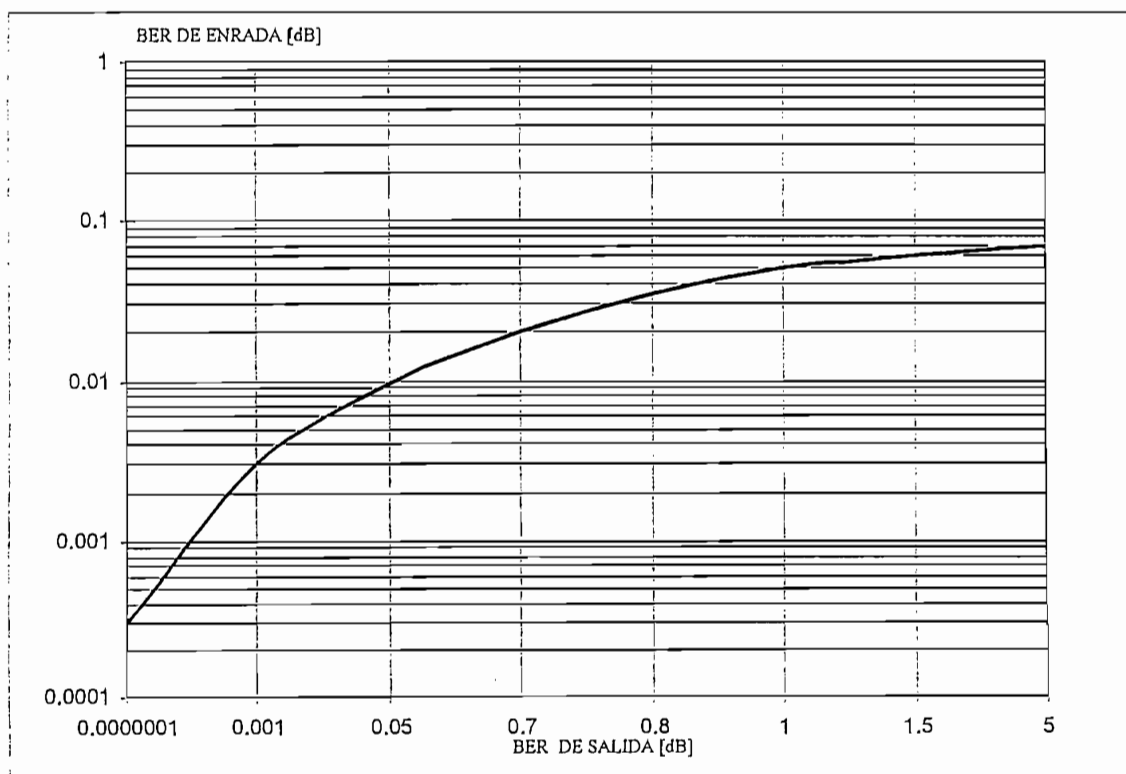


Fig. 1-7: Relación entre la BER de entrada y de salida¹

¹ ref. 1, pp 114

1.3.4.2 ARQ

Esta técnica se aplica particularmente a casos de transmisión de paquetes de datos. El decodificador detecta errores pero no los corrige. Utiliza un código de detección de errores junto con un canal auxiliar de retorno para pedir que se transmita nuevamente todo bloque de bits recibido con errores; este puede ser un canal terrestre o satelital.

Las principales desventajas son la necesidad de disponer de un canal de retorno y el uso de un código detector de errores que requiere tener la capacidad para controlar continuamente la fuente y permitir un retardo variable de decodificación.

Estas desventajas son compensadas por la simplicidad de la realización del codificador, la posibilidad de adaptar variantes al error estadístico y la facilidad de obtener un bajo nivel de errores.

Para la codificación ARQ se emplean tres técnicas que son:

- A) Retransmisión con parada y espera o recepción con reconocimiento (ARQ Stop-and-wait)
- B) Retransmisión continua (Go-Back-N ARQ)
- C) Retransmisión selectiva (Selective-repeat ARQ)

Las siguientes figuras ilustran el principio de cada una de estas técnicas.

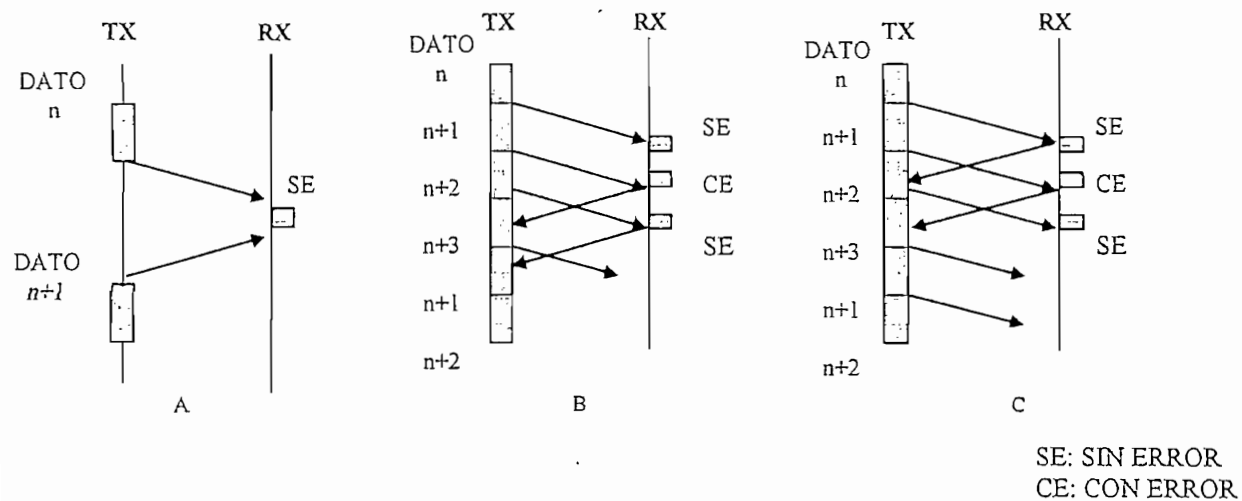


Fig. 1-8: Detección de errores con retransmisión¹

1.3.5 Encriptación

Se utiliza cuando se desea prevenir la explotación o manipulación de mensajes transmitidos a usuarios no autorizados.

La encriptación suele aplicarse a trenes de impulsos de información pura, canal por canal, antes de someterlos a multiplaje o codificación correctora de errores. Otra forma de encriptación es en línea bit a bit.

Debe cumplir dos aspectos, la confidencialidad y la autenticidad. Su uso se relaciona, a menudo, con comunicaciones militares, aunque actualmente se ha difundido hacia redes comerciales y administrativas.

¹ ref. 1, pp 117

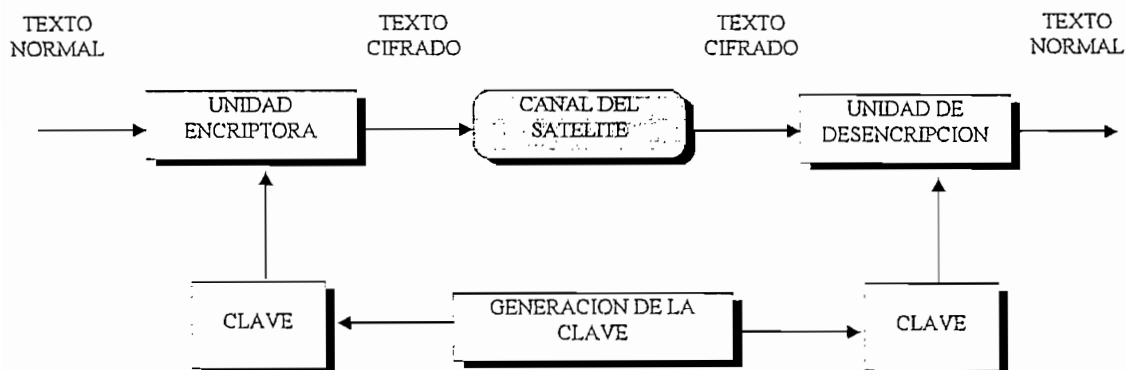


Fig. 1-9: Esquema de la encriptación

1.3.6 Otras Técnicas Generales De Tratamiento Para Señales Digitales Y Analógicas

1.3.6.1 Interpolación De Conversaciones

Aprovecha el tiempo de inactividad de los circuitos satelitales que se producen en las pausas de la conversación entre sílabas, palabras y frases.

Mediante este método un mismo canal puede asignarse a diferentes usuarios mediante un sistema de activación por la voz.

1.3.6.2 Dispersión De Energía

El CCIR¹ recomienda el uso técnicas de dispersión de energía para sistemas analógicos que utilizan modulación de frecuencia FM y transmisión digital en el servicio fijo por satélite con el objeto de limitar la interferencia entre sistemas de radiocomunicación que funcionan en la misma banda de frecuencia.

¹ CCIR Recomendación 446

Dispersión de energía para sistemas analógicos

El principio de la dispersión de energía en sistemas analógicos es superponer una señal triangular de baja frecuencia en la señal modulante antes de la modulación, y extraerla en la demodulación, en recepción.

Cuando el índice de modulación de una portadora FM es bajo, la potencia se concentra en una banda estrecha cerca de la portadora y el riesgo de interferencia se incrementa. Este es el caso de la transmisión FDM/FM con baja carga o de la transmisión de televisión SCPC/FM cuando la imagen contiene grandes porciones de luminancia constante.

Dispersión de energía para sistemas digitales

Este tipo de dispersión de energía que se realiza en el transmisor antes de la modulación se llama pseudoaleatorización o aleatorización (scrambling). En recepción la operación inversa se realiza antes de la demodulación y se llama desaleatorización (descrambling).

En una transmisión digital, cuando el haz binario es aleatorio la energía de la portadora se dispersa a lo largo del espectro de la señal modulante. Con la dispersión de energía el tren de impulsos de transmisión es aleatorio y diferente al tren de impulsos de información, con lo que se reducen las crestas de la densidad espectral de la portadora¹.

Por la limitación del P.I.R.E. de transmisión del satélite, la densidad de flujo de potencia que llega puede no ser suficiente para los niveles requeridos en tierra; por otro lado, si el haz binario contiene un modelo fijo que se repite, aparecen líneas en el espectro de la portadora modulada y su amplitud puede controlar el límite en la densidad de potencia superficial en el nivel de tierra haciendo que

¹ CCIR Reporte 384

este nivel se exceda. De aquí la importancia del uso de la dispersión de energía para evitar que el haz que se transmite provoque interferencias.

Existen dos métodos para llevar a cabo esta operación:

a.- Seudoaleatorizador

Consiste en sumar en módulo 2 la salida de un generador de códigos seudoaleatorios al tren de impulsos de información con el fin de generar una secuencia seudoaleatoria de impulso de transmisión. En el extremo receptor se suma en módulo 2 al tren de impulsos recibidos la misma secuencia de códigos seudoaleatorios para recuperar la información original.

Generalmente este método se utiliza con los sistemas que tienen una señal de alineación de trama que produce el sincronismo necesario para coordinar la transmisión y recepción (por ejemplo, TDMA).

b.- Autoseudoaleatorizador

En la transmisión se utilizan registros de desplazamiento con un bucle de realimentación de la salida a la entrada para aleatorizar el tren de impulsos de transmisión. En la recepción un registro de desplazamiento con bucle de realimentación de la entrada a la salida permite recuperar la información original.

No requiere sincronización entre el transmisor y el receptor, por lo que se utiliza en modo continuo de transmisión en el que no se tiene conocimiento de la alineación de trama; pero presenta la desventaja de que por cada error en el tren de impulsos introduce un número de errores igual al número de registros de desplazamiento utilizados, por esta razón suele colocarse antes del codificador corrector de errores en el transmisor y antes del decodificador corrector de errores en el receptor.

2. TÉCNICAS DE MULTIPLEXACION

La multiplexación consiste en combinar las señales de información en banda base de varios usuarios en una sola señal, que será modulada por la portadora. Después de la demodulación las señales individuales son separadas en la demultiplexación.

Las señales multiplexadas suelen ser de fuentes independientes y después de la transmisión, también pueden tener destinos diferentes.

El término "multiplexación" se reserva para los casos en que las señales que se combinan se reciben por circuitos eléctricos, a diferencia del "acceso múltiple" que realiza un proceso similar, pero las señales se reciben de las estaciones terrenas por transmisión espacial.

2.1 .- MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA FDM (*Frequency Division Multiplex*)

Los canales que se multiplexan se disponen en la banda base con frecuencias de portadora adyacentes, esto permite incorporar en un sistema de transmisión único de amplio ancho de banda un gran número de canales.

El proceso que debe seguirse es:

- ◆ las señales de banda base deben modularse en banda lateral única con portadora suprimida SSB-AM (capítulo II, sección 4.1.2)

- ◆ cada señal es convertida a una frecuencia superior a fin de componer un grupo primario

- ◆ pueden efectuarse sucesivas conversiones de frecuencia a cada grupo para obtener grupos superiores y multiplexar un número mucho mayor de canales.

En la estación terrena receptora, la señal se demultiplexa mediante una secuencia de pasos de filtrado y de demodulación de SSB-AM. Con filtros se pueden separar los grupos secundarios, los grupos primarios y los canales individuales con una degradación mínima, debido a las bandas de guarda que se dejan en la señal en el momento de la multiplexación por frecuencia.

La desventaja de esta multiplexación es la necesidad de mantener la exactitud y coherencia de las frecuencias portadoras.

2.2 MULTIPLEXACION POR DIVISIÓN EN EL TIEMPO TDM (*Time Division Multiplex*)

El TDM consiste en intercalar en el tiempo los bits relacionados a diferentes señales que comparten en el tiempo los mismos medios de comunicación. Los trenes binarios que llegan en paralelo, aunque procedan de diferentes fuentes, se transmiten en serie en un mismo tren de bits, con una misma portadora y por el mismo medio.

Al igual que en FDM la señal se forma a través de una serie de etapas de multiplexación que se denominan jerarquías. El CCITT recomienda tres tipos de jerarquías TDM.

Los trenes de orden superior se forman multiplexando varios trenes de bits de orden más bajo. Cada uno de estos trenes digitales pueden tener velocidades binarias ligeramente diferentes (aunque sean completamente iguales la imperfección de los relojes hacen que esos trenes no estén totalmente sincronizados entre sí, ni con la estación terrena), por tanto, para multiplexarlos cada uno debe ser almacenado temporalmente y para la sincronización se les añade bits de relleno.

2.3 OTRAS TÉCNICAS DE MULTIPLEXACION

Existen ciertos tipos de transmisiones especiales en las cuales no es posible utilizar cualquiera de las dos técnicas de multiplexación descritas, en estos casos se usa una modificación de ellas. Por ejemplo, cuando se tienen comunicaciones a través de computadoras con datos a diferente velocidad y que se producen en forma intermitente, en este caso se puede utilizar un multiplexación similar al TDM, pero con una atribución dinámica de los intervalos de tiempo, de acuerdo a las distintas señales, además de la incorporación de información adicional para el demultiplexación.

Otras técnicas de multiplexación combinan tanto el TDM como el FDM, pero estos circuitos resultan muy complejos, por lo que su aplicación práctica es limitada.

3. TÉCNICAS DE MODULACIÓN ANALÓGICA Y DIGITAL

3.1 .- MODULACIÓN ANALÓGICA

3.1.1 .- Modulación de frecuencia FM (Frequency Modulation)

Se utiliza ampliamente en las comunicaciones por satélite para transmisiones analógicas. Tiene la ventaja de que cuando se utiliza una sola portadora por transpondedor permite aprovechar al máximo la potencia disponible porque la envolvente constante de la señal modulada en FM hace que los amplificadores de potencia puedan funcionar en saturación.

Las combinaciones utilizadas con mayor frecuencia son los sistemas FDMA-FM y SCPC-FM. La técnica FDMA-FM es la técnica de acceso múltiple analógica más utilizada en el sistema INTELSAT.

3.1.1.1 *FM en la técnica SCPC*

El ancho de banda de una señal modulada en frecuencia para una transmisión por satélite utilizando SCPC es la siguiente¹:

$$B_{RF} = 2(\Delta f + f_2) \quad \text{ec: 3-1}$$

donde:

f_2 frecuencia superior de la banda base de la señal SCPC

Δf desviación pico de la modulación de frecuencia

Esta fórmula es la aplicación de la regla de Carlson para el ancho de banda en radiofrecuencia de una señal FM.

¹ CCIR, recomendación 328 - 7

Para transmisión de canales telefónicos se cumple la siguiente relación que produce un valor óptimo para limitar el ruido de distorsión a un nivel tolerable¹:

$$\Delta f = \sqrt{2} f_u \cdot g \cdot l \quad \text{ec: 3-2}$$

donde:

f_u desviación RMS del tono de prueba

g relación entre el "valor de pico/valor rms" de la desviación de frecuencia

l es el factor de carga del múltiplex

Los valores recomendados de los parámetros g y l se indican en el siguiente cuadro:

SISTEMA	VALOR RECOMENDADO	OBSERVACIONES
FDMA-FM	$l = 10^{(-15 + 10 \log n) / 20}$ $l = 10^{(-1 + 4 \log n) / 20}$	para $n > 240$ canales para $n < 240$ canales
	$g = 13$ dB $g = 10$ dB	capacidad de la portadora < 120 canales otros casos
SCPC-FM	$l = 0,248$	
	g desde 8,4 a 12,6	

Tabla 1: Valores recomendados de los parámetros g y l ²

La relación entre portadora/ruido y señal/ruido obedece a la siguiente fórmula expresada en decibelios³:

$$S/N = C/N + 20 \log(\sqrt{3}(\Delta f/f_m)) + 10 \log(B_{IF}/2B_a) + C + W$$

ec. 3-3

donde:

¹ ref. 2, pp 130

² ref. 2, pp 129 - 130

³ ref. 10, pp 2 - 16

S/N	relación señal a ruido
C/N	relación portadora/ruido en el ancho de banda de radiofrecuencia
B_{IF}	ancho de banda de ruido de IF
f_m	frecuencia máxima de la señal en banda base
B_a	ancho de banda del canal
Δf	desviación pico del tono de prueba
C	ventaja debida a la compansión
W	factor de mejoramiento por la preacentuación más el factor de ponderación sofométrica

Por lo general, para radiodifusión la suma de $W + C$ es igual a 29 [dB]¹

3.1.2 Modulación En Amplitud AM (Amplitud Modulation) y Modulación De Banda Lateral Única SSB-AM (Single Side Band-AM)

La modulación de amplitud está asociada a una variación de la amplitud de la portadora con la señal que se desea modular.

El espectro de la portadora modulada contiene componentes de frecuencia F_c y dos bandas una a cada lado que son iguales al espectro de la señal modulante. Si f_{max} es la máxima frecuencia del espectro de la señal moduladora, el ancho de banda ocupada por la portadora es:

$$B = 2 f_{max}$$

ec: 3-4

En la transmisión de satélites, la modulación de amplitud se considera solamente cuando el ancho de banda suprimido es severo. En estos casos se usa

¹ referencia 10, pp 2-16

modulación de una sola banda. La transmisión de una o de dos bandas se puede elegir mediante filtros. Una señal modulada en amplitud de una sola banda se llama Modulación de Banda Lateral Única (SSB-AM). Bajo esta condición la ocupación espectral se reduce a la mitad y el ancho de banda de la señal transmitida es igual al de la señal de banda base (sin considerar los márgenes), por tanto se aprovecha de mejor manera el espectro:

$$B = f_{max}$$

ec: 3-5

Las desventajas de esta modulación se refieren a los requerimientos de mayor potencia para la transmisión y la vulnerabilidad a las interferencias, lo que exige uso de dispositivos de control automático de frecuencia y de ganancia.

3.2 MODULACIÓN DIGITAL

Los métodos típicos de modulación digital son:

- ◆ modulación por desplazamiento de amplitud
- ◆ modulación por desplazamiento de frecuencia
- ◆ modulación por desplazamiento de fase
- ◆ modulación por desplazamiento de fase y amplitud

Las características que distinguen los diversos métodos son la eficiencia en la utilización del espectro, la potencia de transmisión y la simplicidad de los circuitos.

La modulación por desplazamiento de amplitud utiliza circuitos moduladores - demoduladores sencillos, pero la relación de bits erróneos es superior a la de otros sistemas.

La modulación por desplazamiento de frecuencia FSK (Frequency Shift Keying) tiene una buena característica en lo que se refiere a bits erróneos, pero su desventaja es el requerimiento de una banda de frecuencia ancha.

La modulación de fase PSK (Phase Shift Keying) es la que mejores ventajas ofrece para los enlaces satelitales, y por tanto es el método más comúnmente usado en los sistemas digitales por satélite. Tiene la ventaja de una envolvente constante que le da una característica excelente en términos de bits erróneos, y en comparación con la modulación digital de frecuencia (FSK) provee una mejor eficiencia espectral (número de bits/s transmitidos por unidad de ancho de banda de radio frecuencia). A continuación se detalla este tipo de modulación.

3.2.1 Modulación Por Desplazamiento De Fase (PSK)

Las señales moduladas con PSK pueden transmitirse con muy poca degradación, incluso en un canal de satélite no lineal, dependiendo exclusivamente de los filtros de los módems.

La calidad de la transmisión con modulación PSK se evalúa por la proporción de bits erróneos. Estos errores son causados por el ruido térmico, la interferencia entre símbolos, la fluctuación de fase de la portadora recuperada, la temporización de los bits, etc.

Además, ofrece la posibilidad de modulación multifásica, mediante la cual se representan n códigos binarios mediante 2^n fases. Los sistemas PSK multifásicos de orden superior exigen potencias mucho mayores que los sistemas de 2 ó 4 fases para obtener la misma calidad de funcionamiento debido a que los márgenes que deben preverse para el ruido o la interferencia son

mayores con cada aumento del número de fases. Por tanto, las técnicas actuales sólo permiten en la práctica la modulación bifásica y cuadrifásica:

- ♦ modulación de dos estados ($M=2$) o bifásica que representa un código binario mediante las dos fases 0 y π , puede ser con codificación directa BPSK (Binary Phase Shift Keying), y con codificación diferencial DE-BPSK (Differentially Encoded BPSK)
- ♦ modulación de cuatro estados ($M=4$), o modulación cuadrifásica que representa dos códigos binarios mediante las fases cuadráticas 0 , $\pi/2$, π y $3\pi/2$, con codificación directa QPSK (Quadrature Phase Shift Keying), y con codificación diferencial DE-QPSK (Differentially Encoded QPSK)

En la mayor parte de las aplicaciones, la modulación cuadrifásica constituye la mejor solución entre las consideraciones de potencia y las de ancho de banda, pero el costo de los equipos puede ser determinante en la elección de la modulación bifásica.

Si se compara la C/N necesaria en las modulaciones cuadrifásica y bifásica, para la misma proporción de errores en la detección coherente, se comprueba que la primera requiere una relación 3 dB superior a la segunda.

La proporción de bits erróneos de la modulación de fase diferencial es igual al doble de la no diferencial.

La proporción de bits erróneos de la PSK coherente cuadrifásica en función de E_b/N_0 es igual a la PSK coherente bifásica.

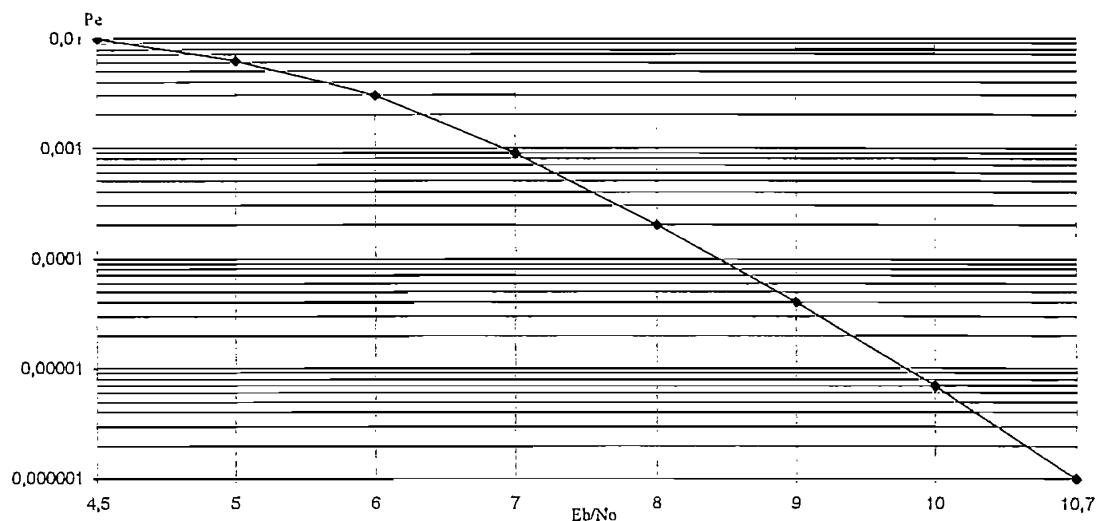


Fig. 3-1: Proporción de bits erróneos para BPSK¹

Si R es la velocidad binaria de transmisión en bits por segundo se tiene la ecuación²:

$$E_b/N_o = C/T + 228,6 - 10 \log R$$

ec: 3-6

Al calcular la relación C/T necesaria, deben añadirse márgenes a los valores teóricos para tener en cuenta las degradaciones originadas por el ruido térmico.

Otra causa de errores es la interferencia entre símbolos. Esta es causada por las características del filtro IF del módem PSK, la respuesta de frecuencia del transpondedor del satélite y especialmente las limitaciones de bandas y las alinealidades de los tubos de ondas progresivas TWTA.

¹ ref. 2, pp 136

² ref. 2, pp 136

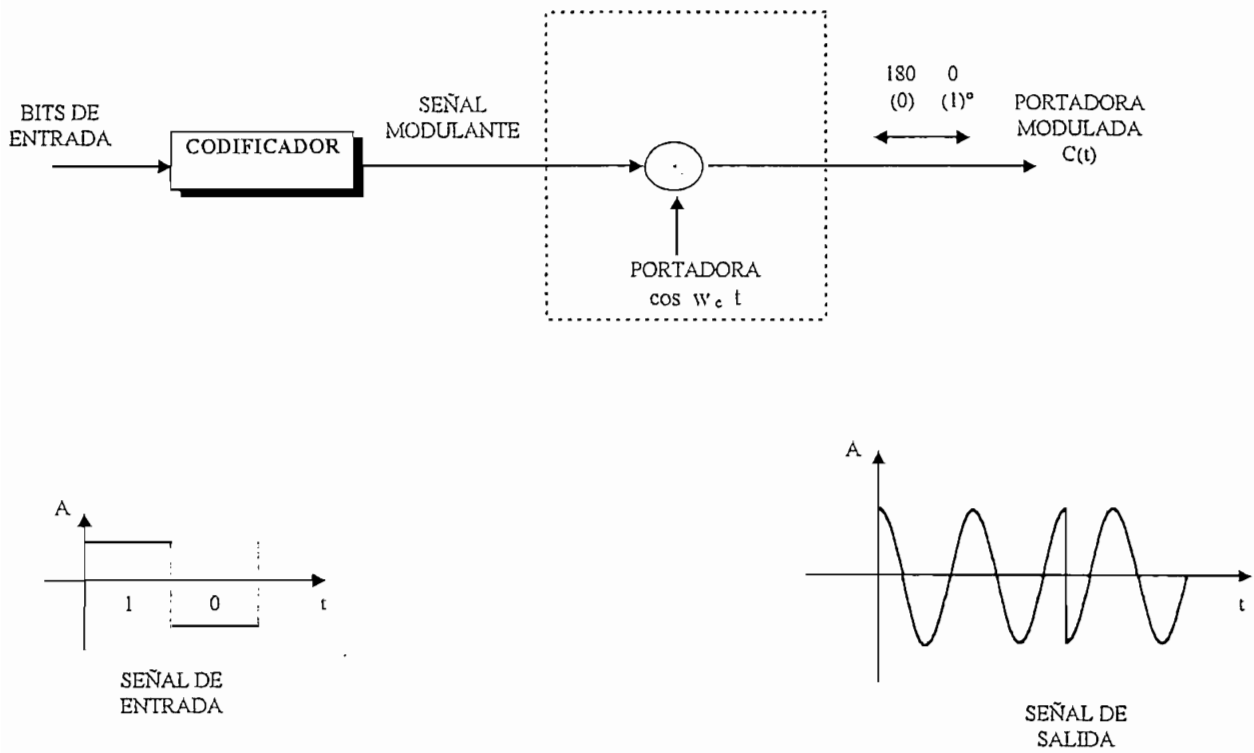
Si se aumenta el ancho de banda del filtro, disminuye la interferencia entre símbolos pero aumenta el ruido térmico. Por tanto, se utiliza generalmente un ancho de banda igual a la velocidad de símbolos multiplicada por un factor de 1,05 a 1,2 con lo que se consigue que la degradación de la relación C/N debida a la interferencia entre símbolos sea alrededor de 1,5 a 2,0 dB.

La limitación del ancho de banda de la portadora PSK puede provocar la pérdida de las componentes más elevadas del espectro y producir componentes con modulación de amplitud, que aumentan la distorsión de fase de la portadora a causa de la conversión modulación de amplitud-modulación de fase que tiene lugar en el transpondedor del satélite.

Si se supone que los trenes de bits en fase y en cuadratura son independientes, el ancho de banda de para QPSK es la mitad del necesario para BPSK para la misma velocidad binaria.

Para transmitir datos a una tasa de R [bit/s], los anchos de banda necesarios son R para BPSK y $R/2$ para QPSK, no obstante, debido a las características reales de los filtros, los anchos de banda de transmisión empleadas en las comunicaciones por satélite son 1,2 veces superiores a los valores ideales indicados.

Las siguientes figuras ilustran el funcionamiento del modulador BPSK y del modulador QPSK:

Fig. 3-2: Modulador BPSK¹

$$C(t) = A \cos(\omega_c t + \theta_k) = v(k T_c) A \cos(\omega_c t)$$

ec. 3-7

¹ ref. 1, pp 105

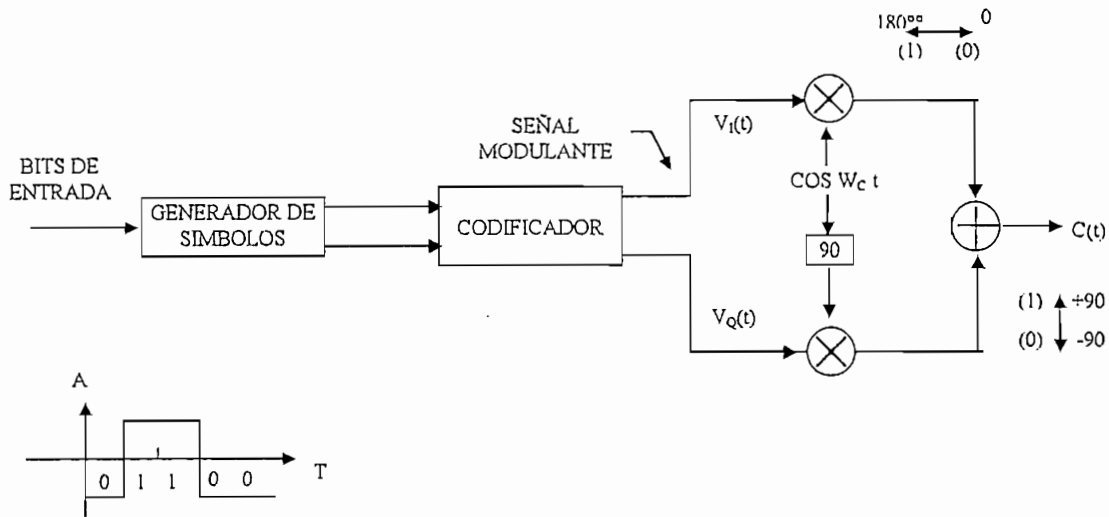



Fig. 3-3: Modulador QPSK¹

3.2.1.1 VARIANTES DE QPSK

Un enlace satelital contiene dentro de sus componentes físicas filtros que producen modulación de amplitud de la portadora cuando se utiliza modulación QPSK, por los largos cambios de fase (180°). La no-linealidad de los canales transforman estas variaciones de amplitud en variaciones de fase las cuales degradan la demodulación. Algunas variantes de modulación QPSK han sido propuestos para limitar la amplitud de las variaciones de fase, estas son:

- ◆ **OFFSET QPSK (OQPSK):** el voltaje cambia en la mitad de la duración del símbolo. Solo una de las dos portadoras en cuadratura está sujeta a un cambio de fase cada vez y así la fase de la portadora resultante varía solamente en pasos de 90° .
- ◆ **MINIMUM SHIFT KEYING MODULATION (MSK),** el voltaje modulador,  varía de acuerdo a una función sinusoidal. Puede parecer como un caso

¹ ref. 1, pp 106

particular de la modulación de frecuencia (FSK). La fase de la portadora cambia linealmente en la duración de un símbolo para alcanzar el valor requerido de cambio de fase al final.

Estos tipos de modulación no son usados en sistemas operacionales, sus ventajas no son suficientes para justificar el alto costo de desarrollar nuevos moduladores y demoduladores y reemplazar los ya existentes de QPSK.

3.2.2 Otros Tipos De Modulación

Para tener mayor eficiencia en la utilización del espectro, se deben emplear métodos con mayor número de estados, dado que la ocupación del espectro se reduce en un factor igual al logaritmo base 2 del número de estados. La desventaja de esta técnica es el incremento de la sensibilidad hacia los errores, por esta razón se debe añadir un código corrector de errores.

Para evitar problemas de ensanchamiento del espectro causado por alinealidades puede usarse una modulación con envolvente constante, que se consigue controlando las variaciones de fase durante las transiciones y evitando el filtrado a la frecuencia intermedia.

En los métodos de modulación híbrida se aumenta la capacidad de transmisión por unidad de ancho de banda. Si se eligen la amplitud y la fase como parámetros variables, el método se denomina en general modulación por desplazamiento de fase y de amplitud. La señal moduladora de entrada se aplica a un espacio bidimensional representado por la amplitud y la fase de la onda portadora. La eficiencia en ancho de banda se obtiene a costa de un gran aumento en los requerimientos de la relación E_b/N_o . Para emplear esta modulación se requiere además de mayor complejidad de los módems y mayor linealidad de los amplificadores de potencia.

3.2.3 EFICIENCIA ESPECTRAL

La siguiente figura muestra la forma del espectro de una portadora digital modulada en QPSK, BPSK:

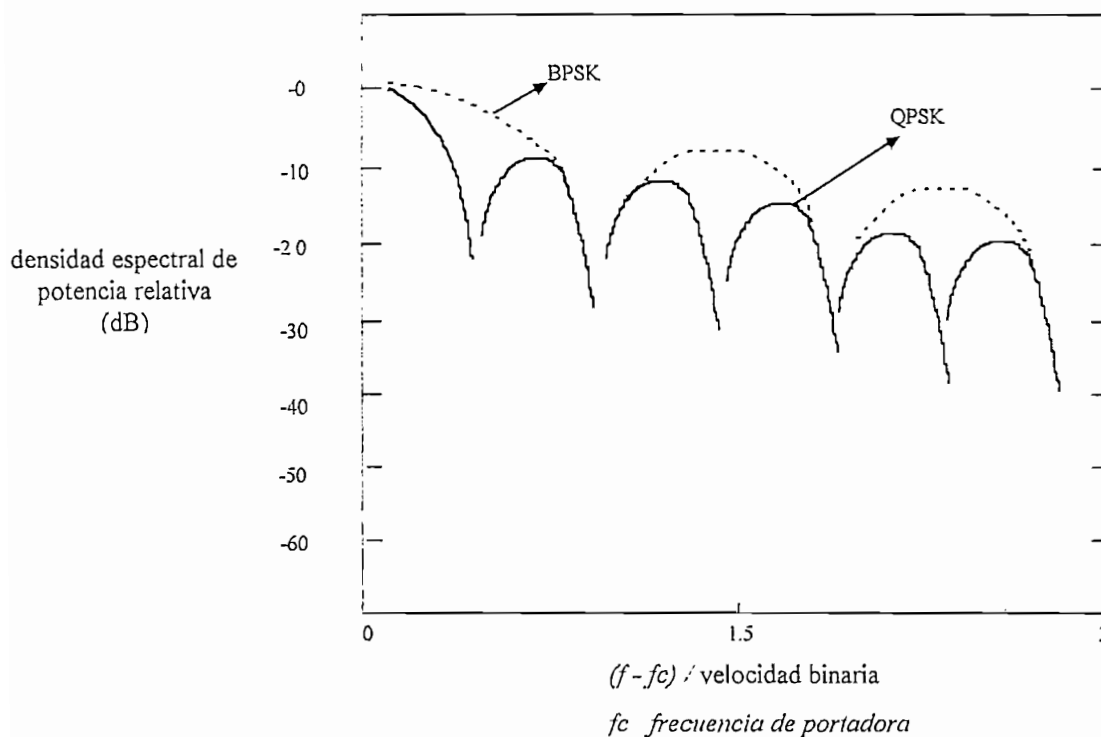


Fig. 3-4: Espectro de portadoras digitales¹

Un parámetro importante en la elección del tipo de modulación para un enlace espacial es el ancho de banda que ocupa la portadora en el satélite. En efecto, el operador del enlace paga por el ancho de banda ocupado y esto se refleja por el costo al usuario. Su beneficio se incrementa a medida que el espectro ocupado decrece y el número de usuarios que pagan se incrementa. Esto

¹ ref. 1, pp 108

conduce al concepto de eficiencia espectral la cual se define como la relación de la capacidad R_c [bit/s] de la portadora y el ancho de banda ocupado B [Hz]:

$$\Gamma = R_c / B$$

ec: 3-8

Puede demostrarse que para BPSK, la eficiencia espectral teórica es de 1 [bit/s Hz]. Para QPSK es de 2 [bit/sHz]. En la práctica tomando en cuenta las imperfecciones de un canal de transmisión (como filtrados y no linealidades), la eficiencia espectral es del orden de 0,7 - 0,8 [bit/sHz] para BPSK y 1,4 - 1,6 [bit/sHz] para QPSK.

3.2.4 Demodulación

La función del demodulador es identificar la fase de la portadora recibida y deducir a partir de esta el valor de los bits transmitidos. La demodulación puede ser:

- ◆ Demodulación coherente, el demodulador usa una sinusoidal local como señal de referencia con la misma frecuencia y fase que la onda modulada en el transmisor. El demodulador interpreta la fase de la portadora recibida y la compara con la fase de la referencia. La demodulación coherente se utiliza para los cuatro tipos de modulación: BPSK y QPSK, directa y diferencial.
- ◆ Demodulación diferencial, el demodulador compara la fase de la portadora recibida, la duración de transmisión de un símbolo y su fase con la duración de transmisión del símbolo precedente. El demodulador detecta el cambio de fase. La información transmitida puede ser recuperada solo si está contenida en los cambios de fase; la demodulación diferencial está asociada con la

codificación diferencial en la transmisión. Este tipo de demodulación se utiliza para D-BPSK ó D-QPSK.

La estructura de estos demoduladores se indica a continuación:

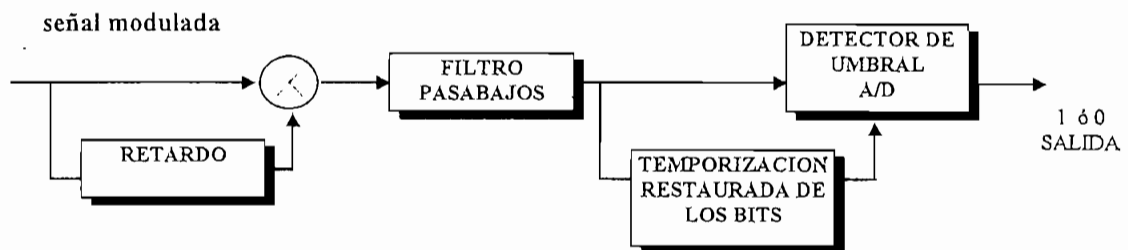


Fig. 3-5 : Demodulador diferencial¹

3.2.5 Ancho De Banda vs. Potencia

En un enlace satelital, para un error de probabilidad dado, un codificador-corrector de errores hace que el valor requerido de $(C/N_o)_T$ (relación portadora a densidad de ruido total) disminuya para poder aceptar un gran ancho de banda de radio-frecuencia. $(C/N_o)_T$ está relacionada con la potencia de la portadora.

¹ ref. 1, pp 110

En esta relación entre potencia y ancho de banda, la tasa de codificación juega un papel muy importante. Al reducir la tasa de codificación, para una velocidad de información constante R_b , se incrementa el ancho de banda y permite que se pueda economizar potencia, reduciendo $(C/N_o)_T$. Esto se ilustra en la siguiente figura, en la cual se indican las posibles combinaciones de tasa de bit de información R_b y los requerimientos de $(C/N_o)_T$ a una probabilidad de error constante de acuerdo a la tasa de codificación:

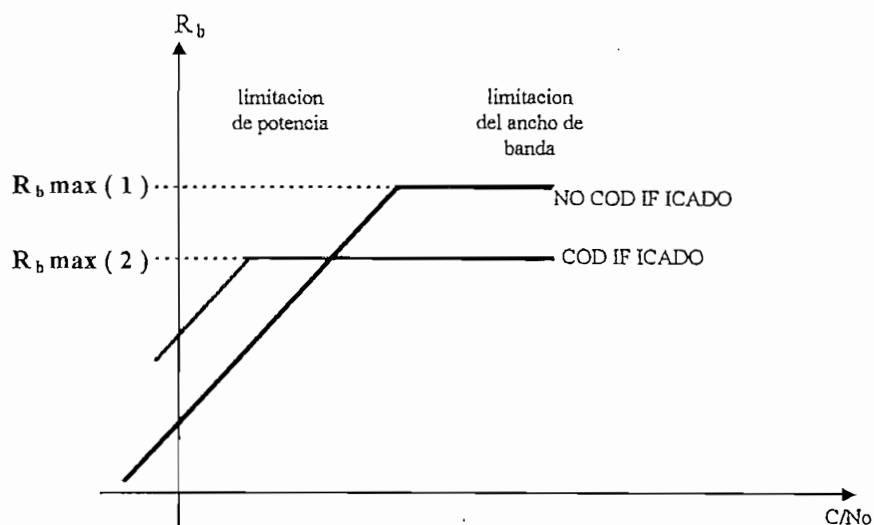


Fig. 3-6: Velocidad de información en función de C/N_o ¹

¹ ref. 1, pp 118

4. TÉCNICAS DE ACCESO AL SATÉLITE

4.1 DESARROLLO DE LAS TECNICAS DE ACCESO AL SATELITE

Las técnicas de transmisión satelitales inicialmente fueron analógicas. Cada portadora llevaba un canal de TV o canales telefónicos multiplexados por división de frecuencia. Poco a poco se hizo indispensable un acceso al satélite simultáneo por parte de varias estaciones separadas físicamente, y es cuando aparece el acceso múltiple por división de frecuencia FDMA. Como respuesta al incremento de la demanda de un gran número de enlaces de baja capacidad, se introdujo la asignación por demanda, en primer lugar usando un simple canal por portadora SCPC con modulación FM ó PSK y posteriormente usando acceso múltiple por división en el tiempo TDMA para proveer flexibilidad a las técnicas digitales, que paulatinamente van imponiéndose.

Simultáneamente, el progreso de la tecnología de las antenas permitió a los haces cubrir áreas mayores, con lo que se mejoró realización de los enlaces y se redujo la interferencia entre sistemas. Sin embargo, el incremento del número de haces provoca que la interconexión de las redes sea mas y más difícil. Por esta razón se ha buscado un nuevo acceso que parece ser la solución a este problema, es el acceso múltiple por división del tiempo con conmutación a bordo del satélite SS-TDMA (Satellite Switched Time Division Multiple Access), que permitiría realizar saltos entre transpondedores y que actualmente se encuentra en estudio.

4.2 DEFINICION DEL ACCESO MULTIPLE

Los satélites proporcionan potencia y ancho de banda, el acceso múltiple permite que estos recursos puedan ser compartidos entre diversos usuarios. La elección correcta de la técnica de acceso múltiple permite explotar al máximo las múltiples posibilidades de conexión que caracterizan a los sistemas de comunicación por satélite. La capacidad para comunicarse entre estaciones terrenas depende del método de acceso que se utilice.

La eficacia de toda técnica de acceso múltiple está relacionada con la modulación elegida. La modulación afecta al modo de transmitir la información, y las técnicas de acceso múltiple al tráfico de esta información.

El acceso múltiple se define como la posibilidad de que varias estaciones terrenas transmitan simultáneamente hacia el mismo transpondedor de un satélite sus señales sin interferirse. De igual forma, a través del acceso múltiple es posible que varias estaciones terrenas que se encuentren en la zona de cobertura reciban las portadoras procedentes de varias estaciones terrenas a través de un solo transpondedor.

Con las técnicas de acceso múltiple se debe conseguir lo siguiente:

- ◆ cada mensaje debe ser capaz de pasar a través del canal de comunicación
- ◆ cualquier receptor que tenga el equipo apropiado, debe ser capaz de separar cada mensaje transmitido y dirigido a este receptor
- ◆ la interferencia entre mensajes debe ser mínima

4.3 CLASIFICACION DE LAS TECNICAS DE ACCESO MULTIPLE

Existen dos enfoques para clasificar el acceso múltiple, ya sea según la atribución de canales o según el tipo de compartir los transpondedores.

