

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

ESTUDIO PARA LA IMPLANTACION DE PORTADORAS DIGITALES
DE VELOCIDAD INTERMEDIA (IDR) EN LA ESTACION TERRENA "QUITO"

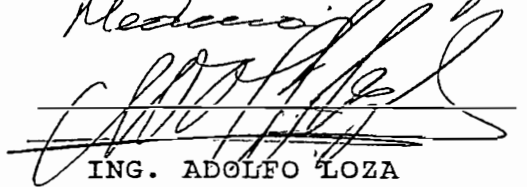
EFREN MARCELO P. MEDINA ROMO

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE INGENIERO EN LA
ESPECIALIZACION DE INGENIERIA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES
EN LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

QUITO - ECUADOR

ABRIL, 1991

REVISADO POR, *Para este*
trabajo la real
izó en su totali
dad, el Sr. Efra
Medina



ING. ADOLFO LOZA

Director de Tesis

A la memoria de mi Padre,

A mi Madre,

A mi Esposa,

A mi Hija,

A mis Hermanos

A G R A D E C I M I E N T O

Al Ing. Adolfo Loza, por su generosa colaboración
en la elaboración de esta tesis.

Al Ing. Leonardo Cajas, por su valiosa orientación.

A todos los profesores de la Escuela Politécnica Nacional
que colaboraron en mi formación universitaria.

INTRODUCCION

CAPITULO I

SITUACION ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES		1
INTERNACIONALES		
1.1	✓ Situación actual de los servicios que ofrece la Estación Terrena "Quito"	1
1.1.1	Antecedentes y transmisión analógica	1
1.1.2	Servicio de telefonía internacional	1
1.1.3	Transmisión de datos internacionales	2
1.2	Transición de INTELSAT a la modalidad digital	3
1.2.1	Consideraciones de INTELSAT	3
1.2.2	Factores para la transición	5
1.2.2.1	Factores de carácter general	6
1.2.2.2	Factores específicos	6
1.3	✓ Evaluación de los planes operativos de INTELSAT	7
1.3.1	Servicios de los satélites de INTELSAT	7
1.3.2	Operaciones del sistema entre 1988-1994	8
1.3.2.1	Plan de emplazamiento satelital	8
1.3.2.2	Implementación de portadoras IDR y DCME	9
1.3.2.3	Planes operativos para el período 1989-1994	10
1.3.2.4	Planes operativos para el Ecuador	10
1.4	Servicios IBS e INTELNET de INTELSAT	12
1.4.1	Servicios Empresariales de INTELSAT (IBS)	12
1.4.1.1	Aplicaciones del servicio	13
1.4.1.2	Descripción de los servicios	14
1.4.1.2.1	IBS básico	14
1.4.1.2.2	Súper IBS	14
1.4.1.3	Tipos de servicio	15
1.4.1.3.1	Alquiler a tiempo completo	15
1.4.1.3.2	Alquiler a tiempo completo de corto plazo	15

1.4.1.3.3	Alquiler a tiempo parcial	15
1.4.1.3.4	Alquiler de uso ocasional	15
1.4.1.4	Capacidades ofrecidas	15
1.4.1.4.1	Capacidad baja a mediana	16
1.4.1.4.2	Gran capacidad	16
1.4.1.4.3	Transpondedores alquilados por unidad o fracción	16
1.4.1.5	Categorías de redes	16
1.4.1.5.1	Red cerrada	17
1.4.1.5.2	Red abierta	17
1.4.1.6	Características técnicas	17
1.4.1.6.1	Cobertura	17
1.4.1.6.2	Conectividad	17
1.4.1.6.3	Método de modulación y acceso	18
1.4.1.7	Tipos de estaciones terrenas para IBS	18
1.4.1.8	Descripción del INTELSAT V-A	19
1.4.2	Portadoras IDR de INTELSAT	20
1.4.3	Servicio INTELNET	20
1.4.3.1	Aplicaciones típicas	20
1.4.3.2	Tipos de servicio	21
1.4.3.2.1	A tiempo completo	21
1.4.3.2.2	De uso ocasional	21
1.4.3.3	Calidad del servicio	22
1.4.3.4	Características técnicas	22
1.4.3.4.1	Bandas de frecuencia y cobertura	22
1.4.3.4.2	Método de modulación y acceso	22
1.4.3.4.3	Interfaces	22
1.4.3.5	Tipos de estaciones terrenas para INTELNET	23

CAPITULO II

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS PORTADORAS DIGITALES DE VELOCIDAD INTERMEDIA (IDR)		24
2.1	Descripción del servicio IDR	24
2.1.1	Calidad del servicio	24
2.1.1.1	Objetivos de calidad	25
2.1.2	Tipos de estaciones terrenas	26
2.1.3	Aplicaciones del servicio	26
2.1.4	Equipo DCME	26

2.2	Características técnicas de las portadoras IDR	27
2.2.1	Características de radio frecuencia	27
2.2.1.1	Requisitos de p.i.r.e., márgenes por lluvia y control del enlace ascendente	28
2.2.1.1.1	Factores de corrección de p.i.r.e.	28
2.2.1.1.2	Ajuste de p.i.r.e.	31
2.2.1.1.3	Estabilidad de p.i.r.e.	31
2.2.1.2	Restricciones sobre las emisiones	31
2.2.1.2.1	Transferencia de modulación	32
2.2.1.3	Ruido de fase	32
2.2.1.4	Igualación de amplitud y retardo de grupo	34
2.2.1.5	Espaciamiento y tolerancia de frecuencia	35
2.2.1.5.1	Espaciamiento entre portadoras	35
2.2.1.5.2	Tolerancia de radiofrecuencia de la portadora	35
2.2.1.6	Parámetros de transmisión	35
2.2.2	Características de la unidad de canal IDR	36
2.2.2.1	Características de modulación	37
2.2.2.1.1	Características de salida del modulador	40
2.2.2.1.2	Salidad del espectro del modulador	41
2.2.2.1.3	Condiciones de funcionamiento del demodulador	42
2.2.2.2	Corrección de errores sin canal de retorno (FEC)	42
2.2.2.2.1	Codificador	42
2.2.2.2.2	Decodificador	43
2.2.2.2.3	Selección del código FEC	43
2.2.2.3	Dispersión de energía (aleatorización)	44
2.2.2.4	Características de la tasa de bits erróneos (BER)	47
2.2.2.5	Unidad de encabezamiento para ESC y alarmas	48
2.2.2.5.1	Estructura de la trama de encabezamiento	49
2.2.2.5.2	Conceptos de alarmas de mantenimiento para la unidad de canal IDR con encabezamiento	50
2.2.3	Temporización y memoria intermedia	54
2.2.3.1	Tipos de arreglo de temporización	54
2.2.3.2	Localización de la memoria intermedia	55