Esta última forma de clasificación se relaciona con las características que permiten detectar las portadoras emitidas simultáneamente, y son:

- ◆ acceso múltiple por distribución de frecuencia,
- ◆ acceso múltiple por distribución en el tiempo,
- ◆ acceso múltiple por diferenciación de código

4.4 . - ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA FDMA (Frequency Division Multiple Access):

Es el primer acceso múltiple que apareció, y es actualmente el más utilizado. Cada estación terrena tiene asignada una frecuencia de portadora específica con el ancho de banda requerido para sus transmisiones; al acceder al satélite se multiplexan en frecuencia con varios canales multidestino. A su vez cada estación para recuperar los canales debe extraer del múltiplex la portadora correspondiente y recuperar la información en banda base.

Esta técnica se adapta a los métodos de modulación y multiplexación analógicos, está asociada con la modulación en frecuencia FM de la portadora: la portadora se modula en frecuencia por la señal de banda de base multiplexada también en frecuencia. También puede combinarse con otros tipos de multiplexación y modulación, especialmente la multiplexación por tiempo con modulación digital, que generalmente es modulación de fase.

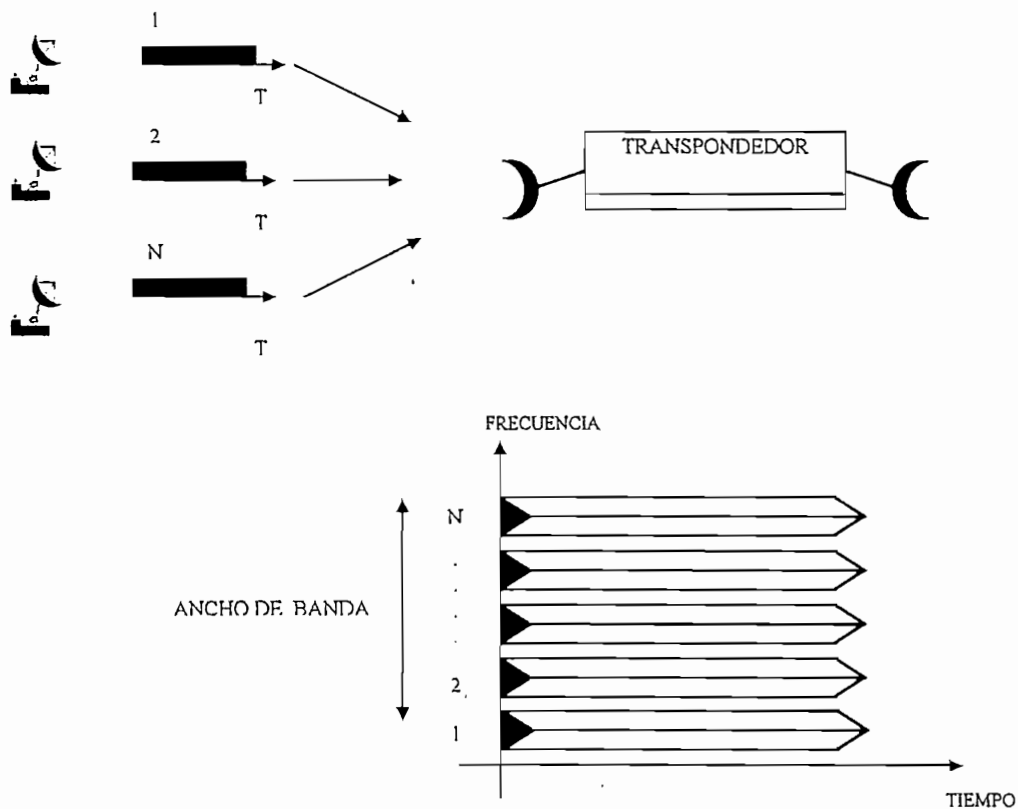


Fig. 4-1: Acceso FDMA

La capacidad de canales por transpondedor del satélite varía en función del número de portadoras de acceso y de su distribución de tráfico; la máxima capacidad se obtiene en el caso de que se transmita una sola portadora que ocupe todo el ancho de banda, (el número de canales se reduce en un 50% si se transmiten 8 portadoras por transpondedor), esto se debe a dos razones:

- ◆ la separación en frecuencia entre portadoras
- ◆ la disminución de potencia en la transmisión para evitar los productos de intermodulación al pasar por el amplificador del satélite, que producirían interferencias en los transpondedores.

4.5 . - ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO TDMA (Time Division Multiple Access):

En este modo de acceso las transmisiones de las distintas estaciones terrenas no son continuas en el tiempo. Sólo una estación accede al satélite en cada momento, pero todas las estaciones disponen de la potencia y el ancho de banda totales del transpondedor durante el instante en el que transmiten y pueden aprovechar estos recursos al máximo. En la recepción cada estación recibe su intervalo de tiempo y extrae el canal que le corresponde.

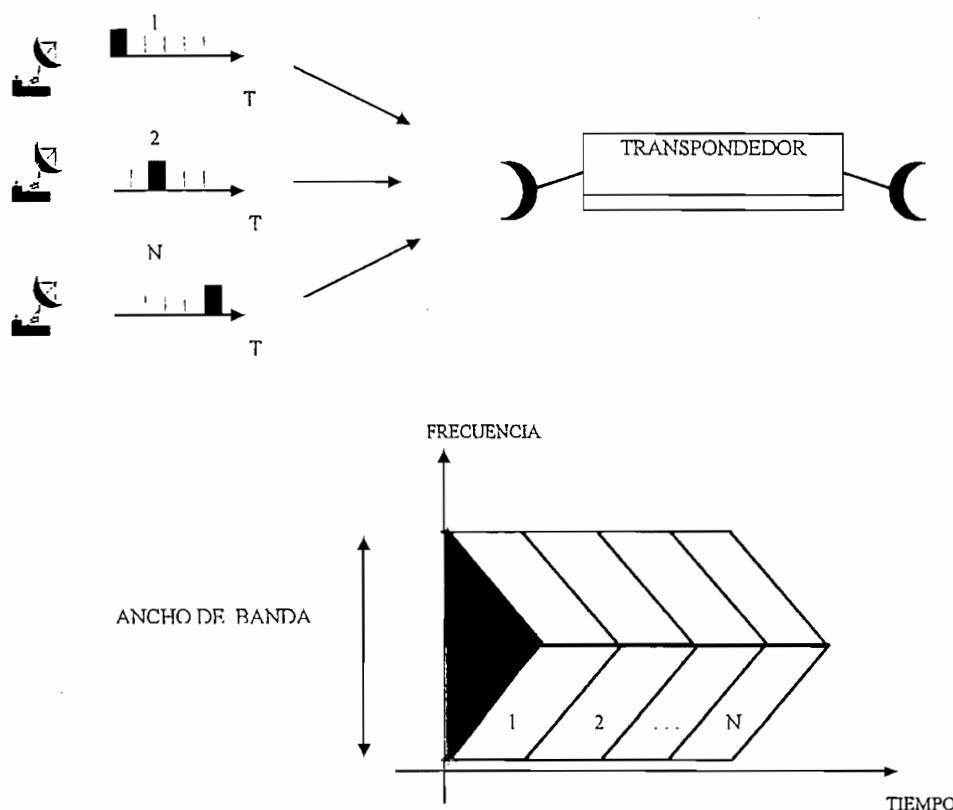


Fig. 4-2: Acceso FDMA

Varias estaciones pueden utilizar un determinado transpondedor para transmitir "ráfagas" de datos, siempre que no haya superposición en el transpondedor con las ráfagas transmitidas por otras estaciones. Estas ráfagas que se repiten periódicamente a intervalos de duración regular se llaman tramas.

No se producen productos de intermodulación ya que no existe sino solo una portadora en cada momento y el amplificador de potencia del satélite puede funcionar en el punto de saturación.

Este tipo de acceso es adecuado para las transmisiones digitales y requiere que la señal de banda base, en el caso de ser analógica, sea muestreada y cuantificada en forma de impulsos antes de la modulación. La multiplexación que generalmente utiliza es por división en el tiempo. Generalmente, la portadora es modulada por desplazamiento de fase por la señal digital.

La ventaja de este tipo de acceso es la facilidad de interconexión en malla y la flexibilidad del enrutamiento. Este acceso está caracterizado por la duración del intervalo de trama y de los intervalos elementales.

4.5.1 Estructura De La Trama

Una trama está formada por la secuencia completa de todas las transmisiones individuales de cada estación incluida la de referencia. La duración de cada intervalo de trama se fija de acuerdo con la velocidad de transmisión de datos de la red, el número de estaciones participantes y el tráfico, pero está limitado por el retardo ocasionado por el tiempo de propagación. En el caso de que la duración de la trama sea constante, la de los intervalos elementales puede diferir de una estación a otra según el volumen de tráfico que deba cursar la estación.

4.5.2 Sincronización

En el TDMA la temporización es muy importante para evitar que las ráfagas puedan llegar al satélite consecutivamente sin solaparse, además el retardo de propagación de las señales debe ser corregido porque cada estación se encuentra generalmente muy separada una de otra.

Para la sincronización se transmite en primer lugar una ráfaga de referencia que sirve de base de tiempo. A esta referencia se deben ajustar los intervalos elementales asignados para cada estación. Las variaciones introducidas durante el trayecto se corrigen a partir de esta señal recibida, extrayendo el error de temporización de la señal transmitida respecto al tiempo de referencia, cuando la señal transmitida por una estación se recibe en la propia estación.

4.5.3 Recepción

Las ráfagas individuales tienen una posición fija dentro de la trama respecto a la de referencia. Esta propiedad se aprovecha en la recepción.

Este tipo de sistemas son multidespacho puesto que todas las ráfagas de la trama pueden ser recibidas por cada estación.

4.5.4 Técnicas De Conmutación De Paquetes (Aloha)

Estos sistemas son de utilización generalizada en los satélites. A través ellos un gran número de usuarios comparten la capacidad del transpondedor del satélite mediante la transmisión aleatoria de paquetes o ráfagas de corta longitud.

Se puede utilizar para ciertos tipos de transmisión de datos a velocidades bajas, en las que el retardo por la retransmisión no presente problemas, como en redes de comunicaciones de empresas empleando microestaciones VSAT.

El sistema aloha puro es la técnica en la cual la transmisión se produce en momentos totalmente aleatorios, por lo cual estos paquetes pueden superponerse en el transpondedor del satélite. Cada terminal debe observar el trayecto descendente que sigue el paquete una y otra vez hasta que asegure que el paquete ha sido recibido correctamente por el usuario de destino. Tiene una gran eficiencia cuando se trata de poco tráfico.

En el sistema aloha a intervalos de tiempo una estación de control transmite una información de temporización que define los intervalos de tiempo cuya duración es aproximadamente igual a la longitud de un paquete. Cada terminal puede transmitir un paquete solamente al comienzo de un intervalo, dos o más paquetes transmitidos en el mismo intervalo coincidirán, pero con esta técnica se reducen las colisiones parciales.

4.6 ACCESO MÚLTIPLE POR DIFERENCIACIÓN DE CÓDIGO CDMA (Code Division Multiple Access)

En el CDMA todas las estaciones terrenas utilizan la misma frecuencia de portadora y pueden transmitir al mismo tiempo, pero existe un código característico que se le asigna en exclusividad a cada estación participante. Esta técnica exige un tratamiento digital de la señal de banda base previo a la aplicación de técnicas de dispersión de energía (capítulo II, sección 1.3.6.2).

Se llama también de espectro ensanchado, porque dispersa la energía media de la señal de información sobre un ancho de banda entre 100 y 1000 veces mayor que el ancho de banda original de la información. Este ensanchamiento se realiza antes

de la transmisión y consiste en la adición de una serie de códigos complejos, de modo que cuando la señal codificada llega a un receptor, este debe disponer del código particular para demodular.

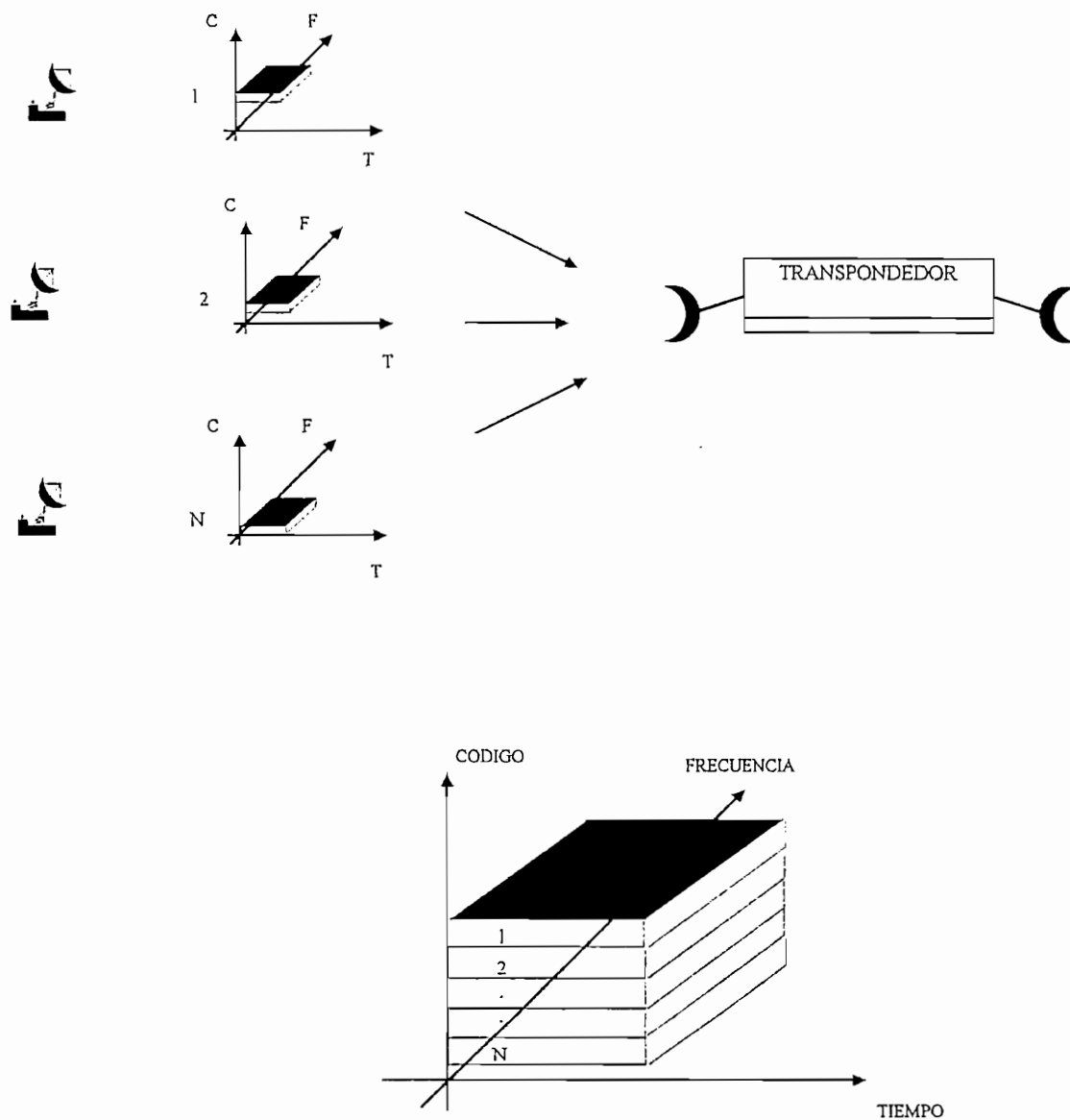


Fig. 4-3: Acceso CDMA

La codificación para el acceso se puede realizar por secuencia directa, en la cual se obtiene una señal de banda ancha añadiendo una secuencia pseudoaleatoria con una velocidad de bits muy superior a la del mensaje que se desea transmitir.

Otra forma de codificación es la de saltos de frecuencia, en la cual la frecuencia de la portadora varía en forma aleatoria en incrementos finitos en un rango limitado de frecuencias. Las frecuencias seleccionadas obedecen a un código y esta selección se realiza a una velocidad cercana a la velocidad de los bits de la información.

Esta técnica ha visto su desarrollo en aplicaciones militares por sus características de encriptación de la información. Pero, además, es ventajoso para comunicaciones en medios con altos niveles de interferencia, debido a la facilidad para seleccionar un espectro en particular que se puede diferenciar del espectro de ruido, otra ventaja es la reducción del ancho de banda que se produce en la recepción.

Por estas características el acceso CDMA se utiliza:

- ◆ En los sistemas de posicionamiento GPS, para poder indicar una posición determinada cada usuario recibe señales procedentes de 4 satélites diferentes y para poder distinguirlos se asignan códigos distintos a cada satélite.
- ◆ En los sistemas de servicio móvil para comunicación entre estaciones terrenas en los barcos o aviones con muy poco tráfico
- ◆ En algunas comunicaciones desde tierra con transbordadores espaciales para el lanzamiento de satélites.

La congestión de satélites geoestacionarios aumenta día a día, y la interferencia entre estos sistemas es cada vez mayor. La utilización de CDMA puede evitar este

problema, ya que sus características le hacen resistente a la interferencia y además por sus niveles bajos de densidad de potencia radiada tampoco genera una interferencia considerable. Se prevé que esta será la principal razón para su utilización generalizada en el futuro.

4.7 COMPARACIÓN ENTRE LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE ACCESO:

El sistema de acceso FDMA se adapta a transmisiones analógicas y digitales, es el primer sistema en utilizarse y el más difundido actualmente; pero es muy sensible a las interferencias sobre todo de intermodulación y tiene una capacidad limitada para varias portadoras en un mismo transpondedor.

El TDMA es el acceso de desarrollo actual y aprovecha al máximo la potencia del satélite. La ventaja principal del TDMA con respecto al FDMA es la mayor capacidad de canales por transpondedor y la mejor adecuación a las redes digitales. Los problemas con el TDMA son la necesidad de una conversión analógico-digital cuando la señal originalmente es analógica, y el costo del equipo.

El CDMA aparece ante la necesidad de establecer comunicaciones secretas y fiables y en la actualidad son limitadas sus aplicaciones civiles, aunque tiene la enorme ventaja de su inmunidad a las interferencias. Para utilizar este acceso se requiere que la información tenga baja velocidad, el equipo para su implementación es complejo y por ende más costoso y finalmente no se da una utilización eficiente al espectro disponible.

El sistema INTELSAT ofrece tanto el acceso FDMA como el TDMA, en otras redes modernas como EUTELSAT, el único modo de acceso es TDMA.

La elección de una de las técnicas está determinada por:

- ◆ el costo de todo el sistema, incluidas estaciones terrenas
- ◆ aplicación a que se destina y tipo de información a transmitir
- ◆ fiabilidad de funcionamiento
- ◆ facilidad de puesta en servicio
- ◆ flexibilidad para adaptarse a los cambios de tráfico

4.8 .- ACCESO MÚLTIPLE DE ACUERDO AL TIEMPO DE USO DE LOS CANALES

La atribución de los canales en el acceso múltiple puede ser de dos modalidades:

Acceso Múltiple Por Asignación Previa, en el cual los diversos canales están asignados en forma permanente e independiente de la utilización que los usuarios le den.

Acceso Múltiple Con Asignación En Función De La Demanda DAMA (Demand Assignment Multiple Access), un canal de transmisión se selecciona automáticamente y sólo permanece conectado mientras se mantiene la comunicación.

La mayoría de los sistemas de telecomunicaciones por satélite utilizan el sistema de asignación previa, aunque en el caso de tráfico esporádico que varía en el tiempo, las propiedades de ahorro del proceso DAMA mejoran considerablemente la eficacia del sistema.

5. SCPC ANALÓGICO Y DIGITAL

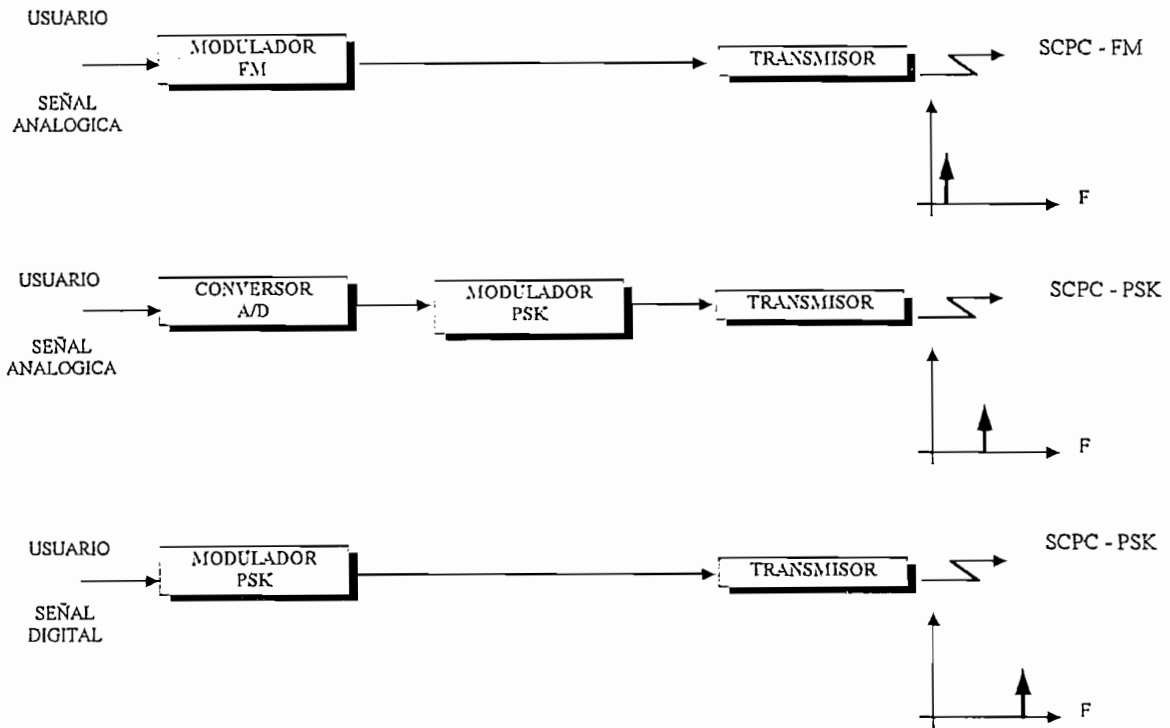


Fig. 5-1: Técnica de Acceso SCPC

La técnica de UN SOLO CANAL POR PORTADORA (SCPC Single Channel Per Carrier) es una forma de acceso múltiple por división de frecuencia, pero sin multiplexación, es decir, que cada portadora será modulada por un solo canal.

Este tipo de acceso apareció aproximadamente hace dos décadas y puede ser usado tanto para técnicas de modulación analógica como de modulación digital. En estos casos la modulación generalmente empleada es la FM analógica o la modulación de fase digital. Los sistemas SCPC típicos utilizan modulación de frecuencia FM compandida, es decir, mediante procedimientos de compresión y

expansión de la señal, aunque la tendencia actual es la utilización de modulación digital, modulación delta con modulación digital de fase (PDM) de la portadora de radiofrecuencia.

Las señales a transmitirse con esta técnica pueden ser objeto de diversas formas de tratamiento en banda base como los ya mencionados en la sección 1 del presente capítulo.

Los sistemas SCPC con modulación en frecuencia compandida tienen un ancho de banda de radiofrecuencia de 22,5 kHz, 30 kHz ó 45 kHz por portadora; los sistemas SCPC con modulación delta y modulación digital de fase transmiten con un ancho de banda radiofrecuencia de 22,5 kHz y los sistemas SCPC con modulación por impulso codificado y modulación digital de fase usan una velocidad binaria de 64 kbit/s con un ancho de banda de 45 kHz. Pero si la transmisión se refiere a señales de audio de alta calidad el ancho de banda ocupado es de 200 kHz a 400 kHz¹.

Por tanto un transpondedor de 36 MHz tiene capacidad para establecer de 800 a 1600 canales SCPC simultáneos; y de 90 a 180 canales en el caso de señales de audio de alta calidad.

La asignación de canales de transpondedor a las estaciones terrenas puede ser:

- ◆ fija, donde cada intervalo de canal del transpondedor está reservado al uso por una estación determinada
- ◆ variable, donde los intervalos de canal del transpondedor se asignan en distintos momentos a diferentes estaciones terrenas de acuerdo con sus necesidades instantáneas.

¹ ref. 2, pp 340

5.1 DESVENTAJAS DE SCPC

La principal desventaja es que cada canal requiere un módem separado en cada estación terrena, incrementándose el equipo terrestre en función del número de circuitos requeridos. Además, cada portadora de SCPC requiere un cierto porcentaje de banda de protección en el transpondedor, y consecuentemente aparece una utilización relativamente mas alta del ancho de banda comparado con otras técnicas. Cuando se usan varios canales en cualquier estación remota, el amplificador de potencia tiene que ser operado a un nivel razonablemente más bajo que su máxima salida. Además, las transmisiones SCPC son susceptibles a interferencias terrestres y también son más probables para experimentar interferencias desde los satélites adyacentes o señales de polarización cruzada de otro usuario en el mismo satélite. El hecho de que SCPC ocupa un ancho de banda estrecho hace que también sea susceptible a fluctuaciones de frecuencia, por esta razón los sistemas comerciales de generalmente utilizan LNB con lazos aseguradores de fase, un dispositivo relativamente caro, pero que asegura la frecuencia de la señal del enlace descendente.

5.2 VENTAJAS DE SCPC

La ventaja principal del sistema SCPC es que permite una conexión total entre dos canales cualesquiera de la red. Además, se puede utilizar en forma progresiva el transpondedor del satélite y en consecuencia llegar a tener una expansión flexible de la red. Los recursos utilizados del satélite son menores porque sólo se usa una pequeña porción del transpondedor. Por esta misma razón el costo de arrendamiento del transpondedor es relativamente bajo

En base a estas ventajas y desventajas, se concluye que los sistemas SCPC son rentables para las redes que constan de un gran número de estaciones terrenas, cada una de las cuales dispone de un reducido número de canales, en estos casos la técnica de SCPC combinada con FDMA puede proveer la utilización más eficiente del sistema. Puede ser utilizado tanto para rutas internacionales como para sistemas de comunicación domésticos. Esta técnica está operando en algunos países y provee en forma segura servicios internacionales de voz y datos, aplicaciones militares y comerciales.

Para el caso de las estaciones con un número de canales mediano o elevado, los sistemas FDM-FM o TDM-PDM pueden resultar más económicos.

5.3 APLICACIONES DE SCPC

5.3.1 Canales Telefónicos

La utilización de SCPC generalizada se refiere a canales telefónicos con modulación analógica FM para regiones rurales, donde cientos de canales de audio SCPC con asignación individual de portadoras y frecuencias pueden ser transmitidos hacia cada transpondedor del satélite y la portadora es activada por la voz, lo que permite un ahorro de energía de hasta el 60% en el transpondedor del satélite.

5.3.2 Canales de Audio

La técnica SCPC ofrece flexibilidad, calidad y costo económico para la radiodifusión de audio de alta calidad por satélite, su capacidad ha sido demostrada por las muchas aplicaciones que los usuarios le han dado al rededor

del mundo, facilita la transmisión de audio digital con calidad CD desde una estación central a muchos puntos remotos.

Los sistemas de transmisión de audio utilizan ampliamente SCPC para transmitir una variedad de servicios de programación. A través de esta técnica las redes de radiodifusión transmiten noticias, deportes y entretenimientos a sus emisoras afiliadas al rededor de una determinada geografía. Otra utilización se refiere a las transmisiones en vivo de cualquier evento hacia sus respectivos estudios. Nuevos servicios internacionales como CNN, Mutial, AP, y UPI usan enlaces SCPC para distribuir noticias a sus estaciones locales de radio.

5.3.3 Canales de Televisión

Se utiliza SCPC para las técnicas de transmisión analógicas de televisión con modulación de frecuencia. También para otros servicios como la transmisión del audio de los programas de televisión. Con SCPC, el audio se transmite en una frecuencia de portadora independiente y muy estrecha.

5.4 SISTEMA SPADE (Single-channel per carrier PCM multiple-Access Demand-assigned Equipment)

Es el sistema de INTELSAT que une el SCPC y el acceso por asignación en función de la demanda DAMA (capítulo II, sección). Fue diseñado para la serie INTELSAT IV en adelante.

A través, de SPADE se incrementa la capacidad de manipulación de los satélites de INTELSAT y se establecen nuevos enlaces más económicos.

5.5 INTELSAT: SCPC-QPSK Y SCPC-CFM PARA RADIODIFUSIÓN

Estos dos sistemas de INTELSAT están diseñados especialmente para transmisiones radiofónicas. Para portadoras digitales se utiliza modulación QPSK y para analógicas modulación CFM.

Son servicios unidireccionales de audio mediante una sola portadora (SCPC). Los parámetros de transmisión se encuentran a criterio del usuario, pero la capacidad que se emplee no debe exceder de los recursos del satélite utilizados.

Los usuarios deben someter a aprobación de INTELSAT el plan de transmisión (capítulo I, sección) que demuestre que no se rebasan los recursos de satélite alquilados (P.I.R.E. y ancho de banda).

Para SCPC-CFM se ofrecen dos modalidades de ancho de banda: 90 y 180 [kHz].

El servicio SCPC-QPSK se ofrece a velocidades de 64 y 128 [kbps] y está disponible únicamente en banda C.

5.6 CONSIDERACIONES GENERALES DEL CAPITULO II

La elección correcta de la mejor combinación de sistemas de tratamiento en banda base, acceso múltiple, multiplexación y modulación implica las siguientes consideraciones:

- ◆ capacidad referida al número de enlaces por MHz y número de canales por MHz
- ◆ eficiencia de utilización de la potencia de radiofrecuencia

- ◆ productos de intermodulación
- ◆ flexibilidad para adaptarse a variaciones de tráfico
- ◆ factibilidad económica
- ◆ flexibilidad para adaptarse a distintas estaciones terrenas
- ◆ complejidad del equipo
- ◆ degradación gradual de la señal
- ◆ complejidad de la operación de transmisión - recepción

En el siguiente cuadro se resumen los tipos de sistemas de transmisión más utilizados con las distintas combinaciones de métodos de tratamiento de banda base, modulación y multiplexación y se indica la adaptación a los diferentes modos de acceso múltiple.

SISTEMA	BANDA BASE	MULTIPLEXACIÓN	MODULACIÓN	TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE				
				FDMA	TDMA	CDMA	Preasig.	DAMA
SSB-AM	compansión	FDM ó canal único	AM					
FDM-FM	sin compansión	FDM	FM	x			x	
CFM-SCPC	compansión	canal único	FM				x	x
PSK-SCPC	MIC	canal único	PSK				x	x
TDM-PSK	MIC	TDM	PSK		x		x	x
CDMA		canal único	PSK			x	x	x

Tabla 2 : Cuadro comparativo de técnicas para transmisión satelital¹

¹ ref. 2, pp 103

CAPITULO III

DIMENSIONAMIENTO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

Los capítulos anteriores constituyen el marco teórico para diseñar la red de distribución que permitirá transmitir por satélite las señales generadas en los estudios de radio y recibir estas señales en los lugares de radiodifusión.

Los requerimientos y la configuración física de la red se han determinado en base a una encuesta realizada directamente a las emisoras de radio en FM. Los resultados obtenidos permiten evaluar las necesidades reales del medio. Por otro lado, para el diseño se tomarán en cuenta dos posibilidades de transmisión, analógica y digital, con las cuales se realizará un análisis comparativo para determinar en forma cualitativa y cuantitativa cual es la mejor. Estas redes han tomado como base la técnica de acceso al satélite SCPC (capítulo II, sección 5).

En este capítulo se elaborará el plan de transmisión de INTELSAT (capítulo I, sección 2.2.3). Mediante este plan se asegura la calidad de la comunicación satelital y se verifica que los parámetros de transmisión cumplan con los requerimientos necesarios para que la señal no sufra degradaciones, no cause saturación o interferencias tanto en el segmento terreno como en el espacial. Para el análisis del enlace se utilizarán los datos y características técnicas de los satélites INTELSAT VII y PAS 1 (capítulo I, sección 3) . Esto permitirá comparar los resultados en los dos sistemas satelitales

Un enlace por satélite está completo cuando se han determinado en forma específica los equipos que se utilizarán en el segmento terrestre tanto para la transmisión, como para la recepción.

El aspecto económico se analiza en la parte final de este capítulo, a manera de conclusión de todo el trabajo, ya que este factor es determinante en la ejecución de una red de comunicaciones.

1. REQUERIMIENTOS DE LA RED

1.1 LA RADIODIFUSIÓN FM

Las estadísticas nacionales e internacionales confirman la importancia de la radiodifusión sonora o radio, y la consideran como el medio de comunicación con mayor penetración que cualquier otro. La radio está presente en lugares donde la televisión o la prensa escrita faltan.

Son tres aspectos principales que hacen de la radio un medio de comunicación diferente:

- ◆ no se requiere una total atención al escuchar la radio y permite la realización de otras actividades simultáneas,
- ◆ cumple una labor muy importante en la población rural con alto porcentaje de analfabetismo y familias marginales sin poder adquisitivo

- ◆ contribuye a crear y desarrollar canales de comercio, sin un excesivo costo de producción de anuncios comerciales

Además, mediante la radio, se mantiene una relación personal entre el radiodifusor y su audiencia, lo que redundará en una contribución importante en la información, la educación, el arte, el comercio y el bienestar, en general de la población.

El sistema de transmisión en FM fue creado en 1933¹ como uno de los mejores logros de la radio a nivel mundial, en ese entonces. Su ventaja principal es la fidelidad del sonido, el nivel de nitidez alcanzado no se compara con ninguna de las otras bandas de transmisión de audio. Además, es el sistema mejor dotado para las transmisiones estereofónicas que hace más agradable y real el sonido.

La sociedad ha experimentado grandes cambios y la radiodifusión en el país debe estar preparada para afrontar con capacidad la diversidad de intereses, gustos y necesidades no solo a nivel regional, sino mundial.

Los medios técnicos para la radiodifusión en el mundo son cada vez más sofisticados. Los sistemas actuales utilizan en forma extensa las comunicaciones vía satélite con las que se puede conseguir transmisiones a nivel mundial. Pero este casi ilimitado alcance, también nos puede facilitar compartir el quehacer del indígena de la serranía o el montubio de nuestro litoral, e integrarlos al acontecer universal.

Paulatinamente, la evolución de la técnica digital abre un nuevo camino para los negocios a través de la radio. El periodismo electrónico mediante el satélite ha revolucionado la forma de hacer noticias. El CCIR avanza en forma constante en sus investigaciones y elaboración de resoluciones para la radiodifusión directa

¹ ref. 12, pp 130

del satélite hacia los radioescuchas, con el desarrollo de receptores de radio tan versátiles como los actuales.

En Estados Unidos durante 1994 se inició una considerable actividad innovando tecnología en la mayor parte de las radios fuertes del país. La RCN (una de las cadenas radiales más importantes de Colombia) tiene implementada la red de radio comercial a través del satélite más grande en su país, con 104 estaciones en AM y FM con un alcance de 100 [kW] a 5 [kW]¹. El sistema de RCN reemplazó el enlace terrestre, compuesto de líneas telefónicas y redes terrenales, entre Bogotá y 32 ciudades remotas; además, planea su expansión hacia América del Norte y Europa.

1.1.1 Emisoras FM en el Ecuador

En el territorio ecuatoriano funcionaban en 1983, 69 emisoras de radio² comerciales, culturales y educativas en la banda de FM, y su crecimiento ha sido tan acelerado en los últimos años que actualmente contamos con 405³ emisoras a nivel nacional. Solamente en Quito en los últimos meses han aparecido 6 nuevas emisoras.

A pesar de este número tan elevado de emisoras, solo pocas de ellas tienen una cobertura nacional, la mayoría cubre zonas aledañas a su centro de emisión, solamente algunas radios de Quito pueden ser consideradas como nacionales. En Guayaquil, hasta la fecha ninguna radio tiene una cobertura importante. Aunque existen proyectos, para crear grandes cadenas radiales, precisamente

¹ World Broadcast News, febrero 1992, pp 35

² fuente: Departamento de Comprobación Técnica de la Dirección de Nacional de Frecuencias de IETEL

³ fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones, diciembre/95

con emisoras de Guayaquil. Y en la ampliación de otras radios, incluso tomando como buena opción el satélite.

En los siguientes gráficos se puede visualizar la distribución de las radios a lo largo del país por provincias y por regiones geográficas¹:

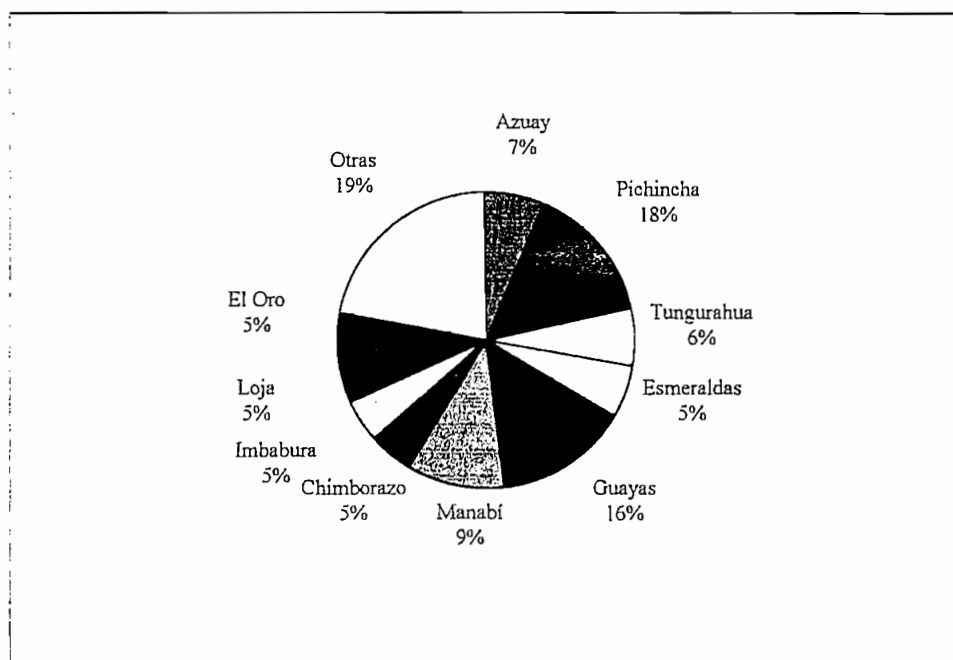


Fig. 1-1: Distribución de las emisoras en FM por provincias

¹ fuente: Superintendencia de Telecomunicaciones, diciembre/95

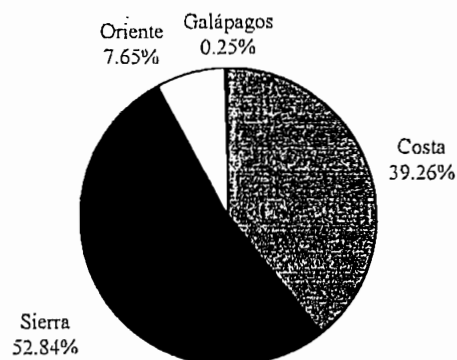


Fig. 1-2: Distribución de las emisoras en FM por regiones

Salvo contadas excepciones, la transmisión de la señal, se realiza mediante comunicaciones terrestres (en VHF y UHF) de la señal que se origina en los estudios y se transmite hacia los centros de difusión ubicados en diversas montañas.

En la siguiente tabla se indican los lugares, que generalmente se utilizan porque presentan un buen punto de enlace y/o de radiodifusión según sea el caso, la ciudad de ubicación y su cobertura.

CERRO	UBICACIÓN	COBERTURA
Altarhurco	Cañar	enlace
Anímas	Salinas	enlace
Atacazo	Quito	enlace
Buerán	Cañar	Cañar, Azoguez
Capadía	Guaranda	Bolívar
Capaes	Salinas	Libertad, Sta. Elena
Cerro Blanco	Otavalo	Imbabura
Cerro del Carmen	Guayaquil	Guayas
Cerro Hojas	Manta	Manabí
Chiguilpe	Sto. Domingo	Sto. Domingo
Chillas	Machala	Machala
Corazón	Latacunga	Los Ríos
Cotacachi	Otavalo	Carchi
Gatazo	Esmeraldas	Esmeraldas
Guachahurco	Guachamana	El Oro
La Mira	Riobamba	Chimborazo
La Puntilla	Salinas	Salinas, Sta. Elena
Pichincha	Quito	Pichincha
Pilizurco	Ambato	Tungurahua, Cotopaxi
Troya Alto	Tulcán	Carchi
Turi	Cuenca	Azuay
Ventanas	Loja	Loja

Tabla 1: Principales cerros que utilizan las emisoras FM para sus repetidoras

Las emisoras para cubrir una zona en particular utilizan preferiblemente cerros que ya han sido utilizados por otras emisoras u otros servicios, en los que se tiene experiencia en la cobertura que se consigue, además se encuentran facilidades para vías de acceso y disponibilidad de energía. En condiciones especiales o para cubrir nuevas zonas se utilizan otros cerros previo a su estudio correspondiente.

Sin embargo, no todos los enlaces que existen actualmente son óptimos desde el punto de vista técnico, esto se ha dado porque algunas veces el factor

económico es más importante que las consideraciones técnicas que se debe cumplir. Por ejemplo, en los enlaces hacia el litoral las repetidoras se encuentran muy alejadas unas de otras, produciendo la degradación de la señal.

En el país, existen radios con gran cobertura, que tienen enlaces terrestres, entre estas se menciona JC RADIO LA BRUJA, cuya cobertura es una de las mayores actualmente. Se origina en Quito y llega a Esmeraldas, Carhaci, Santo Domingo, Tungurahua, Cotopaxi, Chimborazo, Manabí, Salinas, Cañar, Azóquez.

Otras radios utilizan redes instaladas y comparten la transmisión con otros servicios, este es el caso, de radio Sonorama que también tiene una red nacional y en su mayor trayecto utiliza los equipos de transmisión de microondas de Gamavisión, son muy pocos puntos a los que llega con una red propia.

Sistemas más complejos bidireccionales los tienen, radio Centro o Francisco Estéreo que a pesar de no tener un enlace nacional, tienen conexiones con estudios en algunas partes del país que generan programación compartida.

En el anexo 2 se indica en forma esquemática algunos ejemplos de redes terrestres de radio FM existentes en la actualidad.

1.1.2 Transmisiones Vía Satélite de emisoras FM en el Ecuador

En la actualidad existen algunas estaciones que están incursionando en el mundo de los satélites para sus transmisiones de radio.

HCJB La Voz de los Andes, que forma parte de la organización a nivel mundial HCJB World Radio Inc con sede en Quito y que emite transmisiones a todo el mundo en diversas bandas, tiene actualmente en funcionamiento el proyecto satelital ALAS en asociación con Trans World Radio de Bonaire en las Antillas. Este proyecto tiene como objetivo la distribución de señales de radio para estaciones de AM y FM a través de América Latina.

La programación se realiza en los estudios de Quito y Bonaire y previa su digitalización y codificación son transmitidas por satélite a sus estaciones afiliadas, en la mayoría equipadas solamente con receptores, y algunas con operación bidireccional.

Otros proyectos que se están planificando en Quito y Guayaquil, intentan cubrir gran parte del Ecuador, a través del satélite. Paulatinamente, estos proyectos se harán una realidad y se espera que aparezcan grandes cadenas radiales, con la ayuda del satélite que cada vez está incursionando con más fuerza en nuestro entorno.

1.2 ENCUESTA A LAS EMISORAS DE RADIO FM EN QUITO Y GUAYAQUIL

La encuesta esta formulada para conocer el punto de vista de los radiodifusores FM en el país en diversos tópicos relacionados a la transmisión satelital. Está dirigida al director de cada una de las emisoras y su formato se encuentra en el anexo 1.

Esta encuesta se ha limitado solo para las emisoras en FM, porque tienen más experiencia en redes nacionales; pero el proyecto posterior realizado en base a esta encuesta sirve para transmisiones en AM y FM.

La gran cantidad de radiodifusoras dispersas en país y los problemas de movilización han impedido evaluar a todas las emisoras FM. Sin embargo, se han elegido las ciudades de Quito y Guayaquil para realizar la encuesta, por ser las de mayor importancia y los centros donde se encuentran la mayor parte de emisoras. En estas ciudades el espacio muestral obtenido consta de 11 emisoras en Quito y 4 en Guayaquil, estas emisoras son:

QUITO	GUAYAQUIL
Bolívar FM	Amor
Colón Estéreo	Antena 3
Concierto	La Prensa
Ecuashyri	Melodía
Francisco Estéreo	
HCJB	
Hot 106	
JC Radio	
Radio Centro	
Radio Zaracay	
Sonorama	

Tabla 2: Radios encuestadas

1.2.1 Resultados de la Encuesta

1.- Qué opina de la radiodifusión en el país, su desarrollo y su futuro?

En lo que se refiere a la situación de la radiodifusión en el país, las opiniones son muy divididas. Algunos opinan, que la mayor parte de las emisoras no ha alcanzado todavía el desarrollo que requieren las condiciones actuales, tanto a nivel técnico como en lo referente a la programación. Destacan, sin embargo, su importancia como un medio integrador e informativo, indispensable en la sociedad porque ayudan a su desarrollo político, cultural, religioso y deportivo.

Algunas opiniones al respecto son:

"Hay una preocupación en sus directivos, con toda una tecnología actualizada y de futuro."

RADIO CONCIERTO

"Ha perdido su vigencia la radio individual y su desarrollo está encaminado a fortificarse en grandes cadenas radiales." RADIO BOLÍVAR

"A nivel de país se nota un marcado interés por mejorar técnica y programativamente."

RADIO CENTRO

Muchos critican la forma de asignación de frecuencias, y la falta de planificación e inserción política en el manejo por parte de las autoridades en un aspecto que debería ser netamente técnico.

Aquí se transcriben algunas opiniones:

"Proliferación indiscriminada de frecuencias perjudican el desarrollo de la radiodifusión en el país, por ende su futuro es incierto." RADIO SONORAMA

"La situación es crítica por la proliferación de estaciones que en su gran mayoría tiene fines políticos y no se defiende los principios básicos de lo que es un medio de comunicación y al mismo tiempo el irrespeto a los pocos reglamentos que rigen el mundo de la radiodifusión."

RADIO ECUASHYRI

"Existen demasiadas radios para el mercado ecuatoriano." RADIO COLON

"Salvo contados casos nuestra radiodifusión no ha alcanzado el desarrollo tecnológico y de programación como en países vecinos. La mayoría se ha dejado vencer por la TV ignorando que estudios serios indican que es uno de los principales medios." RADIO MELODÍA

2.- Cuál es la cobertura de su radiodifusora a nivel nacional?

En lo que se refiere a la cobertura de las radios, en términos generales por provincias se tiene la siguiente relación:

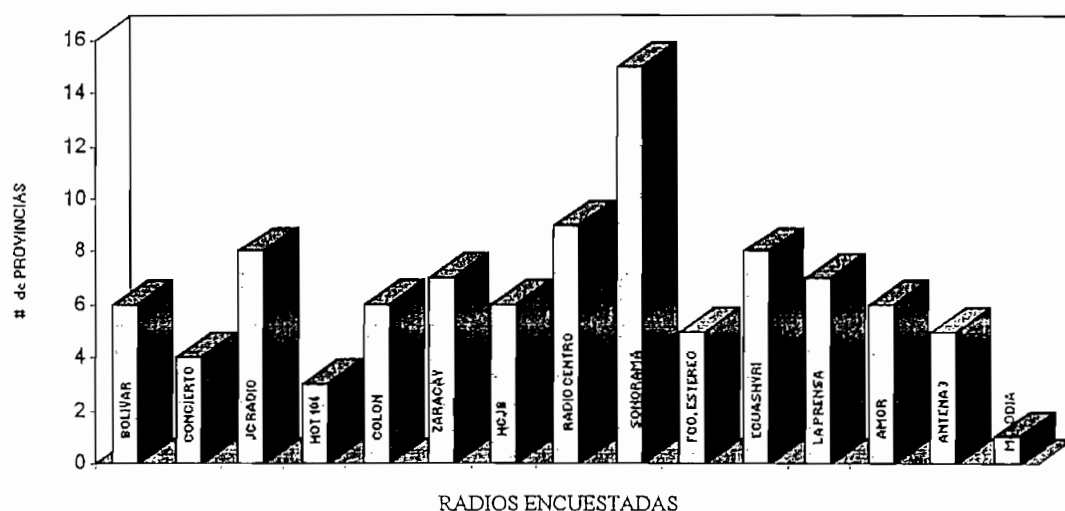


Fig. 1-3 : Cobertura de las radios encuestadas

3.- Tienen estudios de radio en otras ciudades del país? (S/N)

4.- Intercambian algún tipo de comunicación con estos estudios?

(S/N) En caso afirmativo: cómo lo hacen?

Entre las facilidades que ofrece el satélite se encuentra la interconexión entre estudios dispersos. Para conocer si realmente este aspecto es beneficioso para las emisoras del país, se les consultó a las radios, mediante estas dos preguntas, si tenían o no estudios en otras ciudades y la forma de comunicarse

con estos. Los resultados fueron que en Guayaquil todas las emisoras no tienen estudios, en Quito 64 % tienen estudios, de los cuales la mayoría se conecta mediante el teléfono, y los restantes por enlaces terrestres.

5.- Qué proyecciones futuras tiene la radio?

Casi todas las radios coinciden en su deseo de ampliarse como una de sus principales proyecciones futuras. Otras desean desarrollarse en forma técnica y otras prefieren mejorar su producción.

6.- Desearía tener una cobertura nacional?(S/N)

7.- Qué ventajas y problemas traería una transmisión nacional para una radiodifusora?

En relación con las preguntas 6 y 7, todas las emisoras contestaron que sí desearían tener una cobertura nacional; pero se ven limitadas, sobretodo por cuestiones económicas, también encuentran un serio problema en las diferencias de gustos y preferencias y el regionalismo en el país, lo que les hace pensar en una programación nacional difícil de implementar. Otro problema se refiere a las condiciones técnicas, opinan que con los enlaces terrestres no es óptimo implementar un enlace nacional.

Aquí otras opiniones:

"Somos un país heterogéneo en lo cultural, social y de gustos." RADIO CONCIERTO

"Podría afectar los intereses de radios pequeñas de poblados chicos." RADIO LA PRENSA

Las ventajas mencionadas se relacionan con el incremento de la comercialización, el prestigio y las ventajas sociales.

8.- Qué ventajas y desventajas tiene llegar con la señal a Galápagos y el Oriente?. Desde el punto de vista económico resultaría ventajoso?

Llegar con la señal a Galápagos a ninguna emisora parece convenirle, tampoco llegar al Oriente. Muy pocas emisoras ven ventajas en este sentido, pero ninguna de ellas se refiere a lo económico, sino como una forma de integrar al país y de dar una imagen a la radio:

“Debido a las condiciones técnicas actuales (no disponer de satélite propio), la radio no puede entrar con su señal a Galápagos” RADIO BOLÍVAR

“A Galápagos nos encantaría, pero nos obliga a tener satélite, y a las radiodifusoras la tarifa es el doble que en la televisión” RADIO CONCIERTO

“No resultaría ventajoso económicamente porque no hay mucha gente concentrada en lugares grandes.” RADIO HCJB

“El momento que se concrete esto el país se unirá más.” RADIO ANTENA 3

“Actualmente, no es ventajoso. Lo que interesa es el espíritu patriótico...Llegar a un convenio con las emisoras de Galápagos.” RADIO MELODÍA

10.- Retransmiten alguna programación de otros países o del nuestro?
(S/N) En caso afirmativo: de quién y cómo lo hacen?

En general, el intercambio de información con otros países mediante satélite es una técnica que se utiliza en algunas radios del país. Recogen y retransmiten señales de radios Españolas, Holandesas, de EUA, de Londres, y de países

latinoamericanos como Colombia, Venezuela, Bolivia. También se da un intercambio nacional entre diversas conexiones, en especial entre provincias.

9.- Qué opina de intercambiar información radiofónica con otros países?

11.- Alguna programación es retransmitida por algún otro medio de comunicación en el país? (S/N) , en el extranjero?(S/N)

12.- Qué ventajas y qué problemas traería una transmisión a otros países?

En resumen las respuestas a estas tres preguntas son:

Las desventajas de las transmisiones a otros países son siempre de orden económico. Otros aspectos importantes son los referentes a la programación, que debería ser orientada a otro tipo de audiencia cuando se tenga una transmisión internacional.

Las ventajas son múltiples, como conseguir una imagen internacional que permita difundir y dar a conocer al país en el extranjero, pensar en una integración nacional, estar al día en lo que sucede en el mundo y el prestigio de la radio. Algunas opiniones son:

"Tiene que ser la programación más internacional." RADIO HCJB

"Es una proyección muy buena, pero el oyente prefiere estar muy bien informado del acontecimiento nacional" RADIO FRANCISCO ESTÉREO

13.- Qué opinión tiene de las comunicaciones vía satélite?

A opinión de nuestros radiodifusores las conexiones satelitales son una herramienta de importancia indiscutible en la comunicación actual, pero opinan que es una solución muy lejana para sus problemas de radiodifusión, especialmente por los problemas de costos. La consideran una técnica de desarrollo incipiente en el Ecuador:

El satélite es *“el futuro de las telecomunicaciones y seguirá marcando pautas para la integración mundial”* RADIO HOT 106

Piensan que es importante para la integración actual. Ven positivo el futuro por el alcance y calidad del servicio. Otras ventajas son:

“Es interesante pero depende mucho de su adecuada utilización y racionalización de costos.”
RADIO CENTRO

“Integrar zonas que se encuentran aisladas de una cobertura nacional informativa.” RADIO SONORAMA

“Un sistema bastante adelantado, sofisticado y costoso” RADIO FRANCISCO ESTÉREO

“Aunque algunos ya tenemos el servicio dowlink, sería interesante que el uplink fuera económico.” RADIO LA PRENSA

“Aprendemos un nuevo estilo que nos enriquece en la forma de expresar.” RADIO AMOR

“Manera de conocer otros sistemas de hacer radio y es la opción de aplicar a nuestro medio nuevas alternativas.” RADIO ANTENA 3

“Es la maravilla del siglo, es lo último en tecnología, es de una utilidad increíble.” RADIO MELODÍA

1.2.2 Análisis de la Encuesta

Dentro de las aspiraciones de todas las radios, la principal es la ampliación de su cobertura y tener un alcance nacional. Obtener esto mediante enlaces terrestres requiere una infraestructura compleja, una serie de repetidoras en cadena, y a pesar de esto se consigue poca conectividad y existen lugares donde el acceso terrestre no es posible, ni tampoco rentable. De ahí que es conveniente buscar otras opciones, como el satélite.

Al enviar la señal por satélite se pueden colocar estaciones receptoras en el lugar donde se necesite y ampliar la cobertura en forma flexible, además facilita la comunicación con estaciones de otros países. Por tanto, se puede crear una red que inicialmente cubra el Ecuador y paulatinamente transmita a otros lugares.

Aunque algunas estaciones conocen ya las ventajas del satélite en los enlaces descendentes, y lo ven muy positivo. Es interesante ver como estas ventajas se incrementan cuando es posible un enlace bidireccional, es decir, no solo la recepción de señales, sino también la transmisión. El resultado económico del presente estudio permitirá concluir si realmente el satélite es una opción aceptable en lo que se refiere a la transmisión.

Al margen de los resultados técnicos que se obtengan, en el enlace satelital se deben considerar otros problemas derivados de una cobertura amplia ya sea a nivel nacional, regional o internacional. Uno de los principales, es la programación que debe ser concebida de otra forma, debe "internacionalizarse",

lo cual implica un incremento de costos para las radios, esto debe ser otro factor a considerar en el análisis de la red satelital.

Si bien a opinión de los radiodifusores una transmisión a Galápagos y el Oriente no traería ventajas económicas en absoluto. Sin embargo, cabe resaltar otras ventajas indirectas como las derivadas del prestigio de ser una radio realmente nacional. Y al margen de la retribución económica que se obtenga, un enlace con nuestra región insular la insertaría en la vida nacional contribuyendo en forma bilateral, al desarrollo.

Como resultado de la encuesta se verifica que pocas estaciones tiene estudios en otras ciudades que requieran intercambio de información. Por tanto, en el diseño de la red de radiodifusión satelital no son necesarias, al inicio, estaciones bidireccionales a lo largo del país, solo basta con una estación transmisora y el resto solo estaciones de recepción.

Por otro lado, el intercambio de información entre diferentes estaciones es muy importante, no solo entre estaciones de radio sino también entre diversos medios de comunicación, por ejemplo, noticieros de TV son retransmitidos por estaciones de radio. Esta comunicación, lo realizan en algunos casos mediante vía telefónica, por consiguiente la señal se degrada en forma considerable, por la resolución de la línea telefónica y el ancho de banda limitado, además de otras condiciones que no favorecen la transmisión, como cortes repentinos de la línea. Con el satélite estos inconvenientes se solucionan y se puede fácilmente comercializar con programas de diverso interés con excelente calidad y sin problemas de interrupción.

1.3 CONFIGURACIÓN FÍSICA DE LA RED

La investigación realizada a través de la encuesta sirve de base para concluir la configuración física de la red que se requiere, y que se menciona a continuación:

La señal originada en los estudios de las estaciones de radio, son procesadas y enviadas hacia el satélite. Esta señal es captada en el enlace descendente por diversas estaciones de recepción ubicadas en puntos estratégicos para su posterior transmisión hacia los usuarios.

Cabe resaltar que con la red planteada no se llega directamente a los usuarios o radioescuchas, sino que mediante el satélite solamente se distribuye la señal, luego la transmisión se realizará con enlaces terrestres convencionales. Los proyectos de llegar con el satélite directamente al usuario se encuentran todavía en investigación para su optimización, porque el costo actual que implica no justifica todavía su realización.

Es conveniente realizar dos diseños. En los dos casos, la forma de acceder al satélite será utilizando la técnica SCPC, por las ventajas ya mencionadas en el capítulo I, sección 5, para esta aplicación. Por tanto, cada estación accede al satélite en forma independiente, sin ningún proceso de multiplexación previo.

Estos diseños son:

1. El primero se refiere al enlace de una sola estación de radio. En la práctica, este caso, puede corresponder a una emisora que desea ampliar su cobertura o a una emisora nueva. Además, permite comparar con los enlaces terrestres que se realizan independientemente estación por estación, y evaluar en forma económica.

En este caso, la red es muy simple. Una estación de transmisión que puede estar ubicada en cualquier lugar del Ecuador, (para el ejemplo se la ubicará en Quito).

2. La segunda configuración se refiere a un grupo de 5 estaciones que transmitan a través de la misma antena, puede corresponder a los siguientes casos:

- ◆ una asociación de radiodifusores
- ◆ una empresa o institución que ofrezca el servicio de subarriendo del segmento espacial
- ◆ una cadena radial como las que próximamente incursionarán en nuestro país

Se han elegido solamente 5 estaciones de transmisión, porque los resultados de la encuesta indican que muy pocas radios están dispuestas a invertir en este proyecto, a pesar de que muchas de ellas están interesadas en una programación nacional. Otras emisoras tienen ya una fuerte inversión en transmisiones convencionales a lo largo del país y no les es rentable cambiarse al satélite.

La ubicación de las 5 estaciones de transmisión son:

- ◆ 2 en Guayaquil
- ◆ 3 en Quito

Por tanto, existirán, dos estaciones terrenas de transmisión, una en Guayaquil y otra en Quito. Para simplificar el análisis, en estas estaciones se

encontrarán las señales de las respectivas estaciones de radio, independientes una de la otra, y de igual forma se transmitirán en forma independiente, pero por la misma antena, utilizando SCPC.

La configuración física de este caso se indica en la siguiente figura:

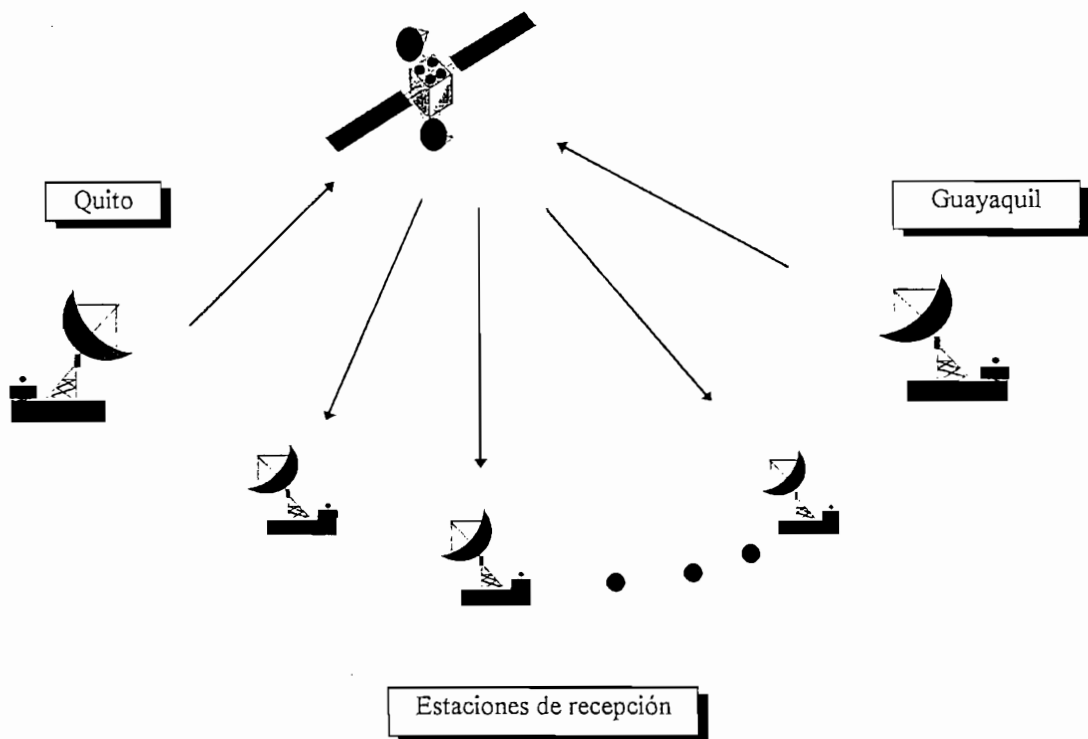


Fig. 1-4: Configuración física de la red

En principio, los lugares de recepción de la señal se han escogido considerando los sitios donde las estaciones de radio ya tienen instalados los equipos de transmisión. Por tanto, se tomarán como referencia, 22 lugares a lo largo de todo el país que actualmente se utilizan para la radiodifusión y fueron mencionados en la sección 3.1.2 del presente capítulo.

La adición o modificación de las estaciones de recepción se puede realizar en forma inmediata, aprovechando las ventajas del satélite, lo único que hay que considerara es el lugar adecuado donde la señal proveniente del satélite, será radiodifundida y para esto es necesario realizar un análisis completo de áreas de cobertura, alcance de la señal, potencia requerida, etc., lo cual no es el objetivo de la presente tesis.

No se han implementado estaciones bidireccionales, porque en base a los resultados de la encuesta muy pocas emisoras tienen estudios en otras ciudades con los que necesitaría intercambiar información. Sin embargo, por las facilidades que presenta el satélite se puede cambiar la configuración, en el caso de requerirse estaciones bidireccionales adicionales. De igual forma también se puede pensar en una transmisión internacional.

Este es solamente un ejemplo de configuración sencillo, pero que puede servir de base para diseños más complejos que cubran las necesidades particulares de cada estación.

En el siguiente gráfico se puede observar la distribución de las estaciones de recepción a lo largo del país:

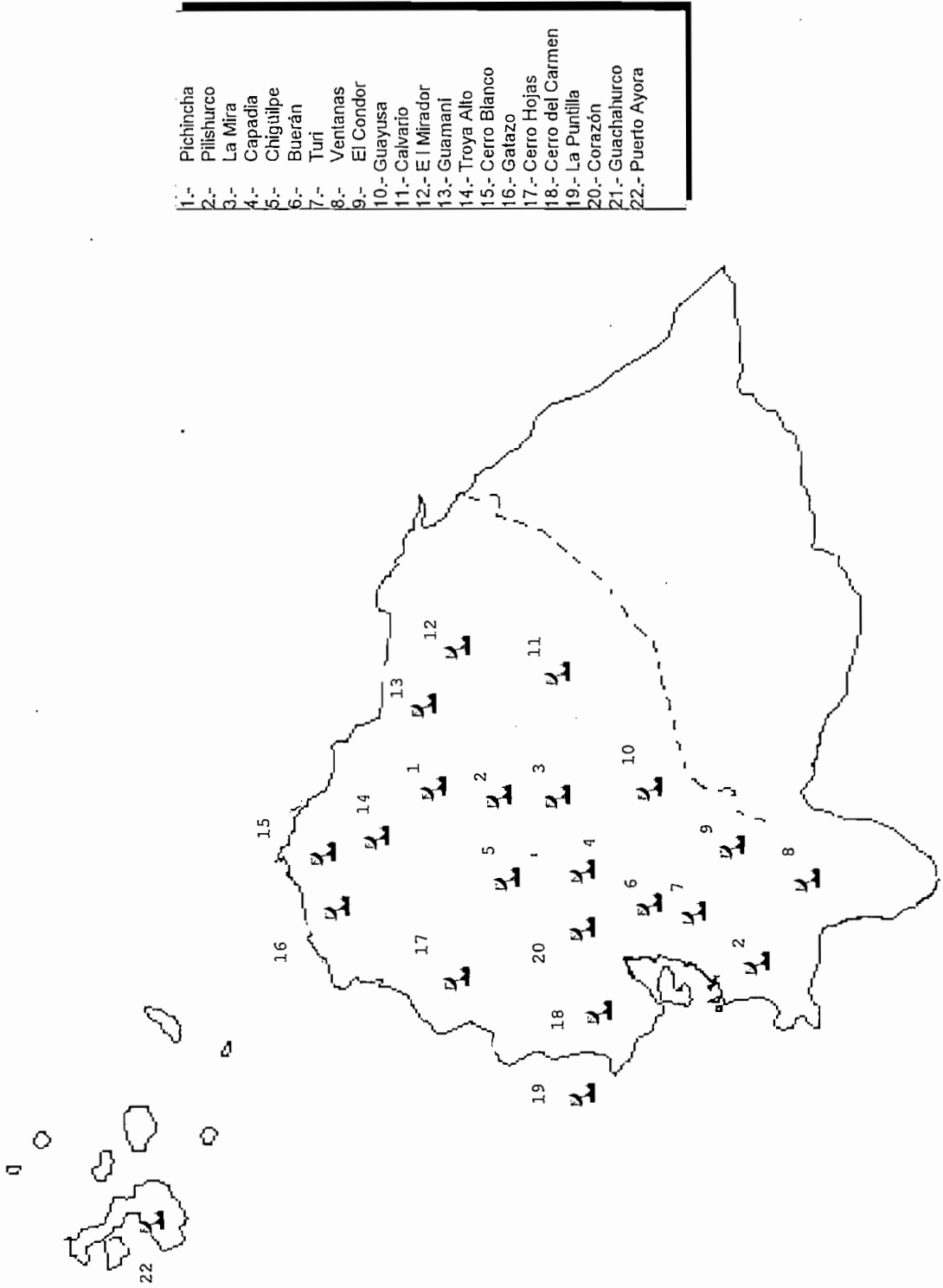


Fig. 1-5: Ubicación de las estaciones de recepción

2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN A CUMPLIR

En esta sección se determinarán los parámetros necesarios para el diseño de la red de distribución de programas de audio mediante el satélite. Estos parámetros deberán estar totalmente definidos antes de realizar el cálculo del enlace.

El cálculo del enlace se realizará mediante los planes de transmisión de INTELSAT (formulario B). Se analizará la transmisión de la señal en forma analógica y digital:

- ♦ La transmisión analógica utiliza modulación FM con métodos de compresión y expansión de la señal en banda base.
- ♦ La transmisión digital se realiza con modulación de fase QPSK, previa la digitalización de las señales originadas en las estaciones de radio.

En los dos casos mencionados, la señal una vez recibida puede radiodifundirse como una señal en AM o FM.

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE AUDIO PARA RADIODIFUSIÓN¹

El audio de alta calidad para radiodifusión ocupa un ancho de banda que va desde 40 [Hz] a 15 [Khz].

¹ CCIR, Informe 491

- ♦ La señal de prueba es una senoide pura de 1 [kHz]. Su potencia relativa al nivel cero de referencia para una impedancia de 600 [Ω] es 1 [mW] ó 0 dBm_{0s}.
- ♦ La menor potencia de un programa acústico debe ser de -4 dBm₀ y la potencia máxima 12 dBm₀ (en una fracción de tiempo menor a 10⁻⁵).
- ♦ Para radiodifusión la potencia de ruido en audio no debe exceder de -42 dB_{q0ps} durante más del 20% de algún mes. Un incremento de 4 dB es aceptado para el 1% del tiempo y 12 dB para 0,1% del tiempo¹. (Los sufijos utilizados en la unidad dB_{q0ps} significan: p representa que el ruido medido es ponderado y q indica el uso de un equipo de cuasi-cresta²).

2.2 VELOCIDAD DE LA INFORMACIÓN PARA TRANSMISIONES DIGITALES

La velocidad de información es uno de los parámetros característicos de una transmisión digital. Se refiere al número de bits, de la información digital que se transmiten por unidad de tiempo.

Las señales de audio originalmente son analógicas, la digitalización se realiza tomando muestras a razón de 32 000 muestras por segundo. Cada muestra está formada por 12 bits, determinando una velocidad binaria de:

$$V_T = 32000 [\text{muestras} / \text{s}] * 12 [\text{bits} / \text{muestra}]$$

$$V_T = 384 [\text{kbps}]$$

ec. 2-1

¹ CCIR, Recomendación 505

² el equipo de cuasi-cresta se encuentra especificado en la Recomendación 468 del CCIR

Cabe mencionar que esta velocidad corresponde a un canal de audio monofónico y que lleva incluido todos los bits auxiliares. Para transmisión de audio en la modalidad estereofónica, el CCIR recomienda lo siguiente:

“Estereofónica: se utilizan 2 canales de 384 kbit/s separados.(...) Se encaminarán juntos por el mismo trayecto de transmisión, para evitar diferencias en el retardo de transmisión”¹.

Por tanto, para transmisiones digitales de audio se pueden utilizar tres métodos:

- ◆ en forma monofónica un solo canal
- ◆ dos canales por separado (izquierdo y derecho) para formar el estéreo en el lugar de recepción
- ◆ una señal compuesta de estéreo

La señal compuesta de estéreo es la forma tradicional de enviar señales de audio de emisoras en FM con transmisiones terrenales; esta señal está formada por la suma y resta de los canales izquierdo y derecho y la frecuencia piloto de la señal compuesta². Al utilizar esta forma de transmisión en modalidad digital, el ancho de banda se incrementa, y en consecuencia los costos del segmento espacial también aumentan. Por tanto, lo usual es enviar las dos señales en forma independiente, pero a través del mismo “trayecto de transmisión”, y este es el método que se utilizará en el presente trabajo.

La velocidad digital de transmisión está relacionada con el ancho de banda y a su vez este parámetro tiene que ver directamente con el costo del alquiler del segmento espacial. Es por esto que uno de los objetivos de las transmisiones es

¹ CCIR, Recomendación 660

² para ampliar el tema se puede revisar de Ferrel Stremmler “INTRODUCCION TO COMMUNICATIONS SYSTEMS” cap.6

ocupar el menor ancho posible, por tanto, los fabricantes de equipos de transmisión por satélite disponen de algoritmos especiales que comprimen la señal y permiten la transmisión de audio con valores que van desde 64 Kbps hasta 256 Kbps¹. La experiencia en la utilización de estos equipos por parte de las estaciones de radio indican que la velocidad adecuada para sus requerimientos de fidelidad es de 128 Kbps con una relación de compresión de 1/3, como lo menciona la revista VÍA SATÉLITE².

2.3 ANCHO DE BANDA PARA TRANSMISIONES ANALÓGICAS

La señal en banda base que se transmite en el enlace analógico es la señal de audio modulada en FM. Una vez modulada el espectro en radiofrecuencia tiene un ancho de banda determinado por la regla de Carlson (ec.3-1):

$$B_{RF} = 2 * (\Delta f + f_2)$$

$$B_{RF} = 2 * (75 [KHz] + 15 [KHz])$$

$$B_{RF} = 180 [KHz]$$

Para este cálculo se ha tomado una desviación de frecuencia Δf de 75 [kHz] que es valor más comúnmente utilizado y la frecuencia más alta en banda base f_2 de 15 [kHz].

Este es el ancho de banda del espectro que se transmite hacia el satélite.

2.4 OBJETIVOS DE DESEMPEÑO

De acuerdo con la naturaleza de la señal transmitida, el CCIR ha determinado los objetivos de diseño.

¹ el estudio de estos equipos se encuentra en la sección 5.4.

² VIA SATELLITE, Philips Business Information Inc, volume IX, number 9 septiembre 1994, pp. 44-52

La calidad de las señales entregadas al usuario están definidas por el nivel de interfase entre la red y la estación o por el interfase terminal/estación de los cuales dependen las siguientes características:

- ◆ la relación señal a ruido (S/N) cuando la señal es analógica
- ◆ la relación de bits erróneos (BER) para señales digitales

Estas dos relaciones S/N y BER dependen del valor de $(C/N_0)_T$ (relación portadora a densidad de ruido total) que es la relación que cuantifica la calidad del enlace y está definida en la entrada de la estación terrena de recepción.

2.4.1 Relación Señal a Ruido S/N

Para la distribución de un programa de audio en señales analógicas, a través del satélite, los objetivos de diseño están expresados por la relación señal a ruido S/N del sistema. Típicamente, para audio de alta calidad se requieren valores de S/N entre 65 y 70 dB¹.

2.4.2 BER, FEC y E_b/N_0

Son parámetros que intervienen cuando la transmisión de información es en forma digital. Los objetivos de realización están determinados en función de la tasa de bits erróneos (BER). Estos errores generan "clics" audibles en la recepción. Para limitar la frecuencia de estos "clics" a uno por hora, que es un límite aceptable, la relación de bits erróneos debe estar en el orden de 10^{-9} ².

¹ ref. 12, pp. 2-15

² CCIR, Reporte 648

Todos estos tres parámetros están especificados en los datos del equipo que se utilice. Para el caso del diseño de la red de distribución de audio de alta calidad se tiene disponible equipos que cumple con los siguientes valores:

BER	FEC	E_b/N_o [dB]
10^{-5}	1/2	5

Tabla 1 : BER, FEC y E_b/N_o

2.4.3 Relación Portadora a Ruido C/N

Para señales digitales la relación portadora a ruido C/N determina la calidad del enlace, puede ser calculada de la siguiente forma:

$$C/N = E_b / N_o - (B_n / V_{tr})^1$$

ec. 2-2

donde:

E_b / N_o relación energía de bit a densidad de ruido

B_n ancho de banda de transmisión

V_{tr} velocidad de transmisión

¹ Carlos Egas, APUNTES DE RADIOCOMUNICACIONES ESPACIALES, 1994, pp

3. PLANES DE TRANSMISIÓN: ANALÓGICO Y DIGITAL

La elaboración de los planes de transmisión es un requisito indispensable para acceder al alquiler del segmento espacial en INTELSAT para realizar transmisiones radiofónicas. En el caso de PANAMSAT para efectos de comparación también se realizará el plan de transmisión con los datos del satélite PAS 1.

El objetivo final de un plan de transmisión es llegar a determinar las características del enlace que cumplan los requerimientos necesarios, es decir, la relación S/N en el caso analógico y la BER en el caso digital. Se asegura un margen entre lo disponible y lo necesario en lo que se refiere a ancho de banda, el P.I.R.E., la densidad de flujo de potencia y la relación portadora a temperatura de ruido.

Para el caso de distribución de audio, tanto en forma digital como analógica, se utilizará el formulario B (mencionado en el capítulo primero 2.2.3), el mismo que consta de 11 partes:

- A. información general
- B. recursos del transpondedor alquilado o comprado
- C. características de la estación terrena
- D. características de la portadora
- E. backoff de entrada/salida por portadora para calcular el P.I.R.E. del enlace descendente
- F. cálculos del enlace
- G. densidad de la P.I.R.E. de las emisiones fuera del eje
- H. densidad de la P.I.R.E. de los productos de intermodulación en el HPA de la estación terrena
- I. cálculo de los recursos utilizados del transpondedor

- J. coordenadas geográficas de cada estación y fecha aproximada de iniciación de las operaciones con la capacidad alquilada
- K. plan de frecuencias de las portadoras

A continuación se presentarán los planes de transmisión utilizando el formulario B, para los siguientes diseños, con los parámetros mencionados en la sección anterior.:

1. transmisión digital de 5 portadoras de audio para el INTELSAT VII
2. transmisión digital de 1 portadora de audio para el INTELSAT VII
3. transmisión digital de 5 portadoras de audio para el PAS I
4. transmisión digital de 1 portadora de audio para el PAS I
5. transmisión analógica de 5 portadoras de audio para el INTELSAT VII

La elaboración del plan de transmisión digital del primer diseño se realizará en forma detallada, indicando la forma de obtener los datos, los cálculos matemáticos y las tablas que se utilizan para determinadas especificaciones. Para los planes digitales restantes se presenta simplemente el formato lleno porque el procedimiento es el mismo. Para el plan analógico se detallará únicamente los párrafos adicionales que no se han mencionado en el plan digital o que de alguna manera son diferentes.

Para los cálculos realizados siempre se consideran las peores condiciones para asegurar un enlace óptimo en cualquier momento.

En forma general, los datos del satélite para PANAMSAT están dados para el centro del haz, y para INTELSAT en el borde del haz.

3.1 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 5 PORTADORAS DE AUDIO CON DATOS DEL INTELSAT VII

FORMULARIO B

PLAN GENERAL DE TRANSMISIÓN - TRANSPONEDORES ALQUILADOS O COMPRADOS

A: Gerente de la Sección de Estudios de Operaciones de INTELSAT
Washington, D.C., EE.UU.

DE: EMETEL - ECUADOR

ASUNTO: Plan de Transmisión propuesto para acceder a capacidad de
segmento espacial de INTELSAT alquilada o comprada.

A. INFORMACIÓN GENERAL

1. País (transmisión/recepción)

La transmisión y recepción de las señales de audio se realiza a nivel nacional, por tanto el país de transmisión y recepción es el Ecuador.

2. Tipo de haz (Tx/Rx)

En el primer capítulo sección 3.1.3 se determinó para esta aplicación la conexión: pincel/hemisférico para transmisión/recepción respectivamente.

3. Banda de frecuencia (ascendente/descendente)

Se utilizará la banda C de frecuencias, que corresponde a los valores de 6 [Ghz] para el enlace ascendente y 4 [Ghz] para el enlace descendente. En este párrafo no es necesario indicar con exactitud la frecuencia con la que se realizará el

enlace¹. Esta frecuencia será asignada después de la aprobación del plan de transmisión y en base al espacio disponible.

Se ha elegido la banda C porque presenta menos problemas de atenuación en la transmisión.

4. Ubicación del satélite

310° de longitud Este

5. Serie de satélites

Se debe mencionar la generación a la que pertenece el satélite, en este caso la serie es INTELSAT VII-A, que es uno de los grupos de satélites actuales y con mejores características (capítulo I, sección 3.1.1)

6. Tipo de transpondedor

Se utilizará un transpondedor alquilado.

7. Número de transpondedor

La numeración dentro de los transpondedores depende del tipo de haz que se utilice, así para el haz pincel en banda C / hemisférico¹, está disponible el transpondedor 9².

8. Fecha de inicio del servicio

Como ejemplo se tomará el 30 de agosto de 1996

9. Duración del servicio

Se tomará como referencia 5 años.

¹ ref. 3, pp. 93

² IEES 415, pp 17

10. Número de SVO-L

Es el número que INTELSAT asigna a sus signatarios, en el caso del Ecuador el signatario es el EMETEL y el número asignado es el 2818.

B. RECURSOS DE TRANSPONDEDOR ALQUILADO O COMPRADO (BORDE DEL HAZ)

1. Cuadro usado en el IESS-410

El IESS-410 es un documento de INTELSAT en el que se indican las características de los satélites, el cuadro que se solicita contiene entre otros datos, el P.I.R.E., la densidad de flujo de potencia y la figura de mérito G/T disponibles en cada satélite en función de la serie y tipo de haz. En este caso el cuadro correspondiente es el D2¹.

Los datos están tabulados para un ancho de banda de 9 [Mhz] en adelante. Por tanto, para utilizar los datos mencionados se deben transformar convenientemente de acuerdo al ancho de banda alquilado.

2. Anchura de Banda

Este valor de ancho de banda es el que se desea alquilar. Se determina en función del P.I.R.E. necesario para que el enlace cumpla con las especificaciones requeridas. El valor de P.I.R.E. se evalúa en la parte J (P.I.R.E. = 8.7 [dBW]), y es directamente proporcional al ancho de banda que se debe alquilar, por tanto para calcular este parámetro se debe tener este dato y aplicar la siguiente ecuación²:

$$B_n = 9 * \frac{10^{b/10}}{10^{a/10}} \text{ [Mhz]}$$

¹ IESS 410, pp D17

² ref. 3 , pp 96

donde:

a es el P.I.R.E. para 9 [Mhz] mencionado en la tabla anterior en [dB]

b es el P.I.R.E. total resultado del análisis del enlace en [dB]¹

Reemplazando los datos y para un p.i.r.e de 8.7 el ancho de banda es 1.5 [Mhz]

3. P.i.r.e

Es el valor de P.I.R.E. disponible en el satélite para el ancho de banda que se alquila. Como se mencionó anteriormente, estos datos están dados para anchos de banda superiores a 9 [Mhz], si se alquilan otros valores se utiliza un factor de transformación dado por²:

$$r = 10 \log \left(\frac{9000}{100n} \right) \text{ [dB]}$$

ec. 3-4

donde:

n es el número de segmentos de 100 [Khz] deseados y toma valores de 1,2,.....

En 1500 [Khz] existen 15 segmentos de 100 [Khz], por tanto, en este caso *n* es 15, y el factor de transformación es :

$$r = 10 \log \left(\frac{9000}{100 * 15} \right)$$

$$r = 7.78 \text{ [dB]}$$

Este factor *r* se resta del valor de P.I.R.E. tabulado para 9[Mhz] para determinar la capacidad relacionada con el alquiler.

$$P.I.R.E._{1500[KHz]} = 23.5 - 7.78$$

$$P.I.R.E._{1500[KHz]} = 15.72 \text{ [dBW]}$$

ec. 3-5

¹ calculado en el parrafo J

² INTELSAT, IESS-410,(Rev.2),Dic.1991,pp.2

4. DFP

Se utiliza el mismo factor r calculado el párrafo anterior se utiliza para la densidad de flujo de potencia (DFP) disponible para el ancho de banda alquilado:

$$\begin{aligned} DFP_{1800[KHz]} &= -97.70 - 7.78 \\ DFP_{1800[KHz]} &= -105.48 \text{ [dBW / m}^2\text{]} \end{aligned}$$

ec. 3-6

5. G/T

La figura de mérito o factor de calidad G/T (Ganancia de la antena/ Temperatura de ruido del sistema) del sistema de recepción del satélite es independiente del ancho de banda alquilado:

$$G/T = -5 \text{ [dB / K]}$$

6. Paso de ganancia del transpondedor

Está relacionado con la cantidad de flujo de potencia de saturación de los transpondedores del satélite. Los amplificadores de potencia en el satélite pueden variar su ganancia en un rango determinado. Este valor elige el usuario en base a sus necesidades, pero es INTELSAT el que lo asigna en función de los recursos disponibles para garantizar un buen funcionamiento de todos los sistemas de sus usuarios en conjunto.

Para este caso se utilizará un paso de ganancia *ELEVADO*.

C. CARACTERÍSTICAS DE LA ESTACIÓN TERRENA

1. Transmisión

a. Diámetro de la antena

Depende de la cantidad de tráfico que la antena va a soportar y de la velocidad de los datos que circulan por ella. Si estas consideraciones básicas permiten un rango de variación, la elección del diámetro óptimo dependerá de los recursos disponibles tratando de no subutilizarlos.

Considerando esto las dos antenas de transmisión se han elegido de 4 [m].

b. Número de antenas

Dos, una ubicada en Quito y otra en Guayaquil.

c. Relación axial de tensión

Es una medida de la pureza de la polarización de las señales y es importante para evitar interferencias en las transmisiones sobretodo cuando se reutilizan las mismas frecuencias con diferentes polarizaciones. El INTELSAT ha tabulado sus exigencias en cuanto a este parámetro dependiendo del tamaño de las antenas, de la serie de los satélite, y obviamente del tipo de polarización. Para el caso del INTELSAT VII y para antenas de diámetro mayor a 2.6 [m], la relación máxima de tensión es 1.06.¹

d. Cambio de polarización?

e. Variación de la frecuencia central de la portadora en AB requerido?

f. Ajuste nivel de la portadora?

En estos tres párrafos la respuesta es afirmativa. El diseño de una estación de transmisión debe prever cualquier contingencia y estar preparada con un diseño flexible que permita variar la polarización, ajustar la frecuencia o el nivel de la portadora, considerando que todo lo estipulado en el presente plan es solo un proyecto que INTELSAT aprobará o modificará de creerlo necesario.

¹ INTELSAT, IESS-601, (Rev.3), Dic.1991, pp.6

g. Seguimiento

Es indispensable disponer con una técnica de seguimiento en las estaciones de comunicación satelital, en consideración a lo inestable de la posición orbital del satélite. La técnica recomendable depende del tamaño de la antena, y de la disponibilidad del mercado. En este caso para las antena de transmisión, se utilizará un seguimiento *AUTOMÁTICO*.

h. Tipo de antena

Antena fija

2. Recepción

a. Diámetro de la antena

Las antenas de recepción tienen un diámetro de 2.4 [m], en este caso también cabe las aclaraciones realizadas para las antenas de transmisión (párrafo C.1.a.).

b. Número de antenas

Se ha determinado que el número total de antenas de recepción es 22.

c. Relación axial de tensión

1.06 que es el valor recomendado por INTELSAT¹.

d. Cambio de polarización?

En la recepción también es recomendable contar con la posibilidad de un cambio en la polarización. Por tanto, la respuesta es afirmativa.

¹ INTELSAT, IESS-601,(Rev.3),Dic.1991,pp.6-7

e. Seguimiento

Para la red de recepción el seguimiento de cada antena será en forma MANUAL porque sus diámetros son pequeños.

f. Tipo de antena

Antena fija

g. G/T para cada tamaño de antena

La figura de mérito (G/T) es un parámetro característico de las antenas de recepción particular para cada una de ellas, por tanto es un dato dado por el fabricante.

En el caso de no disponer de este dato, se puede tener una aproximación calculado la ganancia de la antena con un rendimiento estimado, y dividiendo este valor para una temperatura de ruido del sistema de recepción (típicamente 80°K para antenas de diámetro menor a 7 [m]¹):

La fórmula para calcular la ganancia es:

$$G = \eta \left(\frac{\pi Df}{c} \right)^2$$

ec. 3-7

donde:

- η es el rendimiento (aproximadamente 0.66).
- D es el diámetro de la antena expresado en [m]
- f es la frecuencia del enlace descendente expresado en [Hz]
- c es la velocidad de la luz en [m/s²]

¹ ref. 3, pp.111

$$G = 0.66 \left(\frac{\pi * 2.4 * (4 * 10^9)}{(3 * 10^8)} \right)^2$$

$$G = 6670.30$$

Dividiendo para la temperatura de ruido del sistema y expresando en [dB]:

$$G/T = 10 \log \frac{G}{T}$$

$$G/T = 10 \log \frac{6670.30}{80} :$$

$$G/T = 19.21 \text{ [dB]}$$

ec. 3-8

h. Fórmula de la envolvente lateral

INTELSAT ha regulado el diagrama de radiación para la recepción de las señales procedentes del satélite. Esta característica de las antenas es de singular importancia porque permite protegerse de las interferencias al recibir la señal.

Siguiendo las recomendaciones del CCIR¹ la fórmula establecida por INTELSAT para los lóbulos laterales es:

$$G = 32 - 25 \log \theta$$

ec. 3-9

donde:

G es la ganancia de la envolvente del lóbulo lateral en relación con una antena isotrópica, expresada en [dB].

θ es el ángulo entre el eje del haz principal y la dirección considerada en la que se determina la ganancia G , expresada en grados sexagesimales.

En este párrafo del plan se colocará esta fórmula.

¹ CCIR, Recomendación 465-1

i. Ganancia máxima de la antena

Tomando el valor de la ganancia de la antena de recepción calculado en C.2.g., y expresándolo en dB:

$$G = 10 \log 6670.3$$

$$G = 38.24 \text{ [dB]}$$

D. CARACTERÍSTICAS DE LA PORTADORA

1. Tipo de portadora

DIGITAL

2. Enlace e.t. - e.t

Se debe indicar el diámetro de las antenas entre las que se realiza el enlace (estación de transmisión-estación de recepción): 4 - 2.4

3. Técnica de modulación

QPSK

4. AB asignado por portadora

El ancho de banda asignado depende de la velocidad con la que se transmiten los bits de información. Este valor de velocidad se calcula en la parte D.7 de este plan y la siguiente fórmula se utiliza para determinar el ancho de banda asignado¹:

$$B_{asig} = 0.7 * V_{Tx}$$

ec. 3-10

donde:

B_{asig} es el ancho de banda asignado en [Mhz]

V_{Tx} es la velocidad de transmisión de la información digital en [Mbps]

¹ ref. 3, pp.116

$$B_{sig} = 0.7 * 0.256$$

$$B_{sig} = 0.179 \text{ [MHz]}$$

5. AB ocupado por portadora

Este ancho de banda se calcula a partir de la eficiencia espectral:

$$B_{ocup.} = \frac{V_{Tx}}{E}$$

ec. 3-11

donde:

$B_{ocup.}$ es el ancho de banda ocupado en [Mhz]

V_{tx} es la velocidad de transmisión de la información digital en [Mbps]

E es la eficiencia espectral

$$B_{ocup} = \frac{0.256}{1.66}$$

$$B_{ocup} = 0.154 \text{ [Mhz]}$$

6. Velocidad de información

Es la velocidad de la información de audio digitalizada: 128 [Kbps] (este valor se determinó en la sección 2.2. del presente capítulo)

7. Velocidad de transmisión

Se calcula a partir de la velocidad de información considerando el incremento de bits que se produce después de la codificación de errores:

$$V_{Tx} = V_{inf} * (1 / R)$$

ec. 3-12

donde:

V_{tx} es la velocidad de transmisión en [Kbps]

V_{inf} es la velocidad de información en [Kbps]

R es la relación de codificación (FEC)

$$V_{Tx} = 128 * (1 / 0.5)$$

$$V_{Tx} = 256 \text{ [kbps]}$$

8. Número de canales por portadora

Se utiliza el tipo de acceso al satélite SCPC, por tanto, se transmite una sola portadora por canal.