2.2.3.3	Capacidad de la memoria intermedia	57
2.2.3.4	Variaciones en el tiempo de propagación de transmisión	58
2.2.3.5	Precisión de la temporización	59
2.2.4	Características de banda base	59
2.2.4.1	Jerarquías digitales y velocidades de transmisión	60
2.2.4.2	Operación en multidestino	60
2.2.4.3	Señalización	61
2.2.5	Interfaces del canal de voz	62
2.2.5.1	Codificación PCM	62
2.2.5.2	Protección de eco	62
2.2.5.3	Interfaz LRE/DSI	62
2.2.6	Circuitos de servicio de ingeniería	62
2.2.6.1	Comunicaciones entre INTELSAT y estaciones terrenas operativas	63
2.2.6.2	Velocidades de datos menores que 1544 kbps	64
2.3	Balance de un enlace satelital de referencia	64
2.3.1	Enlace de referencia	65
2.4	Red digital de servicios integrados (RDSI)	66
2.4.1	Introducción	66
2.4.2	Aparición del concepto de RDSI	67
2.4.2.1	Conceptos para desarrollar la RDSI	67
2.4.2.1.1	Transmisión digital	70
2.4.2.1.2	Conmutación digital	70
2.4.3	Principios fundamentales de la RDSI	70
2.4.4	Las interfaces de la RDSI	71
2.4.4.1	Configuración del sistema de interfaz de la RDSI	71
2.4.4.2	Sistemas de conmutación RDSI	74
2.4.5	La RDSI vista por el usuario	75
2.4.6	Servicios proporcionados por la RDSI	76
2.4.6.1	Nuevos servicios a 64 kbps	77
2.4.7	Los planes para la introducción de la RDSI	79
2.4.7.1	Estrategias de evolución para la RDSI	79
2.4.8	Terminales RDSI	81
2.4.9	Escenario de una RDSI internacional	82
2.4.10	Equipo de prueba para RDSI	83

2.4.10.1	Prueba de equipos terminales	84
2.4.10.2	Pruebas en la interfaz básica usuario-red	84
2.4.10.3	Pruebas en la sección entre el abonado y la central	85
2.4.10.4	Análisis de protocolos	86

CAPITULO III

IMPLANTACION DE PORTADORAS IDR EN EL SISTEMA INTELSAT		87
3.1	Aspectos de planificación	87
3.1.1	Estaciones terrenas nuevas	87
3.1.2	Estaciones existentes	87
3.1.3	Consideraciones de planificación	88
3.1.4	Tamaños de portadoras IDR	89
3.1.5	Consideraciones para la implementación de portadoras IDR	90
3.1.5.1	Velocidad del multiplex	90
3.1.5.2	Facilidades digitales terrestres	90
3.1.5.3	Consideraciones de conmutación	91
3.2	Tipos de implantación de portadoras IDR	91
3.2.1	Interfaz analógico	92
3.2.2	Interfaz digital	93
3.3	Tipos de implantación según los destinos	93
3.3.1	Operación en unidestino y multidestino.	93
3.3.2	Operación en multidestino (MD)	95.
3.3.2.1	Trenes de nivel primario multidestino	96
3.3.2.2	Trenes multidestino de orden superior	96
3.3.2.3	Transmisión en unidestino, recepción en multidestino	100
3.3.2.4	Expansión	100
3.4	Desarrollo de estaciones terrenas para trabajar con IDR	101
3.4.1	Sitio de las estaciones terrenas nuevas	101
3.4.2	Crecimiento de la capacidad de tráfico IDR	102
3.4.3	Diseño de los subsistemas de la estación terrena	103
3.5	Aspectos de planificación de operación de portadoras IDR	104
3.5.1	Conversión de FDM/FM a IDR/DCME	104

CAPITULO IV

IMPLANTACION DE PORTADORAS IDR EN LA ESTACION TERRENA QUITO		
4.1	Evaluación de la situación actual	107
4.1.1	Los sistemas digitales existentes en el Ecuador	107
4.1.1.1	Central Internacional de Guayaquil	108
4.1.1.2	Central Internacional de Quito	108
4.1.2	Análisis de los planes operativos de INTELSAT	108
4.1.3	Configuración de la Estación Terrena Quito para transmisión digital	109
4.2	Características de transmisión de las portadoras de la Estación Terrena Guayaquil	110
4.3	Alternativas de implantación	110
4.3.1	Alternativa con microonda digital	111
4.3.2	Alternativa con fibra óptica	111
4.3.3	Alternativa con microonda analógica y transmultiplexores	113
4.4	Equipo necesario para la implantación de portadoras IDR en la Estación Terrena Quito	114
4.4.1	Radioenlace digital y equipos multiplex	116
4.4.1.1	Características generales	116
4.4.1.2	Especificaciones de equipos de radioenlace digital a 140 Mbps para 1920 canales MIC	117
4.4.1.2.1	Características de banda base	117
4.4.1.2.2	Características de frecuencia intermedia	118
4.4.1.2.3	Características del modem	118
4.4.1.2.4	Características de radio frecuencia	118
4.4.1.2.5	Características del sistema de conmutación	119
4.4.1.2.6	Canales de servicio	119
4.4.1.2.7	Puntos de prueba	119
4.4.1.2.8	Alarmas e indicaciones	120
4.4.1.2.9	Objetivos de calidad, confiabilidad y disponibilidad	120
4.4.1.3	Especificaciones del equipo multiplex	121
4.4.1.4	Sistema de supervisión y alarmas	121
4.4.1.5	Características de las antenas	121

4.4.1.6	Especificaciones de las torres	124
4.4.2	Equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME)	124
4.4.3	Equipos terminales de portadoras IDR	125
4.4.3.1	Modems IDR	126
4.4.3.1.1	Características principales	126
4.4.3.1.2	Modulador	129
4.4.3.1.3	Demodulador	129
4.4.3.1.4	Interfaz terrestre	131
4.4.3.1.5	Compatibilidad con los servicios IBS	132
4.4.3.2	Precisión de temporización y sincronismo	132
4.4.4	Equipos de conversión de frecuencia y amplificadores de alta potencia (HPA)	134
4.4.4.1	Cálculo de la potencia del amplificador	134
4.4.4.2	Características principales de los amplificadores	136
4.4.4.2.1	Componentes de frecuencia en la línea AC de los HPAs	137
4.4.4.3	Convertidores de frecuencia de alta estabilidad	138
4.4.4.3.1	Características principales	138
4.4.4.4	Combinador/divisor de IF	140
4.4.4.5	Equipo de circuitos de órdenes	140
4.4.4.6	Control del eco	141
4.4.4.6.1	Canceladores de eco	143
4.5	Consideraciones de operación y mantenimiento	144
4.5.1	Operación de modems IDR	145
4.5.2	Control de p.i.r.e.	145
4.5.3	Conmutación de redundancia para modems IDR	146
4.6	Equipo de prueba y pruebas de alineamiento de la Guía de Operaciones del Sistema Satelital (SSOG)	147
4.6.1	Introducción	147
4.6.2	Programa de pruebas	148
4.6.3	Equipo de prueba	148
4.6.3.1	Ajustes y compatibilidad	148
4.6.3.2	Descripción del equipo de prueba	149

4.6.4	Preparación para acceder al segmento espacial	154
4.6.5	Procedimientos de prueba	155
4.6.5.1	Desempeño del demodulador (lazo de IF)	155
4.6.5.2	Desempeño del demodulador (Prueba de canales interferentes adyacentes)	157
4.6.5.3	Desempeño del demodulador (lazo de RF)	158
4.6.5.4	Energía de dispersión (aleatorización)	160
4.6.5.5	P.i.r.e. y frecuencia de transmisión	161
4.6.5.6	Respuesta de amplitud IF a IF	162
4.6.5.7	Respuesta de retardo de grupo IF a IF	163
4.6.5.8	Espectro de salida del HPA	164
4.6.5.9	Desempeño del enlace: Relación (Co+No)/No de recepción vs. BER	166
4.6.5.10	Alarmas de la unidad de canal	168
4.6.5.11	Frecuencia y p.i.r.e. de transmisión (ELU/ALU)	170
4.6.5.12	BER de recepción (ELU/ALU)	171
4.6.6	Conversión de (Co+No)/No medida en el analizador de espectros, a Co/No y C/N	172
4.6.7	Explicación de la terminología C/N, C/No, Eb/No y velocidad de transmisión R	173
4.7	Calendario de implantación	175