9. Codificación FEC

Es la relación de codificación de errores FEC y es una característica del equipo de transmisión utilizado. Se mencionó en el capítulo III, sección 2.4.2 y tiene un valor de 0.5.

10. Bitios Suplementarios (OH)

Se refiere a los bits añadidos para el control de la información cuando se utilizan portadoras IDR con velocidades superiores a 512 [Kbps]. Este no es el caso que se analiza, por tanto, no se utilizan bitios suplementarios.

E. BACKOFF ENTRADA/SALIDA POR PORTADORA PARA CALCULAR P.I.R.E. ENLACE DESCENDENTE (CIELO DESPEJADO)

1. Ángulo de elevación

Se calcula de la siguiente forma¹:

$$e = \tan^{-1} \left(\frac{\cos(B) - X}{\sin(B)} \right)$$

ec. 3-13

donde B y X son variables auxiliares que tienen la forma:

¹ Apuntes de Radiocomunicaciones Espaciales, Ing. Carlos Egas

$$B = \cos^{-1} \{ \cos(La) * \cos(Lo - Ls) \}$$

ec. 3-14

$$X = \frac{r_e}{r_e + h}$$

ec. 3-15

donde :

La latitud de la estación terrena (0.3°).

Lo longitud de la estación terrena (78.43°).

Ls longitud del satélite (50°).

r_e radio de la tierra (6378 [Km])

h altitud nominal del satélite (35784 [Km])

Reemplazando estos valores:

$$B = \cos^{-1} \{ \cos(0.3^\circ) * \cos(78.43^\circ - 50^\circ) \}$$

$$B = 28.43^\circ$$

$$X = \frac{6738}{6738 + 35784}$$

$$X = 0.1511$$

Por tanto, el ángulo de elevación es:

$$e = \tan^{-1} \left(\frac{\cos(28.43^\circ) - 0.1511}{\sin(28.43^\circ)} \right)$$

$$e = 56.82^\circ$$

2. P.I.R.E.

El P.I.R.E. de la estación transmisora se calcula sumando la ganancia de la antena y la potencia de transmisión expresadas en [dB]:

$$P.I.R.E._u = P_{Tx} + G_{Tx} \quad [dB]$$

ec. 3-16

donde:

P_{Tx} es la potencia de transmisión expresada en [dB]

G_{Tx} es la ganancia de la antena de transmisión expresada en [dB]

La potencia de transmisión es un parámetro variable y debe ser determinado para que el P.I.R.E. resultante cumpla con las especificaciones de C/N establecidas. Por tanto, el método para calcular el P.I.R.E. es estimarlo y luego por iteraciones encontrar el mejor valor para cumplir con C/N. Una vez que esto se ha realizado para el presente plan de transmisión, se tiene el siguiente resultado de potencia expresado en vatios y en decibelios :

$$P_{Tx} = 2 \quad [W]$$

$$P_{Tx} = 3.01 \quad [dB]$$

La ganancia de la antena de recepción también es un factor variable dentro de ciertos límites para cumplir los requisitos de C/N, como se mencionó en C.1.a., para el diámetro establecido en este literal la ganancia se calcula a partir de la ecuación 3.7, pero con la frecuencia del enlace ascendente y el diámetro de la antena de transmisión:

$$G = 0.66 \left(\frac{\pi * 4 * (6 * 10^9)}{(3 * 10^8)} \right)^2$$

$$G = 41689.40$$

Expresado en decibelios:

$$G = 46.20 \quad [dB]$$

Por tanto el P.I.R.E. de transmisión es:

$$P.I.R.E. = 3.01 + 46.20$$

$$P.I.R.E. = 49.21 \text{ [dB]}$$

3. Pérdidas de propagación del enlace ascendente

$$L_u = \left(\frac{4 d f_u \pi}{c} \right)^2$$

ec. 3-17

donde:

f_u frecuencia del enlace ascendente, expresada en [Hz]

c velocidad de la luz, expresada en [m/s]

d distancia entre la ubicación de la estación terrena y el satélite, expresada en [m], en función del ángulo B (ec. 3-14) calculado por la ecuación :

$$d = 35895000 \left\{ 1 + 0.42 (1 - \cos B) \right\}^{1/2}$$

$$d = 35895000 \left\{ 1 + 0.42 (1 - \cos (28.43^\circ)) \right\}^{1/2}$$

$$d = 36792940 \text{ [m]}$$

ec. 3-18

Por tanto, las pérdidas son:

$$L_u = \left(\frac{4 * (36792940) * (6 * 10^9) * \pi}{3 * 10^8} \right)^2$$

$$L_u = 9.55 * 10^{19}$$

$$L_u = 199.32 \text{ [dB]}$$

4. Ganancia antena. $1m^2$

Es un valor fijo para todos los enlaces, dependiendo únicamente de la frecuencia del enlace ascendente, en el caso de 6 [Ghz] es¹:

¹ INTELSAT, TECNOLOGÍA DIGITAL DE COMUNICACIONES POR SATELITE, 1992, Ap.2-3

$$G_{1m^2} = 20 \log f + 21.46$$

$$G_{1m^2} = 20 \log (6) + 21.46$$

$$G_{1m^2} = 37.01 \text{ [dB / m}^2\text{]}$$

ec. 3-19

5. DFP por portadora en el satélite

Es la densidad de flujo de potencia que realmente llega al satélite desde la estación terrena de transmisión:

$$DFP_s = P.I.R.E_U + G_{1m^2} - L_u$$

$$DFP_s = 49.21 + 37.01 - 199.32$$

$$DFP_s = -113.10 \text{ [dBW / m}^2\text{]}$$

ec. 3-20

6. Densidad de flujo saturación. transpondedor. (borde del haz)

Es un valor que se obtiene de tablas de INTELSAT¹ y depende del paso de ganancia especificado en el párrafo B.6:

$$DFP_{sat} = -87 \text{ [dBW / m}^2\text{]}$$

7. Ventaja. Diagrama enlace ascendente

Se tomará una ventaja de 0 [dB] para considerar el peor caso.

8. Densidad. de flujo saturación. transpondedor. hacia e.t.

$$DFP_{e,t} = DFS_{sat} + V_u$$

$$DFP_{e,t} = -87 + 0$$

$$DFP_{e,t} = -87 \text{ [dBW / m}^2\text{]}$$

ec. 3-21

¹ INTELSAT, IESS-410, (rev.2), Dic.1991, pp.A-2,A-3 y A-4

9. Backoff entrada por portadora

El "backoff" se define como la reducción de potencia cuando un amplificador de potencia funciona con varias portadoras, en relación con el funcionamiento de una sola. Puede ser calculado de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} BO_i &= DFS_s - DFP_{e_i} \\ BO_i &= -113.10 - (-87) \\ BO_i &= -26.10 \text{ [dBW / m}^2\text{]} \end{aligned}$$

ec. 3-22

10. Diferencia entre BOo y Boi

Es un valor que INTELSAT¹ ha tabulado para sus diferentes satélites, en el caso del INTELSAT VII y para un ancho de banda menor a 9 [Mhz], esta diferencia es de 1.8 [dB].

11. Backoff salida por portadora

Se obtiene sumando el Bo_i a la diferencia dada en el párrafo anterior:

$$\begin{aligned} BO_o &= -26.10 + 1.8 \\ BO_o &= -24.30 \text{ [dBW / m}^2\text{]} \end{aligned}$$

12. P.I.R.E. de saturación del transpondedor en el borde del haz

Se encuentra en las tablas de INTELSAT de acuerdo al tipo de haz y serie de satélite:

$$P.I.R.E._{sat} = 33 \text{ [dBW]}$$

13. P.I.R.E. enlace descendente por portadora

Se calcula sumando el P.I.R.E. de saturación más el backoff de salida:

¹ INTELSAT, IESS-410, (rev.2), Dic.1991

$$P.I.R.E._d = 33 + (-24.30)$$

$$P.I.R.E._d = 8.7 \text{ [dBW]}$$

14. Ventaja del diagrama del enlace descendente

Se tomará un valor de 0 [dB].

15. P.I.R.E. enlace descendente hacia e.t. más pequeña

En este párrafo se considera la ventaja del diagrama, pero este último valor es cero por tanto el P.I.R.E. que llega a la estación terrena de recepción es el P.I.R.E. del enlace descendente calculado en E.13 igual a 8.7 [dBW].

F. CÓMPUTOS DEL ENLACE (CIELO DESPEJADO O CONDICIONES DEGRADADAS)

1. C/T del enlace ascendente, por portadora

a. P.I.R.E. por portadora

Es el mismo valor calculado en E.2

b. Pérdidas de propagación

Es el mismo valor calculado en E.3

c. G/T del satélite (borde del haz)

Es el mismo valor dado en B.5

d. Ventaja del diagrama en el enlace ascendente

Se considera igual a 0 [dB]

e. Margen de errores por lluvia, seguimiento, etc.

Este dato se estima principalmente en base a las condiciones climáticas de la región donde se realiza la comunicación satelital. Para nuestro país se ha tomado un valor de:

$$M_e = 2 \text{ [dB]}$$

f. C/T enlace ascendente

Se calcula en base a los valores de los párrafos anteriores:

$$\begin{aligned} C/T_u &= P.I.R.E_u + (G/T)_s + V_u - L_u - M_u \\ C/T_u &= 49.21 + (-5) + 0 - 199.32 - 2 \\ C/T_u &= -157.11 \text{ [dBW/K]} \end{aligned}$$

ec. 3-23

2. C/T de intermodulación HPA de la estación terrena

a. Límite IM HPA hacia e.f.

Está dado por INTELSAT:

$$LIM_{HPA} = 24 \text{ [dBW/4 KHz]}$$

b. C/T límite IM HPA por portadora

$$\begin{aligned} C/T_{IM} &= P.I.R.E_u + 10 \log(4 * 10^3) - LIM_{HPA} - 228.60 \\ C/T_{IM} &= 49.21 + 36.02 - 24 - 228.60 \\ C/T_{IM} &= -167.37 \text{ [dBW/K]} \end{aligned}$$

ec. 3-24

3. C/T de intermodulación TWT del satélite, por portadora

a. Límite IM TWT borde haz por portadora

El valor máximo permitido por INTELSAT¹ para la intermodulación entre señales en el satélite para la serie VII para el haz pincel en banda C ascendente y el haz hemisférico descendente es -28 [dBW / 4 KHz]

b. C/T IM TWT por portadora

$$C / T_{IM-TWT} = P.I.R.E_d + 10 \log (4 * 10^3) - LIM_{TWT} - 228.60$$

$$C / T_{IM-TWT} = 8.7 + 36.02 - (-28) - 228.60$$

$$C / T_{IM-TWT} = -155.88 \text{ [dBW / K]}$$

ec. 3-25

4. C/T de enlace descendente por portadora

a. Ángulo de elevación

Se refiere al ángulo de elevación de la estación terrena de recepción, para calcularlo se sigue el procedimiento indicado en el párrafo E.1.. Utilizando estas fórmulas da como resultado un ángulo de 56.83°.

b. P.I.R.E. enlace descendente

Es el mismo valor calculado en E.13

c. Pérdidas de propagación

Se calculan para el enlace descendente de igual forma que en E.2, resultando un valor de: 195.80 [dB]

d. G/T e.t. más pequeña

Es el mismo valor calculado en C.2.g

¹ INTELSAT, IESS-410, (rev.2), Dic.1992, pp14

e. Margen errores, lluvia, seg., etc.

Es el mismo valor dado en F.1.e

f. C/T enlace descendente

$$\begin{aligned} C/T_d &= P.I.R.E_d + (G/T)_{et} - L_d - M_d \\ C/T_d &= 8.70 + 19.21 - 195.80 - 2 \\ C/T_d &= -169.89 \text{ [dBW/K]} \end{aligned}$$

ec. 3-26

5. C/T de Interferencia de cocanal total

a. C/I interferencia cocanal, total

De la tabla de INTELSAT se obtiene un valor de 19 [dB] para este parámetro.

b. C/T interferencia cocanal, total

Se calcula a partir del ancho de banda ocupado que se determinó en D.5:

$$\begin{aligned} C/T_{coc} &= C/I + B_n - 228.6 \\ C/T_d &= 19 + 51.88 - 228.6 \\ C/T_d &= -157.72 \text{ [dBW/K]} \end{aligned}$$

ec. 3-27

6. C/T, C/N y BER totales

a. C/T total por portadora

Es el inverso de la suma de los inversos de las relaciones C/T ascendente, descendente, de intermodulación y de cocanal, dando un resultado de: -172.12 [dBW/K]

b. Constante de Boltzman

Expresada en decibelios es: -228.6 [dBW/K Hz]

c. AB ruido receptor

Es el ancho de banda ocupado (párrafo D.5) expresado en decibelios: 51.88 [dB-Hz]

d. C/N total

$$\begin{aligned} C/N &= C/T - B_n + 228.6 \\ C/N &= -172.12 - 51.88 + 228.6 \\ C/N &= -4.6 \text{ [dBW/K]} \end{aligned}$$

ec. 3-28

e. BER

Como dato del equipo se tiene un BER de 10^{-5}

G. DENSIDAD DE LA p.i.r.e DE LAS EMISIONES FUERA DEL EJE1. Tipo de portadora

DIGITAL

2. Diámetro antena e.t. de transmisión

Es igual al valor de C.1.a

3. P.I.R.E. enlace ascendente. por portadora

Es igual al valor de E.2

4. AB ocupado

Es igual al valor de D.5

5. Conversión. AB a 40 ó 4 Khz

Se obtiene dividiendo el ancho de banda ocupado entre 4 [Khz] y expresando el resultado en decibelios:

$$B_{n-4KHz} = 10 \log \left(\frac{B_{n-ocp}}{4} \right)$$

$$B_{n-4KHz} = 10 \log \left(\frac{153}{4} \right)$$

$$B_{n-4KHz} = 15.83 \text{ [dBW / 4KHz]}$$

ec. 3-29

6. Ganancia máxima de la antena de la estación terrena de transmisión

En el punto E.2 se calculó la ganancia de la antena de transmisión, dando un resultado de: 46.20 [dB].

7. Potencia en alimentación. de antena

$$P_f = P.I.R.E_u - G_{Tx} - B_{n-4KHz}$$

$$P_f = 49.21 - 46.20 - 15.83$$

$$P_f = -12.82 \text{ [dBW / 4KHz]}$$

ec. 3-30

8. Ganancia antena fuera eje a 3°

Para determinar esta ganancia se utiliza la fórmula para los lóbulos laterales indicada en C.2.h. reemplazando $\theta = 3^\circ$, el resultado obtenido es 20.1 [dB].

9. Densidad P.I.R.E. fuera eje a 3°

$$DP_{fe} = P_f + G_{fe}$$

$$DP_{fe} = -12.82 + 20.1$$

$$DP_{fe} = 7.27 \text{ [dBW / 4KHz]}$$

ec. 3-31

10. Límite de la P.I.R.E. fuera del eje

El CCIR¹ establece un límite de P.I.R.E. fuera del eje de 20.1, para el INTELSAT VII en banda C.

11. Margen

$$\begin{aligned} \text{margen} &= LIM_{fe} - DP_{fe} \\ \text{margen} &= 20.10 - 7.27 \\ \text{margen} &= 12.83 \text{ [dBW / 4KHz]} \end{aligned}$$

H. DENSIDAD DE LA P.I.R.E. DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN EL HPA DE LA ESTACIÓN TERRENA

1. Se transmite más de una portadora por el HPA?

En la red que se analiza, se transmiten 5 portadoras por el amplificador de alta potencia, por tanto la respuesta es afirmativa.

2. En caso afirmativo, oscila el backoff de salida del HPA entre -7 y 0 [dB]?

Se refiere al backoff del amplificador de la estación terrena, y depende del equipo que se utilice, en este caso el equipo utilizado no cumple con esta especificación.

I. DENSIDAD MÁXIMA DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

1. Oscila el backoff de salida de cualquier portadora entre -9 y 0 dB?, en caso afirmativo completar el punto 2

De acuerdo al dato de backoff de salida obtenido en E.11, esta condición no se cumple.

¹ CCIR, Recomendación 524-4

2. Cálculo de la densidad de flujo de potencia en la superficie terrestre

a. p.i.r.e por portadora. borde del haz

Es el mismo valor indicado en E.11

b. Ángulo supuesto de llegada a la superficie terrestre

Se considerará el peor caso de ángulo de llegada de la señal: 5°

c. Diferencia. hipotética. entre P.I.R.E. en cresta y borde. haz

Se supone una diferencia de 4 [dB]¹

d. AB ocupado

Es el mismo valor de D.5

e. Conversión. a 4 Khz

Es el mismo valor de G.5

f. Densidad de P.I.R.E. del enlace descendente / 4 Khz

$$DP_d = P.I.R.E_d + dif_{pire} - B_{n-4KHz}$$

$$DP_d = 8.70 + 4.00 - 15.83$$

$$DP_d = -3.13 \text{ [dBW / 4KHz]}$$

ec. 3-32

g. Pérdidas en el trayecto

Se refieren a las pérdidas producidas en el enlace descendente para un ángulo de elevación de 5°, que se calculan mediante las ecuaciones (ec. 3-18) de la distancia y (ec. 3-17) de las pérdidas, obteniéndose como resultado 199.32 [dBW].

¹ ref. 3, pp.145

h. Ganancia antena 1 m²

Utilizando la ecuación (ec. 3-19) del párrafo E.4, para la frecuencia del enlace descendente el resultado es: 33.49 [dB].

i. DFP en superficie terrestre

$$\begin{aligned} DFP_i &= DP_d - L_{f-5i} + G_{1m^2} \\ DFP_i &= -3.13 - 197.02 + 33.49 \\ DFP_i &= -166.66 \text{ [dBW / 4KHz]} \end{aligned}$$

ec. 3-33

j. Límite R.R. UIT

$$-152^1 \text{ [dBW / m}^2 \text{ / 4 KHz]}$$

k. Margen

$$\begin{aligned} \text{margen} &= LIM_{UIT} - DFP_i \\ \text{margen} &= -152.00 - (-166.67) \\ \text{margen} &= 14.66 \text{ [dBW / m}^2 \text{ / 4KHz]} \end{aligned}$$

J. CALCULO DE LOS RECURSOS UTILIZADOS DEL TRANSPONDEDOR1. Densidad de flujo de potencia total en el satélitea. P.I.R.E. transmisión de la estación terrena por portadora

Es el mismo valor que el calculado en E.2

b. Factor de actividad

Las señales de audio siempre están presentes en la transmisión, por tanto la actividad es del 100%

¹ UIT-R, Reglamento de Radiocomunicaciones, Art. RR28-8

c. N° portadoras activas

De acuerdo a lo analizado en el dimensionamiento de la red de distribución (3.1.5), se requiere transmitir simultáneamente 5 portadoras, una para cada radiodifusora. Este valor debe ser expresado en decibelios:

$$\begin{aligned} N_{dB} &= 10 \log 5 \\ N_{dB} &= 6.99 \text{ [dB]} \end{aligned}$$

d. P.I.R.E. total del enlace ascendente por tipo de portadora

$$\begin{aligned} P.I.R.E._{u-total} &= P.I.R.E._u + N_{dB} \\ P.I.R.E._{u-total} &= 49.21 + 6.99 \\ P.I.R.E._{u-total} &= 56.20 \text{ [dBW / 4KHz]} \end{aligned}$$

ec. 3-34

e. Ventaja del diagrama del enlace ascendente

La ventaja es 0 [dB] .

f. Pérdida de propagación en el trayecto

Es el mismo valor que el determinado en E.3

g. Ganancia antena 1 m²

Es el mismo valor que l.2.g

h. DFP total en el satélite por tipo de portadora en el borde del haz

$$\begin{aligned} DFP_{total} &= P.I.R.E._{u-total} + G_{1m^2} - L_u - V_u \\ DFP_{total} &= 56.20 + 37.01 - 199.32 - 0 \\ DFP_{total} &= -106.11 \text{ [dBW / m}^2\text{]} \end{aligned}$$

ec. 3-35

GRAN TOTAL

i. DFP total en el satélite (B. haz)

Este valor es igual al del literal anterior porque solo se trabaja con un tipo de portadora.

j. DFP total disponible del satélite

Corresponde al valor indicado en el párrafo B.4

k. Margen

$$\begin{aligned} \text{margen} &= DFP_{\text{disponible}} - DFP_{\text{total}} \\ \text{margen} &= -105.48 - (-106.11) \\ \text{margen} &= 0.63 \text{ [dBW / m}^2\text{]} \end{aligned}$$

2. P.I.R.E. del satélite total utilizado

a. P.I.R.E. por portadora en el borde del haz

Es el P.I.R.E. obtenido en E.11

b. N° portadoras activas

Es el valor en decibelios encontrado en el literal J.1.c

c. P.I.R.E. total del enlace descendente por tipo de portadora en el borde del haz

$$\begin{aligned} P.I.R.E._{d\text{-total}} &= P.I.R.E._d + N_{dB} \\ P.I.R.E._{d\text{-total}} &= 8.70 + 6.99 \\ P.I.R.E._{d\text{-total}} &= 15.69 \text{ [dBW]} \end{aligned}$$

cc. 3-36

GRAN TOTAL

d. P.I.R.E. total de satélite utilizado

En esta red se utiliza un solo tipo de portadora, por tanto, este valor es igual al P.I.R.E. total del enlace descendente calculado en el párrafo anterior.

e. P.I.R.E. total disponible del satélite

Es el valor de P.I.R.E. calculado en B.3

f. Margen

$$\begin{aligned} \text{margen} &= P.I.R.E._{disponible} - P.I.R.E._{d-total} \\ \text{margen} &= 15.72 - 15.69 \\ \text{margen} &= 0.03 \text{ [dBW]} \end{aligned}$$

3. Ancho de banda total utilizado del satélitea. AB asignado por portadora

Es el mismo valor que se indicó en D.4

b. N° portadoras asignadas

Es el número de portadoras que se transmiten simultáneamente, en este caso 5.

c. AB total por tipo de portadora

Se obtiene multiplicando los valores de los dos literales anteriores, resultando un valor de 0.896 [MHz].

GRAN TOTAL

d. AB satélite total utilizado

Es el valor del literal anterior: 0.896 [MHz]

e. AB total disponible

Es el valor que se determina en B.2

f. Margen

$$\begin{aligned} \text{margen} &= B_{n-disponible} - B_{n-total} \\ \text{margen} &= 1.500 - 1.896 \\ \text{margen} &= 0.604 \text{ [dBW / m}^2\text{]} \end{aligned}$$

K. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA ESTACIÓN Y FECHA APROXIMADA DE INICIACIÓN DE LAS OPERACIONES CON LA CAPACIDAD ALQUILADA

Estación Nom./Cód.	Tx ó Rx ó ambas	Dimensión [m]	G/T [dB/K]	Long. Este [grados min]	Lat. Este [grados min]	Fecha de ini. de operaciones
1. Quito	Tx	4	27.17	78 30'	0 9'	agosto/1996
2. Guayaquil	Tx	4	27.17	79 58'	0 9'	agosto/1996
3. Pichincha	Rx	2.4	19.21	78 30'	0 9'	agosto/1996
4. Pillishurco	Rx	2.4	19.21	78 39'	1 9'	agosto/1996
5. La Mira	Rx	2.4	19.21	78 34'	1 30'	agosto/1996
6. Capadía	Rx	2.4	19.21	78 56'	1 25'	agosto/1996
7. Chiguilpe	Rx	2.4	19.21	79 05'	1 16'	agosto/1996
8. Buerán	Rx	2.4	19.21	78 55'	2 36'	agosto/1996
9. Turí	Rx	2.4	19.21	79 0'	2 55'	agosto/1996
10. Ventanas	Rx	2.4	19.21	79 14'	4 1'	agosto/1996
11. El Cóndor	Rx	2.4	19.21	79 02'	3 58'	agosto/1996
12. Guayusa	Rx	2.4	19.21	78 35'	3 22'	agosto/1996
13. Calvario	Rx	2.4	19.21	77 54'	1 30'	agosto/1996
14. El Mirador	Rx	2.4	19.21	77 47'	0 1'	agosto/1996
15. Guamaní	Rx	2.4	19.21	78 30'	0 9'	agosto/1996
16. Troya Alto	Rx	2.4	19.21	77 41'	0 44'	agosto/1996
17. C. Blanco	Rx	2.4	19.21	78 20'	0 12'	agosto/1996
18. Gatazo	Rx	2.4	19.21	79 30'	0 57'	agosto/1996
19. C. Hojas	Rx	2.4	19.21	80 32'	1 2'	agosto/1996
20. C.del Carmen	Rx	2.4	19.21	79 52'	2 10'	agosto/1996
21. La Puntilla	Rx	2.4	19.21	80 59'	2 11'	agosto/1996
22. Corazón	Rx	2.4	19.21	79 04'	1 3'	agosto/1996
23. Guachahurco	Rx	2.4	19.21	79 52'	4 2'	agosto/1996
24. Pto. Ayora	Rx	2.4	19.21	90 00'	0 10'	agosto/1996

L. PLAN DE FRECUENCIAS DE LAS PORTADORAS

PORTADORA No.	TIPO	FRECUENCIAS DEL ENLACE		UNIDADES
		ascendente	descendente	
Portadora 1 a 5	Digital	6320	4095	[MHz]

3.2 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 1 PORTADORA DE AUDIO PARA EL INTELSAT VII

FORMULARIO B

PLAN GENERAL DE TRANSMISION - TRANSPONEDORES ALQUILADOS O COMPRADOS

A: Gerente de la Sección de Estudios de Operaciones de INTELSAT
Washington, D.C., EE.UU.

DE: EMETEL - ECUADOR

ASUNTO: Plan de Transmisión propuesto para acceder a capacidad de
segmento espacial de INTELSAT alquilada o comprada.

A. INFORMACION GENERAL

1. País (transmisión)	Ecuador	
(recepción)	Ecuador	
2. Tipo de haz (Tx/Rx)	pencilC/hemisférico	
3. Banda de frecuencia (asc.)	6	[GHz]
(desc.)	4	[GHz]
4. Ubicación del satélite	310°	long. Este
5. Serie de satélites	VII-A	
6. Tipo de transpondedor	alquilado	
7. Número de transpondedor	9	
8. Fecha de inicio del servicio	30 / 08 / 96	
9. Duración del servicio	5 años	
10. Número de SVO-L	2818	

B. RECURSOS DE TRANSPONDEDOR ALQUILADO O COMPRADO (BORDE DEL HAZ)

1. Cuadro usado en el IESS-410	CUADRO D2	
2. Anchura de Banda	0.30	[MHz]
3. P.i.r.e	8.73	[dBW]

4. DFP	-112.47	[dBW/m ²]
5. G/T	-5	[dB/K]
6. Paso de ganancia del transpondedor	ELEVADO	

C. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TERRENA

1. Transmisión

a. Diámetro de la antena	4	[m]
b. Número de antenas	2	
c. Relación axial de tensión	1.06	[dB]
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Variación de la frecuencia central de la portadora en AB requerido?	SI	
f. Ajuste nivel de la portadora?	SI	
g. Seguimiento	AUTOMATICA	
h. Tipo de antena	FIJA	

2. Recepción

a. Diámetro de la antena	2.40	[m]
b. Número de antenas	22	
c. Relación axial de tensión	1.06	
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Seguimiento	MANUAL	
f. Tipo de antena	FIJA	
g. G/T para cada tamaño de antena	19.21	[dB]
h. Fórmula de la envolvente lateral	$32 - 25 \log \theta$	
i. Ganancia máxima de la antena	38.24	[dB]

D. CARACTERISTICAS DE LA PORTADORA

1. Tipo de portadora	DIGITAL	
2. Enlace e.t. - e.t	4.0 - 2.4	
3. Técnica de modulación	QPSK	
4. AB asignado por portadora	0.179	[MHz]
5. AB ocupado por portadora	0.153	[MHz]
6. Velocidad de información	128	[Kbps]
7. Velocidad de transmisión	256	[Kbps]
8. Número de canales por portadora	1	
9. Codificación FEC	1/2	
10. Bitios Suplementarios (OH)	0	[Kbps]

E. BACKOFF ENTRADA/SALIDA POR PORTADORA PARA CALCULAR EL P.I.R.E. PARA EL ENLACE DESCENDENTE (CIELO DESPEJADO)

1. Angulo de elevación	56.83	[grados]
2. p.i.r.e.	49.21	[dBW]
3. Pérdidas enlace ascendente	199.32	[dB]
4. Ganancia ant. 1m ²	37.01	[dB/m ²]
5. DFP por portadora en el satélite	-113.10	[dBW/m ²]
6. Dens.de flujo sat. transp. (borde del haz)	-87	[dBW/m ²]
7. Vent. Diagrama enlace asc.	0	[dB]
8. Dens. de flujo sat. transp. hacia e.t.	-87	[dBW/m ²]
9. Backoff entrada por portadora	-26.10	[dBW/m ²]
10. Diferencia entre BOo y BOi	1.8	[dBW/m ²]
11. Backoff salida por portadora	-24.30	[dBW/m ²]
12. p.i.r.e. sat. transp. borde del haz	33	[dBW]
13. p.i.r.e. enlace desc. por portadora	8.70	[dBW]
14. Vent. Diagrama enlace desc.	0	[dBW]
15. p.i.r.e. e. d. hacia e.t. más pequeña	8.70	[dBW]

F. COMPUTOS DE ENLACE (CIELO DESPEJADO O CONDICIONES DEGRADADAS)

1. C/T del enlace ascendente, por portadora

a. p.i.r.e. por portadora	49.21	[dBW]
b. Pérdidas de propagación	199.32	[dB]
c. G/T del satélite (borde del haz)	-5	[dB/K]
d. Vent. diagrama en enl. asc.	0	[dB]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace ascendente	-157.11	[dBW/K]

2. C/T de intermodulación HPA de la estación terrena

a. Límite IM HPA hacia e.t.	24	[dBW/4KHz]
b. C/T límite IM HPA por portadora	-167.37	[dBW/K]

3. C/T de intermodulación TWT del satélite, por portadora

a. Límite IM TWT borde haz por port.	-28	[dBW/4KHz]
b. C/T IM TWT por portadora	-155.88	[dBW/K]

4. C/T de enlace descendente por portadora		
a. Angulo de elevación	56.83	[grados]
b. p.i.r.e. enlace descendente	8.70	[dBW]
c. Pérdidas de propagación	195.80	[dB]
d. G/T e.t. más pequeña	19.21	[dBW/K]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace descendente	-169.88	[dBW/K]

5. C/T de Interferencia de cocanal total

a. C/I interferencia cocanal, total	19	[dB]
b. C/T interferencia cocanal, total	-157.75	[dBW/K]

6. C/T, C/N y BER totales

a. C/T total por portadora	-172.12	[dBW/K]
b. Constante de Boltzman	-228.60	[dBW/K-Hz]
c. AB ruido receptor	51.86	[dB Hz]
d. C/N total	4.62	[dBW/K]
e. BER	$< 10^{-5}$	

G. DENSIDAD DE LA p.i.r.e DE LAS EMISIONES FUERA DEL EJE

1. Tipo de portadora	DIGITAL	
2. Diámetro antena e.t. de transmisión	4	[m]
3. p.i.r.e. enlace asc. por portadora	49.21	[dBW]
4. AB ocupado	0.15	[MHz]
5. Conv. AB a 40 ó 4 KHz	15.83	[dBW/4 KHz]
6. Ganancia máx. ant. e.t. transmisión	46.20	[dB]
7. Potencia en aliment. de antena	-12.82	[dBW/4 KHz]
8. Ganancia ant. fuera eje a 3°	20.1	[dB]
9. Densidad p.i.r.e. fuera eje a 3°	7.28	[dBW/4 KHz]
10. Límite de la p.i.r.e. fuera del eje	20.1	[dBW/4 KHz]
11. Margen	12.82	[dBW/4 KHz]

H. DENSIDAD DE LA p.i.r.e. DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN EL HPA DE LA ESTACION TERRENA

1. Se transmite más de una portadora por el HPA?

NO

2. En caso afirmativo, oscila el backoff de salida del HPA entre -7 y 0 dB? NO

I. DENSIDAD MAXIMA DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

1. Oscila el backoff de salida de cualquier portadora entre -9 y 0 dB? NO
2. Cálculo de la densidad de flujo de potencia en la superficie terrestre
- | | | |
|---|---------|----------------------------|
| a. p.i.r.e por port. borde del haz | 8.70 | [dBW] |
| b. Angulo sup. de llegada a sup. terr. | 5 | [grados] |
| c. Dif. hipot. entre p.i.r.e. en cresta y bord. haz | 4 | [dB] |
| d. AB ocupado | 0.153 | [MHz] |
| e. Conv. a 4 KHz | 15.83 | [dBW/4 KHz] |
| f. Dens. p.i.r.e. enl. desc. / 4 KHz | -3.13 | [dBW/4 KHz] |
| g. Pérdidas en el trayecto | 197.02 | [dB] |
| h. Ganancia antena 1 m ² | 33.49 | [dB] |
| i. DFP en superficie terrestre | -166.66 | [dBW/m ² /4KHz] |
| j. Límite R.R. UIT | -152 | [dBW/m ² /4KHz] |
| k: Margen | 14.66 | [dBW/m ² /4KHz] |

J. CALCULO DE LOS RECURSOS UTILIZADOS DEL TRANSPONDEDOR

1. Densidad de flujo de potencia total en el satélite
- | | | |
|--|---------|-----------------------|
| a. p.i.r.e. transm. e.t. por portadora | 49.21 | [dBW] |
| b. Factor de actividad | 100% | |
| c. N ^o portadoras activas | 0 | [dB] |
| d. p.i.r.e. total enl. asc. por tipo de port. | 49.21 | [dBW] |
| e. Vent. diagr. enlace ascendente | 0 | [dBW] |
| f. Pérdida de trayecto | 199.32 | [dBW] |
| g. Ganancia antena 1 m ² | 37.01 | [dB/m ²] |
| h. DFP tot. en el satél. por tipo de port. en el borde del haz | -113.10 | [dBW/m ²] |

GRAN TOTAL

- | | | |
|--------------------------------------|---------|-----------------------|
| i. DFP total en el satélite (B. haz) | -113.10 | [dBW/m ²] |
|--------------------------------------|---------|-----------------------|

j. DFP total disponible del satélite	-112.47	[dBW/m ²]
k. Margen	0.63	[dBW/m ²]

2. p.i.r.e. del satélite total utilizado

a. p.i.r.e. port. borde del haz	8.70	[dBW]
b. N° portadoras activas	0	[dB]
c. p.i.r.e. tot. enl. desc. por tipo de port. en el borde del haz	8.70	[dBW]

GRAN TOTAL

d. p.i.r.e. tot. de satélite utilizado	8.70	[dBW]
e. p.i.r.e. tot. disponible del satélite	8.73	[dBW]
f. Margen	0.03	[dBW]

3. Ancho de banda total utilizado del satélite

a. AB asignado por portadora	0.1792	[MHz]
b. N° portadoras asignadas	1	
c. AB total por tipo de portadora	0.1792	[MHz]

GRAN TOTAL

d. AB satélite total utilizado	0.1792	[MHz]
e. AB total disponible	0.3	[MHz]
f. Margen	0.1208	[MHz]

K. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA ESTACIÓN Y FECHA APROXIMADA DE INICIACIÓN DE LAS OPERACIONES CON LA CAPACIDAD ALQUILADA

Son los mismos datos del plan de transmisión anterior (página 148).

L. PLAN DE FRECUENCIAS DE LAS PORTADORAS

PORTADORA No.	TIPO	FRECUENCIAS DEL ENLACE		UNIDADES
		UNIDADES		
		ascendente	descendente	
Portadora 1	Digital	6320	4095	[MHz]

3.3 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 5 PORTADORAS DE AUDIO PARA EL PAS-1

FORMULARIO B

PLAN GENERAL DE TRANSMISION - TRANSPONEDORES ALQUILADOS O COMPRADOS

A: Gerente de la Sección de Estudios de Operaciones de INTELSAT
Washington, D.C., EE.UU.

DE: EMETEL - ECUADOR

ASUNTO: Plan de Transmisión propuesto para acceder a capacidad de
segmento espacial de PanAmSat alquilada o comprada.

A. INFORMACION GENERAL

1. País (transmisión)	Ecuador	
(recepción)	Ecuador	
2. Tipo de haz (Tx/Rx)	zonal/zonal	
3. Banda de frecuencia (asc.)	6	[GHz]
(desc.)	4	[GHz]
4. Ubicación del satélite	315°	long. Este
5. Serie de satélites	PAS-1	
6. Tipo de transpondedor	alquilado	
8. Fecha de inicio del servicio	30 / 08 / 96	
9. Duración del servicio	5 años	

B. RECURSOS DE TRANSPONDEDOR ALQUILADO O COMPRADO (BORDE DEL HAZ)

2. Anchura de Banda	1.50	[MHz]
3. P.i.r.e	20.69	[dBW]
4. DFP	-110.81	[dBW/m ²]
5. G/T	-0.5	[dB/K]

C. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TERRENA

1. Transmisión

a. Diámetro de la antena	4.5	[m]
b. Número de antenas	2	
c. Relación axial de tensión	30	[dB]
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Variación de la frecuencia central de la portadora en AB requerido?	SI	
f. Ajuste nivel de la portadora?	SI	
g. Seguimiento	AUTOMATICA	
h. Tipo de antena	FIJA	

2. Recepción

a. Diámetro de la antena	2.4	[m]
b. Número de antenas	22	
c. Relación axial de tensión	30	
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Seguimiento	MANUAL	
f. Tipo de antena	FIJA	
g. G/T para cada tamaño de antena	19.21	[dB]
h. Fórmula de la envolvente lateral	$32 - 25 \log \theta$	
i. Ganancia máxima de la antena	38.24	[dB]

D. CARACTERISTICAS DE LA PORTADORA

1. Tipo de portadora	DIGITAL	
2. Enlace e.t. - e.t	4.5 - 2.4	
3. Técnica de modulación	QPSK	
4. AB asignado por portadora	0.179	[MHz]
5. AB ocupado por portadora	0.153	[MHz]
6. Velocidad de información	128	[Kbps]
7. Velocidad de transmisión	256	[Kbps]
8. Número de canales por portadora	1	
9. Codificación FEC	1/2	
10. Bitios Suplementarios (OH)	0	[Kbps]

E. BACKOFF ENTRADA/SALIDA POR PORTADORA PARA CALCULAR EL P.I.R.E. DEL ENLACE DESCENDENTE (CIELO DESPEJADO)

1. Angulo de elevación	56.83	[grados]
2. p.i.r.e.	47.22	[dBW]
3. Pérdidas enlace ascendente	199.32	[dB]
4. Ganancia ant. 1m ²	37.01	[dB/m ²]
5. DFP por portadora en el satélite	-115.08	[dBW/m ²]
6. Dens.de flujo sat. transp. (borde del haz)	-88	[dBW/m ²]
7. Vent. Diagrama enlace asc.	-3	[dB]
8. Dens. de flujo sat. transp. hacia e.t.	-85	[dBW/m ²]
9. Backoff entrada por portadora	-30.08	[dBW/m ²]
10. Diferencia entre BOo y BOi	1.4	[dBW/m ²]
11. Backoff salida por portadora	-28.68	[dBW/m ²]
12. p.i.r.e. sat. transp. borde del haz	39.5	[dBW]
13. p.i.r.e. enlace desc. por portadora	10.82	[dBW]
14. Vent. Diagrama enlace desc.	-3	[dBW]
15. p.i.r.e. e.d. hacia e.t. más pequeña	7.82	[dBW]

F. COMPUTOS DE ENLACE (CIELO DESPEJADO O CONDICIONES DEGRADADAS)

1. C/T del enlace ascendente, por portadora

a. p.i.r.e. por portadora	47.22	[dBW]
b. Pérdidas de propagación	199.32	[dB]
c. G/T del satélite (borde del haz)	-0.5	[dB/K]
d. Vent. diagrama en enl. asc.	-3.00	[dB]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace ascendente	-157.60	[dBW/K]

2. C/T de intermodulación HPA de la estación terrena

a. Límite IM HPA hacia e.t.	20.1	[dBW/4KHz]
b. C/T límite IM HPA por portadora	-165.46	[dBW/K]

3. C/T de intermodulación TWT del satélite, por portadora

a. Límite IM TWT borde haz por port.	-37	[dBW/4KHz]
b. C/T IM TWT por portadora	-147.76	[dBW/K]

4. C/T de enlace descendente por portadora

a. Angulo de elevación	56.83	[grados]
b. p.i.r.e. enlace descendente	7.82	[dBW]
c. Pérdidas de propagación	195.80	[dB]
d. G/T e.t. más pequeña	19.21	[dBW/K]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace descendente	-170.77	[dBW/K]

5. C/T de Interferencia de cocanal total

a. C/I interferencia cocanal, total	23	[dB]
b. C/T interferencia cocanal, total	-153.74	[dBW/K]

6. C/T, C/N y BER totales

a. C/T total por portadora	-172.11	[dBW/K]
b. Constante de Boltzman	-228.60	[dBW/K-Hz]
c. AB ruido receptor	51.86	[dB Hz]
d. C/N total	4.63	[dBW/K]
e. BER	$< 10^{-5}$	

G. DENSIDAD DE LA p.i.r.e DE LAS EMISIONES FUERA DEL EJE

1. Tipo de portadora	DIGITAL	
2. Diámetro antena e.t. de transmisión	4.5	[m]
3. p.i.r.e. enlace asc. por portadora	47.22	[dBW]
4. AB ocupado	0.153	[MHz]
5. Conv. AB a 40 ó 4 KHz	15.83	[dBW/4 KHz]
6. Ganancia máx. ant. e.t. transmisión	47.22	[dB]
7. Potencia en aliment. de antena	-15.83	[dBW/4 KHz]
8. Ganancia ant. fuera eje a 3°	20.1	[dB]
9. Densidad p.i.r.e. fuera eje a 3°	4.27	[dBW/4 KHz]
10. Límite de la p.i.r.e. fuera del eje	20.1	[dBW/4 KHz]
11. Margen	15.83	[dBW/4 KHz]

H. DENSIDAD DE LA p.i.r.e. DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN EL HPA DE LA ESTACION TERRENA

- Se transmite más de una portadora por el HPA? SI
- En caso afirmativo, oscila el backoff de salida del HPA entre -7 y 0 dB? NO

I. DENSIDAD MAXIMA DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

1. Oscila el backoff de salida de cualquier portadora entre -9 y 0 dB?	NO	
2. Cálculo de la densidad de flujo de potencia en la superficie terrestre		
a. p.i.r.e por port. borde del haz	10.82	[dBW]
b. Angulo sup. de llegada a sup. terr.	5	[grados]
c. Dif. hipot. entre p.i.r.e. en cresta y bord. haz	4	[dB]
d. AB ocupado	0.153	[MHz]
e. Conv. a 4 KHz	15.83	[dBW/4 KHz]
f. Dens. p.i.r.e. enl. desc. / 4 KHz	-1.02	[dBW/4 KHz]
g. Pérdidas en el trayecto	197.02	[dB]
h. Ganancia antena 1 m ²	33.49	[dB]
i. DFP en superficie terrestre	-164.55	[dBW/m ² /4KHz]
j. Límite R.R. UIT	-152	[dBW/m ² /4KHz]
k. Margen	12.55	[dBW/m ² /4KHz]

J. CALCULO DE LOS RECURSOS UTILIZADOS DEL TRANSPONDEDOR

1. Densidad de flujo de potencia total en el satélite		
a. p.i.r.e. transm. e.t. por portadora	47.22	[dBW]
b. Factor de actividad	100%	
c. N ^o portadoras activas	6.99	[dB]
d. p.i.r.e. total enl. asc. por tipo de port.	54.21	[dBW]
e. Vent. diagr. enlace ascendente	-3	[dBW]
f. Pérdida de trayecto	199.32	[dBW]
g. Ganancia antena 1 m ²	37.01	[dB/m ²]
h. DFP tot. en el satél. por tipo de port. en el borde del haz	-111.09	[dBW/m ²]

GRAN TOTAL

i. DFP total en el satélite (B. haz)	-111.09	[dBW/m ²]
j. DFP total disponible del satélite	-110.81	[dBW/m ²]

k. Margen	0.28	[dBW/m ²]
2. p.i.r.e. del satélite total utilizado		
a. p.i.r.e. port. borde del haz	10.82	[dBW]
b. N ^o portadoras activas	6.99	[dB]
c. p.i.r.e. tot. enl. desc. por tipo de port. en el borde del haz	17.81	[dBW]

GRAN TOTAL

d. p.i.r.e. tot. de satélite utilizado	17.81	[dBW]
e. p.i.r.e. tot. disponible del satélite	20.69	[dBW]
f. Margen	2.88	[dBW]

3. Ancho de banda total utilizado del satélite

a. AB asignado por portadora	0.179	[MHz]
b. N ^o portadoras asignadas	5	
c. AB total por tipo de portadora	0.896	[MHz]

GRAN TOTAL

d. AB satélite total utilizado	0.896	[MHz]
e. AB total disponible	1.5	[MHz]
f. Margen	0.604	[MHz]

K. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA ESTACIÓN Y FECHA APROXIMADA DE INICIACIÓN DE LAS OPERACIONES CON LA CAPACIDAD ALQUILADA

Son los mismos datos del plan de transmisión 3.1 (página 148).