CAPITULO V

EQUIPO DE MULTIPLICACION DE CIRCUITOS DIGITALES (DCME)	177	
5.1	Características principales	
5.1.1	Codificación ADPCM de 5/4/3 bits de INTELSAT	177
5.1.2	Servicios acomodados	178
5.1.3	Descripción breve del equipo terminal DCME	179
5.1.3.1	La interfaz de circuitos interurbanos	180
5.1.3.2	La interfaz soporte	180
5.1.3.3	Equipo de función básica	180
5.2	Selección de tipo de DCME	183
5.2.1	Multigrupo	183
5.2.2	Multidestino	184
5.2.3	Selección de DCME multigrupo vs. multidestino	184

5.2.3.1	Elementos técnicos y de coste	185
5.2.3.2	El impacto de la ganancia	185
5.2.3.3	Restricciones operacionales	187
5.2.3.4	Consideraciones generales sobre el DCME	187
5.3	Ganancia de multiplicación de circuitos	188
5.3.1	Cálculo de la ganancia del DCME	191
5.4	Interfaz de estación terrena	194
5.4.1	Sistema de portadoras IDR	195
5.5	Implementación de portadoras IDR con DCME	196
5.6	Implantación del DCME en la Estación Terrena "Quito"	197

CAPITULO VI

CONSIDERACIONES ECONOMICAS Y ANALISIS DE COSTOS

6.1	Costos del segmento espacial	200
6.1.1	Términos y condiciones	202
6.2	Costos de la implantación del sistema IDR/DCME	202
6.3	Comparación de costos	203
6.3.1	Dos portadoras FDM/FM de 120 canales	205
6.3.2	Portadora FDM/FM de 60 canales	206
6.3.3	Portadora FDM/FM de 48 canales	206
6.3.4	Ahorro total	206
6.4	Conclusiones económicas	207

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

I N D I C E D E C U A D R O S

<u>CUADRO N°</u>		<u>PAGINA</u>
1.1	Crecimiento de tráfico entre 1985 y 1990	3
1.2	Circuitos de datos internacionales	4
1.3	Servicios que prestan los satélites INTELSAT de la Región del Océano Atlántico	8
1.4	Plan de emplazamiento satelital para la AOR	9
1.5	Planes operativos de INTELSAT para Ecuador en el período 1989-1994	11
1.6	Planes operativos para satélite en 325.5°E	12
1.7	Estaciones normalizadas de INTELSAT para IBS	19
2.1	Resumen de los principales parámetros de IDR	29
2.2	Ejemplos de requisitos máximos de p.i.r.e.	33
2.3	Restricciones de las emisiones de estaciones terrenas	34
2.4	Límites de igualación de retardo de grupo	35
2.5	Parámetros de transmisión para portadoras IDR recomendadas de INTELSAT (con FEC 3/4)	38
2.6	Características de la modulación QPSK y parámetros de transmisión	39
2.7	Condiciones de avería y medidas consiguientes	52
2.8	Requisitos mínimos de memoria	58
2.9	Características del multiplex de INTELSAT para operación en multidestino	61
2.10	Ejemplos de análisis de enlaces de referencia para IDR en las bandas C y Ku	68
4.1	Especificaciones técnicas para equipos multiplex de cuarto, tercer y segundo orden	122
4.2	Especificaciones de amplificadores de potencia	137
4.3	Especificaciones eléctricas de convertidores	142
4.4	Plan de pruebas	149
4.5	Requisitos de equipo de prueba	151
4.6	Desempeño de la prueba en lazo de IF	156

4.7	Desempeño de la prueba en lazo de RF y del enlace	159
4.8	Conversión de (Co+No)/No a Co/No	172
4.9	Calendario de implantación	176
5.1	Ganancia de interpolación de voz	193
5.2	Cálculos de la ganancia DCME para circuitos interurbanos de 30 y 120 canales de capacidad	139
6.1	Nueva estructura tarifaria de INTELSAT	201
6.2	Factores de ajuste tarifario	201

I N D I C E D E F I G U R A S

<u>FIGURA N°</u>	<u>PAGINA</u>
2.1 Ilustración de un enlace IDR que muestra los principales parámetros	30
2.2 Requisito del componente continuo de ruido de fase	45
2.3 Respuesta de amplitud y retardo de grupo de IF a RF de estación terrena	36
2.4 Ilustración de la unidad de canal IDR	40
2.5 Diagrama de un modulador 4-PSK	41
2.6 Máscara de densidad espectral de potencia a la salida del modulador	45
2.7 Diagrama de bloques de un codificador convolucional	45
2.8 Capacidad de transpondedor para varios codificadores FEC	46
2.9 Desempeño de BER de una unidad de canal IDR	46
2.10 (a) Unidad de encabezamiento IDR	51
(b) Estructura de encabezamiento para portadoras de nivel primario	51
2.11 Arreglo de temporización y memoria intermedia	
(a) Redes digitales en ambos extremos	56
(b) Temporización remota de un extremo de la red desde el otro	56
(c) Temporización recuperada de una estación se transmite a otra	56
(d) Redes analógicas en ambos extremos	56
2.12 Configuración de referencia de interfaz usuario-red	72
2.13 Situación actual de redes y servicios	80
2.14 Redes y servicios en el futuro próximo	80
2.15 Redes y servicios en el futuro	81
2.16 Pruebas de abonado y de línea	85

3.1	Reemplazo de un enlace FDM/FM con un enlace IDR (unidestino, interfaz analógico)	94
3.2	Implementación de una portadora IDR unidestino con interfaz digital de 1er. orden	95
3.3	Implementación de portadoras IDR multidestino con canales individuales de 64 kbps	97
3.4	Implementación de portadoras IDR multidestino a 2048 kbps	98
3.5	Implementación de portadoras IDR multidestino a 8448 kbps	99
3.6	Plan de asignación de FDM/FM a FDM/FM + IDR	106
4.1	Equipo necesario para implantación de transmisión IDR en la Estación Terrena Quito	112
4.2	Configuración de equipos de transmisión digital en la Estación Terrena Quito	127
4.3	Modulador IDR	130
4.4	Demodulador IDR	130
4.5	Arreglo de equipo de prueba para la prueba de desempeño de demodulador	158
4.6	Espectro de salida del HPA de la estación transmisora	165
5.1	Descripción del equipo DCME	181
5.2	Ejemplo de una red IDR/DCME	186
5.3	Ejemplo de distribución de tráfico en DCME MC	189
5.4	Red de conexión de integración de DCME MC y MD	189
5.5	Gráfica de la ganancia DCME en función de la capacidad en circuitos interurbanos	199
6.1	Costos de los equipos para la digitalización de la Estación Terrena Quito	204

I N T R O D U C C I O N

I N T R O D U C C I O N

La tendencia más importante en la evolución del sistema INTELSAT en los próximos años es la implantación de la tecnología digital y, en particular, de las portadoras digitales de velocidad intermedia (IDR), como sucesoras de los tradicionales servicios FDM/FM analógicos.