L. PLAN DE FRECUENCIAS DE LAS PORTADORAS

PORTADORA No.	TIPO	FRECUENCIAS DEL ENLACE		UNIDADES
		UNIDADES		
		ascendente	descendente	
Portadora 1 a5	Digital	6320	4095	[MHz]

3.4 PLAN DE TRANSMISIÓN DIGITAL DE 1 PORTADORA DE AUDIO PARA EL PAS-1

FORMULARIO B

PLAN GENERAL DE TRANSMISION - TRANSPONEDORES ALQUILADOS O COMPRADOS

A: Gerente de la Sección de Estudios de Operaciones de INTELSAT
Washington, D.C., EE.UU.

DE: EMETEL - ECUADOR

ASUNTO: Plan de Transmisión propuesto para acceder a capacidad de
segmento espacial de PanAmSat alquilada o comprada.

A. INFORMACION GENERAL

1. País (transmisión)	Ecuador	
(recepción)	Ecuador	
2. Tipo de haz (Tx/Rx)	zonal/zonal	
3. Banda de frecuencia (asc.)	6	[GHz]
(desc.)	4	[GHz]
4. Ubicación del satélite	315°	long.Este
5. Serie de satélites	PAS-1	
6. Tipo de transpondedor	alquilado	
8. Fecha de inicio del servicio	30 / 08 / 96	
9. Duración del servicio	5 años	

B. RECURSOS DE TRANSPONDEDOR ALQUILADO O COMPRADO (BORDE DEL HAZ)

2. Anchura de Banda	0.3	[MHz]
3. P.i.r.e	13.70	[dBW]
4. DFP	-117.80	[dBW/m ²]

5. G/T	-0.5	[dB/K]
--------	------	--------

C. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TERRENA

1. Transmisión

a. Diámetro de la antena	4.5	[m]
b. Número de antenas	2	
c. Relación axial de tensión	30	[dB]
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Variación de la frecuencia central de la portadora en AB requerido?	SI	
f. Ajuste nivel de la portadora?	SI	
g. Seguimiento	AUTOMATICA	
h. Tipo de antena	FIJA	

2. Recepción

a. Diámetro de la antena	2.4	[m]
b. Número de antenas	22	
c. Relación axial de tensión	30	
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Seguimiento	MANUAL	
f. Tipo de antena	FIJA	
g. G/T para cada tamaño de antena	19.21	[dB]
h. Fórmula de la envolvente lateral	$32 - 25 \log \theta$	
i. Ganancia máxima de la antena	38.24	[dB]

D. CARACTERISTICAS DE LA PORTADORA

1. Tipo de portadora	DIGITAL	
2. Enlace e.t. - e.t	4.5 - 2.4	
3. Técnica de modulación	QPSK	
4. AB asignado por portadora	0.1792	[MHz]
5. AB ocupado por portadora	0.15329	[MHz]
6. Velocidad de información	128	[Kbps]
7. Velocidad de transmisión	256	[Kbps]
8. Número de canales por portadora	1	
9. Codificación FEC	1/2	
10. Bitios Suplementarios (OH)	0	[Kbps]

E. BACKOFF ENTRADA/SALIDA POR PORTADORA PARA CALCULAR EL P.I.R.E DE ENLACE DESCENDENTE (CIELO DESPEJADO)

1. Angulo de elevación	56.83	[grados]
2. p.i.r.e.	47.22	[dBW]
3. Pérdidas enlace ascendente	199.32	[dB]
4. Ganancia ant. 1m ²	37.01	[dB/m ²]
5. DFP por portadora en el satélite	-115.08	[dBW/m ²]
6. Dens.de flujo sat. transp.	-88	[dBW/m ²]
7. Vent. Diagrama enlace asc.	-3	[dB]
8. Dens. de flujo sat. transp. hacia e.t.	-85	[dBW/m ²]
9. Backoff entrada por portadora	-30.08	[dBW/m ²]
10. Diferencia entre BOo y BOi	1.4	[dBW/m ²]
11. Backoff salida por portadora	-28.68	[dBW/m ²]
12. p.i.r.e. sat. transp. borde del haz	39.5	[dBW]
13. p.i.r.e. enlace desc. por portadora	10.82	[dBW]
14. Vent. Diagrama enlace desc.	-3	[dBW]
15. p.i.r.e. e.d. hacia e.t. más pequeña	7.82	[dBW]

F. COMPUTOS DE ENLACE (CIELO DESPEJADO O CONDICIONES DEGRADADAS)

1. C/T del enlace ascendente, por portadora

a. p.i.r.e. por portadora	47.22	[dBW]
b. Pérdidas de propagación	199.32	[dB]
c. G/T del satélite (borde del haz)	-0.5	[dB/K]
d. Vent. diagrama en enl. asc.	-3.00	[dB]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace ascendente	-157.60	[dBW/K]

2. C/T de intermodulación HPA de la estación terrena

a. Límite IM HPA hacia e.t.	20.1	[dBW/4KHz]
b. C/T límite IM HPA por portadora	-165.46	[dBW/K]

3. C/T de intermodulación TWT del satélite, por portadora

a. Límite IM TWT borde haz por port.	-37	[dBW/4KHz]
b. C/T IM TWT por portadora	-147.76	[dBW/K]

4. C/T de enlace descendente por portadora

a. Angulo de elevación	56.83	[grados]
b. p.i.r.e. enlace descendente	7.82	[dBW]
c. Pérdidas de propagación	195.80	[dB]
d. G/T e.t. más pequeña	19.21	[dBW/K]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace descendente	-170.77	[dBW/K]

5. C/T de Interferencia de cocanal total

a. C/I interferencia cocanal, total	23	[dB]
b. C/T interferencia cocanal, total	-153.74	[dBW/K]

6. C/T, C/N y BER totales

a. C/T total por portadora	-172.11	[dBW/K]
b. Constante de Boltzman	-228.60	[dBW/K-Hz]
c. AB ruido receptor	51.86	[dB Hz]
d. C/N total	4.63	[dBW/K]
e. BER	$< 10^{-5}$	

G. DENSIDAD DE LA p.i.r.e DE LAS EMISIONES FUERA DEL EJE

1. Tipo de portadora	DIGITAL	
2. Diámetro antena e.t. de transmisión	4.50	[m]
3. p.i.r.e. enlace asc. por portadora	47.22	[dBW]
4. AB ocupado	0.153	[MHz]
5. Conv. AB a 40 ó 4 KHz	15.83	[dBW/4 KHz]
6. Ganancia máx. ant. e.t. transmisión	47.22	[dB]
7. Potencia en aliment. de antena	-15.83	[dBW/4 KHz]
8. Ganancia ant. fuera eje a 3°	20.1	[dB]
9. Densidad p.i.r.e. fuera eje a 3°	4.27	[dBW/4 KHz]
10. Límite de la p.i.r.e. fuera del eje	20.1	[dBW/4 KHz]
11. Margen	15.83	[dBW/4 KHz]

H. DENSIDAD DE LA p.i.r.e. DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN EL HPA DE LA ESTACION TERRENA

1. Se transmite más de una portadora por el HPA?	N0
--	-----------

2. En caso afirmativo, oscila el backoff de salida del HPA entre -7 y 0 dB? NO

I. DENSIDAD MAXIMA DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

1. Oscila el backoff de salida de cualquier portadora entre -9 y 0 dB? NO

2. Cálculo de la densidad de flujo de potencia en la superficie terrestre

a. p.i.r.e por port. borde del haz	10.82	[dBW]
b. Angulo sup. de llegada a sup. terr.	5	[grados]
c. Dif. hipot. entre p.i.r.e. en cresta y bord. haz	4	[dB]
d. AB ocupado	0.153	[MHz]
e. Conv. a 4 KHz	15.83	[dBW/4 KHz]
f. Dens. p.i.r.e. enl. desc. / 4 KHz	-1.02	[dBW/4 KHz]
g. Pérdidas en el trayecto	197.02	[dB]
h. Ganancia antena 1 m ²	33.49	[dB]
i. DFP en superficie terrestre	-164.55	[dBW/m ² /4KHz]
j. Límite R.R. UIT	-152	[dBW/m ² /4KHz]
k. Margen	12.55	[dBW/m ² /4KHz]

J. CALCULO DE LOS RECURSOS UTILIZADOS DEL TRANSPONDEDOR

1. Densidad de flujo de potencia total en el satélite

a. p.i.r.e. transm. e.t. por portadora	47.22	[dBW]
b. Factor de actividad	100%	
c. N° portadoras activas	0	[dB]
d. p.i.r.e. total enl. asc. por tipo de port.	47.22	[dBW]
e. Vent. diagr. enlace ascendente	-3	[dBW]
f. Pérdida de trayecto	199.32	[dBW]
g. Ganancia antena 1 m ²	37.01	[dB/m ²]
h. DFP tot. en el satél. por tipo de port. en el borde del haz	-118.08	[dBW/m ²]

GRAN TOTAL

i. DFP total en el satélite (B. haz)	-118.08	[dBW/m ²]
j. DFP total disponible del satélite	-117.80	[dBW/m ²]
k. Margen	0.28	[dBW/m ²]

2. p.i.r.e. del satélite total utilizado

a. p.i.r.e. port. borde del haz	10.82	[dBW]
b. N° portadoras activas	0	[dB]
c. p.i.r.e. tot. enl. desc. por tipo de port. en el borde del haz	10.82	[dBW]

GRAN TOTAL

d. p.i.r.e. tot. de satélite utilizado	10.82	[dBW]
e. p.i.r.e. tot. disponible del satélite	13.70	[dBW]
f. Margen	2.88	[dBW]

3. Ancho de banda total utilizado del satélite

a. AB asignado por portadora	0.1792	[MHz]
b. N° portadoras asignadas	1	
c. AB total por tipo de portadora	0.1792	[MHz]

GRAN TOTAL

d. AB satélite total utilizado	0.1792	[MHz]
e. AB total disponible	0.3	[MHz]
f. Margen	0.1208	[MHz]

K. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA ESTACIÓN Y FECHA APROXIMADA DE INICIACIÓN DE LAS OPERACIONES CON LA CAPACIDAD ALQUILADA

Son los mismos datos del plan de transmisión 3.1 (página 148).

L. PLAN DE FRECUENCIAS DE LAS PORTADORAS

PORTADORA No.	TIPO	FRECUENCIAS DEL ENLACE		UNIDADES
		ascendente	descendente	
Portadora 1	Digital	6320	4095	[MHz]

3.5 PLAN DE TRANSMISIÓN ANALÓGICO DE 5 PORTADORAS DE AUDIO PARA EL INTELSAT VII

FORMULARIO B

PLAN GENERAL DE TRANSMISIÓN - TRANSPONEDORES ALQUILADOS O COMPRADOS

A: Gerente de la Sección de Estudios de Operaciones de INTELSAT Washington, D.C., EE.UU.

DE: EMETEL - ECUADOR

ASUNTO: Plan de Transmisión propuesto para acceder a capacidad de segmento espacial de INTELSAT alquilada o comprada.

A. INFORMACION GENERAL

1. País (transmisión)	Ecuador	
(recepción)	Ecuador	
2. Tipo de haz (Tx/Rx)	pencil/hemisférico	
3. Banda de frecuencia (asc.)	6	[GHz]
(desc.)	4	[GHz]
4. Ubicación del satélite	310°	long. Este
5. Serie de satélites	VII-A	
6. Tipo de transpondedor	alquilado	
7. Número de transpondedor	9	
8. Fecha de inicio del servicio	30 / 08 / 96	
9. Duración del servicio	5 años	
10. Número de SVO-L	2818	

B. RECURSOS DE TRANSPONDEDOR ALQUILADO O COMPRADO (BORDE DEL HAZ)

1. Cuadro usado en el IESS-410	CUADRO D2	
2. Anchura de Banda	4.8	[MHz]
3. P.i.r.e	20.8	[dBW]
4. DFP	-100.4	[dBW/m ²]
5. G/T	-5	[dB/K]

6. Paso de ganancia del transpondedor ELEVADO

C. CARACTERISTICAS DE LA ESTACION TERRENA

1. Transmisión

a. Diámetro de la antena	4.5	[m]
b. Número de antenas	2	
c. Relación axial de tensión	1.06	[dB]
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Variación de la frecuencia central de la portadora en AB requerido?	SI	
f. Ajuste nivel de la portadora?	SI	
g. Seguimiento	AUTOMATICO	
h. Tipo de antena	FIJA	

2. Recepción

a. Diámetro de la antena	2.4	[m]
b. Número de antenas	22	
c. Relación axial de tensión	1.06	
d. Cambio de polarización?	SI	
e. Seguimiento	MANUAL	
f. Tipo de antena	FIJA	
g. G/T para cada tamaño de antena	19.21	
h. Fórmula de la envolvente lateral	$32 - 25 \log \theta$	
i. Ganancia máxima de la antena	38.2	

D. CARACTERISTICAS DE LA PORTADORA

1. Tipo de portadora	SCPC	
2. Enlace e.t. - e.t	4-2.4	
3. Técnica de modulación	CFM	
4. AB asignado por portadora	216	[KHz]
5. AB ocupado por portadora	180.0	[KHz]
6. Velocidad de información	N/C ¹	
7. Velocidad de transmisión	N/C	
8. Número de canales por portadora	1	
9. Codificación FEC	N/C	
10. Bitios Suplementarios (OH)	N/C	
11. Desviación rms. multicanal	N/C	

¹ N/C = el dato no corresponde al plan analógico

A continuación se explican algunas características especiales de las portadoras analógicas que constan en el plan de transmisión:

12. Desviación máxima del tono de prueba

Depende de la aplicación específica de la señal analógica. Para transmisiones de radio el valor comúnmente utilizado es de 75 [Khz].

13. Ventaja de expansión

Se refiere a la ventaja en la relación S/N (señal a ruido) que se obtiene cuando se aplican procesos de compresión y expansión (cap. II, secc. 1.1.2) a la señal analógica en banda base. En este caso se tomará un valor de 21 [dB]².

14. Ponderación más preacentuación

Es la ventaja en la relación S/N (señal a ruido) debida a la preacentuación y ponderación de la señal, este valor puede variar de 4 a 13 [dB]³ dependiendo la aplicación. En este caso se tomará un valor de 8 [dB].

Los siguientes párrafos del plan de transmisión son iguales al caso digital.

E. BACKOFF ENTRADA/SALIDA POR PORTADORA PARA CALCULAR EL P.I.R.E. DEL ENLACE DESCENDENTE (CIELO DESPEJADO)

1. Angulo de elevación	56.8	[grados]
2. p.i.r.e.	54.2	[dBW]
3. Pérdidas enlace ascendente	199.3	[dB]
4. Ganancia ant. 1m ²	37.0	[dB/m ²]
5. DFP por portadora en el satélite	-108.1	[dBW/m ²]

² ref. 12, pp. 2-15

³ ref. 1 ,pp. 86

6. Dens.de flujo sat. transp.	-87	[dBW/m ²]
7. Vent. Diagrama enlace asc.	0	[dB]
8. Dens. de flujo sat. transp. hacia e.t.	-87	[dBW/m ²]
9. Backoff entrada por portadora	-21.1	[dBW/m ²]
10. Diferencia entre BOo y BOi	1.8	[dBW/m ²]
11. Backoff salida por portadora	-19.3	[dBW/m ²]
12. p.i.r.e. sat. transp. borde del haz	33	[dBW]
13. p.i.r.e. enlace desc. por portadora	13.7	[dBW]
14. Vent. Diagrama enlace desc.	0	[dBW]
15. p.i.r.e. e. d. hacia e.t. más pequeña	13.7	[dBW]

F. COMPUTOS DE ENLACE (CIELO DESPEJADO O CONDICIONES DEGRADADAS)

1. C/T del enlace ascendente, por portadora

a. p.i.r.e. por portadora	54.2	[dBW]
b. Pérdidas de propagación	199.3	[dB]
c. G/T del satélite (borde del haz)	-5	[dB/K]
d. Vent. diagrama en enl. asc.	0	[dB]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace ascendente	-152.1	[dBW/K]

2. C/T de intermodulación HPA de la estación terrena

a. Límite IM HPA hacia e.t.	24	[dBW/4KHz]
b. C/T límite IM HPA por portadora	-160.4	[dBW/K]

3. C/T de intermodulación TWT del satélite, por portadora

a. Límite IM TWT borde haz por port.	-28	[dBW/4KHz]
b. C/T IM TWT por portadora	-150.9	[dBW/K]

4. C/T de enlace descendente por portadora

a. Angulo de elevación	56.8	[grados]
b. p.i.r.e. enlace descendente	13.7	[dBW]
c. Pérdidas de propagación	195.8	[dB]
d. G/T e.t. más pequeña	19.2	[dBW/K]
e. Margen errores, lluvia, seg., etc.	2	[dB]
f. C/T enlace descendente	-164.9	[dBW/K]

5. C/T de Interferencia de cocanal total

a. C/I interferencia cocanal, total	19	[dB]
-------------------------------------	----	------

b. C/T interferencia cocanal, total	-127.0	[dBW/K]
6. C/T, C/N y S/N totales		
a. C/T total por portadora	-166.4	[dBW/K]
b. Constante de Boltzman	-228.6	[dBW/K-Hz]
c. AB ruido receptor	52.6	[dB Hz]
d. C/N total	9.7	[dBW/K]

Para las transmisiones analógicas existe un literal adicional que se refiere a la calidad de la transmisión y es la siguiente:

e. Relación Señal a Ruido S/N

Para calcular S/N se utiliza la fórmula mencionada en el cap. II, ec. 3.3:

$$S/N = C/N + 20 \log (\sqrt{3}(\Delta f / f_m)) + 10 \log (B_{IF} / 2B_a) + C + W$$

$$S/N = 8.94 + 20 \log (\sqrt{3}(75/15)) + 10 \log (180 / 2 * 15) + 29$$

$$S/N = 65.20 [dB]$$

G. DENSIDAD DE LA p.i.r.e DE LAS EMISIONES FUERA DEL EJE

1. Tipo de portadora	SCPC	
2. Diámetro antena e.t. de transmisión	4.5	[m]
3. p.i.r.e. enlace asc. por portadora	54.2	[dBW]
4. AB ocupado:	0.2	[MHz]
5. Conv. AB a 40 ó 4 KHz	16.5	[dBW/4 KHz]
6. Ganancia máx. ant. e.t. transmisión	47.2	[dB]
7. Potencia en aliment. de antena	-9.5	[dBW/4 KHz]
8. Ganancia ant. fuera eje a 3°	20.1	[dB]
9. Densidad p.i.r.e. fuera eje a 3°	10.6	[dBW/4 KHz]
10. Límite de la p.i.r.e. fuera del eje	20.1	[dBW/4 KHz]
11. Margen	9.5	[dBW/4 KHz]

H. DENSIDAD DE LA p.i.r.e. DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACION EN ELHPA DE LA ESTACION TERRENA

1. Se transmite más de una portadora por el HPA? SI
2. En caso afirmativo, oscila el backoff de salida del HPA entre -7 y 0 dB? NO

I. DENSIDAD MAXIMA DE FLUJO DE POTENCIA EN LA SUPERFICIE TERRESTRE

1. Oscila el backoff de salida de cualquier portadora entre -9 y 0 dB? NO
2. Cálculo de la densidad de flujo de potencia en la superficie terrestre

a. p.i.r.e por port. borde del haz	54.2	[dBW]
b. Angulo sup. de llegada a sup. terr.	5	[grados]
c. Dif. hipot. entre p.i.r.e. en cresta y borde del haz	4	[dB]
d. AB ocupado	0.2	[MHz]
e. Conv. a 4 KHz	16.5	[dBW/4 KHz]
f. Dens. p.i.r.e. enl. desc. / 4 KHz	41.7	[dBW/4 KHz]
g. Pérdidas en el trayecto	197.0	[dB]
h. Ganancia antena 1 m ²	33.5	[dB]
i. DFP en superficie terrestre	-121.8	[dBW/m ² /4KHz]
j. Límite R.R. UIT	-152	[dBW/m ² /4KHz]
k. Margen	-30.2	[dBW/m ² /4KHz]

J. CALCULO DE LOS RECURSOS UTILIZADOS DEL TRANSPONDEDOR

1. Densidad de flujo de potencia total en el satélite

a. p.i.r.e. transm. e.t. por portadora	54.2	[dBW]
b. Factor de actividad	100%	
c. N° portadoras activas	7.0	[dB]
d. p.i.r.e. total enl. asc. por tipo de port.	61.2	[dBW]
e. Vent. diagr. enlace ascendente	0	[dBW]
f. Pérdida de trayecto	199.3	[dBW]
g. Ganancia antena 1 m ²	37.0	[dB/m ²]
h. DFP tot. en el satél. por tipo de port. en el borde del haz	-108.1	[dBW/m ²]

GRAN TOTAL

i. DFP total en el satélite (B. haz)	-108.1	[dBW/m ²]
j. DFP total disponible del satélite	-100.4	[dBW/m ²]
k. Margen	7.7	[dBW/m ²]

2. p.i.r.e. del satélite total utilizado

a. p.i.r.e. port. borde del haz	13.7	[dBW]
b. N° portadoras activas	7.0	[dB]
c. p.i.r.e. tot. enl. desc. por tipo de port. en el borde del haz	20.7	[dBW]

GRAN TOTAL

d. p.i.r.e. tot. de satélite utilizado	20.70	[dBW]
e. p.i.r.e. tot. disponible del satélite	20.8	[dBW]
f. Margen	0.1	[dBW]

3. Ancho de banda total utilizado del satélite

a. AB asignado por portadora	216	[kHz]
b. N° portadoras asignadas	5	
c. AB total por tipo de portadora	1080	[kHz]

GRAN TOTAL

d. AB satélite total utilizado	1080	[kHz]
e. AB total disponible	4800	[kHz]
f. Margen	3720	[kHz]

K. COORDENADAS GEOGRÁFICAS DE CADA ESTACIÓN Y FECHA APROXIMADA DE INICIACIÓN DE LAS OPERACIONES CON LA CAPACIDAD ALQUILADA

Son los mismos datos del plan de transmisión 3.1 (página 148).

L. PLAN DE FRECUENCIAS DE LAS PORTADORAS

PORTADORA No.	TIPO	FRECUENCIAS DEL ENLACE		UNIDADES
		UNIDADES		
		ascendente	descendente	
Portadora 1 a 5	Analógicas	6320	4095	[MHz]

3.6 ANALISIS DE LOS PLANES DE TRANSMISIÓN

Todos los planes de transmisión tienen márgenes positivos, lo que indica que no se ha rebasado la disponibilidad del satélite.

En el cálculo del enlace se obtiene un valor para la relación portadora a ruido C/N del enlace satelital que se va a efectuar. Por otro lado, los requerimientos impuestos implican un valor mínimo de C/N, que para las transmisiones digitales se calcula con la ecuación mencionada en la sección 2, ec. 2-2. La relación entre estos dos valores, en los casos digitales, es la siguiente:

SISTEMA SATELITAL	C/N _{calculado}
INTELSAT	4.62
PanAmSat	4.63

Tabla 1 : Relación C/N calculada

Se puede observar que para todos los casos C/N es superior que C/N mínima, por tanto, todos los planes cumplen con la calidad requerida.

Para las transmisiones analógicas en el balance del enlace se calcula la relación señal a ruido S/N que debe estar entre 60 a 70 [dB] para transmisiones de señales de audio con modulación CFM. En el caso analógico analizado se obtuvo un valor de 64.5 [dB], que está dentro del rango aceptado.

Un resultado importante del plan de transmisión es el ancho de banda que se requiere alquilar, porque en base a esto se deben pagar los costos del segmento espacial. En todos los casos, los recursos necesarios del satélite (P.I.R.E. o D.F.P.) obligan a alquilar un mayor ancho de banda, aunque el ancho necesario sea mucho menor.

Para los sistemas INTELSAT y PanAmSat los requerimientos de ancho de banda son iguales.

En los planes analógico y digital se puede observar una enorme diferencia en el ancho de banda de más de tres veces.

El diámetro de las antenas de recepción utilizadas en todos los planes es parecido, varía de 4 a 4,5 [m], para los sistemas de INTELSAT y PanAmSat, respectivamente. Pero no se modifica en función del número de portadoras transmitidas. Para la recepción las antenas son de 2,4 [m] en todos los casos.

La potencia para la transmisión se requiere:

- ◆ 1[W] para el caso del sistema digital de PanAmSat
- ◆ 2 [W] en el caso del sistema digital INTELSAT
- ◆ 5 [W] en el caso del sistema analógico de INTELSAT

En base a los resultados de ancho de banda y potencia de transmisión se concluye que los sistemas analógicos son demasiado costosos en relación con los digitales. Además la calidad de la señal y la falta de equipos, le hacen ser una alternativa poco conveniente para la aplicación de distribución de señales de audio, por tanto, esta opción se desecha y el análisis económico solamente se efectuará para los sistemas digitales.

4. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL SEGMENTO TERRESTRE

4.1 CONFIGURACIÓN DE UNA ESTACIÓN TERRENA

Una estación terrena se define como el terminal transmisor y/o receptor de un enlace de comunicaciones por satélite.

La configuración de una estación terrena es similar a la de un terminal de radioenlace terrestre, la diferencia está en las altas frecuencias del enlace satelital, lo que provoca que las ondas radioeléctricas tengan una gran atenuación en el espacio libre (aproximadamente 200 dB). Por tanto se requiere que los principales subsistemas de una estación tengan una calidad de funcionamiento mucho mayor que la de un terminal de radioenlace terrestre.

El diseño general de una estación terrena debe ser tal que el nivel de calidad requerido sea compatible con el costo de los subsistemas que forman la estación, por tanto en la planificación del segmento terreno es importante tomar en cuenta los siguientes factores:

- ◆ una posible reubicación
- ◆ cambios de tipo y cantidad del equipo
- ◆ necesidades adicionales de edificios
- ◆ necesidades adicionales de calefacción, ventilación y aire acondicionado
- ◆ requerimientos de energía

- ◆ cambios de tipo de antenas o dimensión de las mismas
- ◆ incremento del número de antenas para las estaciones terrenas más grandes

4.1.1 Lugar de ubicación de una estación terrena

Al elegir el sitio donde colocar una estación terrena se deben tomar en cuenta varios factores. Uno de los principales es la interferencia electromagnética, que se produce sobretodo cuando se trabaja en la banda C, que es compartida con sistemas de radiocomunicaciones terrenales por microondas. Los enlaces que conectan la estación terrena con la red terrenal pueden estar constituidos por un sistema de microondas que utilice una banda diferente o un sistema de cable.

Por otro lado, también es importante elegir, en la medida de lo posible, sitios que cuenten con el suministro de servicios básicos de energía eléctrica, agua y carreteras de acceso, porque de lo contrario los gastos se incrementan al añadir estos rubros al costo total del proyecto. Otros factores que deben considerarse porque influyen en el balance del enlace son las características climatológicas y los datos meteorológicos.

4.1.2 Subsistemas de una estación terrena

Los subsistemas que conforman la estación terrena son:

- ◆ sistema de antena
- ◆ amplificadores de bajo nivel de ruido del receptor
- ◆ amplificadores de potencia del transmisor

- ◆ equipo de telecomunicaciones
- ◆ equipo de multiplexación/demultiplexación
- ◆ equipo para conexión con la red terrenal
- ◆ equipo auxiliar, de alimentación de energía y la infraestructura en general

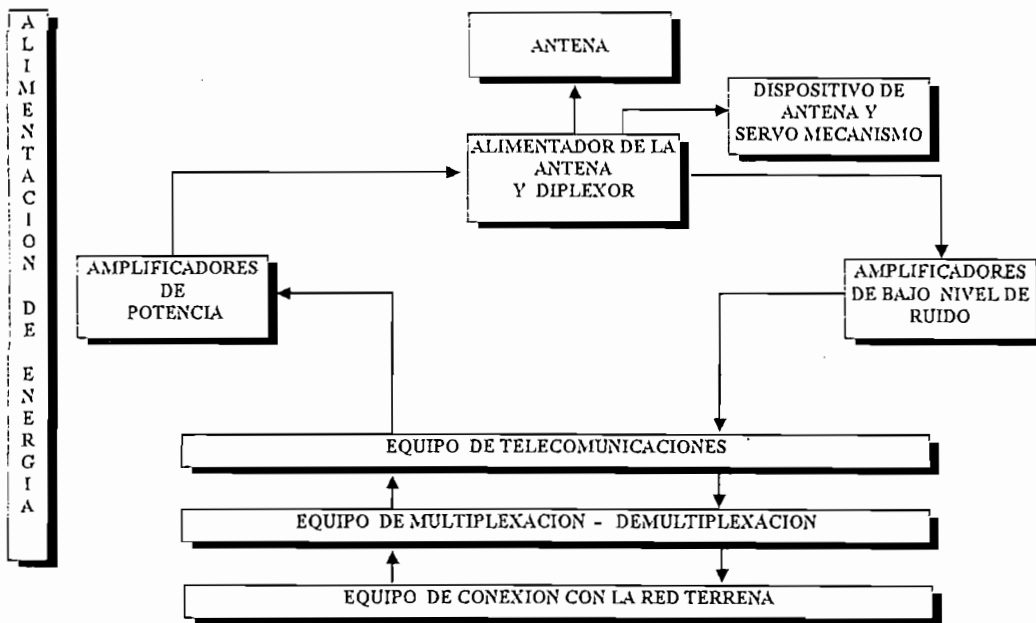


Fig. 4-1: Subsistemas de una estación terrena

A continuación se exponen las características principales de estos subsistemas, lo que permitirá abordar con mayor conocimiento la elección de los equipos de la red de distribución de audio por satélite.

4.1.3 Sistema de la Antena

El diámetro de la antena puede variar entre 33 metros y unas cuantas decenas de centímetros en el caso de estaciones VSAT.

Las características que deben cumplir las antenas de transmisión y recepción son:

- ◆ alta ganancia en transmisión y recepción
- ◆ pureza en la polarización
- ◆ bajo nivel de interferencia para la transmisión y bajo nivel de sensibilidad a la interferencia para la recepción
- ◆ para la recepción se requiere poca sensibilidad al ruido térmico por radiación del suelo y por otras causas diversas

Desde el punto de vista mecánico, el funcionamiento de los elementos radioeléctricos exige una precisión estructural grande; la superficie del reflector principal debe tener una precisión de 1/50 de la longitud de onda, por ejemplo, 1 mm para la banda de 6 [Ghz]. Esta precisión se debe mantener en todas las condiciones ambientales. También se requiere una precisión angular del apuntamiento, en caso de antenas grandes 0,015 grados¹

El parámetro básico que caracteriza la sensibilidad de la estación terrena en recepción es la relación G/T, (ganancia de la antena/temperatura de ruido del sistema receptor).

La temperatura de ruido equivalente de la antena es proporcional a la frecuencia. En frecuencias elevadas (>10 [Ghz]) la temperatura de ruido de la antena aumenta

¹ ref. 2, pp. 237

rápidamente debido a la atenuación por la lluvia, por tanto disminuye la importancia relativa de la temperatura de ruido del receptor en la relación G/T (donde T es la temperatura de ruido total, suma de la temperatura de ruido de la antena y del receptor).

Para seleccionar una antena en un sistema de comunicación satelital se deben considerar que se reduce al mínimo la interferencia y se facilita la coordinación entre los sistemas cuando se seleccionan antenas con los lóbulos laterales reducidos. También son importantes las consideraciones mecánicas y ambientales como: facilidad para orientar la antena, cargas del viento, condiciones sísmicas, condiciones de temperatura, etc.

4.1.4 Amplificadores de Bajo Ruido

La calidad de un amplificador de bajo ruido se mide mediante el parámetro "temperatura de ruido" cuya unidad es el grado Kelvin. Para recibir las señales débiles que llegan a la antena de un satélite la estación terrena debe estar conectada a un receptor altamente sensible, es decir que tenga un ruido térmico muy bajo.

Estos amplificadores generalmente son de banda ancha, es decir, que un solo amplificador es utilizado para todas las portadoras que ingresan. Para evitar el ruido adicional causado por pérdidas en los guía de ondas, se debe colocar al amplificador lo más cerca posible del diplexor del alimentador de la antena.

Por lo general, se tiene una redundancia de 1:1, es decir, un amplificador de reserva por cada uno en funcionamiento.

La frecuencia utilizada es un factor determinante en la temperatura de ruido de los amplificadores, así, la temperatura de ruido de recepción aumenta para bandas altas de frecuencia, de forma similar a lo que sucede en la antena.

En la elección del amplificador de bajo nivel de ruido deben considerarse el mantenimiento regular y los costos de instalación.

4.1.5 Amplificadores de Potencia

En forma aproximada el nivel de potencia requerido a la salida del transmisor es de 1 [W] o menos por canal de audio o telefónico y 1 [kW] por portadora de TV¹.

En su diseño deben considerarse:

- ◆ la posibilidad de ampliación de tráfico, (adición de nuevos equipos) ,
- ◆ disponibilidad y fiabilidad (en cuanto se refiere a la elección del nivel de redundancia)

El costo de un amplificador de potencia aumenta con su potencia de salida. El costo puede minimizarse para un P.I.R.E. requerido, seleccionando adecuadamente dos parámetros principales: el diámetro de la antena (que determina la ganancia del transmisor) y la potencia de salida del amplificador de potencia. La selección de una antena muy grande puede permitir la realización de un amplificador de bajo nivel de ruido y también de un amplificador de menor potencia y menor costo.

Los amplificadores de potencia utilizados en comunicaciones satelitales pueden ser de tres tipos que se detallan a continuación:

¹ ref .2, pp. 239

4.1.5.1 TUBOS DE ONDAS PROGRESIVOS TWTA (*Travelling wave tube amplifier*)

Es un amplificador de banda ancha que abarca toda la banda utilizable del satélite (500 [Mhz]) con uniformidad de ganancia. Esta característica se refleja en la posibilidad de transmitir simultáneamente varias portadoras, en forma independiente de la frecuencia, por un solo tubo. La desventaja de este procedimiento radica en el incremento de las componentes de ruido de intermodulación que aumentan a medida que el punto de trabajo de un tubo se aproxima a la saturación.

Generalmente, se utilizan para portadoras TDMA por la agilidad en el salto de frecuencias. Para las portadoras con FDMA puede utilizarse el TWTA o los tubos Klystron.

4.1.5.2 TUBOS KLYSTRON

Estos amplificadores se caracterizan por ser de banda estrecha: 40 [Mhz] para Klystrons a 6 [Ghz] y 80 [Mhz] para 14 [Ghz]. Estas bandas son suficientes para portadoras tradicionales de frecuencia modulada, pero pueden ser inadecuadas para portadoras con modulación de fase y codificación digital.

Se requiere un dispositivo amplificador para cada una de las portadoras que se desea transmitir, a excepción de las portadoras SCPC que ocupan un ancho de banda pequeño.

Las principales ventajas de los Klystrons son: el rendimiento elevado, el suministro de energía simple, tienen gran robustez y larga duración de servicio, además de la posibilidad de funcionar con un mínimo consumo de energía.

En la práctica, lo usual es utilizar Klystrons cuando una estación debe transmitir un pequeño número de portadoras FDMA, en particular se comportan bien en transmisiones de portadoras de televisión.

En las estaciones grandes se utilizan tantos Klystrons como portadoras se transmitan, o en su efecto varios TWTA porque la potencia puede resultar insuficiente para utilizar uno solo y transmitir todas las portadoras. Generalmente se prevén uno o varios amplificadores de reserva.

4.1.5.3 AMPLIFICADORES DE ESTADO SÓLIDO

Por sus características se prestan para estaciones pequeñas de baja capacidad, generalmente con transmisores de efecto de campo con compensación de temperatura.

En la actualidad los amplificadores disponibles normalmente en el mercado son de varios vatios y en el futuro se prevé su introducción generalizada en las estaciones pequeñas.

4.1.6 Equipo de Telecomunicaciones

La siguiente figura indica el equipo principal de telecomunicaciones:

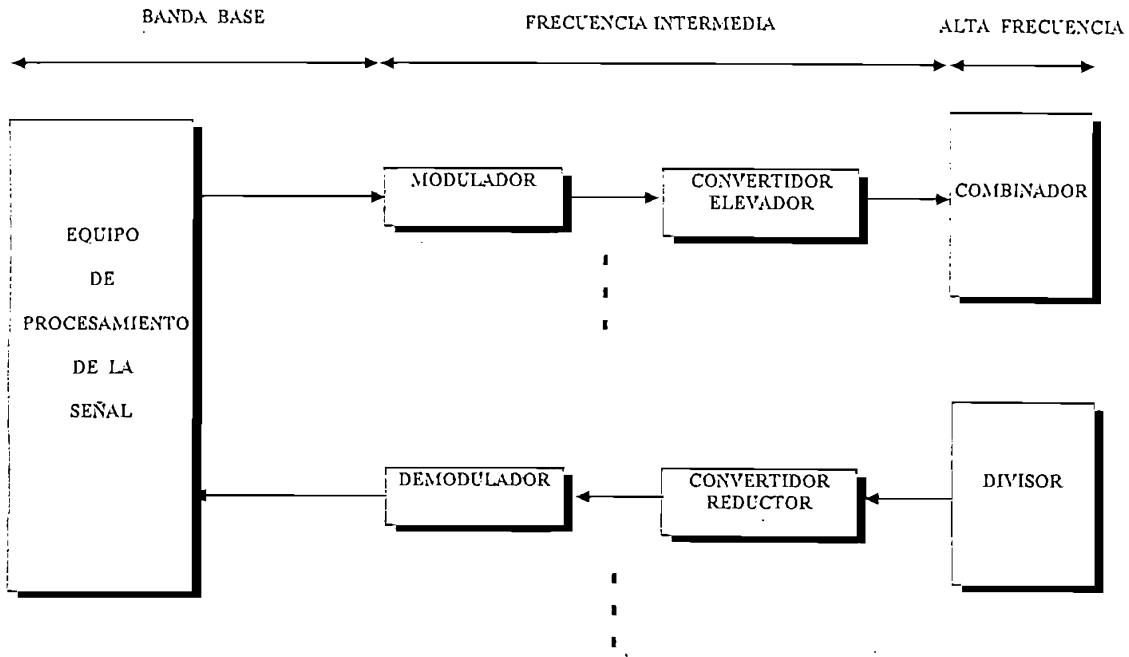


Fig. 4-2: Equipo de telecomunicaciones

4.1.6.1 EQUIPO CONVERTIDOR DE FRECUENCIA

Los convertidores elevadores de frecuencia transforman las señales de frecuencia intermedia IF (Intermediate Frequency) (por ejemplo, IF=70 [Mhz], 140 [Mhz], 1 [Ghz], etc) procedentes del modulador en señales de radiofrecuencia (6 [Ghz] ó 14 [Ghz]). Estas señales son amplificadas a continuación por el amplificador de potencia antes de transmitir las por la antena.

Los convertidores reductores transforman la señal de radiofrecuencia recibida (4 [Ghz] ó 11 [Ghz]) y preamplificada por el amplificador de bajo ruido en las señales de IF. Estas señales se trasladan seguidamente a la banda base en el demodulador.

4.1.6.2 EQUIPO MODULADOR Y DEMODULADOR MÓDEM

Este equipo superpone las señales de audiofrecuencia a la portadora IF o las extrae de la portadora IF, si se refiere al modulador o demodulador, respectivamente.

Por cada portadora se requiere una cadena de transmisión (modulador y convertidor). La redundancia es con frecuencia 2:1. Cuando varias portadoras de alta frecuencia (producidas por los convertidores) se transmiten a través de un amplificador de potencia común, estas son sumadas en el combinador de entrada del subsistema amplificador de potencia.

De forma similar, cada portadora recibida requiere un cadena de recepción (convertidor y demodulador), la redundancia debe calcularse en base a la disponibilidad deseada. Un divisor en la salida del amplificador común de bajo nivel de ruido distribuye las portadoras de alta frecuencia recibidas.

4.1.6.3 EQUIPO PARA EL PROCESO DE LA SEÑAL

Es el equipo que realiza un proceso específico a las señales de banda base dependiendo del tipo de señal. Algunas veces, puede ser necesaria la introducción de operaciones de codificación/decodificación para modificar el flujo binario de acuerdo con procedimientos que se indican en el capítulo II, sección 1.3. En las transmisiones TDMA, los módem tienen a menudo incorporadas las funciones de procesamiento de la señal.

Este equipo también incluye diversas operaciones de proceso de datos adicionales para mejorar la transmisión y hacerla más fiable.

4.1.7 Equipo de Multiplexación/Demultiplexación

Las comunicaciones por satélite se caracterizan por una estructura asimétrica entre las señales múltiplex de banda base de transmisión y recepción, por tanto, la estación terrena debe contar con un equipo multiplexor/demultiplexor especial que constituya el interfaz de la transmisión por satélite y la conexión con la red terrenal.

En la transmisión digital, los canales a transmitir (múltiplex normalizados procedentes de las transmisiones terrenales) se recombinan y vuelven a ordenar para formar los flujos binarios que transmitirá la estación. En recepción se utiliza el proceso inverso para extraer los grupos binarios destinados a la estación. La disposición de formatos y la sincronización también pueden ser realizadas por los multiplexores.

Si la red funciona con transmisión analógica FDM y la transmisión es digital, el multiplexor debe asegurar el interfaz entre los múltiplex analógicos normalizados y los digitales normalizados.

4.1.8 Equipo para Conexión con la Red Terrenal

Este equipo está relacionado con el tipo de servicio satelital. Para el caso específico de radiodifusión, la estación terrena se conecta, en la transmisión, a los estudios donde se realiza el programa radiofónico y en la recepción a los transmisores locales de radiodifusión.

La conexión se realiza generalmente a través de relevadores radioeléctricos. Para el caso de estaciones terrenas pequeñas la recepción se realiza directamente en la red local de distribución de las señales de radiodifusión.

En el caso de transmisiones de señales estéreo mediante dos canales de audio por separado, se debe tomar en cuenta que el equipo de recepción debe incluir un generador de estéreo donde ingresan las señales procedentes del satélite una vez que han sido decodificadas y demoduladas. La señal resultante de este generador es la que ingresa a los transmisores locales de radiodifusión. En esta modalidad se requieren de tantos generadores de estéreo como estaciones de recepción existan.

4.1.9 Equipo Auxiliar, Equipo de Alimentación de Energía e Infraestructura en General

Toda estación terrena debe tener un equipo auxiliar que realice las funciones de supervisión y telemando, como el control de la conmutación de los equipos redundantes, señales de alarma, señales de mediciones, señales de canal de servicio, etc.

Por otro lado, para asegurar el funcionamiento continuo y satisfactorio de todos estos equipo se requiere de una adecuada alimentación de energía, la misma que debe constar por lo menos de dos fuentes:

- ◆ la alimentación de energía principal con capacidad de reserva
- ◆ la alimentación de energía ininterrumpida

Las necesidades en cuanto a suministro de energía para las telecomunicaciones dependerá del tipo de instalación de que se trate. Para una estación mediana tipo comercial el consumo es de 2 a 20 [kW], los valores máximos incluyen el acondicionamiento de aire y ventilación.

Se acepta actualmente que la energía solar puede competir con otras fuentes clásicas de energía, en aquellos casos en que se debe asegurar un consumo

continuo de 200 a 500 [W], según las condiciones climáticas locales, pueden utilizarse para pequeñas estaciones terrenas.

La infraestructura de una estación terrena también es un factor muy importante que debe considerarse dentro del análisis económico.

4.1.10 Equipo especial para Comunicaciones Digitales

El diseño de los equipos de comunicación digital debe considerar los objetivos de calidad de transmisión que se relaciona con la proporción máxima admisible de bits erróneos BER.

Para la transmisión el equipo requerido debe realizar las siguientes funciones:

1.- Procesar el tren digital de entrada para convertirlo en un formato específico para la transmisión. El equipo adapta el flujo continuo de entrada de bits de los datos digitales para la transmisión por satélite a través del modulador. Es decir, que los datos se insertan en una trama y en el TDMA convertidos en un flujo muy rápido de bits por ráfagas cortas incorporadas en la trama. La estación puede transmitir ráfagas multidespacho en la misma forma que se tramite la portadora multidespacho en el FDMA. Esta variación en el formato de los datos requiere la inserción de bits adicionales en la trama.

2.- Convertir este tren de datos en formato de transmisión en una señal modulada en una frecuencia intermedia, filtrar la señal de frecuencia intermedia y posiblemente controlar la operación de conmutación entre múltiples frecuencias portadoras de transmisión.

3.- Proporcionar la ecualización de retardo de grupo, y posiblemente la ecualización de longitud de trayecto de todo el trayecto de transmisión.

4.- Convertir la señal IF en una señal de radiofrecuencia.

5.- Conmutar y combinar señales de radiofrecuencia y enviarlas al amplificador de potencia.

Para la recepción las funciones son las siguientes:

1.- Separar y conmutar señales de radiofrecuencia a la salida del amplificador de bajo nivel de ruido.

2.- Convertir la señal de radiofrecuencia en una señal de IF.

3.- Proporcionar la ecualización de retardo de grupo, y posiblemente la ecualización de longitud de trayecto del equipo de recepción de la estación terrena.

4.- Conmutar entre múltiples frecuencias portadoras de recepción, filtrar la señal IF y demodularla en el tren de datos en formato de recepción.

5.- Procesar el tren de datos en formato de recepción para convertirlo en un tren de datos de salida normalizado para la transmisión terrenal.

4.1.11 Equipo específico para transmisiones SCPC de audio

Los equipos para transmisiones mediante SCPC se pueden dividir en dos grupos:

1. El equipo común SCPC, formado por la antena, los amplificadores de potencia en la transmisión, los amplificadores de bajo nivel de ruido en la recepción.
2. Las unidades de canal SCPC, formado por el equipo de procesamiento individual de cada canal.