Una de las principales ventajas de la operación en IDR son los beneficios en función del costo del segmento espacial que se obtendrá utilizando el Equipo digital de multiplicación de circuitos.

Las portadoras IDR y el servicio TDMA con DCME permitirán a INTELSAT la integración de los medios de transmisión a la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI).

Como la Estación Terrena Quito es por el momento el único medio de interconexión internacional para el Ecuador, es imperativo que se desarrolle esta nueva tecnología. De aquí la importancia de este estudio que ha sido orientado de tal manera que cubra todos los campos involucrados.

En el Capítulo I se reseñan los servicios actuales de la Estación Terrena "Quito" y los factores para la transición de tecnología, a fin de evaluar los requisitos para la implantación.

En el Capítulo II se describe las principales características técnicas que INTELSAT define para las portadoras IDR. Además se muestra un balance satelital, que indica la factibilidad de cumplir los objetivos de calidad que indica el CCIR para un enlace digital, a través de los satélites INTELSAT. También se examinan los principios fundamentales de la RDSI.

En el siguiente capítulo nos hemos concretado a los pasos que ha dado INTELSAT para la implantación de las portadoras IDR,

con ejemplos prácticos de aplicación. Se enumera, además, los requisitos que deben cumplir las estaciones terrenas nuevas y las existentes para operar con estas portadoras.

El Capítulo IV se refiere a la necesidad de equipos que deben instalarse en la Estación Terrena "Quito" para la implantación de las portadoras IDR. Se pone especial énfasis en las características principales que deben cumplir dichos equipos para cumplir con las especificaciones de INTELSAT. Además se describe en forma minuciosa las pruebas que deben llevarse a cabo para la operación de las portadoras IDR.

En el Capítulo V se presenta un diagrama de bloques simplificado del DCME con las funciones de cada unidad. Además se indica el concepto en que se basa el dimensionamiento del tráfico cursado por el DCME.

Por último, en el Capítulo VI se indica las tarifas del segmento espacial para las portadoras IDR con DCME, los ajustes por uso de varias estaciones normalizadas de INTELSAT, el costo de los equipos necesarios para la implantación de las portadoras IDR en la Estación Terrena "Quito" y la comparación de costos con los servicios existentes.

C A P I T U L O I

CAPITULO I

SITUACION ACTUAL DE LAS TELECOMUNICACIONES INTERNACIONALES

1.1 Situación actual de los servicios que ofrece la Estación Terrena "Quito"

1.1.1 Antecedentes y transmisión analógica

La Estación Terrena "Quito" ha permitido desde 1972 el establecimiento de las comunicaciones internacionales del Ecuador. Forma parte de la red mundial de comunicaciones por satélite del Consorcio Internacional INTELSAT y trabaja con el satélite Primario de la Región del Océano Atlántico.

Ha venido siendo ampliada sucesivamente desde su puesta en servicio, para satisfacer los requerimientos del país en materia de comunicaciones internacionales.

Para la transmisión de los canales telefónicos de voz y datos se ha utilizado la modulación de frecuencia (FDM/FM) y el modo Un Canal Por Portadora (SCPC), que al igual que el modo FDM/FM utiliza un acceso múltiple por distribución de frecuencia (FDMA) para usar la capacidad satelital. En el modo SCPC cada portadora está asignada para cada canal vocal y utiliza la modulación digital de manipulación por desplazamiento de fase (PSK) con una de velocidad de 64 kbps.

1.1.2 Servicio de telefonía internacional

La capacidad de transmisión y recepción de la Estación Terrena "Quito" ha variado desde su puesta en servicio. En 1972 se transmitía una portadora FDM/FM de 36 canales. En 1974 la capacidad se amplía a 60 canales. En 1976 se transmiten dos portadoras de 96 y 24 canales. En 1978 la capacidad de la una portadora aumenta a 132 canales. En 1980 las nuevas capacidades son 192 y 36 canales, mientras que en 1981 se aumenta a tres portadoras con 192, 72 y 60 canales respectivamente. En 1983 las capacidades aumentan a 252, 132

y 96 canales. Posteriormente en 1985 se reconfigura el tráfico con cuatro portadoras de 252, 48, 60 y 36 canales. En 1989 se transmiten portadoras de 312 (372 compresión), 60, 48 y 48 canales, mientras que en la actualidad los tamaños de las portadoras son de 432, 60, 132 y 96 canales.

Se advierte un estancamiento en los años 1986-1989, debido a la falta de disponibilidad en la Central Internacional de Quito. Pero con la puesta en servicio de la Central Internacional de Guayaquil se ha satisfecho la demanda de circuitos internacionales.

En cuanto al número de canales activos (que llevan tráfico), la Estación Terrena empezó con apenas 24 canales, mientras que en la actualidad cursa 555 canales.

Además de las portadoras FDM/FM, la estación terrena ha transmitido portadoras SCPC para transmisión de voz y de datos. Con Suiza se utilizó para transmisión de señales vocales, mientras que la aplicación de datos se hizo con Estados Unidos entre los años 1979 y 1982.

El cuadro 1.1 muestra el tráfico de canales bidireccionales que el Ecuador ha tenido con diferentes países vía satélite desde 1985 hasta la actualidad.

1.1.3 Transmisión de datos internacionales

En la actualidad se transmiten 27 canales de datos hacia distintos países utilizando los enlaces satelitales tipo FDM/FM. Estos canales de datos sirven para transmisiones telegráficas, de datos más voz y de datos exclusivamente; con velocidades desde 50 baudios para los canales telegráficos hasta 19200 bps para canales arrendados. El cuadro 1.2 resume lo anotado.

Cuadro 1.1: Crecimiento de tráfico del país entre 1985 y 1990

PAIS CORRESPONSAL	AÑO				
	1985	1986	1987	1989	1990
ALEMANIA FEDERAL	-	7	7	9	12
ARGENTINA	12	12	12	12	15
BRASIL	14	14	14	14	17
CANADA	12	12	12	12	14
CHILE	12	12	12	12	12
ESPAÑA	40	41	41	41	41
EUA	144	186	210	217	349
FRANCIA	9	12	12	12	12
ITALIA	14	14	14	16	20
MEXICO	-	-	-	-	10
PANAMA	10	11	11	11	12
PERU	4	4	3	3	3
REINO UNIDO	-	-	6	8	12
SUIZA	5	6	6	6	6
URUGUAY	-	-	-	-	3
VENEZUELA	17	17	17	17	17
T O T A L	293	348	377	390	555

1.2 Transición de INTELSAT a la modalidad digital

1.2.1 Consideraciones de INTELSAT

A pesar de la utilización masiva de los modos análogos FDM/FM/FDMA en el sistema INTELSAT, debido a su fácil implementación para proveer enlaces de comunicación de alta calidad y bajo costo, la rápida conversión de las comunicaciones hacia la modalidad digital ha llevado a INTELSAT a efectuar esta transición que asegura un mejor uso del segmento espacial.

Dentro de la evolución de las comunicaciones satelitales, la más importante es la rápida conversión de los enlaces satelitales desde la transmisión analógica a la transmisión digital.

Este es un paso en la tendencia general a digitalizar totalmente las redes de comunicaciones, incluyendo no solamente la transmisión, sino también la conmutación y los

Cuadro 1.2: Circuitos de datos internacionales

País	Círculo	Aplicación
Estados Unidos	FDM (RCA) (T1)	Telegrafía
	FDM (ITT) (T1)	Telegrafía
	VFT(TDM) (RCA)(T2)	Telegrafía
	Reuter (DP101)	Datos
	Visa (DP1)	Datos
	AVD Texaco (XP1)	Voz más datos
	Banco Pacífico(DP2)	Datos
	AVD IBM (DP1)	Voz más datos
	VFT (TRT) (T1)	Telegrafía
	Sita (DP1)	Datos
	VFT (TDM) (WU1)(T1)	Telegrafía
	AVD City Bank (XP3)	Voz más datos
	AVD Ecu/Sita (DP1)	Datos
	VFT/TDM (ITT) (T6)	Telegrafía
	Mastercard (DP1)	Datos
	Decisión-Swift(DP1)	Datos
	DHL (DP1)	Datos
	Sita (DP1)	Datos
Banco América (DP1)	Datos	
Venezuela	VFT (T1)	Telegrafía
Panamá	AVD Av. Civil (XP1)	Voz más datos
Canadá	VFT (T1)	Telegrafía
España	VFT (TDM) Japón(T1)	Telegrafía
Brasil	VFT (T1)	Telegrafía
Argentina	VFT (T1)	Telegrafía
Italia	VFT (T1)	Telegrafía
Francia	VFT (T1)	Telegrafía
Alemania	VFT Hamburgo (T1)	Telegrafía
Inglaterra	VFT (TDM)London(T1)	Telegrafía

enlaces hacia el usuario, y esto será posible si se incluyen los enlaces satelitales en la Red Digital de Servicios Integrados, RDSI. Esto también redundará en ventajas específicas de la transmisión digital en las comunicaciones por satélite. En efecto, la utilización de enlaces digitales por satélite abre la posibilidad de un drástico mejoramiento en la eficiencia de costos de las comunicaciones por satélite y en la llamada utilización órbita/espectro.

INTELSAT piensa protagonizar la implantación mundial de comunicaciones digitales y la elaboración de normas para la RDSI. Además ha promovido la idea de que los satélites son eslabones necesarios y ventajosos en una RDSI mundial. Siendo su objetivo que se reconozca no sólo que los satélites serán un valioso aporte para la prestación de comunicaciones

digitales nacionales e internacionales, sino también que las normas futuras deberán asegurar un acceso por igual a las redes RDSI, tanto por parte de los satélites como de los cables de fibras ópticas.

Un hito importante del plan lo constituye la introducción masiva de las portadoras digitales de velocidad intermedia (IDR), o sea, el equivalente digital en INTELSAT de la actual red analógica. La estrategia a largo plazo ha consistido en convertir la red analógica, que hoy día cursa el grueso del tráfico de INTELSAT, en una red principalmente digital para principios de los años 90. Para lograrlo, INTELSAT ya ha implantado varios servicios digitales (tales como el acceso múltiple por distribución en el tiempo (TDMA), el Servicio Empresarial de INTELSAT (IBS) y el Intelnet) y, gracias a la alta eficiencia de los modems IDR, que mediante la corrección de errores, FEC, mejoran el balance de los enlaces satelitales en varios decibelios, como también el equipo digital de multiplicación de circuitos, DCME, que permite transmitir 150 canales telefónicos en un único portador PCM de 2 Mbps (brindando así una ganancia de multiplicación de 5 y aún más), la Organización está preparada para configurar una red digital en gran escala.

Las especificaciones IDR ofrecen un grado de calidad RDSI con tasas de información que van de los 64 kbps a los 45 Mbps. El equipo IDR puede trabajar con múltiples destinos y es totalmente compatible con el equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME).

1.2.2 Factores para la transición

Los principales factores a considerar en el marco de esta transición de técnicas analógicas a digitales son las siguientes:

1.2.2.1 Factores de carácter general

- mayor flexibilidad en la explotación y en las aplicaciones,
- mayor disponibilidad, a precios reducidos, de circuitos integrados digitales (hasta la integración en muy gran escala-VSLI) y de unidades funcionales completas (incluidos los microprocesadores),
- gestión operacional, procesamiento y control de configuración por soporte lógico,
- compatibilidad con la provisión de un gran abanico de nuevos servicios,
- fácil integración con los canales totalmente digitales de extremo a extremo y con las futuras redes digitales de servicios integrados (RDSI).

1.2.2.2 Factores específicos

- mayor eficacia de utilización del espectro,
- adaptabilidad a la concentración de circuitos telefónicos (mediante interpolación digital de conversaciones (DSI)),
- compatibilidad con el acceso múltiple y la reordenación del encaminamiento del tráfico.

Actualmente, se utilizan operacionalmente telecomunicaciones digitales por satélite para telefonía, transmisión de datos y nuevos servicios tales como el de teleconferencia. Para ello se utilizan portadoras con multiplexación por división en el tiempo (TDM), modulación por desplazamiento de fase (PSK) y

codificación por impulsos (PCM). El acceso al satélite puede ser por división de frecuencia (FDMA) o por división de tiempo (TDMA). En el futuro, las aplicaciones se ampliarán a otros servicios tales como la transmisión de televisión (televisión convencional o de calidad mejorada).

El diseño de los equipos de telecomunicación debe tomar en consideración los objetivos de calidad de transmisión que recomienda el CCIR y que se anotan más adelante en el numeral 2.3. Estos objetivos, se aplican a la telefonía con modulación por impulsos codificados (PCM).

1.3 Evaluación de los planes operativos de INTELSAT

INTELSAT está continuamente revisando sus planes de operación para todos los países de acuerdo a la región satelital y al satélite utilizado.

Los nuevos planes contemplan nuevas rutas de tráfico, aumento del número de canales y cambio gradual en el modo de transmisión, del modo análogo FDM/FM/FDMA al modo IDR/FDMA.

1.3.1 Servicios de los satélites de INTELSAT

Con la finalidad de apreciar la cantidad de servicios que presta INTELSAT en sus satélites de la Región del Océano Atlántico, el Cuadro 1.3 realiza una comparación de los mismos.

En el cuadro 1.3 también se observa que los satélites INTELSAT ubicados en las posiciones orbitales 325.5°, 335.5° y 342° de longitud este y denominados trayecto principal 1, primario y trayecto principal 2 respectivamente, cursan la mayor parte del tráfico internacional por medio de los servicios FDM, CFDM, IBS, SCPC y TDMA, además de las transmisiones de televisión internacional. Por otro lado los satélites ubicados en 307° y 509° cumplen tareas específicas como cursar

servicios IBS, VISTA y servicios domésticos planificados (PDS).

Cuadro 1.3: Servicios que prestan los satélites INTELSAT de la Región del Océano Atlántico

Servicios	Satélites INTELSAT				
	307°	325.5°	335.5°	342°	359°
1. FDM		x	x	x	
2. FDM Compandido		x	x	x	x
3. IDR	x		x	x	x
4. IBS	x	x	x	x	x
5. SCPC		x	x	x	x
6. SPADE			x		
7. VISTA					x
8. TDM/TDMA			x	x	
9. TV		x	x	x	x
10. Servicios Domésticos Plan.	x				x
11. Arriendos Domésticos	x	x			
12. Restablecimiento de cable					x

1.3.2 Operaciones del sistema entre 1988-1994

Durante este período, el segmento espacial en la región del Océano Atlántico (AOR) variará desde una configuración de tres satélites INTELSAT V y tres INTELSAT V-A, en 1988, a una configuración de tres satélites INTELSAT V-A y tres INTELSAT VI en 1994.