4.2 EQUIPOS COMERCIALES A UTILIZARSE EN LA DISTRIBUCIÓN DE AUDIO MEDIANTE LA TÉCNICA SCPC

El diseño de un sistema de comunicaciones en general puede realizarse siguiendo dos métodos:

1. realizar el diseño y en base a los resultados buscar en el mercado un equipo que satisfaga las condiciones de diseño, ó
2. realizar el diseño tomando como base las características de los equipos existentes en el mercado

En la generalidad de los casos, la segunda opción es la mejor porque evita el riesgo de no encontrar en el mercado el equipo que se adapte a las necesidades en forma aceptable. Este método se utiliza en el presente trabajo, por esta razón, los cálculos en los planes de transmisión partieron de los datos reales de los equipos (capítulo III, sección 2.4.2), y en las siguientes líneas se hará una breve descripción de los mismos que complementará la información.

4.2.1 Sistema de Transmisión de audio digital DAVSAT de LNR

Todas las características que se mencionarán a continuación fueron obtenidas de los folletos proporcionados por la compañía de comunicaciones LNR.

4.2.1.1 Descripción

La serie LNR 2000 de estaciones terrenas provee transmisión satélite full dúplex para datos, voz, audio y redes de vídeo. El equipo integró incluye:

- ◆ antena
- ◆ amplificador de potencia
- ◆ amplificador de bajo nivel de ruido
- ◆ conversor de frecuencia, módem, múltiplex además de funciones de codificador

El diseño es muy flexible, fiable y de costo efectivo, todos los subsistemas se pueden integrar en uno solo y también se ofrece la opción de una configuración redundante.

Las estaciones terrenas constan de productos que han demostrado en su ejecución confiabilidad para satisfacer un P.I.R.E. específico, G/T, velocidad de datos de banda base, servicio y requisitos protocolares. Cumple con las especificaciones impuestas por INTELSAT, EUTELSAT, y con los requisitos del CCIR.

El equipo utiliza una banda ancha RF que es capaz de cubrir cualquier frecuencia del plan del satélite, otras características son:

- ◆ Implementación de las comunicaciones en enlaces totales
- ◆ Arquitectura flexible para aplicaciones específicas
- ◆ Full dúplex
- ◆ Equipo de prueba de campo totalmente íntegro
- ◆ Diseño modular para facilidad de mantenimiento
- ◆ Diseño para mínimo tamaño y espacio de los bastidores

Además presenta las siguientes opciones:

- ◆ Terminal de radio frecuencia sólo o con módem/ interfase de la banda base
- ◆ 3 a 300 vatios de potencia de transmisión
- ◆ LNA con temperaturas del ruido de 28 a 160° K
- ◆ Diversos tamaños de la antena
- ◆ Control de potencia del enlace ascendente modelo UPC-70
- ◆ Equipo solo 1: 1 o con diversas configuraciones de redundancia 1: N
- ◆ 70 ó 140 [MHz] de IF

4.2.1.2 Descripción

Utiliza una construcción modular para encontrar el diseño específico de acuerdo a los requisitos del usuario respecto a localidad del sitio, requisitos del tráfico, ejecución de los canales, expansión futura y utilización económica del transpondedor del satélite.

El equipo interior está convenientemente montado en un bastidor pequeño normal 19". Los LNR son unidades modulares delgadas, los terminales no redundantes incluyen el módem BPSK/QPSK y el MUX que ocupa sólo 12 1/ 4" (7U) de espacio total. El MUX tiene varias velocidades de datos y protocolos usados por voz, facsímil, datos y servicio de vídeo. El equipo de codificación que se puede agregar incluye voz comprimida, 128 Kbps de audio digital estereofónico, y vídeo digital.

Además el equipo consta de una antena de sobrecubierta, que lleva ensamblado el amplificador del ruido bajo, y el amplificador de estado sólido de 3 a 50 [W].

También es posible configurar el diseño para varias aplicaciones en niveles de banda base, para audio digital, un codificador/descodificado de audio LNR emplea el algoritmo MUSICAM que reduce los datos a una tasa de 128 Kbps para un par de canales de 15 [KHz] para estéreo.

Un diagrama de bloques de las estaciones LNR 2000 es el siguiente:

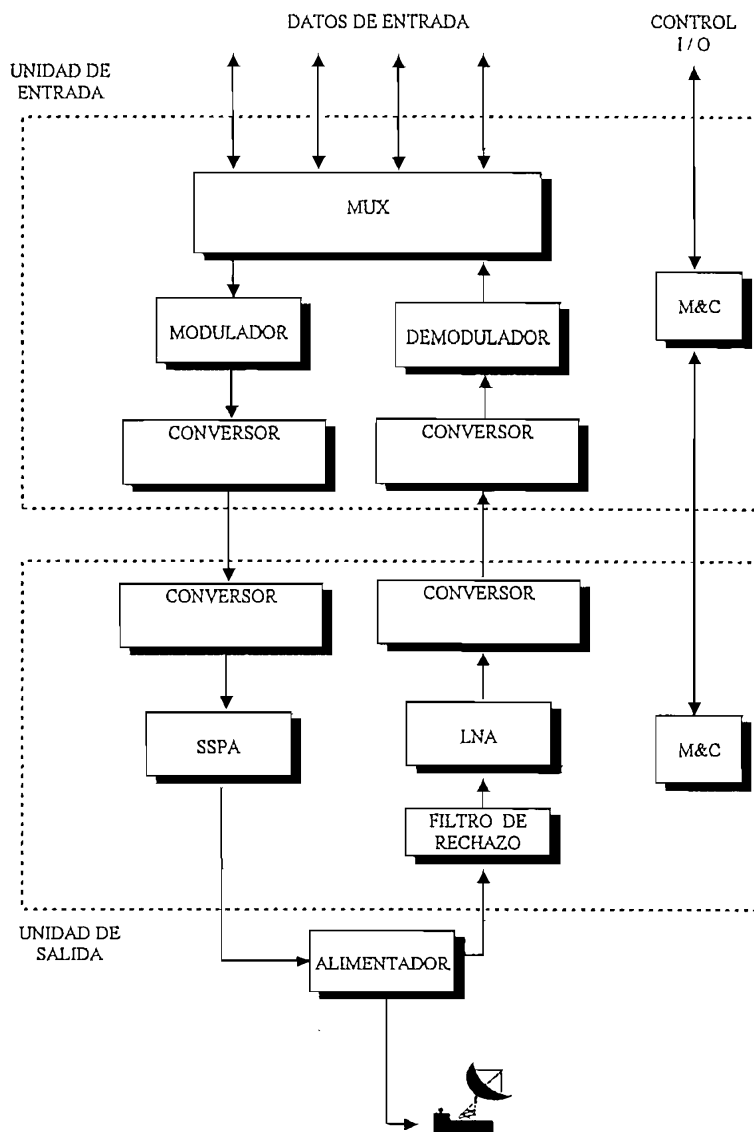


Fig. 4-3: Equipo DAVSAT de LNR

Las estaciones terrenas se pueden usar en transmisión, estrella y/o configuraciones de la red de la malla. Para aplicaciones de la malla con numerosos usuarios y un ancho de banda de frecuencia limitado el LNR ofrece un paquete DAMA, que usa un PC normal en el sitio de mando.

4.2.1.3 Especificaciones Típicas de Radiofrecuencia.

PARÁMETRO	VALOR CARACTERÍSTICO
respuesta de amplitud	± 1 dB p-p
retardo de grupo	± 2 ns p-p
nivel de entrada	-20 dBm
rango de ajuste de nivel	20 dB
velocidad de datos	128 Kbps por par de estéreo
formatos de modulación	BPSK o QPSK
FEC	1/2 o 3/4
estabilidad de nivel	± 0.5 dB/24 hr
intermodulación	-24 dBc
supresión de armónicos	-60 dBc
transmisión de señales espúreas	< 4 dBW/4 Khz
impedancia de entrada a IF	75 Ω
VSWR de entrada de IF	1.2
estabilidad de frecuencia	$\pm 1 \times 10^{-8}$ /día

Tabla 1: Características del equipo DAVSAT

4.2.2 Sistema de Recepción de Audio Digital Utilizando el Equipo DAR 220

El modelo DAR 220 DAVSAT para audio digital es un receptor completo para SCPC. Contiene las etapas de demodulación, corrección del error, y la circuitería decodificadora del algoritmo de compresión MUSICAM requerida para entregar calidad CD a la programación estéreo de canales de audio, además tiene las facilidades de recibir datos auxiliares conjuntamente con la información.

La tecnología de compresión MUSICAM permite transmisiones de alta calidad de audio mientras se usa eficientemente el ancho de banda del transpondedor del satélite.

4.2.2.1 Características

- ◆ BPSK con relación FEC de $\frac{1}{2}$
- ◆ Modos de control: local, remoto o en red
- ◆ Datos auxiliares
- ◆ Direccionable

4.2.2.2 Descripción y Aplicaciones del equipo

El modelo DAR 220 DAVSAT incluye un demodulador de datos BPSK, decodificador de FEC $\frac{1}{2}$ y decodificador de audio MUSICAM, todo esto en un único chasis de montaje. El receptor puede ser controlado localmente o a través del sistema del sistema de LNR. El control local, el modo de recepción, y las

facilidades de diagnóstico se accede con un terminal mudo mediante el puerto RS232 ubicado en el último panel. Las velocidades de los datos aceptadas son 64, 96, 128, 192, y 256 Kbps.

Este modelo es ideal para recepciones de redes de radio transmitidas con tecnología SCPC que requieren alta eficiencia, alta calidad digital de audio en formato estéreo o no.

4.2.2.3 Especificaciones:

PARÁMETRO	VALORES CARACTERÍSTICOS
Rango de frecuencia de entrada	950 a 1450 MHz (950 a 1750 opcional)
Rango de nivel de entrada	-45 a -85 dBm
Impedancia de entrada	75 ohmios
Potencia LNB	15 a 24 VDC con 300 mA máximo
Modulación	BPSK
Codificación de audio	MUSICAM
Codificación de FEC	relación 1/2
Salida de audio	600 ohmios balanceados
Distorsión de audio	0.8 % THD con 1 kHz máximo, Típico 0.2 %
Nivel de salida de audio	0 a +9 dBm, PPL ajustable

Tabla 2 : Características del DAR-220

5. DETERMINACIÓN DE COSTOS

5.1 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS AL REALIZAR UN ENLACE SATELITAL

Pueden existir varias soluciones para realizar una optimización técnico-económica. El principal compromiso está dado por el costo de los equipos de la estación terrena y el costo del alquiler del segmento espacial. Es posible que se pueda variar las condiciones técnicas en lo que se refiere a los métodos de modulación, de acceso al satélite, de tratamiento de la señal en banda base, e incluso de forma de transmitir la señal (analógica o digital), de lo cual dependerá el costo del equipo y el ancho de banda que determina el costo del alquiler del segmento espacial. Por ejemplo, al utilizar en una transmisión digital el método de modulación QPSK, puede reducirse el costo del alquiler del segmento espacial, pero se puede reflejar en un incremento del costo del equipo de modulación. Se precisan estimaciones de los costos de la estación terrena y del costo del alquiler del segmento espacial para establecer relaciones compensatorias entre la utilización del transpondedor del satélite y la complejidad de dicha estación.

Un estudio técnico económico de las soluciones factibles para cumplir los objetivos de calidad propuestos y basado en el análisis del valor actualizado de las diferentes soluciones permitirá determinar la mejor elección.

5.2 COSTO DEL SEGMENTO TERRENO

El objetivo de conocer los costos del equipo sirven para optimar la relación entre el tamaño de la antena y la capacidad del amplificador de alta potencia para un

P.I.R.E. determinado o entre el tamaño de la antena y la temperatura de ruido del amplificador de bajo nivel de ruido para un valor de G/T requerido. Los elementos del costo de una estación terrena típica de poco tráfico se representan en la figura:

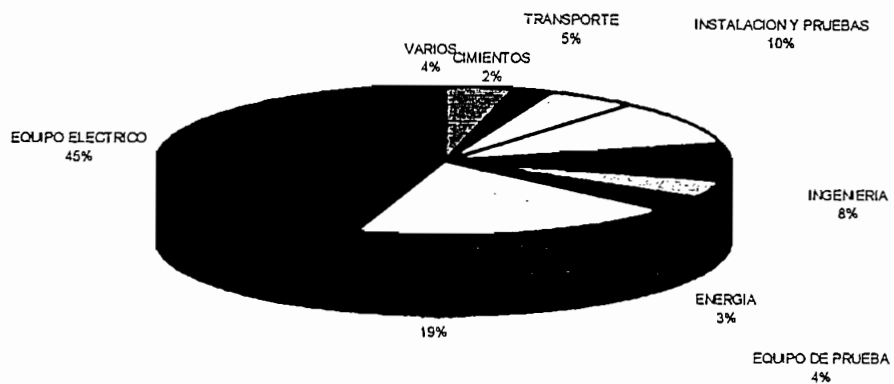


Fig. 5-1 : Costo de una estación terrena de poco tráfico

El equipo electrónico sólo representa aproximadamente un cuarto del costo de una estación de mucho tráfico, pero puede representar casi la mitad de una estación para ruta de muy poco tráfico.

5.2.1 Costo de los Subsistemas

5.2.1.1 ANTENAS

Una antena destinada a funcionar en frecuencias altas tiene menor tolerancia. Si debe soportar fuertes vientos es preciso reforzarla con estructuras adicionales y cimientos especiales. Las que funcionan con lóbulos muy pequeños requieren un diseño especial y una tolerancia de superficie que hacen aumentar el costo. El sistema de alimentación puede ser un sencillo alimentador de recepción solamente, o alimentadores con polarización dual para transmisión y recepción y reutilización de frecuencias.

Otro factor importante en el sistema de la antena es el seguimiento. Las ventajas relativas al costo de seleccionar un diámetro de antena grande puede perderse si se excede el límite de comparación entre una antena sin dispositivos de seguimiento y con él. El seguimiento depende del montaje que puede permitir un movimiento limitado o ilimitado, para antenas grandes se requiere de mejor seguimiento y por tanto más costoso, las antenas de menos de 4,5 m de diámetro no necesitan por lo general más que un ajuste manual periódico o diario.

Los costos básicos típicos de una antena para la banda 6/4 [Ghz] se indican en la figura, en función del diámetro de la antena. Esta forma de representación permite establecer fácilmente una correlación con el funcionamiento del sistema en términos del factor G/T y del P.I.R.E.. Los costos incluyen el alimentador lineal y los excitadores y motores, de utilizarse estos.

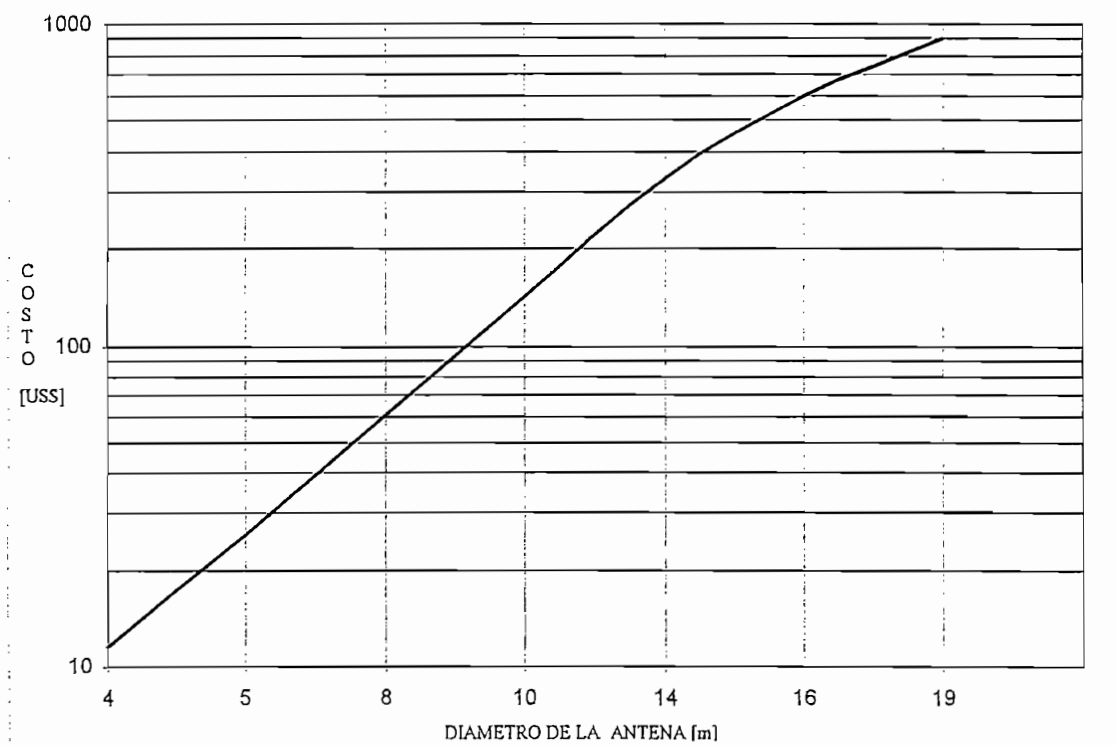


Fig. 5-2: Costo de la antena

5.2.1.2 AMPLIFICADORES DE BAJO NIVEL DE RUIDO

El costo del amplificador de bajo nivel de ruido aumenta rápidamente a medida que se requiere una temperatura de ruido inferior en el receptor. Hoy en día se dispone de amplificadores de bajo nivel de ruido muy sencillos con amplificadores de efecto de campo no refrigerados a un costo de 1/10 ó 1/20 en comparación con los de gran calidad refrigerados termoeléctricamente. En consecuencia puede minimizarse el costo total de la antena y del amplificador de bajo nivel de ruido para una G/T requerida seleccionando adecuadamente dos

parámetros principales: el diámetro de la antena (que determina la ganancia G de recepción) y la temperatura de ruido del receptor.

El costo de estos amplificadores está expresado en función de la temperatura de ruido absoluta de la etapa de entrada.

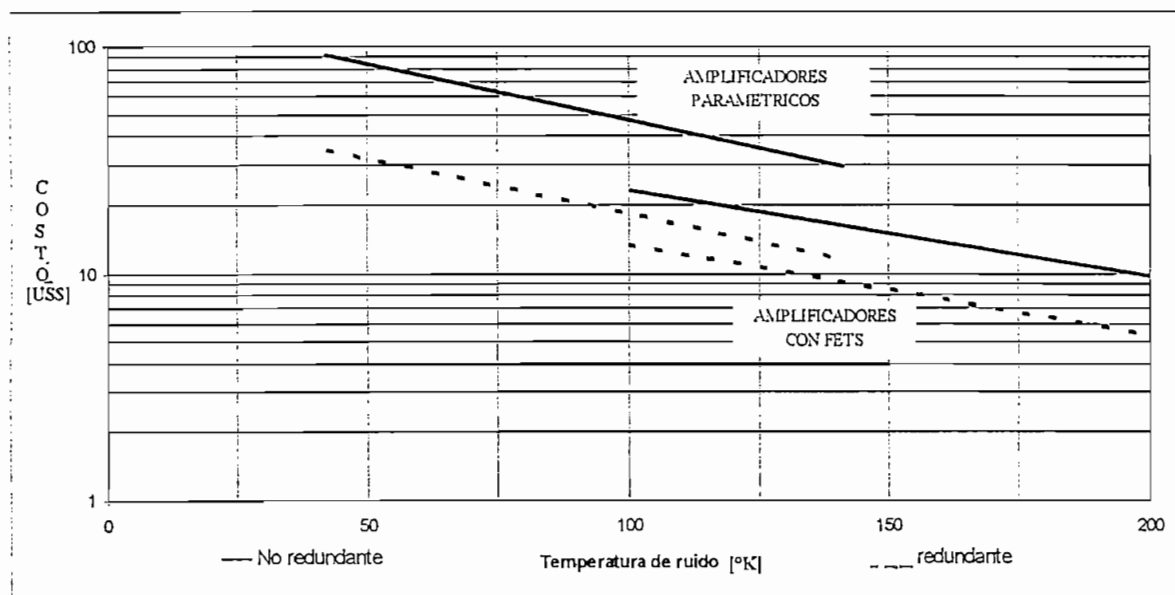
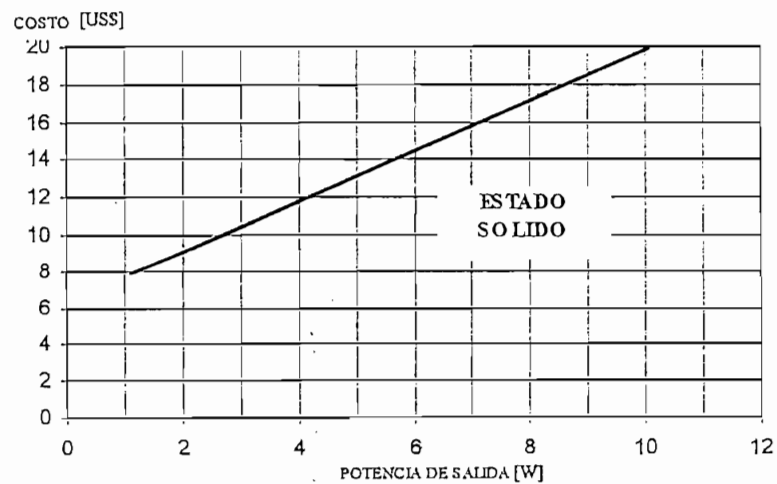
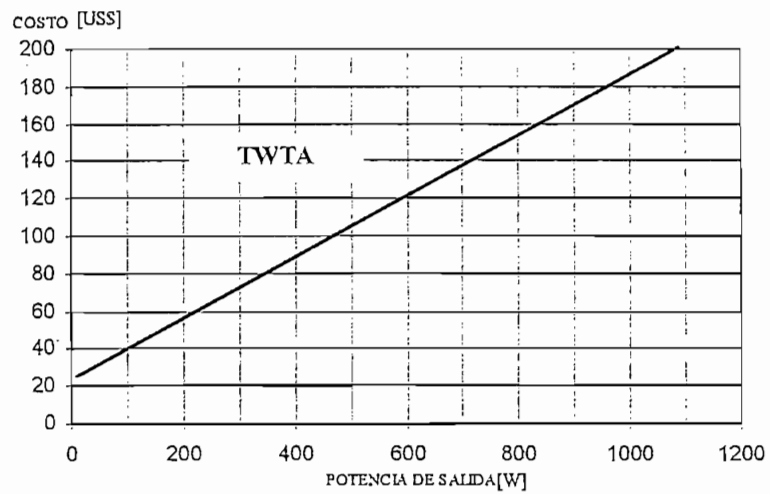


Fig. 5-3: Costo de los amplificadores de bajo nivel de ruido

Los costos de los amplificadores de bajo nivel de ruido se indican en el caso de una configuración redundante y no redundante, pero la temperatura de ruido se mide en ambos casos a la salida del preamplificador. Para el equipo redundante están incluidos también los costos de la conmutación.

5.2.1.3 AMPLIFICADORES DE POTENCIA

El costo de los amplificadores de potencia están expresados en función de la potencia de salida.



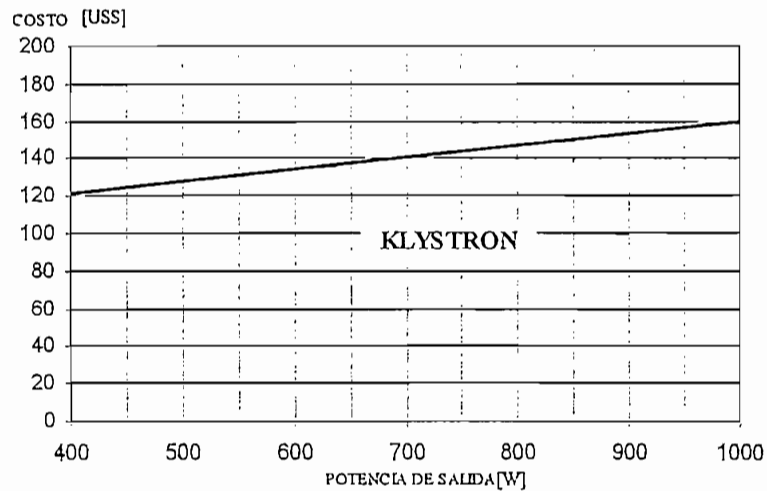


Fig. 5-4: Costo de los amplificadores de potencia

Hasta 10 [W] la potencia de salida necesaria puede obtenerse con amplificadores de estado sólido o transistores que resultan baratos y fiables, de los 10 hasta varios centenares de vatios con amplificadores de tubo de ondas progresivas TWTA y para potencias mayores con amplificadores TWTA o Klystron.

5.2.1.4 EQUIPO DE TELECOMUNICACIONES

Los convertidores de frecuencia se utilizan en forma de unidades separadas para cada servicio, como recepción de televisión, telefonía, transmisión de datos.

La supresión del eco viene incorporada por lo general en el equipo SCPC. Como una conclusión se tiene que el costo adicional por integración con la red terrenal representará aproximadamente del 3 al 10 % del costo de inversión del segmento terreno.

5.2.2 Costo de los Equipos Necesarios para la Red de Distribución de Audio

RUBRO	COSTO DEL EQUIPO NORMAL [US\$]	COSTO DEL EQUIPO DE ALTA CALIDAD [US\$]
antena de 2,4 para 4 [GHz]	2.840	5.440
antena de 4 [m] para 6 [GHz]	9.096	15.824
antena de 4.5 [m] para 6 [GHz]	12.734	20.571
amplificador de bajo nivel de ruido (50 k)	575	575
amplificador de alta potencia de 2 [W]	9.256	15.537
equipo de comunicaciones para transmisión	22.401	33.430
equipo de comunicaciones para recepción	1.800	1.800

Tabla 3: Costo del segmento terreno

La tabla anterior contiene valores aproximados para estaciones terrenas de transmisión y recepción estándares para señales de audio en forma digital utilizando SCPC. Estos precios son solamente referenciales y sirven para una estimación inicial del proyecto.

En el rubro denominado equipo de telecomunicaciones de transmisión se han incluido todos los elementos necesarios para el control de la estación terrena de transmisión; en la recepción, la estación es muy simple y no requiere de equipos de control adicionales.

Los costos se han dividido en dos categorías, la normal y la de alta calidad; se ha hecho esta diferenciación porque el acceso a los sistemas satelitales PanAmSat e INTELSAT tienen diferentes requerimientos en lo que se refiere al segmento terreno, especialmente en la transmisión. Los equipos normales tienen calidad aceptable y se pueden utilizar para transmitir hacia los satélites de PanAmSat y los equipos de alta calidad cumplen con las exigencias de INTELSAT.

5.3 COSTO DEL SEGMENTO ESPACIAL

5.3.1 INTELSAT

Las tarifas de INTELSAT se basan en su política, según la cual el sistema está destinado a prestar servicios internacionales y sólo se arrienda para fines nacionales la capacidad de reserva disponible.

En relación con cada tipo de transpondedor se ofrecen dos clases de servicios:

- ◆ Un servicio sujeto a derecho de prioridad en virtud del cual el INTELSAT se reserva la posibilidad de apropiarse en cualquier momento de la capacidad arrendada si los servicios internacionales lo requieren.
- ◆ Un servicio no sujeto a derecho de prioridad.

Para transmisiones de audio existen dos modalidades de alquiler, un servicio especial radiofónico con anchos de banda o velocidades de transmisión estandarizadas y el servicio INTERNET en el cual se puede alquilar diversos anchos de banda en múltiplos de 100 [kHz].

Los costos de arrendamiento del segmento espacial en el servicio INTERNET está dado en función del ancho de banda y se clasifica de acuerdo al tipo de acceso, la duración del alquiler, el tipo de servicio, etc.

Para el servicio sujeto a prioridad o no interrumpible en la aplicación de distribución de audio con los resultados de los planes de transmisión (capítulo III, sección 3) los costos del alquiler se indican en la siguiente tabla:

UNIDAD DE ALQUILER [MHz]	CARGO POR PERIODO DE ASIGNACIÓN				CARGO POR AÑO		
	1 semana	1 mes	3 meses	1 año	5	10	15
					[años]		
0.1	0.7	2.1	4.0	7.8	6.9	5.8	5.1
1	5.9	18.2	34.0	66.7	58.6	49.3	43.4
5	25.8	80.0	149.0	315.1	258.0	229.6	201.6
9	40.0	125.0	235.0	510.0	410.0	340.0	300.0
18	80.0	240.0	255.0	980.0	780.0	650.0	575.0
24	100.0	315.0	590.0	1265.0	1015.0	845.0	745.0
36	145.0	445.0	835.0	1780.0	1440.0	1200.0	1050.0
72	240.0	735.0	1380.0	2860.0	2375.0	1985.0	1705.0

Tabla 4 : Tarifas para el alquiler no interrumpible de transpondedores en capacidad estándar de conectividad limitada para la banda C con haz descendente hemisférico, zonal o pincel [miles de US\$]

Los plazos del alquiler pueden variar desde una semana a 15 años, y el ancho de banda desde 0,1 a 72 [Mhz]. Para calcular los costos del alquiler en plazos y anchos de banda intermedios a los valores indicados en la tabla, se debe aplicar proporciones directas.

En INTELSAT para el caso de radiodifusión por satélite las transmisiones radiofónicas pueden ser de uso ocasional o de tiempo completo, de acuerdo al siguiente esquema:

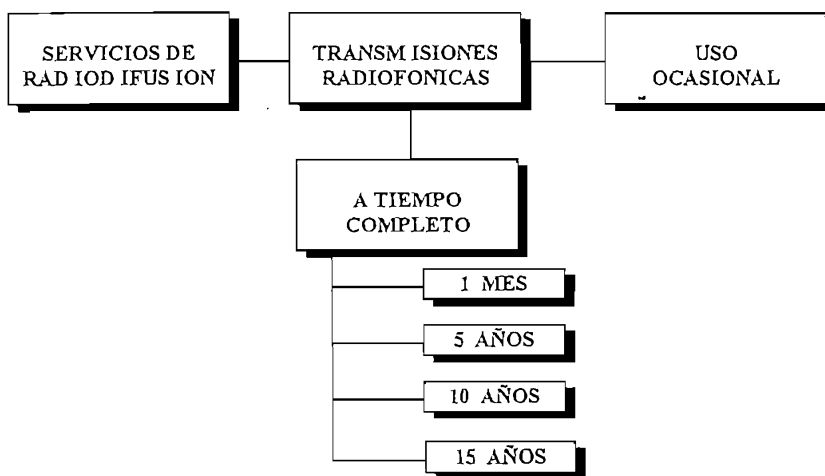


Fig. 5-5 : Servicios que ofrece INTELSAT para radiodifusión

5.3.2 PANAMSAT

Los costos del alquiler del segmento espacial para transmisiones digitales utilizando los satélites de PANAMSAT para uso de Ecuador, son los siguientes:

VELOCIDAD DE DATOS [Kbps]	PERIODO DE ALQUILER			
	1	3	5	7
	[AÑOS]			
64/56	1.125	960	900	844
128	2.138	1.824	1.710	1.604
256	4.165	3.264	3.060	2.870
384	5.400	4.648	4.356	4.085
512	6.885	5.875	5.508	5.166
768	9.765	8.333	7.812	7.326
1544	12.940	11.040	10.350	9.706

Tabla 5 : Alquiler mensual para estaciones terrenas de más de 3.5 [m] con FEC de 1/2 en [US \$]

5.4 EVALUACIÓN DE COSTOS DE LAS CONFIGURACIONES

La evaluación de costos se realizará para las configuraciones digitales mencionadas en la sección 3 del presente capítulo, para las cuales se desarrolló el plan de transmisión. Se han tomado en cuenta únicamente los diseños digitales, porque el costo del segmento espacial en relación con los diseños analógicos es considerablemente menor por el ancho de banda requerido.

Para el segmento terreno, no se han considerado los costos de instalación, transporte, fletes, etc.; tampoco se han tomado en cuenta algunos parámetros tales como la confiabilidad y la disponibilidad del sistema (elección de la redundancia).

En lo que se refiere al alquiler del segmento espacial, se toma como base los datos de las tablas 4 y 5 de la sección 5 del capítulo III, para INTELSAT y para PANAMSAT, respectivamente. Los datos de costos de alquiler están de acuerdo con el ancho de banda en el caso de INTELSAT y la velocidad de transmisión para PANAMSAT, estos parámetros se toman de los cálculos realizados en los planes de transmisión. Se ha tomado un período de 5 años de duración aproximada del proyecto.

Para INTELSAT el costo total se calcula multiplicando el valor del alquiler anual para 100 [Khz] ó 1 [Mhz] dependiendo el caso, por la cantidad de ancho de banda de esta unidad requerida (calculado en los planes de transmisión), y por 5 años.

Para PANAMSAT el cálculo consiste, simplemente en multiplicar el valor tabulado para una velocidad de 128 [Kbps] por 12 meses para obtener el costo

anual, por el número de canales requerido en la transmisión y por 5 años, para obtener el costo total.

Para cada configuración se indicarán los costos de las estaciones de transmisión, las de recepción, del segmento espacial, y finalmente el costo total.

5.4.1 CONFIGURACIÓN I:

Transmisión de cinco canales de audio con 22 estaciones de recepción para el INTELSAT 707 (plan de transmisión 3.1).

SISTEMA DE TRANSMISION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO [US\$]	COSTO TOTAL [US\$]
antena de transmisión de 4 [m]	2	15.824	31.648
amplificador de potencia (2[W])	2	15.537	31.074
equipo de telecomunicaciones	2	33.430	66.860
		SUBTOTAL	129.582

SISTEMA DE RECEPCION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO [US\$]	COSTO TOTAL [US\$]
antena de recepción + LNA	22	6.015	132.330
equipo de telecomunicaciones	22	1.800	39.600
		SUBTOTAL	171.930

SEGMENTO ESPACIAL

COSTO ANUAL POR 1 [Mhz] [US\$]	# de SEGMENTOS DE 1 [Mhz]	COSTO ANUAL TOTAL [US\$]	TIEMPO DE ALQUILER [años]	COSTO TOTAL [US\$]
58.600	1.5	87.900	5	439.500
			SUBTOTAL	439.500

SISTEMA TOTAL

RUBRO	COSTO TOTAL [US\$]
sistema de transmisión	129.582
sistema de recepción	171.930
segmento espacial	439.500
	TOTAL 741.012

5.4.2 CONFIGURACIÓN II:

Transmisión de un canal de audio para el INTELSAT 707, con 22 estaciones de recepción (plan de transmisión 3.2):

SISTEMA DE TRANSMISION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO [US\$]	COSTO TOTAL [US\$]
antena de transmisión de 4 [m]	1	15.824	15.824
amplificador de potencia (2[W])	1	15.537	15.537
equipo de telecomunicaciones	1	33.430	33.430
		SUBTOTAL	64.791

SISTEMA DE RECEPCION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO [US\$]	COSTO TOTAL [US\$]
antena de recepción + LNA	22	6.015	132.330
equipo de telecomunicaciones	22	1.800	39.600
		SUBTOTAL	171.930

SEGMENTO ESPACIAL

COSTO ANUAL POR 100 [Khz] [US\$]	# de SEGMENTOS DE 100 [Khz]	COSTO ANUAL TOTAL [US\$]	TIEMPO DE ALQUILER [años]	COSTO TOTAL [US\$]
6.900	6	41.400	5	207.000
		SUBTOTAL		207.000

SISTEMA TOTAL

RUBRO	COSTO TOTAL
	[US\$]
sistema de transmisión	64.791
sistema de recepción	7.540
segmento espacial	207.000
TOTAL	279.331

5.4.3 CONFIGURACIÓN III:

Transmisión de cinco canales con 22 estaciones de recepción para el PAS-1 (plan de transmisión 3.3).

SISTEMA DE TRANSMISION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		[US\$]	[US\$]
antena de transmisión de 4,5 [m]	2	12.734	25.468
amplificador de potencia (2[W])	2	9.256	18.512
equipo de telecomunicaciones	2	22.401	44.802
		SUBTOTAL	88.782

SISTEMA DE RECEPCION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO [US\$]	COSTO TOTAL [US\$]
antena de recepción + LNA	22	3.415	75.130
equipo de telecomunicaciones	22	1.800	39.600
		SUBTOTAL	114.730

SEGMENTO ESPACIAL

COSTO MENSUAL PARA 1 CANAL DE AUDIO ¹	COSTO MENSUAL PARA 5 CANALES DE AUDIO	COSTO ANUAL TOTAL	TIEMPO DE ALQUILER	COSTO TOTAL
[US\$]	[US\$]	[US\$]	[años]	[US\$]
1.710	8.550	102.600	5	513.680
		SUBTOTAL		513.680

SISTEMA TOTAL

RUBRO	COSTO TOTAL [US\$]
sistema de transmisión	88.782
sistema de recepción	114.730
segmento espacial	513.680
TOTAL	717.192

¹ para una velocidad de 128 [Kbps]

5.4.4 CONFIGURACIÓN IV:

Transmisión de un canal con 22 estaciones de recepción para PANAMSAT (plan de transmisión 3.4).

SISTEMA DE TRANSMISION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		[US\$]	[US\$]
antena de transmisión de 4,5 [m]	1	12.734	12.734
amplificador de potencia (2[W])	1	9.256	9.256
equipo de telecomunicaciones	1	22.401	22.401
		SUBTOTAL	44.391

SISTEMA DE RECEPCION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		[US\$]	[US\$]
antena de recepción + LNA	22	3.415	75.130
equipo de telecomunicaciones	22	1.800	39.600
		SUBTOTAL	114.730

SEGMENTO ESPACIAL			
COSTO MENSUAL PARA 1 CANAL DE AUDIO²	COSTO ANUAL TOTAL	TIEMPO DE ALQUILER	COSTO TOTAL
[US\$]	[US\$]	[años]	[US\$]
1.710	20.520	5	102.600
		SUBTOTAL	102.600

SISTEMA TOTAL	
RUBRO	COSTO TOTAL
	[US\$]
sistema de transmisión	44.391
sistema de recepción	114.730
segmento espacial	102.600
TOTAL	261.721

5.5 COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para la definición del sistema óptimo seleccionado de entre las alternativas presentadas en el literal anterior, se procede a comparar las diversas soluciones posibles desde el punto de vista económico.

² para una velocidad de 128 [Kbps]

En la siguiente tabla se indican los costos totales de cada una de las 4 configuraciones, calculados en la sección anterior, para compararlos:

SISTEMAS CONFIGURACIONES	INTELSAT	PANAMSAT
I y III	279.331	261.721
II y IV	741.012	717.192

Tabla 5: Comparación de costos de las configuraciones en [US\$]

Las configuraciones I y III, y las II y IV se refieren al mismo diseño, la única diferencia está en el satélite utilizado para la transmisión.

De acuerdo a los planes de transmisión, el ancho de banda al utilizar el PAS-1 es aproximadamente igual al calculado para INTELSAT 707, pero el alquiler del satélite es diferente en cada caso. Cuando la transmisión es de una sola portadora el alquiler más conveniente es el de PanAmSat, pero cuando se trata de transmitir las cinco portadoras con SCPC, es el costo más económico utilizando INTELSAT.

En lo que se refiere al segmento terreno, los costos son mayores para las estaciones de INTELSAT, debido a las exigencias de calidad que encarecen notablemente los equipos.

Por tanto, el sistema más conveniente desde el punto de vista económico es el PANAMSAT. Sin embargo, las diferencias económicas pueden compensarse cuando lo que se desea es alzar un alto grado de confiabilidad y seguridad, en las transmisiones.

Para los dos sistemas satelitales la transmisión de cinco canales de audio (configuraciones I y III) es más conveniente que la transmisión en forma independiente canal por canal (configuraciones II y IV); el ahorro se refiere sobretodo al número de estaciones terrenas de transmisión y al alquiler del segmento espacial en el caso de INTELSAT.

5.6 COMPARACIÓN ENTRE LAS TRANSMISIONES POR SATÉLITE Y TERRENALES PARA LA DISTRIBUCIÓN DE AUDIO DE EMISORAS DE RADIO

El análisis del sistema satelital en relación con los actuales sistemas terrenales requiere del estudio de la relación costo-beneficio (estudio de rentabilidad) que, en lo posible, debe examinar tanto los beneficios económicos y técnicos.

5.6.1 Coeficiente Costo - Beneficio

Compara el monto total de la implementación de un nuevo sistema, con el ahorro que se tiene frente a los sistemas en uso, es decir, expresa la relación:

$$Y = \text{costo} / \text{beneficio}$$

donde, el rubro *costo* representa la suma de los costos independientes de los equipos y de la implementación del nuevo sistema y el *beneficio* es el valor anual que se ahorra con el nuevo sistema multiplicado por el número de años de vida probable del sistema ha implementarse.

Un valor positivo de Y significa que el nuevo sistema es mejor económicamente que el antiguo, y por lo tanto es factible su reemplazo. Un valor de Y menor que la unidad, quiere decir que el ahorro que se produce con la nueva implementación es muy significativo.

Para el caso de la red de distribución de audio mediante satélite con SCPC, el cálculo del *beneficio* se tomará de la diferencia entre el costo del sistema convencional terrestre y el nuevo sistema satelital. Por tanto, para este análisis, es necesario conocer el costo actual del sistema terrestre.

5.6.2 Costo del enlace terrestre para distribución de audio de emisoras FM³

El costo de un enlace terrestre para distribución de audio para emisoras FM depende de varios factores, entre los principales se pueden mencionar dos:

- ◆ la distancia desde los estudios de emisión de la señal hacia la zona de recepción de la señal
- ◆ la configuración del terreno

Estos factores determinan la necesidad de implementar enlaces adicionales en diferentes puntos de paso hasta llegar a la zona propiamente de difusión.

³ fuente: ECUATRONIX

Dependiendo del número de enlaces adicionales el costo al utilizar transmisiones terrenas se incrementa.

Por esta razón, se concluye que el análisis de costos para transmisiones terrenales es muy particular para cada caso y cada cobertura; por tanto, para este análisis se tomará como ejemplo la red nacional de JC RADIO⁴ para calcular la relación costo-beneficio en contraste con el sistema satelital para las mismas condiciones.

La red de JC RADIO tiene 17 enlaces, de los cuales 3 son solamente de paso o repetidoras, 1 es un stand by para incrementar la confiabilidad de la red y los restantes 13 son para radiodifusión de la señal.

El cálculo de costos de esta red se realizará en forma aproximada, dividiendo a los enlaces en dos casos principales en función de la distancia del enlace y con costos típicos en cada caso. Estos casos son los siguientes:

POTENCIA DE TRANSMISIÓN [W]	DISTANCIA [km]	BANDA DE FRECUENCIAS	COSTO [US\$]
5	menos de 70	UHF ⁵	8.661
100	más de 75	VHF ⁶	11.572

Tabla 1 : Casos típicos de enlaces terrenales

⁴ en el ANEXO 2 se puede observar esta red

⁵ en la frecuencia de 940 a 960 [MHz]

⁶ en la frecuencia de 200 a 240 [MHz]

Los valores de la tabla anterior incluyen el equipo requerido, en forma general, para cada enlace: un transmisor/receptor, un amplificador de potencia para el caso 2, antenas, un kit de instalación y un rack para todo el equipo.

El costo total es el siguiente:

ENLACE	DISTANCIA [km]	COSTO [US\$]
Estudios Quito - Pichincha	6,5	8.661
Estudios Quito - Atacazo*	19,5	8.661
Pichincha - C. Cotacachi	58,3	8.661
C. Cotacachi - C. Troya	83,5	11.572
Pichincha - Pilizurco	108	11.572
Pilizurco - La Mira	40	8.661
Pilizurco - Capadía*	36,5	8.661
Capadía - La Puntilla	180 ⁷	11.572
Capadía - C. del Carmen**	140	11.572
Capadía - C. de Hojas	187	11.572
Capadía - C. Azul	145,0	11.572
C. del Carmen - Altarhurco*	106,0	11.572
C. del Carmen - Chillas	143,0	11.572
Altarhurco - Buerán	21,0	8.661
Buerán - C. Cruz	36,5	8.661
Atacazo - Gatazo	184,0	11.572
Atacazo - Chiguilpe	55,0	8.661
	TOTAL	173.436

Tabla 2: Costo aproximado de la red terrenal de JC Radio

* enlaces de paso

** enlace para el equipo de stand by

⁷ dato aproximado

Para determinar el costo total en la red terrena, se deben considerar también los costos adicionales de los enlaces de paso y para el equipo de stand by, que se evitan al utilizar el satélite. Estos costos se refieren a casetas, torres y otra infraestructura. De acuerdo a los datos proporcionados por Ecuatronic, el costo de cada estación de enlace es de, aproximadamente, 20.000 [US\$], la red de JC RADIO tiene 4 estaciones de este tipo, por lo que el costo total por este concepto asciende a 80.000 [US\$].

Además, las emisoras deben pagar mensualmente a la Superintendencia de Telecomunicaciones por concesión de frecuencias un monto aproximado de US\$ 200 mensuales.