1.3.2.1 Plan de emplazamiento satelital

El plan de emplazamiento de los satélites INTELSAT hasta 1993 en la AOR depende naturalmente del éxito en los lanzamientos

de los satélites INTELSAT VI. Se espera que todos los satélites INTELSAT VI sean lanzados hasta julio de 1991. Cabe anotar que la demora en el lanzamiento de estos satélites ha obligado a que algunos satélites INTELSAT V trabajen en órbita inclinada con respecto al ecuador, lo que implica una mejor capacidad de rastreo en estaciones pequeñas. El cuadro 1.4 ilustra el plan de emplazamiento entre los años 1989 y 1993 para la AOR.

Cuadro 1.4: Plan de emplazamiento satelital para la AOR para el período 1989-1993

Fecha	Localización satelital				
	307°	325.5°	335.5°	342°	359°
Julio 1989	VA-13	VA-11	VA-10	VM-6	VA-12
Diciembre 1990	VA-13	VI-3	VI-2	VM-6	VA-12
Diciembre 1991	VA-13	VI-3	VI-2	VB-15	VA-12
Diciembre 1993	VA-13	VI-3	VI-2	VB-15	VII-3

1.3.2.2 Implementación de portadoras IDR y DCME

INTELSAT ha puesto en marcha la operación de portadoras IDR con capacidad de múltiples destinos, una codificación de baja velocidad e interpolación digital de la voz (LRE/DSI) y circuitos de servicio de ingeniería (ESC).

Para los planes de operación se ha tomado en cuenta portadoras de 2048 kbps como la unidad básica IDR. Además se ha tomado en cuenta la capacidad de múltiples destinos de las portadoras. En general, los planes han sido desarrollados para optimizar la configuración de la estación terrena, proporcionando una utilización equivalente de ancho de banda y potencia satelitales.

1.3.2.3 Planes operativos para el período 1989-1994

Los planes actuales y los siguientes utilizan satélites INTELSAT V-A en las posiciones orbitales de 325.5°E y 342°E, e INTELSAT VI en 335.5°E. Antes de la disponibilidad total de los satélites INTELSAT VI se ha utilizado la capacidad actual en forma eficiente, ocupando todos los enlaces a su máxima capacidad. Además se han acomodado las primeras portadoras IDR.

Los planes del año 1992 utilizan un satélite INTELSAT V-A en la localización de 342°E y satélites INTELSAT VI en las posiciones 325.5°E y 335.5°E.

Para desarrollar los diferentes planes se han revisado cuidadosamente los requerimientos de portadoras de los usuarios, con el fin de mantener, hasta donde sea posible, consistentes los tamaños de portadoras en los diferentes planes si dicho objetivo es compatible con la eficiente utilización del sistema.

Los planes han sido diseñados para acomodar todo el tráfico IDR/DCME, de tal forma de impulsar este modo de transmisión. Los planes operativos conceptuales para 1994 asumen la disponibilidad al finalizar ese año de tres satélites INTELSAT VI desplegados en 335.5°E, 332.5°E (satélite de reposición) y 325.5°E y tres satélites INTELSAT V-A colocados en 307°E, 342°E y 359°E. La evolución de estos planes de los anteriores se ha facilitado por la introducción de grandes cantidades de portadoras IDR/DCME o TDMA por los usuarios.

1.3.2.4 Planes operativos para el Ecuador

El cuadro 1.5 muestra en forma resumida los diferentes planes operativos durante el período 1989-1994 para el satélite primario del Atlántico ubicado en 335.5°E.

Cuadro 1.5: Planes operativos de INTELSAT de Ecuador en el período 1989-1994 para el satélite Primario de la Región del Océano Atlántico.

Transmisión	PLAN OPERATIVO			
	A-26H-335.5 Mediados 1989	A-27G-335.5 Actual	A-27H-335.5 Fines de 1992	A-28B-335.5 Fines de 1994
	Ancho banda (MHz) / canales portadora - modo - canales transmitidos			
Ecuador	2.5/48-FDM- 41	7.5/132-FDM- 71	2048-IDR- 14	2048-IDR- 21
Ecuador	2.5/48-FDM- 45	5.0/96-FDM- 56	5.0/72-FDM- 45	2.5/60-FDM- 60
Ecuador	15/252-FDM-258	20/432-FDM-363	7.5/132-FDM-122	7.5/192-FDM-134
Ecuador	5.0/60-FDM- 47	5.0/60-FDM- 47	2048-IDR- 30	5.0/132-FDM-142
Ecuador		1.25/12-FDM- 15	2048-IDR- 30	5.0/96-FDM- 94
Ecuador		SCPC- 3	2048-IDR- 20	2048-IDR- 30
Ecuador			7.5/132-FDM-116	2048-IDR- 30
Ecuador			5.0/96-FDM- 85	2048-IDR- 30
Ecuador			SCPC- 6	SCPC- 6
Recepción	Ancho banda (MHz) / canales portadora - modo - canales con Ecuador			
Alemania	10/192-FDM- 9	10/192-FDM- 12	10/192-FDM- 19	7.5/192-FDM- 28
Argentina	5.0/96-FDM- 12	5.0/132-FDM- 15	15/252-FDM- 21	15/252-FDM- 28
Austria	---	---	5.0/96-FDM- 5	5.0/96-FDM- 6
Brasil	10/192-FDM- 14	10/252-FDM- 17	15/312-FDM- 21	15/312-FDM- 26
Canadá	5.0/60-FDM- 12	5.0/96-FDM- 14	5/132-FDM- 21	7.5/192-FDM- 25
Chile	10/192-FDM- 12	10/192-FDM- 12	10/192-FDM- 14	7.5/192-FDM- 17
España	15/312-FDM- 41	15/312-FDM- 41	20/432-FDM- 55	20/432-FDM- 60
Estados Unidos	25/552-FDM-218	25/612-FDM-349	20/432-FDM- 95	20/432-FDM-109
			2048-IDR- 30	2048-IDR- 30
			2048-IDR- 30	2048-IDR- 30
			2048-IDR- 20	2048-IDR- 30
Francia	20/432-FDM- 12	7.5/192-FDM- 12	2048-IDR- 7	2048-IDR- 9
Grupo Nórdico	---	---	10/192-FDM- 8	7.5/192-FDM- 9
Holanda	---	---	2.5/60-FDM- 6	5.0/96-FDM- 7
Italia	15/312-FDM- 16	15/372-FDM- 20	15/312-FDM- 26	15/312-FDM- 32
México	---	5/132-FDM- 10	10/192-FDM- 14	7.5/192-FDM- 16
Panamá	15/252-FDM- 11	10/192-FDM- 12	10/192-FDM- 12	15/252-FDM- 12
Perú	10/252-FDM- 3	5.0/96-FDM- 3	5.0/96-FDM- 3	5.0/132-FDM- 3
Puerto Rico	---	---	7.5/132-FDM- 11	5.0/132-FDM- 12
Reino Unido	10/192-FDM- 8	15/312-FDM- 12	2048-IDR- 7	2048-IDR- 12
Suiza	5.0/72-FDM- 6	5.0/72-FDM- 6	5.0/96-FDM- 11	5.0/72-FDM- 12
Uruguay	---	SCPC- 3	SCPC- 6	SCPC- 6
Venezuela	10/192-FDM- 17	10/192-FDM- 17	10/192-FDM- 26	15/252-FDM- 28
Total	391 FDM	573 FDM 3 SCPC	368 FDM 94 IDR 6 SCPC	430 FDM 111 IDR 6 SCPC

Debido a la entrada en operación de la Estación Terrena "Guayaquil" que trabajará con el satélite ubicado en 325.5°E, existen los respectivos planes operativos del Ecuador para este satélite que se muestran en el Cuadro 1.6.

Cuadro 1.6: Planes operativos de INTELSAT para Ecuador en el período 1990-1994 para el satélite ubicado en 325.5°E

Transmisión	PLAN OPERATIVO	
	A-26HX-325.5 Fines de 1990	A-28B-325.5 Fines de 1994
	Modo - canales transmitidos	
Ecuador	1.25/12-FDM- 4	2048-IDR-30
Ecuador	2048-IDR-30	2048-IDR-20
Ecuador	2048-IDR-30	
	Modo - canales con Ecuador	
Puerto Rico	5.0/96-FDM- 4	
Estados Unidos	2048-IDR-30	2048-IDR-30
	2048-IDR-30	2048-IDR-20
Total	4 FDM 60 IDR	60 IDR

De los cuadros anteriores se puede deducir que los tráficos FDM e IDR crecerán significativamente en los próximos años y que la Estación Terrena "Quito" será la principal protagonista en las telecomunicaciones internacionales del Ecuador, mientras que la estación de Guayaquil se encargará principalmente del tráfico digital (IDR) con Estados Unidos.

1.4 Servicios Empresariales (IBS), Servicio INTELNET y Portadoras Digitales de Velocidad Intermedia (IDR) de INTELSAT

1.4.1 Servicios Empresariales de INTELSAT (IBS)

El IBS es un servicio digital totalmente integrado, proyectado para satisfacer toda la variedad de necesidades empresariales de telecomunicaciones. Ofrece una cobertura y conectividad globales y puede usarse para una amplia gama de aplicaciones internacionales y nacionales.

1.4.1.1 Aplicaciones del Servicio

Las principales aplicaciones de este servicio son las siguientes:

- Comunicaciones telefónicas
- Transferencia de datos de alta y baja velocidad
- Teleconferencias de audio y video
- Transmisión de facsímil
- Diseño y manufactura con ayuda de computadoras
- Distribución electrónica de documentos
- Transferencia electrónica de fondos
- Distribución de programas de audio
- Aplicaciones de RDSI

Aunque se usa para transmisiones de voz digital, la información representa la más grande aplicación empresarial de los IBS en el sistema INTELSAT.

IBS se usa extensivamente por la comunidad financiera para aplicaciones tales como la transferencia electrónica de fondos, operaciones de manejo de moneda, transmisión de seguridades, cambio de moneda extranjera, mercado de divisas e información gerencial.

La transferencia entre computadores es una prometedora y eficiente aplicación de los IBS. Esto incluye la transferencia de archivos de memoria hacia software o bases de datos actualizadas, permitiendo la utilización completa de la potencia de procesamiento en varias localidades y en zonas con tiempo diferente.

Los IBS proporcionan una atractiva alternativa de enlaces de comunicación de información de banda ancha a bajo costo y de rápida instalación.

La video conferencia es la mayor aplicación del uso ocasional de los IBS. Un gran número de organizaciones multinacionales utilizan este servicio para sus reuniones o grandes conferencias, lo que resulta en ahorro de tiempo por viajes y en decisiones oportunas.

Estos servicios no se utilizan para telefonía pública conmutada, pero pueden servir como posibles casos de restauración de contingencia.

El IBS permite el acceso al segmento espacial mediante instalaciones próximas al cliente para reducir al mínimo el costo total del servicio. También se puede tener acceso al IBS mediante estaciones terrenas normalizadas INTELSAT de gran tamaño. Esta flexibilidad permite efectuar permutas entre el segmento terrestre y el espacial que varían desde el acceso directo en el local de un usuario hasta concentraciones de tráfico en telepuertos y terminales terrenas de acceso más grandes, en los que el costo de las instalaciones puede compartirse entre los usuarios.

1.4.1.2 Descripción de los servicios

1.4.1.2.1 IBS básico

Este servicio se ofrece tanto en banda C (6/4 GHz), como en banda K (14/11/12 GHz), y ofrece un alto grado de confiabilidad y de disponibilidad de canales. El IBS básico es compatible con la RDSI en banda C; en banda K, la calidad (BER) es de 10^{-8} con cielo despejado, y de 10^{-6} en condiciones degradadas, durante el 99% del tiempo.

1.4.1.2.2 Súper IBS

Este servicio ofrece mayor disponibilidad de canales en banda K. Es compatible con la RDSI, con una calidad de 10^{-8} o

superior con cielo despejado, y de 10^{-3} en condiciones degradadas, durante el 99.96% del tiempo.

1.4.1.3 Tipos de servicio

El IBS se ofrece de forma no interrumpible, como se indica a continuación:

1.4.1.3.1 Alquiler a tiempo completo

Servicio durante las 24 horas del día, siete días por semana, durante un período indefinido, con un período de alquiler mínimo de tres meses.

1.4.1.3.2 Alquiler a tiempo completo de corto plazo

El servicio se ofrece para portadoras de 1.544 Mbps o mayores. El alquiler es por un plazo mínimo de un mes, con un máximo de tres meses.

1.4.1.3.3 Alquiler a tiempo parcial

El servicio se ofrece los siete días de la semana, comenzando y terminando a la misma hora todos los días (por un mínimo de una hora, pudiéndose contratar tiempo adicional en incrementos de 30 minutos), por un período inicial de tres meses con opción de renovarlo.

1.4.1.3.4 Alquiler de uso ocasional

El servicio se ofrece según se necesite, con un mínimo inicial de media hora y por períodos adicionales en incrementos de 15 minutos.

1.4.1.4 Capacidades ofrecidas

Los IBS se ofrecen por asignación de portadora o mediante el alquiler de transpondedores completos o fraccionarios. Permiten el empleo de una gran variedad de velocidades de transmisión de datos, de 64 kbps a 8448 kbps, brindando todas las formas de servicio sin conmutación a los usuarios finales.

1.4.1.4.1 Capacidad baja a mediana

Se ofrecen trenes de bitios de 64 a 768 kbps, adecuados para comunicaciones telefónicas, transferencia de datos a baja y mediana velocidad, transmisiones de facsímil, y otros tipos de comunicaciones empresariales.

1.4.1.4.2 Gran capacidad

Se ofrecen trenes de bitios a gran velocidad, de 1544 a 8448 kbps, adecuados para videoconferencias con movimiento y color completos, transferencia de datos a gran velocidad, servicios multiplexados, y otros tipos de comunicaciones de gran capacidad.

1.4.1.4.3 Transpondedores alquilados por unidad o fracción

La capacidad para IBS puede alquilarse en asignaciones de tan sólo 9 MHz por un período mínimo de un año. Se ofrece capacidad adicional en incrementos de 9 MHz.