Por tanto el costo total anual es:

$$C_T = (12 * 200) + 173.436 + 80.000$$

$$C_T = \text{US\$ } 255.836$$

5.6.3 Cálculo de la relación costo-beneficio para el diseño de la distribución de audio mediante satélite de una emisora con una cobertura

A continuación se calculará el costo total anual de un proyecto satelital con 13 estaciones de recepción, para conseguir una cobertura similar al caso terrenal mencionado en la sección anterior. Se utilizará el sistema satelital de PANAMSAT porque es el más competitivo económicamente:

SISTEMA DE TRANSMISION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		[US\$]	[US\$]
antena de transmisión	1	12.734	12.734
amplificador de potencia (2[W])	1	9.256	9.256
equipo de telecomunicaciones	1	22.401	22.401
		SUBTOTAL	44.391

SISTEMA DE RECEPCION

RUBRO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
		[US\$]	[US\$]
antena de recepción + LNA	13	3.415	44.395
equipo de telecomunicaciones	13	1.800	23.400
		SUBTOTAL	67.795

SEGEMENTO ESPACIAL

COSTO MENSUAL PARA 1 CANAL DE AUDIO ⁸	COSTO ANUAL TOTAL	TIEMPO DE ALQUILER	COSTO TOTAL
[US\$]	[US\$]	[años]	[US\$]
1.710	20.520	5	102.600
		SUBTOTAL	102.600

⁸ para una velocidad de 128 [Kbps]

SISTEMA TOTAL	
RUBRO	COSTO TOTAL [US\$]
sistema de transmisión	44.391
sistema de recepción	67.795
segmento espacial	102.600
TOTAL	214.786

El beneficio respecto al enlace terrestre es:

$$\begin{aligned}
 \text{beneficio} &= \text{duracion del proyecto} * (C_{terr.T} - C_{sat.T}) \\
 \text{beneficio} &= 5 * (255.836 - 214.786) \\
 \text{beneficio} &= 205.250 \text{ [US\$]}
 \end{aligned}$$

ec. 0-1

Por tanto, la relación costo-beneficio de la ecuación 5-1 es:

$$\begin{aligned}
 Y &= \text{costo} / \text{beneficio} \\
 Y &= 214.786 / 205.250 \\
 Y &= 0.96
 \end{aligned}$$

Este valor indica que el nuevo sistema planteado es una solución óptima, desde el punto de vista económico, en reemplazo del sistema terrestre actual. Si bien se tiene una tarifa mensual significativa en la red satelital, sin embargo la inversión inicial es mayor en la red terrestre.

Otra forma de evaluar las ventajas de un enlace satelital es en el caso de ampliación de las redes.

5.6.4 Comparación de costos en la ampliación de la cobertura de una emisora en FM con enlace satelital y enlace terrestre

A continuación se muestra el costo que implica la ampliación en una sola área de cobertura utilizando satélite y con enlaces terrenales:

RUBRO	COSTO [US\$]
ENLACE TERRESTRE	11.762

RUBRO	COSTO [US\$]
antena de recepción + LNA	3.415
equipo de telecomunicaciones	1.800
ENLACE SATELITAL	5.215

Para el caso terrestre se ha tomado como referencia un solo enlace, pero con una potencia de 100 [W], como una aproximación de las ampliaciones tipo de una estación de radio. En el caso satelital el sistema puede ser INTELSAT o

PanAmSat, ya que el costo de la recepción se ha considerado igual en los dos casos.

En base a estos resultados se puede concluir que el enlace satelital es muy ventajoso para incrementar coberturas (55.75% más económico con respecto al enlace terrestre), debido a que se requiere solamente la adición de una estación de recepción para tomar la señal del satélite en forma independiente de la distancia, siempre y cuando esté ubicada dentro del área de cobertura. En el enlace terrestre se requieren enlaces de paso o equipos adicionales de mayor potencia para grandes distancias.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. CONCLUSIONES

- ◆ La radiodifusión sonora es un medio idóneo y especialmente económico de distribuir programas educativos e informativos a distancia, de ahí la importancia de todas las zonas e integrar eficientemente al desarrollo del país a aquellas comunidades alejadas que actualmente no reciben señales transmitidas a nivel nacional, por ejemplo la zona de Galápagos en la cual la transmisión satelital sería el único medio posible y fácil de implementar.
- ◆ Las ventajas de los enlaces satelitales deben ser analizadas en función de las necesidades específicas del servicio donde se precisa utilizar. En general, un enlace satelital para radiodifusión ofrece comunicaciones de alta calidad y bajo costo cuando se requiere cubrir zonas de difícil accesibilidad.
- ◆ Es factible que las emisoras de radio puedan acceder a comunicaciones vía satélite con una inversión en franca competencia con las realizadas actualmente en los enlaces terrestres y con un servicio mucho mejor. En esta afirmación se consideran las condiciones económicas y técnicas, pero

también los aspectos sociales, administrativos y de explotación que son difíciles de cuantificar:

- El sistema satelital de distribución de audio para emisoras FM tiene un costo-beneficio del 96 % en relación con el sistema terrestre.
 - Tiene mayor alcance, mejor y más económica posibilidad de ampliación.
 - Permite agilidad en los trámites administrativos, porque no se requieren de concesiones de frecuencias para los enlaces cada vez que se desea una nueva cobertura.
 - Evita los gastos en casetas, torres, luz, etc., de las estaciones repetidoras.
 - Es un sistema más confiable que los enlaces terrestres. En las transmisiones terrenales, una falla en alguna parte de la red, trunca el resto de transmisiones dependientes de ella.
- ◆ El SCPC (Single Channel Per Carrier) es la técnica de acceso satelital más simple, y que se utiliza tanto con modulación digital como con modulación analógica. Es especialmente conveniente para aplicaciones de radiodifusión sonora porque el ancho de banda es pequeño, las transmisiones solamente son unidireccionales, el tráfico es constante, y en la generalidad de casos solamente se requiere transmitir un canal. Con esta técnica el costo del equipo se reduce porque no se requiere de multiplexación.
 - ◆ Las técnicas digitales actualmente se están imponiendo en tecnologías de transmisión satelital. Esto se ha podido comprobar en el presente trabajo, a partir del cual se concluye que transmisiones analógicas no son convenientes para radiodifusión sonora por satélite. Por un lado, los resultados de los planes de transmisión indican que una calidad aceptable se consigue

mediante el alquiler de un gran ancho de banda, lo que encarece costos. Además, los equipos para este tipo de transmisiones van desapareciendo poco a poco del mercado. En contraste, con las transmisiones digitales se consigue mayor flexibilidad en las aplicaciones, eficacia en la utilización del espectro, precios reducidos, compatibilidad con nuevos servicios y disponibilidad de modernos equipos digitales .

- ◆ En términos generales, el sistema satelital PanAmSat es más económico, tanto en el alquiler del segmento espacial, como en la implementación de estaciones terrenas, que el sistema INTELSAT. Este último sistema es muy exigente en lo que se refiere a pruebas y equipos de transmisión, que encarecen notablemente las comunicaciones, pero a su vez tiene la ventaja de mayor confiabilidad en las transmisiones y el respaldo de una organización internacional con años de experiencia y una gran flota de satélites en el espacio.
- ◆ El estudio del enlace satelital para la distribución de señales de radiodifusión, puede aplicarse tanto a radios en AM como en FM simple o FM con audio estereofónico de alta fidelidad. El tratamiento que reciba la señal en la transmisión y recepción satelital es el mismo, y la elección de uno de estos sistema solamente depende de la forma en que se realice la radiodifusión final.
- ◆ Aunque económicamente no es ventajoso llegar a poblaciones lejanas como en regiones del Oriente, pero la simple presencia de la radio a nivel nacional gana en prestigio y servicio a la comunidad. De igual manera, la inversión puede recuperarse en publicidad política.

2. RECOMENDACIONES

- ◆ La mejor manera de llevar a la práctica este proyecto es mediante la creación de una empresa que mantenga el alquiler del segmento espacial y ofrezca el servicio a las emisoras, de esta manera se evitan excesos económicos al instalar cada estación su propia red, y antagonismos entre emisoras si una de ellas ofrece este servicio.
- ◆ Las técnicas SCPC son recomendadas cuando el tráfico de señales es mínimo, si el número de portadoras aumenta, este sistema deja de ser beneficioso y se deben utilizar técnicas de acceso múltiple, porque el costo se reduce cuando se multiplexan las señales.
- ◆ En la elección de los equipos para transmisión de audio satelital, se deben considerar la compatibilidad entre los algoritmos de compresión.
- ◆ Las transmisiones vía satélite presentan facilidad para negociar con programaciones radiofónicas tanto a nivel nacional como internacional. Se recomienda que esta ventaja puede aplicarse, en la retransmisión de noticieros que actualmente se realizan mediante línea telefónica como el noticiero NOTIHOY, o mediante enlaces terrestres, como el intercambio de información entre Radio Centro y Radio Caracol en Colombia. Con el satélite se puede transmitir la señal y comercializarla sin problemas.
- ◆ Finalmente, se recomienda que los resultados de este trabajo sean conocidos por los radiodifusores del país, para que encuentren en él una nueva alternativa en sus transmisiones. Las emisoras pequeñas que tienen intención de ampliarse, pero que no consideran confiable o no están económicamente en posibilidad de hacerlo, son las mejores candidatas para pensar en el satélite, en igual forma las nuevas cadenas radiales con grandes capitales disponibles.

BIBLIOGRAFIA

1. **Maral G. y Bousquet M.** , *SATELLITE COMMUNICATIONS SYSTEMS*, 2^{da} edición, Inglaterra, John Wiley & Sons, 1993.
2. **CCIR**, *MANUAL DE TELECOMUNICACIONES POR SATELITE*, 2^{da} edición, Ginebra, UIT, 1988.
3. **Lucía Gordillo A.**, *PLANES DE TRANSMISION DE REDES NACIONALES PARA SOLICITAR EL SERVICIO INTELNET CON LOS SATELITES INTELSAT VII E INTELSAT K*, Tesis de Grado EPN, Quito, 1995.
4. **CCITT**, *REPERCUSIONES ECONOMICAS Y TECNICAS DEL ESTABLECIMIENTO DE UNA RED REGIONAL DE TELECOMUNICACIONES POR SATELITE*, Ginebra, UIT, 1983.
5. **INTELSAT**, *SYSTEM COVERAGE MAPS*, 1994.
6. **INTELSAT**, *TECNOLOGIA DE ESTACIONES TERRENAS*, 3^{era} edición, Washington D.C., 1987.
7. **INTELSAT**, *SERVICIO FIJO POR SATELITE*, 1988
8. **INTELSAT**, *MANUAL DE SERVICIOS*, 1989
9. **INTELSAT**, *MANUAL DE TARIFAS*, Septiembre 1994
10. **Long Mark**, *ANUARIO MUNDIAL DE SATELITES 1993/1994*, Florida, Mount Alignment, 1992

11. **Baylin Frank**, *1993 WORLD SATELLITE YEARLY*, 1^{era} edición, Baylin Publications, 1993
12. **Tel/Com Sciences**, *THE SATELLITE COMMUNICATIONS SOFTWARE LIBRARY*, Reston, 1986.
13. **Offset Graba**, *RADIO Y TV*, 3^{era} edición, Guayaquil, 1989
14. **CCIR**, *INFORMES Y RECOMENDACIONES DEL CCIR*, Ginebra, UIT, 1988
15. **PANAMSAT**, *GLOBAL SATELLITE SYSTEMS, USA*, 1990

REVISTAS:

- ◆ AHCIET, año VI, número 31, julio/agosto, 1988
- ◆ ENLACE ANDINO, número 9, agosto de 1993
- ◆ VIA SATELLITE, septiembre 1994, volumen IX, número 9, pp. 44-52
- ◆ VIA SATELLITE, octubre 1993, volumen VIII, número 10
- ◆ VIA SATELLITE, diciembre 1992, pp.wsa 52-60
- ◆ VIA SATELLITE, diciembre 1993, volumen VIII, número 12, pp.50-52

ANEXO 1
ENCUESTA PARA LAS RADIOS EN FM

ENCUESTA PARA LAS RADIODIFUSORAS EN FM:

Sírvase contestar las siguientes preguntas:

1. Qué opina de la radiodifusión en el país, su desarrollo y su futuro?

.....
.....
.....
.....
.....

2.Cuál es la cobertura de su radiodifusora a nivel nacional? (indicar las ciudades a las que llega la señal actualmente)

.....
.....
.....

3. Tienen estudios de radio en otras ciudades del país? (S/N)

4. Intercambian algún tipo de comunicación con estos estudios? (S/N)
En caso afirmativo: cómo lo hacen?

.....
.....

5. Qué proyecciones futuras tiene la radio?

.....
.....
.....

6. Desearía tener una cobertura nacional?(S/N)

7. Qué ventajas y problemas traería una transmisión nacional para una radiofidusora?

.....
.....
.....
.....

8. Qué ventajas y desventajas tiene llegar con la señal a Galápagos y el Oriente?. Desde el punto de vista económico resultaría ventajoso?

.....
.....
.....
.....
.....

9. Qué opina de intercambiar información radiofónica con otros países?

.....
.....
.....

10. Retransmiten alguna programación de otros países o del nuestro? (S/N)
..... En caso afirmativo: de quién y cómo lo hacen?

.....
.....
.....

11. Alguno de sus programación es retransmitida por algún otro medio de comunicación en el país? (S/N), en el extranjero?(S/N)

12. Qué ventajas y qué problemas traería una transmisión a otros países?

.....
.....
.....
.....
.....

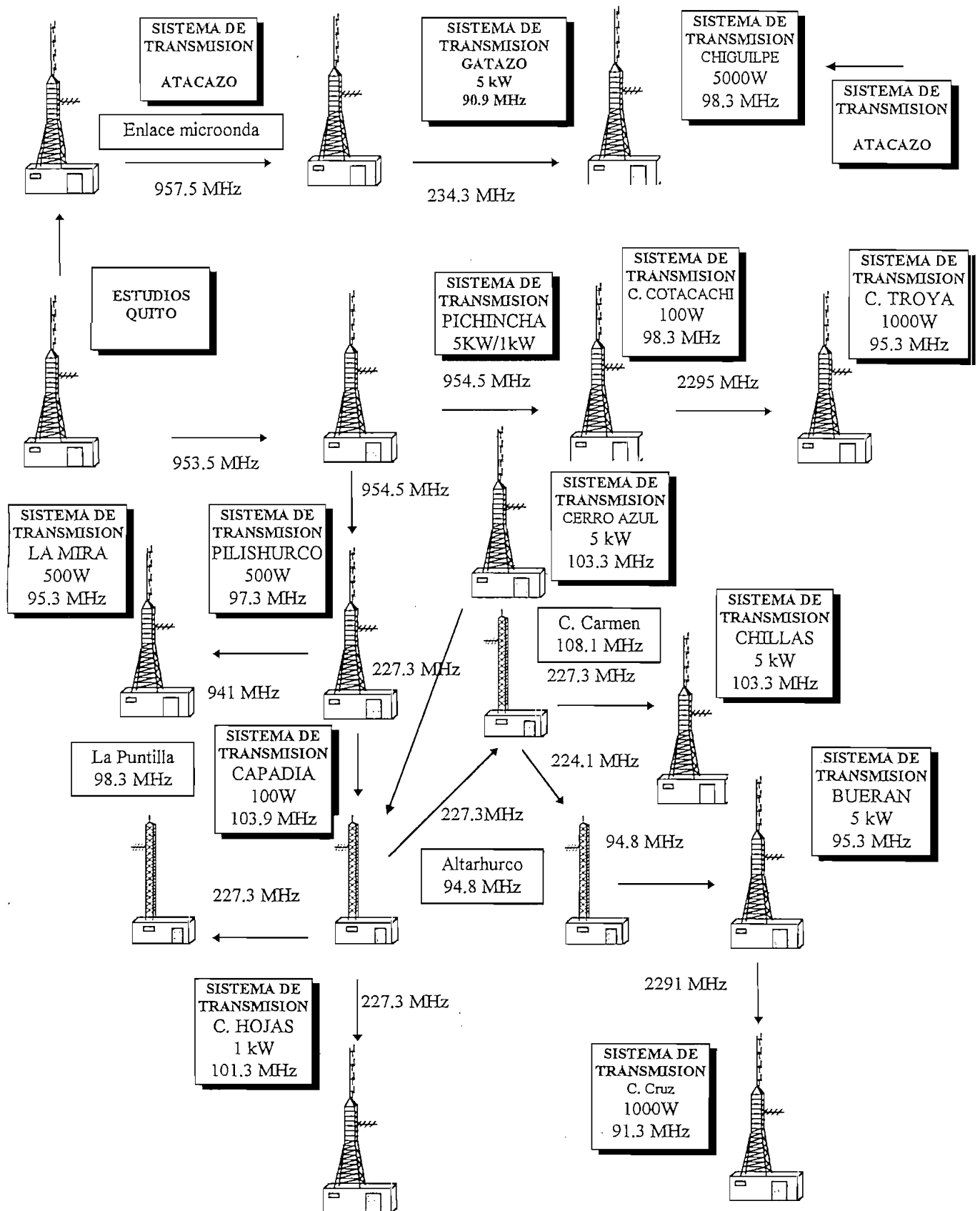
13. Qué opinión tiene de las comunicaciones vía satélite?

.....
.....
.....
.....
.....

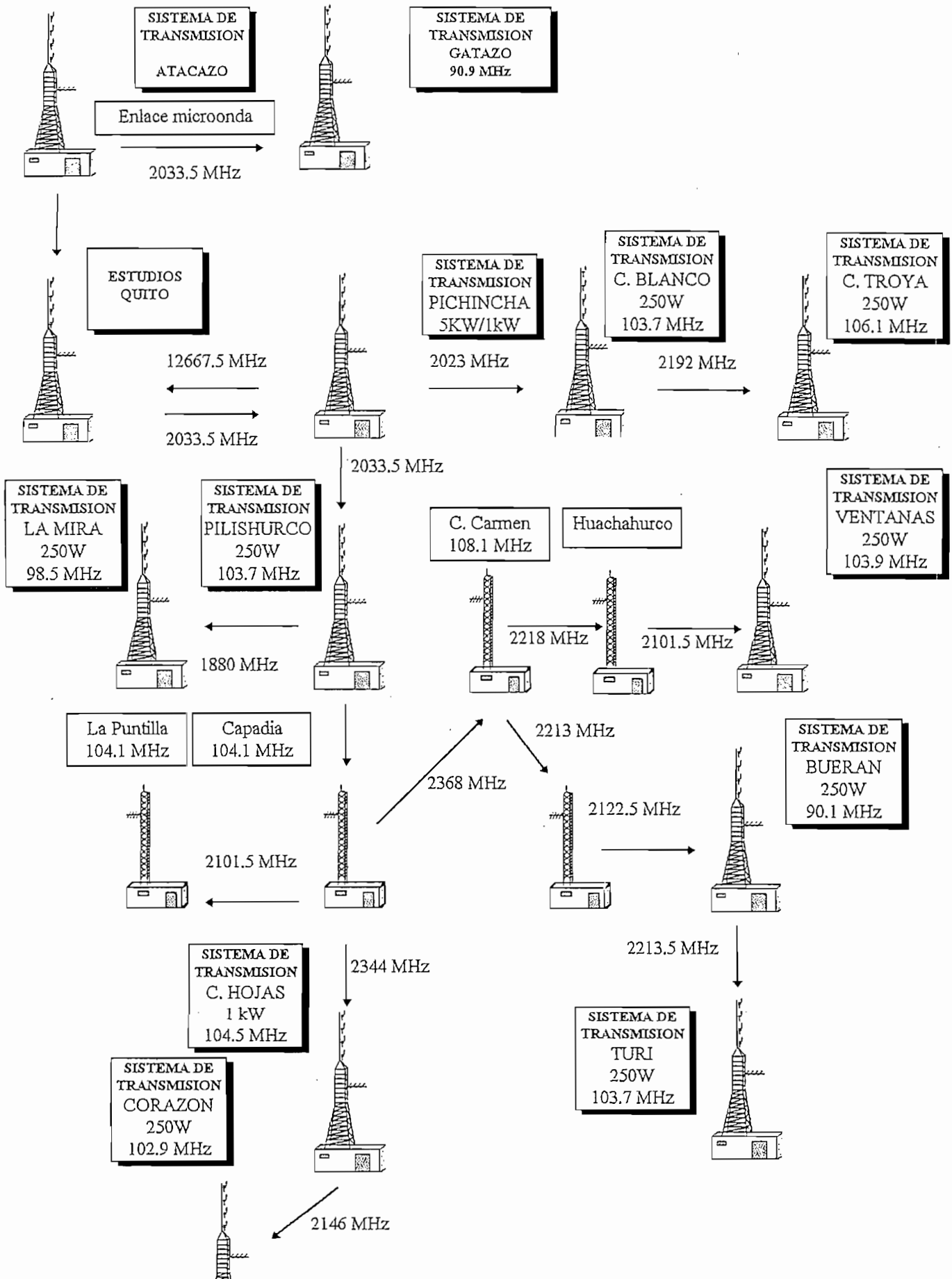
FIRMA

ANEXO 2
REDES TERRENALES DE RADIODIFUSION
SONORA

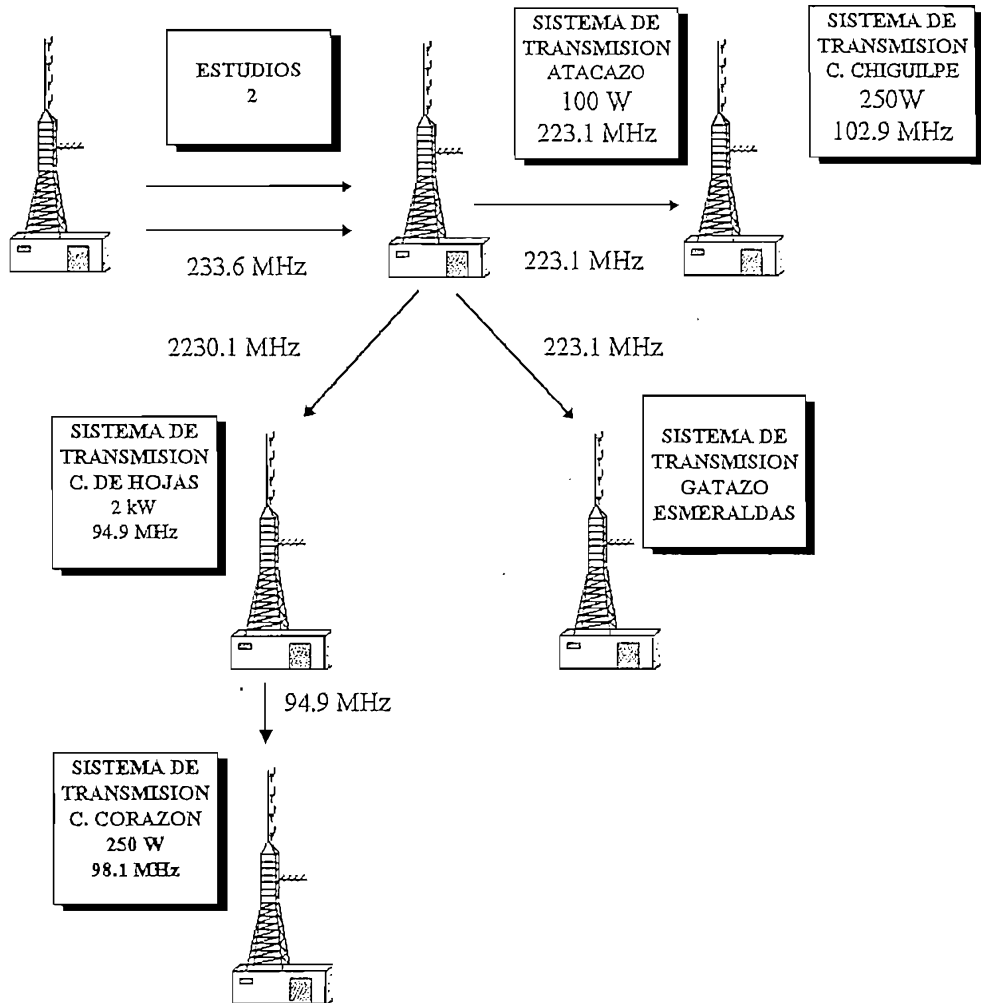
J C RADIO



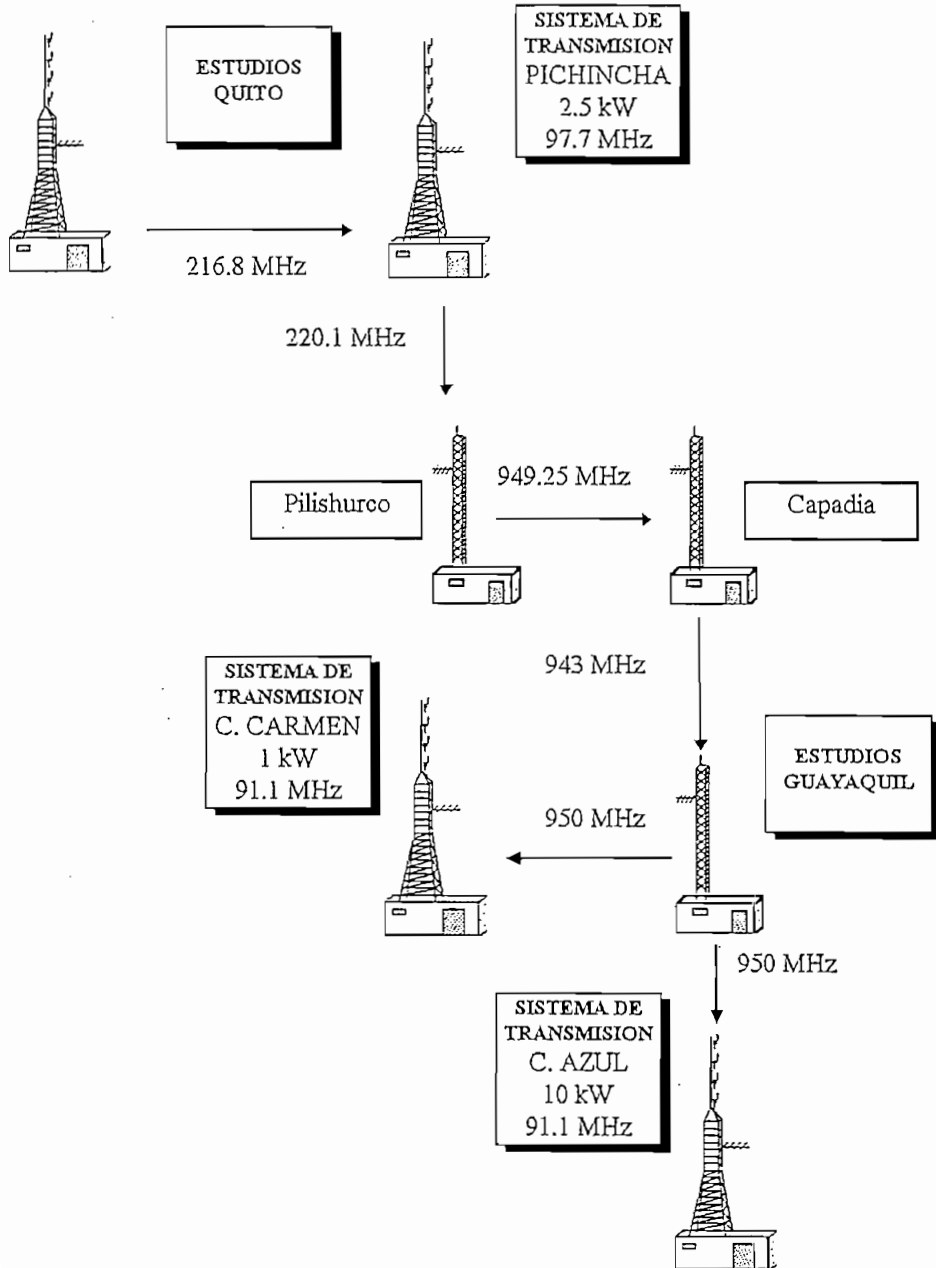
SONORAMA FM



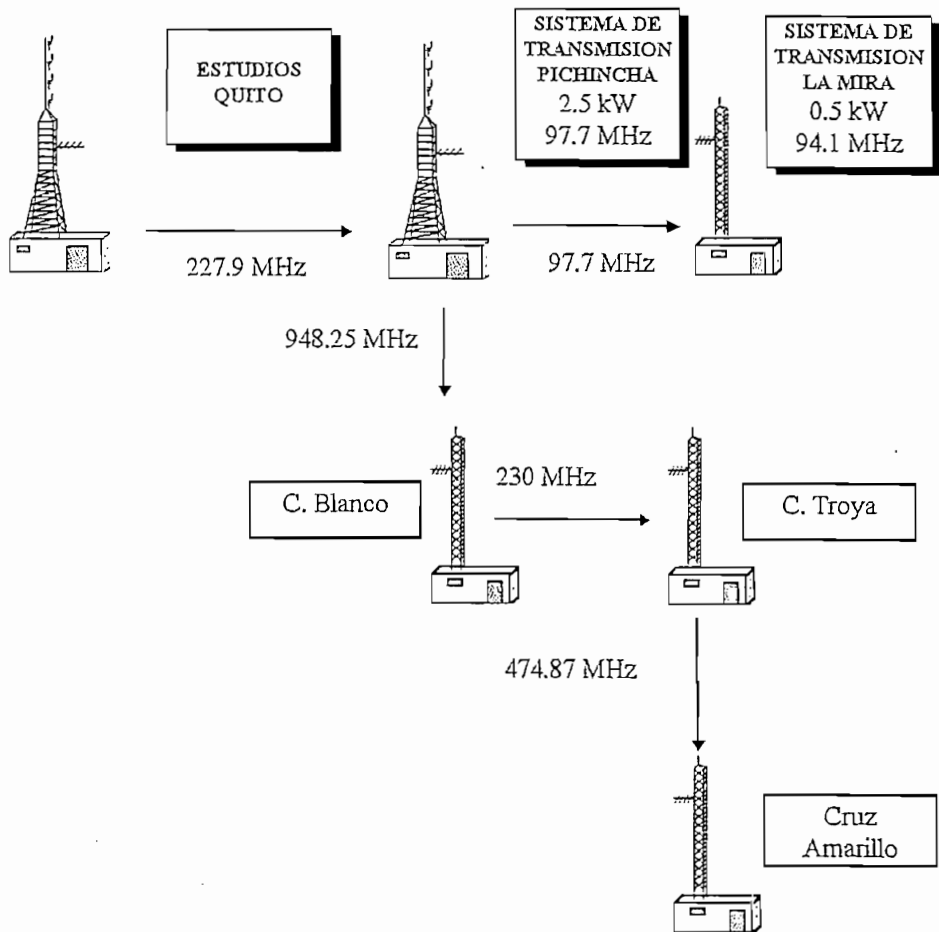
RADIO CENTRO FM



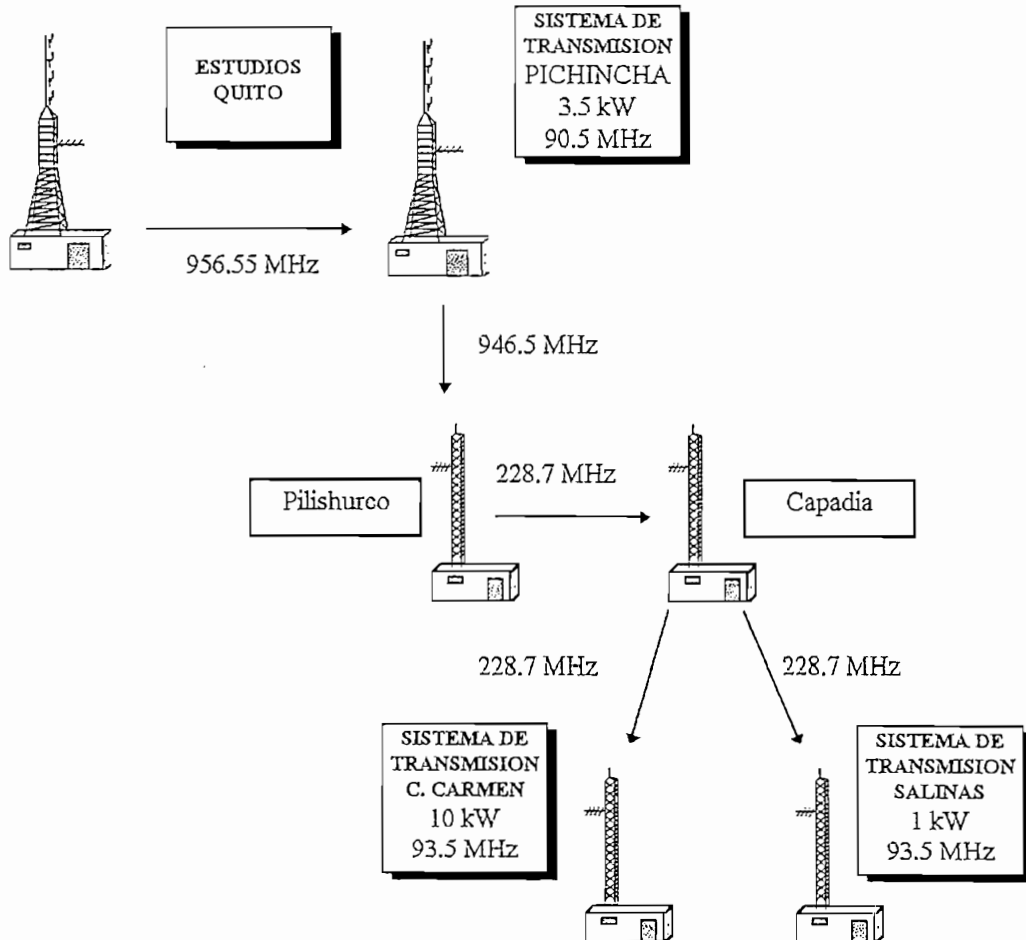
RADIO CENTRO FM



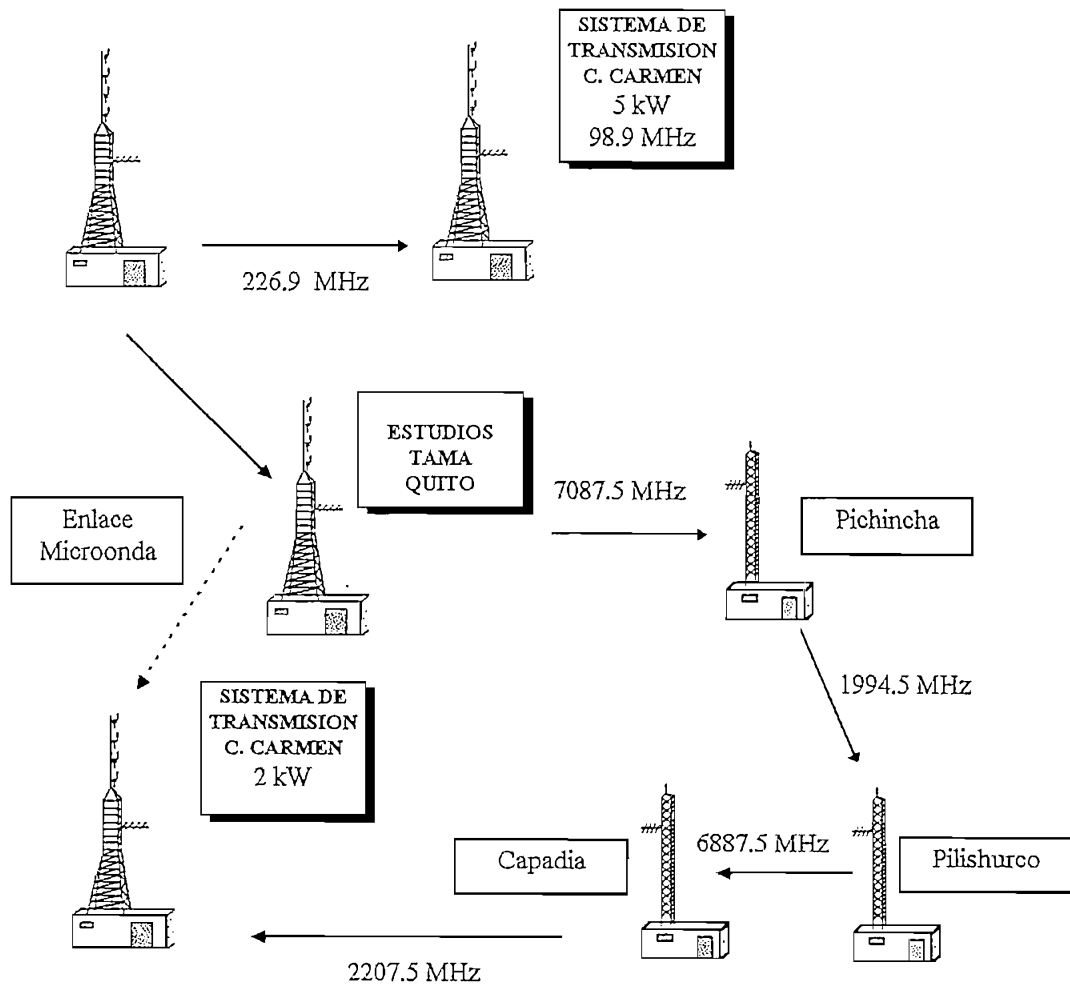
RADIO CENTRO FM



RADIO CONCIERTO FM



RADIO COLON FM



ANEXO 3
INFORME 491 Y RECOMENDACION 505
DEL CCIR

CARACTERÍSTICAS DE LAS SEÑALES TRANSMITIDAS
 POR LOS CIRCUITOS PARA TRANSMISIONES RADIOFÓNICAS

(Programa de Estudios 17A/CMTT, Kyoto, 1978)

(1970-1974-1978-1986)

1. Características de las señales de prueba

El primer punto del Programa de Estudios 17A/CMTT (Kyoto, 1978), se refería a las características de las señales de prueba utilizadas por los organismos de radiodifusión en los circuitos para transmisiones radiofónicas y en él se preguntaba si era necesario prever el uso de nuevos tipos de señales de prueba.

En [CCIR 1966-69a] se sugería también que podrían ser necesarias nuevas señales de prueba, especialmente para la medición de la no linealidad y para los circuitos estereofónicos. Se subraya asimismo el hecho de que, en general, ninguna señal de prueba debe imponer al canal de transmisión condiciones más rigurosas que las que existen en tráfico real. En la Recomendación 571 y en los Informes 497 y 640-1 (Kyoto, 1978) se proponen nuevas señales de prueba para la medición de la diafonía y de la no linealidad.

2. Potencia media y distribución de los niveles instantáneos de las señales radiofónicas

El segundo punto del Programa de Estudios 17A/CMTT (Kyoto, 1978) se refería a la potencia media de las señales transmitidas por un circuito para transmisiones radiofónicas, así como la distribución de los niveles de potencia instantánea o cuasi-instantánea correspondientes a esta potencia media. Es probable, sin embargo, que sea necesario conocer también la distribución de la potencia media durante un minuto, por ejemplo. La potencia instantánea debe expresarse en términos del valor r.m.s. (raíz cuadrada de la media cuadrática) de la señal sinusoidal equivalente, es decir de la señal sinusoidal cuya amplitud de cresta alcanza la tensión correspondiente a la potencia instantánea observada.

2.1 Generalidades

En [CCIR, 1966-69a] se hace constar que las señales radiofónicas entregadas para su transmisión se someten generalmente en el estudio a una acentuación selectiva y ajustable, de modo que se satisfagan ciertos requisitos artísticos

Por consiguiente, podría ser imprudente establecer conclusiones demasiado generales sobre el espectro de potencia de las señales para transmisiones radiofónicas, ya que los niveles de potencia correspondientes a las frecuencias elevadas del espectro pueden, por ejemplo, haber sido incrementados sustancialmente sobre el valor «normal».

Un aumento tal podría invalidar los principios en que se basa la elección de la red de preacentuación del CCITT para las transmisiones radiofónicas (véase el Tomo III del Libro Azul del CCITT, 1965, págs. 547-548). Esta red se utiliza a la entrada de un circuito para transmisiones radiofónicas por corrientes portadoras.

La preacentuación en el estudio debe admitirse como algo necesario, debiéndose realizar las diversas pruebas con una proporción realista de las señales sometidas a este tratamiento. Este tipo de señal es particularmente necesario cuando se mide la distribución estadística de la potencia en partes distintas del espectro.

Conviene señalar que la Recomendación 571 y el Informe 497 proponen la utilización de una banda conformada de ruido como señal de prueba para simular la señal radiofónica. Para establecer la nueva señal de prueba, será muy valioso el estudio de la distribución espectral de potencia de las señales radiofónicas reales.

2.2 Nivel de la señal en el punto de nivel relativo cero

Se admite que en el punto de nivel relativo cero, el nivel de cuasi-cresta de la señal de radiodifusión será de 9 dBm, si bien el aparato utilizado para la medida del nivel no se ha sometido a una normalización general. De aquí que sea indispensable facilitar información sobre el tipo de aparato utilizado, así como de su modo de empleo.

Es además conveniente disponer de información sobre los niveles instantáneos de cresta medidos en los puntos de nivel cero de los circuitos para transmisiones radiofónicas. Esta información es útil, tanto para los canales de transmisión como para los transmisores. Se mide fácilmente con un osciloscopio. (La potencia de una señal sinusoidal equivalente a este nivel de cresta es de $0,5 V^2/Z_0$, siendo V la tensión de cresta.)

2.3 Resultados de mediciones

En los puntos que siguen se resume la información facilitada por diversas administraciones.

2.3.1 Potencia media

En muchos casos, el nivel medio de potencia calculado, por ejemplo, en intervalos de un minuto, tiene gran importancia. En [CCIR, 1966-69c] se da la información pertinente en forma de una distribución diaria para dos tipos de programas: programa N.º 1 con una preponderancia (del 60% al 65%) de emisiones habladas, y el programa N.º 2, con una preponderancia (del 35% al 40%) de jazz y música sinfónica. El cuadro I se ha tomado de dicho documento.

El análisis de las mediciones efectuadas ha demostrado que el compresor dinámico producía un aumento en la potencia media que crecía cuando la potencia media de la muestra del programa disminuía. Para las muestras estudiadas, la diferencia entre los niveles de potencia media en un minuto, con y sin compresor variaba entre los límites de 2 dB y 17 dB.

La potencia de transmisión con la red de preacentuación conectada, depende de la densidad espectral de la señal. En las muestras estudiadas, la diferencia entre los niveles de potencia media en un minuto, con y sin red de preacentuación, variaba entre ± 7 dB.

CUADRO I

Periodos y niveles	Potencia de la señal de radiodifusión en el punto de nivel relativo cero del circuito para transmisiones radiofónicas (dBm0)			
	Sin compresor-expansor y sin preacentuación		Con compresor-expansor seguido de una red de preacentuación	
	Programa N.º 1	Programa N.º 2	Programa N.º 1	Programa N.º 2
Un día (nivel de potencia media a largo plazo)	-5,7	-4,5	-0,6	+0,5
Una hora (nivel más probable de potencia media)	-4,6	-3,1	+0,7	+1,4
Nivel de potencia media en un minuto excedido durante el 20 % del día	-4,4	-2,5	+0,7	+2,2
Nivel de potencia media en un minuto excedido durante el 1 % del día	-1	-0,1	+3,6	+4,1
Nivel de potencia media en un minuto excedido durante el 0,1 % del día	+1,7	+2,2	+4,3	+4,9

Nota 1. — Cuando la señal se aplica a una línea de corrientes portadoras después de la compresión y la preacentuación, se introduce una atenuación de 1,7 dB para trasladar el punto de nivel cero del circuito para transmisiones radiofónicas al punto de nivel cero del circuito de corrientes portadoras.

Nota 2. — El compresor-expansor tiene un coeficiente de compresión igual a 2 y un nivel no afectado igual a +9 dBm.

Nota 3. — La red de preacentuación concuerda con las especificaciones de la Recomendación J.17 del CCITT.

Nota 4. — Cuando se llevaron a cabo las mediciones no había en el circuito limitadores de señal (control manual).

2.3.2 Potencia de cresta

Según [CCIR, 1966-69c], si a la salida del estudio no se excede un nivel de potencia de cuasi-cresta de +9 dBm0 (medido con un aparato cuyo tiempo de integración es de 20 ms), la potencia de cuasi-cresta medida a la entrada de un circuito por corrientes portadoras para transmisiones radiofónicas excede entonces el valor de +12 dBm0 durante el 8% del tiempo para el programa N.º 1 y durante el 17% del tiempo para el programa N.º 2. Entre la salida del estudio y el equipo de corrientes portadoras se conecta un compresor-expansor seguido de una red de preacentuación y una atenuación de 1,7 dB.

Se analizaron extractos de un programa de composición variada, de 5 a 30 min de duración cada uno, grabados previamente en cinta magnética. Estos extractos se dividieron en muestras de un minuto, y la distribución de las tensiones instantáneas de cada muestra se dedujo mediante un analizador de 10 canales. Los resultados obtenidos se utilizaron para determinar la dispersión que, a condición de que la media aritmética de las tensiones instantáneas sea igual a cero, es proporcional a la potencia media de la señal durante un minuto.

2.3.3 El sistema de corrientes portadoras para el establecimiento de circuitos radiofónicos, correspondiente a la Recomendación J.31 del CCITT (véase también [CCIR, 1970-74a]), se considera adecuado para aplicarlo internacionalmente y ha sido ampliamente utilizado por la Administración de la República Federal de Alemania para el establecimiento de circuitos radiofónicos del tipo de 15 kHz, adecuados también para las transmisiones estereofónicas. Con este sistema se establecen uno o dos circuitos radiofónicos en un enlace en grupo primario, en lugar de seis canales telefónicos. Para lograr la deseada flexibilidad en la utilización de sistemas de corrientes portadoras para el establecimiento de circuitos radiofónicos, hubo que especificar las características del equipo suplementario requerido para reducir el ruido de modo que la carga del enlace en grupo primario no fuera superior a la carga correspondiente cuando se establecen canales telefónicos.

Según la Recomendación G.223 del CCITT, la carga admisible en un enlace en grupo primario de 12 canales telefónicos puede describirse mediante los parámetros siguientes:

- potencia media nominal durante la hora cargada (valor a largo plazo):
 $-15 + 10 \log 12 \approx -4 \text{ dBm0}$
- carga convencional:
 $-1 + 4 \log 12 = +3,3 \text{ dBm0}$
- valor de cresta rebasado con una probabilidad de 10^{-5} :
 $+19 \text{ dBm0}$.

Para verificar la compatibilidad de la carga del canal radiofónico con estos valores, la Administración de la República Federal de Alemania invitó al Institut für Rundfunktechnik de Hamburgo a que hiciera un estudio estadístico fundamental de la amplitud de las señales de radiodifusión, en los siguientes casos prácticos:

- A: señal radiofónica no modificada;
- B: señal radiofónica modificada por una red de preacentuación conforme con la Recomendación J.17 del CCITT (véase también [CCIR, 1970-74d]), con una atenuación de inserción de 1,5 dB a 0,8 kHz;
- C: señal radiofónica modificada por la red de preacentuación mencionada en el punto B, pero con una atenuación de inserción de 6,5 dB a 0,8 kHz, y por compresores-expansores de acuerdo con la nueva Recomendación del CCITT, conforme se indica anteriormente.

Para las investigaciones se eligió un programa normal de 24 horas de la Norddeutscher Rundfunk. A este respecto pudo advertirse que prácticamente no hay diferencia alguna entre las estadísticas de amplitud relativas a los distintos días de la semana. Para el análisis, las señales de radiodifusión objeto de la investigación se aplicaron a un contador estadístico con 19 umbrales distintos a través de un rectificador de onda completa con una constante de tiempo nula. Se tomaron muestras de la señal rectificada cinco veces por segundo durante un periodo de 10 μ s.

Dado que las estadísticas de amplitud del programa de 24 horas no indican la distribución que corresponde únicamente a breves pasajes del programa de elevada potencia, además de la determinación de la distribución a largo plazo (100% del tiempo), se efectuaron análisis adicionales de la distribución durante el 10% y el 1% del tiempo. Estos análisis se hicieron de modo que sólo se tomaran muestras, con integración simultánea de la potencia, en intervalos de un segundo en los que se rebasaban ciertos umbrales de importancia decisiva para la determinación de la distribución durante el 10% y el 1% del tiempo. Un trabajo publicado [Jakubowski, 1971] proporciona mayores detalles al respecto.

En el cuadro II se indican los principales resultados de las mediciones. Los valores de la potencia media se han calculado a base de las curvas de distribución acumulativa. A título de ejemplo, en la fig. 1 se muestra la curva de distribución en los casos A, B y C durante el 100% del tiempo. Todos los valores instantáneos se expresan como niveles de la potencia de la onda sinusoidal equivalente.

Según el cuadro II, caso C, es evidente que la carga debida a dos canales radiofónicos instalados con el sistema mencionado es perfectamente comparable con la carga producida por 12 canales telefónicos en grupo primario.

2.3.3.1 Potencia media

En el cuadro III-A figura la distribución de la potencia media durante un minuto; los resultados se han tomado de [CCIR, 1970-74b]. Las mediciones que han arrojado los valores indicados se realizaron en seis circuitos radiofónicos distintos, en audiodfrecuencias, durante un total de 40 horas, sin utilizar preacentuación.

Se determinó un valor de $-3,4$ dBm0 para el nivel de la potencia media a largo plazo.

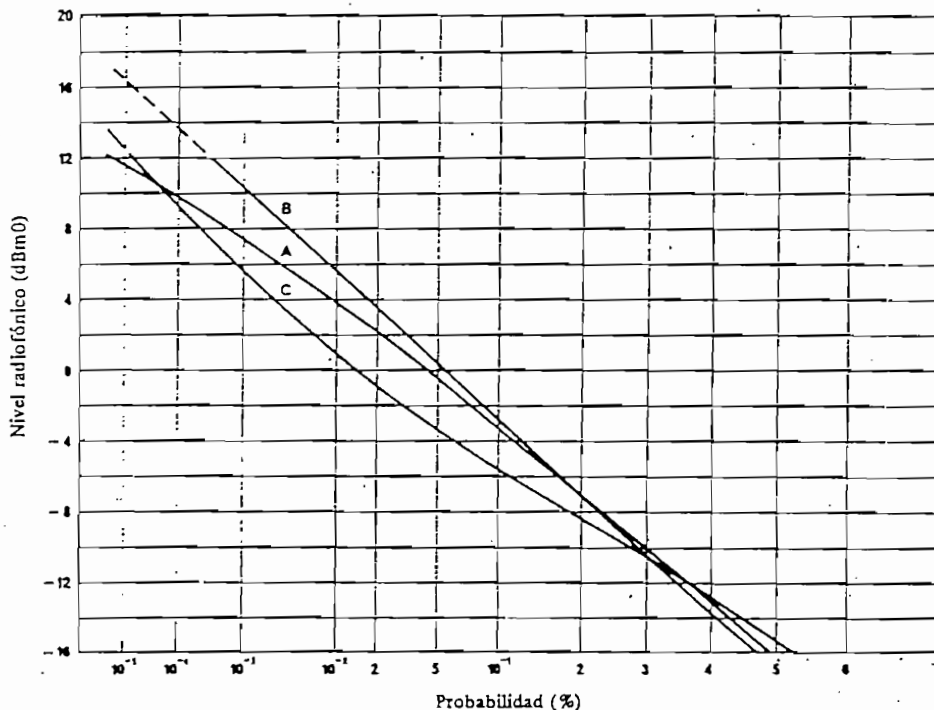


FIGURA 1 - Distribución acumulativa
Casos A, B y C: distribución de los niveles radiofónicos durante el 100% del tiempo

Curvas A: señal no modificada

B: señal modificada por una red de preacentuación (1,5 dB/0,8 kHz)

C: señal modificada por una red de preacentuación (6,5 dB/0,8 kHz)
y un compresor-expansor

CUADRO II

Base de tiempo de los datos estadísticos (%)	Caso (véase el punto 2.3.3)	Potencia media (dBm0)	Valor instantáneo (dBm0) con probabilidades de exceso de:	
			10^{-3}	10^{-5}
100	A	-4,4	+3,6	+11,4
	B	-2,8	+5,6	+16,5
	C	-5,8	+0,8	+12,4
10	A	-0,3	+6,2	+12,2
	B	+2,7	+9,8	+18,2
	C	-2,4	+3,7	+13,9
1	A	+1,9	+ 7,5	+12,9
	B	+5,5	+12,0	+19,5
	C	0	+ 5,7	+15,1

CUADRO III-A - Potencia media durante un minuto de la señal de audiofrecuencia

Probabilidad de exceso (%)	Nivel de potencia media (dBm0)
50	-3,7
10	-1,0
1	+1,0
0,1	+2,5

2.3.3.2 Potencia de cresta

La información sobre la potencia de cresta puede deducirse de [CCIR, 1970-74b], y figura en el cuadro III-B. Los estudios están equipados de limitadores que funcionan como amplificadores lineales cuya ganancia disminuye en el caso de que la potencia de la señal rebase un valor correspondiente a una potencia de cresta de la onda sinusoidal equivalente de +9 dBm0. A la reducción de ganancia va asociada una constante de tiempo de 0,5 ms aproximadamente; esto se debe a que se han encontrado potencias de cresta superiores a +9 dBm0, si bien con una pequeña probabilidad.

CUADRO III-B - Potencias de cresta

Probabilidad de exceso	Nivel de la señal sinusoidal equivalente (dBm0)
10^{-3}	+ 9,5
10^{-4}	+ 11,2
10^{-5}	+ 12,0

Estos valores pueden deducirse de las curvas de distribución de los niveles instantáneos.

2.3.3.3 Distribución de niveles instantáneos

En la fig. 2 del presente Informe se indica la distribución de los niveles instantáneos, medidos durante 13 horas; proviene también de [CCIR, 1970-74b]. El nivel de la potencia media determinado en este caso fue de $-2,2$ dBm0; la potencia de cresta asociada a una probabilidad de 10^{-3} es $+12$ dBm0. La comparación entre las curvas A y B muestra claramente el carácter no gaussiano de las señales radiofónicas.

2.3.3.4 Potencia media

En [CCIR, 1966-69d] se indica una distribución media para un programa de radiodifusión sonora no sometido a ningún proceso de limitación ni de compresión. El nivel de potencia media es de $-9,2$ dBm0 y la desviación típica de $1,7$ dB. También se indican las distribuciones de programas radiofónicos a los que se habían aplicado tales procesos. El cuadro IV procede del mencionado documento.

CUADRO IV

Probabilidad de exceso (%)	Nivel de salida del estudio (dBm0)	Señal parcialmente limitada y comprimida (dBm0)	Señal totalmente limitada y comprimida (dBm0)
Valor medio a largo plazo	$-8,9$	$-6,4$	$-2,4$
20	$-7,8$	$-5,0$	$-1,7$
1	$-5,0$	$-2,2$	0

Nota. — El significado de «limitada» y «comprimida» se indica en el [CCIR, 1966-69d].

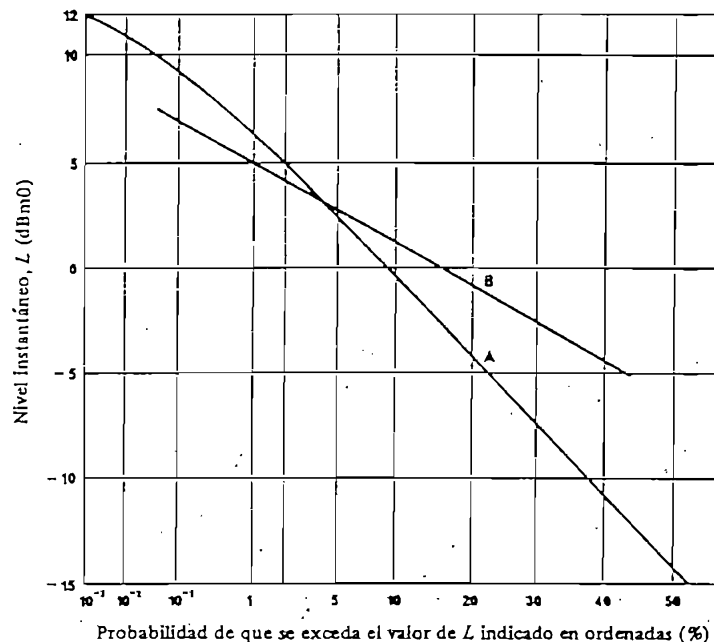


FIGURA 2 — Distribución del nivel instantáneo, L , expresado en potencia de la onda sinusoidal equivalente de la señal en un canal radiofónico, en audiofrecuencia (Curva A)

Tiempo de medición: 13 horas.

La curva B indica una distribución normal:

$$L = 20 \log \left(\frac{V_{\text{inst}}}{0,775 \text{ V}} \right) - 3 \text{ dBm0}$$

2.3.3.5 Potencia de cresta

De [CCIR, 1966-69d] se ha extraído el siguiente cuadro:

CUADRO V

Probabilidad de exceso	Potencia sinusoidal equivalente de la señal a la salida del estudio (dBm0)
10^{-3}	+ 7
10^{-4}	+ 9,5
10^{-5}	+ 11,5

2.3.4 En [CCIR, 1974-78] se indican resultados de mediciones correspondientes a un largo periodo (más de 30 horas), efectuadas en dos tiempos de programas regulares muy distintos.

El primero de ellos, que en este Informe designaremos por R1, se compone principalmente de música popular, anuncios cortos, noticias y entrevistas breves. El segundo, R4, está constituido en su mayor parte por conversaciones, discusiones, teatro, etc., con acompañamiento musical. Los resultados que figuran en los cuadros siguientes se refieren a señales sin preacentuación que fueron controladas de manera usual para que no rebasaran el valor de +8 dBm0 (valor nominal de cresta indicado que utiliza la BBC), según un indicador de cresta para programas radiofónicos (véase la nota), y sin emplear limitadores adicionales para la señal radiofónica.

Los resultados obtenidos se indican en las figs. 3, 4, 5 y 6, y comprenden:

- la distribución acumulativa de las potencias medias en un minuto;
- la distribución acumulativa de las potencias instantáneas;
- la distribución acumulativa de las potencias de cresta que se producen en cada periodo de un minuto.

Se incluyen también los resultados correspondientes a señales sin tratamiento, las señales con preacentuación conforme a la Recomendación J.17 del CCITT (1,5 dB de pérdida a 800 Hz), y con preacentuación y compresión conformes a la Recomendación J.31 del CCITT.

Los valores relativos a un nivel determinado cualquiera de probabilidad pueden obtenerse de las figs. 3, 4, 5 y 6.

Nota. — Las características de este aparato figuran en el punto 4 del cuadro de la Recomendación J.15 del CCITT.

3. Distribución espectral de la potencia

El punto 6 del Programa de Estudios 17A/CMTT (Kyoto, 1978) trataba de la distribución espectral de la potencia de las señales radiofónicas.

Se dispone de la siguiente información:

3.1 El Doc. [CCIR, 1966-69c] contiene algunas distribuciones espectrales de la potencia. Se han reproducido las figs. 7, 8, 9 y 10 de ese documento.

Con las mismas muestras de programa (un minuto) se midieron las características espectrales de la potencia media de las señales de radiodifusión durante un minuto. Las mediciones se realizaron con equipo provisto de filtros de un tercio de octava y un voltímetro con característica de detección cuadrática.

Se determinaron las características espectrales de 100 muestras, de un minuto cada una, de distintas clases de programas de radiodifusión. Las características obtenidas se clasificaron en 17 grupos (según la naturaleza del programa) y para cada grupo se determinaron las características espectrales medias. Las figs. 7 y 8 representan ejemplos de dos distribuciones: una de programa hablado (voz masculina) y otra de música sinfónica. El análisis de las características revela que, en todos los tipos de programas, la mayor parte de la potencia se concentra en una banda relativamente estrecha de 50 a 1200 Hz.

Las escalas verticales de las cuatro figuras no representan valores absolutos, sino densidad espectral de potencia relativa por unidad de anchura de banda.

Las mediciones de las características espectrales de las señales de radiodifusión en el canal con el compresor conectado muestran que éste no modifica el carácter espectral de la señal.

CARACTERÍSTICAS DE LOS CIRCUITOS RADIOFÓNICOS DEL
TIPO DE 15 kHz**

Circuitos para transmisiones radiofónicas
monofónicas y estereofónicas de alta calidad
(Cuestión 17/CMTT y Programa de Estudios 17G/CMTT)

(1974-1978-1982-1986-1990)

El CCIR,

CONSIDERANDO

- a) que es necesario establecer normas de transmisión para los circuitos radiofónicos;
- b) que los requisitos de calidad del circuito ficticio de referencia se han especificado para transmisiones radiofónicas analógicas;
- c) que deben aprovecharse las ventajas del progreso técnico resultante de la introducción de las técnicas digitales, en particular para circuitos mixtos analógicos y digitales,

RECOMIENDA, POR UNANIMIDAD:

Que, teniendo debidamente en cuenta las limitaciones de aplicación, los equipos para los nuevos circuitos cumplan los requisitos especificados a continuación.

I. Aplicación

Esta Recomendación se aplica a circuitos analógicos homogéneos o a circuitos mixtos analógicos y digitales.

Los requisitos que se indican a continuación se aplican al «circuito ficticio de referencia» (CFR) definido en la Recomendación 502.

Para estimar la calidad de funcionamiento de circuitos más cortos o más largos que el CFR, véase la Recomendación 605.

Nota 1 — Para los circuitos totalmente digitales, podría considerarse la posibilidad de formular otra Recomendación, después de realizar estudios más detallados.

Nota 2 — Para información adicional, puede consultarse el Informe 496 en el que se señalan también algunas diferencias existentes entre las Recomendaciones del CCIR y de la OIRT.

2. Características de los interfaces

2.1 Condiciones de prueba

Cuando deba medirse la calidad de funcionamiento de los circuitos, la salida del sistema se terminará por una carga de prueba simétrica, con una resistencia nominal de 600 Ω.

2.2 Impedancia

Impedancia de entrada del sistema	600 Ω, simétrica***
Impedancia de salida del sistema, provisionalmente	baja simétrica

* Esta Recomendación se propone también por la CMTT como revisión de la Recomendación J.21 del CCITT y debe señalarse a la atención de la Comisión de Estudio XV del CCITT.

** Para la definición de potencia absoluta, potencia relativa y niveles de ruido, véase la Recomendación 574.

*** Es necesario continuar el estudio de la tolerancia, de la reactancia admitida y del grado de asimetría.

El nivel de salida en circuito abierto no disminuirá más de 0,3 dB dentro de la gama nominal de frecuencias, si la salida está terminada por la carga de prueba especificada.

La parte reactiva de la impedancia de la fuente debe limitarse a 100 Ω como máximo (valor provisional) dentro de la gama nominal de frecuencias.

Sin embargo, por sí sola, esta cláusula no descarta una gran diferencia en las partes reactivas de las impedancias de salida de un par estereofónico, lo que a su vez podría dificultar el cumplimiento del § 3.2.2. Este aspecto requiere nuevos estudios.

2.3 Niveles

Nivel máximo a la entrada del circuito radiofónico	+ 9 dBm0s
Ganancia de inserción (1 kHz a -12 dBm0s)	0 dB
Error de ajuste, dentro de	± 0,5 dB
La variación en 24 h no debe exceder de	± 0,5 dB
Nivel relativo (véase la Recomendación J.14 del CCITT)	+ 6 dBrs

Si los organismos de radiodifusión desean aplicar tolerancias más estrictas, el organismo de radiodifusión receptor deberá afinar el ajuste insertando correctores adicionales.

3. Calidad de funcionamiento

3.1 Parámetros comunes

3.1.1 Respuesta ganancia/frecuencia

Frecuencia de referencia:	1 kHz (valor nominal)
La respuesta se medirá a:	-12 dBm0s

CUADRO I

Frecuencia (kHz)	Respuesta (dB)
$0,04 \leq f < 0,125$	+0,5 a -2
$0,125 \leq f < 10$	+0,5 a -0,5
$10 < f \leq 14$	+0,5 a -2
$14 < f \leq 15$	+0,5 a -3

Si los organismos de radiodifusión desean aplicar tolerancias más estrictas, el organismo de radiodifusión receptor deberá insertar correctores adicionales.

3.1.2 Variación del retardo de grupo

La diferencia entre el valor del retardo de grupo en las frecuencias indicadas y el valor mínimo, es:

kHz	$\Delta\tau$ (ms)
0,04	55
0,075	24
14	8
15	12

Entre los puntos definidos anteriormente, el límite de tolerancia varía linealmente en un diagrama de retardo/frecuencia (retardo a escala lineal, frecuencia a escala logarítmica).

3.1.3 Ruido

Para los sistemas de relevadores radioeléctricos, los requisitos deberán cumplirse al menos durante el 80% del tiempo total de cualquier periodo de 30 días. Es aceptable un valor adicional más desfavorable en 4 dB durante el 1% del tiempo, y un valor adicional más desfavorable en 12 dB durante el 0,1% del tiempo.

CUADRO II

Ruido	Sistema de transmisión	
	Analógico	Digital (3 codecs en cascada)
Ruido en un canal en reposo, máximo (dBq0ps)	-42	-51
Ruido de modulación radiofónica, máximo (dBq0ps)	-30	-39

El ruido de modulación radiofónica sólo puede presentarse en circuitos radiofónicos equipados con compresor-expansor (por ejemplo, tipos de circuitos correspondientes a la Recomendación J.31 del CCITT).

Este valor de ruido puede medirse mediante una señal auxiliar de prueba sinusoidal a +9 dBm0s/60 Hz que ha de suprimirse mediante un filtro de paso alto ($f_0 \leq 400$ Hz, $a \geq 60$ dB/60 Hz) antes de la serie de mediciones.

En el Informe 493 del CCIR se indica que si se utiliza un compresor-expansor, será necesaria, una relación señal/ruido más elevada a fin de evitar efectos molestos con determinados programas radiofónicos.

Nota — Para obtener información adicional sobre sistemas digitales véase el Informe 647.

3.1.4 Interferencia por un solo tono

Nivel de cualquier tono individual:

$$\leq -(73 + \psi) \quad \text{dBm0s}$$

donde ψ es el factor de ponderación (positivo o negativo) de respuesta del filtro, de conformidad con la Recomendación 468, en la frecuencia concreta.

Durante las transmisiones de programas radiofónicos por sistemas de corrientes portadoras, pueden aparecer residuos de portadora. Por esta razón, pueden intercalarse filtros de corte en el trayecto de la frecuencia portadora, conmutables en caso necesario para suprimir los tonos que de otro modo resultarían audibles en la gama superior de frecuencias entre 8 y 15 kHz. Para un circuito ficticio de referencia, se recomiendan filtros de corte de una anchura de banda entre puntos a 3 dB inferior a 3% de la frecuencia central. Debe evitarse el uso de filtros de corte que afecten a las frecuencias inferiores a 8 kHz.

3.1.5 Modulación perturbadora debida a la fuente de alimentación

El nivel de la componente lateral no deseada del nivel más alto, debida a la modulación causada por componentes de interferencia de orden inferior procedentes de la red de alimentación a 50 Hz ó 60 Hz, será menor de -45 dBm0s con una señal de prueba de 1 kHz en el nivel de ajuste 0 dBm0s.

3.1.6 Distorsión no lineal

3.1.5.1 Distorsión armónica

La distorsión armónica se medirá con la señal de excitación a +9 dBm0s, para las frecuencias hasta 2 kHz, y a +6 dBm0s para frecuencias de 2 kHz a 4 kHz.

La distorsión armónica total medida con un instrumento que indique el valor cuadrático medio (rms) verdadero, no superará los siguientes valores:

CUADRO III

Frecuencia de entrada (kHz)	Distorsión armónica total	Segundo y tercer armónicos medidos selectivamente
$0,04 \leq f < 0,125$	1% (-31 dBm0s)	0,7% (-34 dBm0s)
$0,125 \leq f \leq 2,0$	0,5% (-37 dBm0s)	0,35% (-40 dBm0s)
$2,0 < f \leq 4,0$	0,5% (-40 dBm0s)	0,35% (-43 dBm0s)

Nota — Si se utiliza un compresor-expansor se deberá aplicar el método de medición selectiva a fin de evitar toda posible influencia del ruido modulado por programa en los valores medidos.

3.1.6.2 *Intermodulación*

Para señales de entrada de 0,8 kHz y 1,42 kHz, con un nivel de +3 dBm0s, el armónico de tercer orden de 0,18 kHz será inferior al 0,5% (-43 dBm0s).

Nota — Se hace observar que, en los sistemas de transmisión con compresores-expansores, puede producirse por batido un armónico de tercer orden que rebase en 0,5% el valor especificado. Esto puede ocurrir cuando la diferencia entre las dos frecuencias fundamentales es inferior a 200 Hz. Por consiguiente, las componentes debidas a la distorsión de tercer orden, tendrán frecuencias correspondientes a la diferencia entre las dos frecuencias de prueba. Sin embargo, en estos casos, el efecto subjetivo de enmascaramiento permite aceptar una distorsión de hasta 2%.

Para los circuitos de 15 kHz, destinados a ser transmitidos en banda de base por circuitos metálicos únicamente, y a los equipos de modulación en bucle local, suponiendo que no existe preacentuación, se aplican los siguientes requisitos adicionales:

CUADRO IV

Señales de entrada a +3 dBm0s cada una	Nivel máximo del tono de diferencia en 1,6 kHz
5,6 kHz y 7,2 kHz	0,5% (-43 dBm0s) (segundo orden)
4,2 kHz y 6,8 kHz	0,5% (-43 dBm0s) (tercer orden)

3.1.6.3 *Productos de distorsión medidos con ruido conformado* (en estudio. El Informe 640-1 (Kyoto, 1978) se refiere a esta cuestión)

3.1.7 *Error en la frecuencia restituída* (aplicable sólo a sistemas MDF)

El error en la frecuencia restituída no debe rebasar 1 Hz.

Cuando la red de radiodifusión puede comprender dos o más trayectos paralelos, por ejemplo, canales de comentarios y de sonido separados, o emisiones desde transmisores diferentes en la misma frecuencia, pueden producirse unos batidos inaceptables si no se garantiza que el error sea nulo. El CCITT está estudiando los métodos necesarios para cumplir esta condición en todos los sistemas recomendados.

3.1.8 *Diafonía inteligible*

3.1.8.1 Las relaciones de paradiafonía y telediafonía inteligibles entre circuitos radiofónicos o producida por un circuito telefónico (perturbador) en un circuito radiofónico (perturbado) se medirán selectivamente en el circuito perturbado a las mismas frecuencias de la señal sinusoidal de medición, inyectada en el circuito perturbador, debiendo alcanzar, como mínimo, los valores que se indican a continuación:

CUADRO V

Frecuencia (kHz)	Atenuación diafónica
$f = 0,04$	50 dB
$0,04 < f < 0,05$	Segmento oblicuo con una escala lineal en dB y logarítmica en frecuencia
$0,05 \leq f \leq 5$	74 dB
$5 < f < 15$	Segmento oblicuo con una escala lineal en dB y logarítmica en frecuencia
$f = 15$	60 dB

3.1.8.2 Las atenuaciones de paradiafonía y telediafonía entre un circuito para transmisiones radiofónicas (circuito perturbador) y un circuito telefónico (circuito perturbado) deberá ser por lo menos de 65 dB.

Nota 1 — Se entiende que éste es un valor definido entre los niveles relativos aplicables a circuitos telefónicos. Se invita a las administraciones a que presenten contribuciones sobre métodos de medición de este parámetro.

Nota 2 — Se señala a la atención de las administraciones que puede ser difícil respetar estos límites en algunos casos, como cuando se utilizan pares no apantallados en un circuito de audiofrecuencia largo (por ejemplo, de unos 1000 km o más), o en determinados sistemas de corrientes portadoras por cables de pares simétricos, o en la gama de frecuencias bajas (por ejemplo, inferiores a unos 100 kHz) o en determinados sistemas de corrientes portadoras por cable coaxial. Si debe evitarse que la calidad de funcionamiento sea inferior a la normal, no deben utilizarse estos sistemas, o parte de los mismos, al constituir canales radiofónicos.

Nota 3 — Cuando existe un ruido de 4000 pW0p o más en un canal telefónico (como puede ocurrir en los sistemas de satélite, por ejemplo) es aceptable una reducida relación de diafonía, de 58 dB, entre un circuito radiofónico y un circuito telefónico.

Nota 4 — Se señala a la atención de las administraciones que puede ser necesario tomar precauciones especiales para respetar los límites de diafonía arriba indicados entre dos circuitos para transmisiones radiofónicas, que ocupen en forma simultánea los canales de ida y de retorno, respectivamente, de un sistema de corrientes portadoras (la disposición más económica), habida cuenta de la diafonía que podría producirse en los equipos terminales de modulación y en los equipos de línea; en efecto, en tales circunstancias ocupan la misma posición en la banda de frecuencias transmitida en línea (véase la Recomendación J.18 del CCITT).

Nota 6 — El efecto de la diafonía producida por un circuito radiofónico en un circuito telefónico no es una cuestión de secreto, sino más bien de perturbación subjetiva por una señal interferente cuya naturaleza es sensiblemente diferente de la del ruido aleatorio o de la diafonía múltiple (murmullo).

El desplazamiento de frecuencia adoptado para algunos equipos radiofónicos permite una reducción de la diafonía producida por un circuito telefónico en un circuito radiofónico. Sin embargo, en el sentido opuesto, esta reducción de la diafonía se experimenta sólo para la palabra, pero es prácticamente ineficaz para la música.

3.1.9 *Linealidad de amplitud*

Cuando la señal de entrada de 1 kHz aumenta paso a paso desde -6 dBm0s a $+6$ dBm0s, o viceversa, el nivel de salida variará en consecuencia en $12 \pm 0,5$ dB.

3.2 *Parámetros adicionales para la transmisión de programas estereofónicos*

3.2.1 La diferencia de ganancia entre los canales A y B no rebasará los siguientes valores:

CUADRO VI

Frecuencia (kHz)	Diferencia de ganancia (dB)
$0,04 \leq f < 0,125$	1,5
$0,125 \leq f \leq 10$	0,8
$10 < f \leq 14$	1,5
$14 < f \leq 15$	3,0

3.2.2 La diferencia de ganancia entre los canales A y B no rebasará los siguientes valores:

CUADRO VII

Frecuencia (kHz)	Diferencia de fase
$f = 0,04$	30°
$0,04 < f < 0,2$	Segmento oblicuo con una escala lineal en grados y logaritmica en frecuencia
$0,2 \leq f \leq 4$	15°
$4 < f < 14$	Segmento oblicuo con una escala lineal en grados y logaritmica en frecuencia
$f = 14$	30°
$14 < f < 15$	Segmento oblicuo con una escala lineal en grados y logaritmica en frecuencia
$f = 15$	40°

3.2.3 La relación señal/diafonía entre los canales A y B alcanzará como mínimo los siguientes valores:

3.2.3.2 Diafonía total causada predominantemente por intermodulación: 60 dB

Este valor se determina cargando uno de los dos canales con la señal simuladora de señales radiofónicas definida en la Recomendación 571. En el otro canal, la contribución de ruido debida a la intermodulación no será superior a -51 dBq0ps.

Ello conduce a un aumento del ruido según el valor de éste en el canal en reposo. En el cuadro VIII siguiente se muestra el aumento admisible:

CUADRO VIII

Ruido en el canal en reposo (dBq0ps)	-60	-57	-54	-51	-48	-45	-42
Aumento tolerable del ruido (dB)	9,5	7	4,8	3	1,8	1,0	0,5

3.3 Requisitos adicionales de los sistemas digitales

3.3.1 Si una señal de prueba está en relación armónica con la frecuencia de muestreo, pueden plantearse dificultades de medición. En este caso, la señal de prueba nominalmente a 1 kHz, debe desplazarse. La Recomendación O.33 del CCITT estipula 1020 Hz.

3.3.2 Asimetría del nivel de limitación

La diferencia entre los niveles que llevan a una limitación de la media onda positiva o negativa de la señal de prueba no rebasará 1 dB.

3.3.3 Intermodulación con la señal de muestreo

Los productos de intermodulación (f_d) causados por no linealidades pueden darse en el canal de sonido cuando la señal de muestreo (f_0) se combina con señales de audiofrecuencia transmitidas en la banda (f_i) o señales interferentes fuera de banda (f_a).

3.3.3.1 Intermodulación en la banda

Se aplica la siguiente regla de combinación: $f_d = f_0 - n f_i$.

Sólo tienen importancia los valores de $n = 2$ ó 3 .

La diferencia de nivel entre una señal de 0 dBm0s (f_i) y los productos de intermodulación (f_d) no será menor de 40 dB.

Basta con imponer la restricción siguiente a los valores de f_i y de f_d :

CUADRO IX

	$n = 2$		$n = 3$	
f_i (kHz)	9	13	7	11
f_d (kHz)	14	6	11	1

3.3.3.2 Intermodulación fuera de banda

Se aplica la siguiente regla de combinación: $f_d = n f_0 \pm f_a$.

Sólo tienen importancia los valores de $n = 1$ ó 2 .

Basta con imponer la restricción siguiente a los valores de f_a y de f_d :

CUADRO X

	$n = 1$		$n = 2$	
f_a (kHz)	31	33	63	65
f_d (kHz)	1			

3.3.4 *Otros parámetros*

Se están estudiando características de bits erróneos, chasquidos, temblores de fase, etc. (véanse el Programa de Estudios 18A/CMTT y el Informe 647).

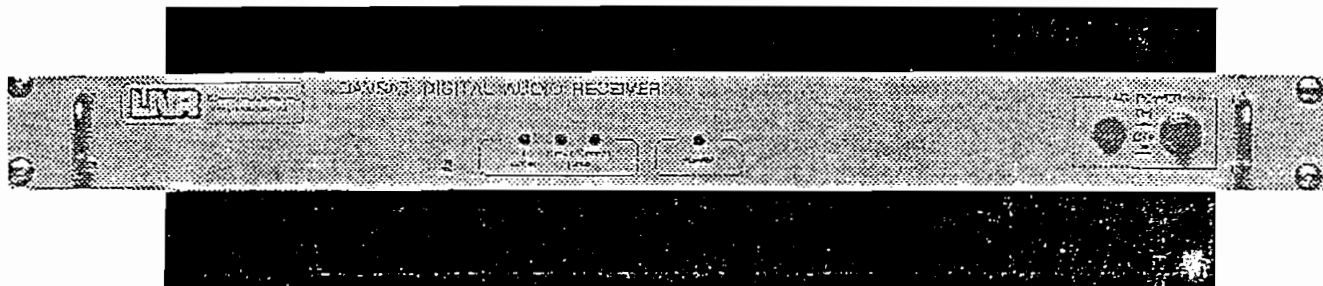
Nota — El CCIR ha publicado la Recomendación 572 que trata de la transmisión de un programa radiofónico asociado a una señal analógica de televisión, mediante multiplaje por distribución en el tiempo en los impulsos de sincronismo de línea. El sistema recomendado es un sistema digital que utiliza modulación por impulsos codificados. Se prevé una anchura de banda del programa radiofónico de 14 kHz.

BIBLIOGRAFÍA

Documentos del CCIR
 [1978-82]: CMTT/68 (OIRT).

ANEXO 4
EQUIPOS PARA TRANSMISION
SATELITAL DE LNR

DAVSAT™ DIGITAL AUDIO SCPC RECEIVER MODEL DAR-220



Model DAR-220 DAVSAT™ Digital Audio SCPC Receiver is a complete Single Channel Per Carrier (SCPC) receiver. It contains all the demodulation, error correction, and Musicam decoding circuitry required to deliver CD quality mono, dual mono or stereo program

audio channels, together with an auxiliary data stream. Musicam compression technology permits high quality audio transmission while efficiently using satellite transponder bandwidth.

FEATURES:

- BPSK with rate 1/2 FEC
- Compact rack mount chassis
- Control Modes:
 - Local
 - Remote
 - Network
- Auxiliary Data
- Addressable
- Audio Mute, Fade, and Boost

EQUIPMENT DESCRIPTION

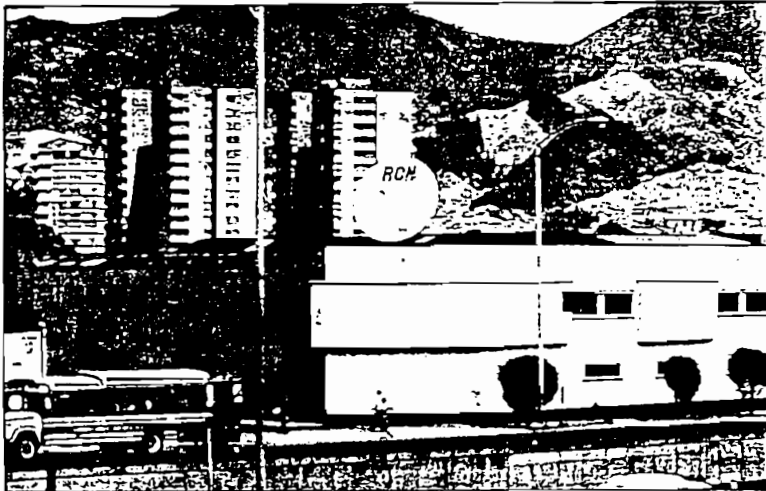
The Model DAR-220 DAVSAT™ Digital Audio SCPC Receiver features an L-Band tuner, BPSK data demodulator, 1/2 rate FEC decoder, and Musicam audio decoder, in a single compact desk top chassis. The receiver can be controlled locally, or through LNR's M&C

System. Local control, receiver status, and link diagnostics are accessed with a dumb terminal through an RS232 port on the rear panel. Data rates are 64, 96, 128, 192, and 256 kbps.

C and Ku- BAND

DAVSAT™ EARTH STATION

- VSAT-PLUS MODELS C-NET and K-NET 2000
- 1.2 to 6.1 meter antenna
- Fixed site, transportable or fly-away



DESCRIPTION

LNR Series 2000 earth stations provide full duplex satellite transmission for data, voice, audio and video networks. The integrated terminal includes antenna, PA, LNA, frequency conversion, modem, multiplex and codec functions in a fully integrated single-thread or redundant configuration.

The highly flexible, reliable and cost-effective design accommodates a variety of applications such as INTEL-SAT, regional and domestic satellite networks. The equipment making up these earth stations consists of

APPLICATIONS

- Voice, data, fax, compressed audio and video
- IDR/IBS/SMS or closed networks
- All satellite compatibility: International/ regional/domestic

CONFIGURATIONS

- Complete earth terminal or RFT (radio frequency terminal) only
- Antenna-mounted solid-state electronics (to 50 watts)
- Customer-specific EIRP, G/T, data rate, FEC, etc.
- Single-thread or redundant configurations
- Remote control interface options

standard products with field demonstrated performance and reliability to satisfy specific EIRP, G/T, baseband data rate, service and protocol requirements.

The Series 2000 earth stations can meet or exceed all applicable INTELSAT, EUTELSAT, FCC and CCIR requirements. A broadband RF terminal design is utilized that is capable of covering any satellite frequency plan. For example, the K-NET is available with low, mid or high-band downlink options or with full 1800 MHz downlink tuning for universal compatibility.

FEATURES

- End-to-end communications implementation
- Flexible architecture configured for specific applications
- Full duplex
- Fully integrated field proven equipment
- Modular design for ease of maintenance
- Slimline design for minimum size and rack space

OPTIONS

- Radio frequency terminal (RFT) only or with modem/ baseband interface
- 3 to 300 watt transmit power
- LNA noise temperatures 28 to 160°K
- Other antenna sizes
- Uplink power control Model UPC-70
- Single thread, 1:1 or 1:N configurations
- M & C and DAMA
- 70 or 140 MHz IF
- Analog video exciter/receiver
- Worldwide turnkey installation and test

TYPICAL RF TO IF SPECIFICATIONS

UPLINK

RF Frequency (Ku-Band)	14.0 to 14.5 GHz
(C-Band)	5.925 to 6.425 GHz (Domsat) 5.850 to 6.425 GHz (Intelsat)
Amplitude Response	± 1 dB p-p (± 18 MHz)
Group delay	± 2.0 ns p-p (± 18 MHz)
Input level	-20 dBm (to saturate HPA)
Level adjustment range	20 dB
Level stability	± 0.5 dB/24 hr (const temp)
Intermodulation	-24 dBc, at 7 dB backoff
Harmonic suppression	-60 dBc
Spurious outputs transmit band	Less than 4 dBw/4 KHz
IF input impedance	75 ohms, unbalanced
IF input VSWR	1.2
Frequency stability	$\pm 1 \times 10^{-8}$ /day ($\pm 1 \times 10^{-9}$ /day optional)
Phase noise	Meets INTELSAT/EUTELSAT requirements for digital transmission

DOWNLINK

RF frequency ranges (Ku-Band)	10.95 to 11.7 GHz (low-band) 11.7 to 12.2 GHz (mid-band) 12.25 to 12.75 GHz (high-band) or 10.95-12.75 GHz (all-band)
(C-Band)	3.7-4.2 GHz (Domsat) 3.625-4.2 GHz (Intelsat)
Amplitude Response	± 1.0 dB p-p (± 18 MHz)
Group delay	2.0 ns p-p (± 18 MHz)
Downlink gain	80 dB nominal
IF output impedance	75 ohms, unbalanced
IF output VSWR	1.25
Frequency stability	$\pm 1 \times 10^{-8}$ /day ($\pm 1 \times 10^{-9}$ /day optional)
Phase noise	Meets INTELSAT/EUTELSAT requirements for digital transmission

PRIMARY POWER 115/230 $\pm 10\%$ VAC; 47-63 Hz (Option: -48 VDC)

ENVIRONMENTAL

Temperature	-20° to 50°C (outdoor equipment) 0° to 50°C (indoor equipment)
Relative humidity	0 to 95% non-condensing (outdoor equipment)
Maximum altitude	3000 m
Shock and vibration	As encountered during normal shipping and handling.
Salt atmosphere, sand, dust	As normally encountered in coastal and industrial environments.

LNR TURNKEY INSTALLATION SERVICES

- Design/system engineering
- Hardware
- Program management
- Installation and integration
- On-site acceptance testing
- Operations/maintenance
- Training
- Documentation
- Support



Contact LNR's Marketing Department for further details

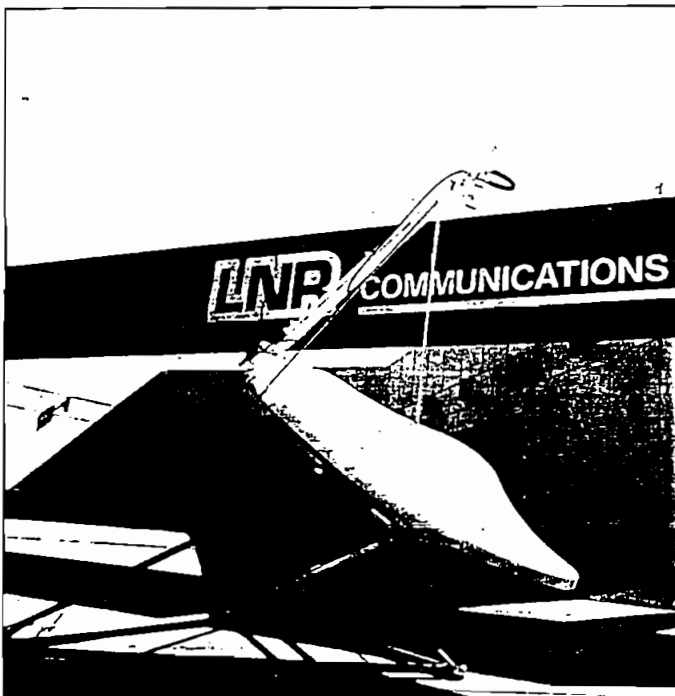
Printed in USA
Specifications subject to change without notice.

TYPICAL SYSTEM PERFORMANCE — DAVSAT™ SERIES 2000 EARTH STATIONS

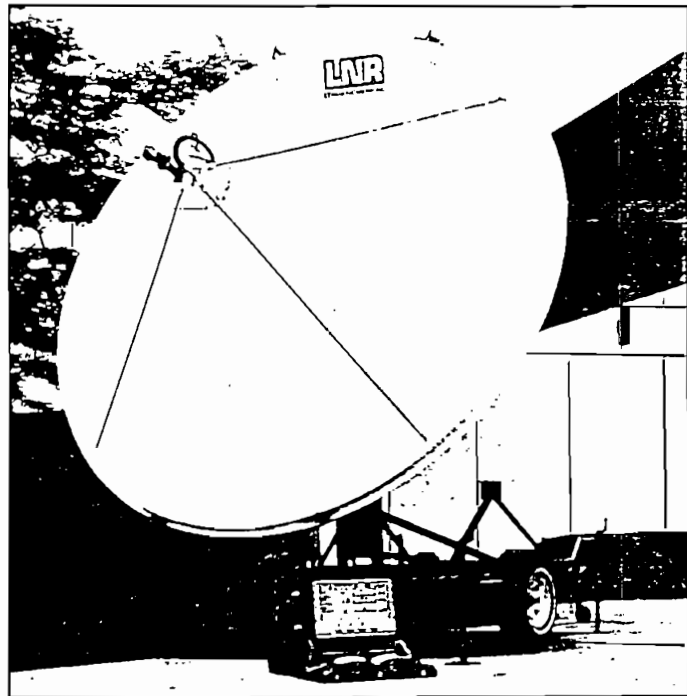
Frequency band	Ku-Band Model K-2000				C-Band Model C-2000				X-Band Models X-2000			
	Downlink (GHz)	10.95–12.75				3.625–4.2				7.25–7.75		
Uplink (GHz)	14.00–14.50				5.850–6.425				7.9–8.4			
Antenna diameter (m)	1.8	2.4	3.5	4.5	2.4	3.5	4.5	6.1	2.4	4.5		
Midband gain (dBi)												
Receive	45.1	47.6	50.8	53.2	38.3	41.8	43.4	46.4	43.8	48.8		
Transmit	46.6	49.1	52.2	54.8	42.0	44.9	47.1	49.6	44.4	49.2		
G/T (dB/K)*												
LNA					LNA				LNA			
160°	21.7	24.2	27.2	29.5	55°	18.2	21.8	23.3	26.3	75°	22.4	27.2
120°	22.6	25.1	28.1	30.3	50°	18.5	22.1	23.5	26.5	60°	22.9	27.7
90°	23.4	25.9	28.9	31.1	40°	18.9	22.6	24.0	29.0			
PA												
3W	49.9	52.3	55.4	58.1	8W	50.0	52.8	55.1	57.6			
10W	55.0	57.5	60.5	63.1	20W	54.0	56.9	59.1	61.6	120W	62.7	67.5
85W	62.5	65.0	68.1	70.1	75W	58.9	61.6	63.8	66.3	160W	63.9	68.7
125W	64.2	66.7	69.6	72.3	125W	60.9	63.8	66.0	68.5	350W	67.2	72.0
300W	67.8	70.3	73.4	76.0	400W	66.4	69.3	71.5	74.0			

*Note: other sizes available

TRANSPORTABLE and FLYAWAY OPTIONS



Flyaway models are available with sectioned antennas as small as 1.2 meters.



The DAVSAT™ earth stations are available in several trailer-mounted antenna configurations. (3.5 meter transportable shown)