1.4.1.5 Categorías de redes

Existen dos categorías para uso del sistema IBS, en términos de protocolos y arquitectura de la red, y éstas son las redes cerradas y abiertas. La antena de estación terrena y las características de Radio Frecuencia (RF) son las mismas para las dos redes.

1.4.1.5.1 Red cerrada

Una red cerrada es utilizada para un grupo de usuarios que están de acuerdo en la utilización de un grupo específico de parámetros técnicos; con lo que se entiende que se proporciona la libertad a los usuarios para seleccionar el sistema digital que requieren para sus necesidades particulares. INTELSAT permite, en redes cerradas, el uso de una variedad de técnicas de codificación-decodificación y/o cifrado.

1.4.1.5.2 Red abierta

Una red abierta está diseñada para soportar un conjunto de parámetros técnicos universalmente aceptados. Requiere un grado determinado de características comunes del terminal que son definidas con el objeto de entrelazar a los usuarios en la red. Los requisitos mandatorios, que son necesarios para asegurar la operación satisfactoria del equipo, son los que se refieren a los parámetros de la portadora.

1.4.1.6 Características técnicas

1.4.1.6.1 Cobertura

La cobertura global se suministra en frecuencias de banda C mediante haces hemisféricos, de zona y globales. La cobertura en banda K se efectúa mediante haces pincel que actualmente emplean las frecuencias de 11 GHz en el enlace descendente. Los satélites INTELSAT V-A (IBS) modificados trabajan con frecuencias de 12 GHz en el enlace descendente, como también lo harán los INTELSAT VII.

1.4.1.6.2 Conectividad

Se ofrecen las siguientes conexiones entre haces:

(1) Básica:

Conexiones este-oeste, este-este, oeste-este u oeste-oeste mediante dos haces en banda C (hemisféricos o de zona) o dos haces pincel en banda K.

(2) Aumentada:

Se ofrece capacidad interconectada por las mismas conexiones básicas de haces, pero con un cambio tal en la frecuencia que una transmisión por un haz pincel en banda K pueda recibirse en un haz hemisférico o de zona en banda C, y viceversa.

(3) Total:

A través de los satélites INTELSAT V-A (IBS) se pueden interconectar varios haces, de manera que la transmisión por un haz hemisférico o pincel (este u oeste) se reciba simultáneamente en los haces hemisférico y pincel este y oeste, en las bandas C y K.

1.4.1.6.3 Método de modulación y acceso

Se emplea el método de modulación y acceso QPSK/FDMA, usando técnicas de portadora monocanal o multicanal. El acceso TDMA se considerará caso por caso.

1.4.1.7 Tipos de estaciones terrenas para IBS

Además de las estaciones terrenas conocidas de INTELSAT tipo A, B y C se han desarrollado dos tipos de estaciones terrenas con antenas pequeñas que pueden ser instaladas cerca de los centros de negocios o de los usuarios, y se denominan estándar E y F. El siguiente cuadro resume las estaciones de INTELSAT que pueden trabajar con IBS:

Cuadro 1.7: Estaciones normalizadas de INTELSAT para los IBS

Tipo de estación terrena	Tamaño de la antena (m)	Banda de frecuencias (GHz)	G/T (dB/K)
A	15.0 - 17.0	6/4	35.0
B	10.0 - 13.0	6/4	31.7
C	11.0 - 13.0	14/11/12	37.0
E1	3.5 - 4.5	14/11/12	25.0
E2	5.5	14/11/12	29.0
E3	8.0 - 10.0	14/11/12	34.0
F1	4.5 - 5.0	6/4	22.7
F2	7.5 - 8.0	6/4	27.0
F3	9.0 - 10.0	6/4	29.0

1.4.1.8 Descripción del Intelsat VA (IBS)

Los satélites INTELSAT VA (IBS) han sido construidos con capacidad ampliada para proporcionar servicios empresariales. Estos satélites modificados tienen las siguientes características adicionales:

- a. Capacidad para conmutar las frecuencias del enlace de bajada en los transpondedores de banda K de 11 GHz a 12 GHz;
- b. un haz pincel Oeste igual en tamaño al haz pincel elíptico Este, pero con una diferente orientación, para mejor cobertura de los centros empresariales en Norte América;
- c. un paso de ganancia extra en banda K que proporcione una operación más eficiente con estaciones terrenas pequeñas;
- d. modo completo de conectividad de operación que permite que las señales transmitidas al satélite en cualquier

transpondedor de la banda K sean transmitidas a la tierra en cualquier transpondedor de haz hemisférico. Estos satélites son capaces de operar en cualquier banda de 14/11 GHz o 14/12 GHz de acuerdo a los requerimientos del sistema.

1.4.2 Portadoras Digitales de Velocidad Intermedia (IDR) de INTELSAT

Disponible desde junio de 1984, el IDR es un servicio digital equivalente al FDM/FM analógico. Las portadoras IDR proporcionan comunicaciones digitales integradas con normas de desempeño de calidad de la red digital de servicios integrados, RDSI. A pesar de estar destinado principalmente a la transmisión de telefonía pública internacional con conmutación de mensajes, el IDR puede también servir para cursar una gama completa de transmisiones de voz, datos y video.

El IDR está disponible a velocidades de transmisión de información que van de 64 kbps a 44736 kbps, y se ofrece totalmente protegido y sin estar sujeto a interrupción, pudiendo cursarse tanto a tiempo completo como ocasionalmente. Puede transmitirse a través de estaciones terrenas con diámetros de antena de apenas 5,5 m, además de las grandes estaciones de acceso de INTELSAT.

1.4.3 Servicio INTELNET

INTELNET es un servicio digital de INTELSAT para la distribución y recopilación de datos, usando antenas de tan sólo 0.6 metros, que puede emplearse en aplicaciones internacionales y nacionales.

1.4.3.1 Aplicaciones típicas

A continuación se enumeran las aplicaciones típicas en que puede emplearse este servicio:

- Distribución de noticias
- Sistemas de información financiera
- Sistemas para efectuar reservas
- Sistemas para verificación de crédito y de lugar de venta
- Recopilación de datos para la búsqueda de gas y petróleo
- Correo electrónico

INTELNET ha sido diseñado para permitir su acceso mediante instalaciones próximas al usuario, y típicamente es empleado por bancos, compañías de seguros, organismos gubernamentales, agencias noticiosas y otras organizaciones multinacionales. INTELNET es el sistema ideal para corrientes de tráfico liviano ya que utiliza terminales de apertura muy pequeña (VSAT) y de bajo costo.

1.4.3.2 Tipo de servicio

Este servicio se ofrece en forma interrumpible y no interrumpible como el INTELNET I para la distribución de datos, y como el INTELNET II para la recopilación de datos, que pueden combinarse para aplicaciones interactivas. Se pueden alquilar transpondedores enteros y fraccionarios de banda C y banda Ku, en asignaciones de ancho de banda de 1, 5, 9, 18, 36 y 72 MHz. Se ofrecen los dos tipos de alquiler siguientes:

1.4.3.2.1 A tiempo completo

Servicio de 24 horas diarias, siete días por semana por un período indefinido, durante un término de uno, cuatro o siete años.

1.4.3.2.2 De uso ocasional

El servicio se ofrece mediante alquileres sujetos a interrupción, durante los períodos que se requiera, con un mínimo de media hora.

1.4.3.3 Calidad del servicio

INTELNET ofrece un alto grado de confiabilidad y de disponibilidad de canales que puede ser especificado por el usuario, según el ancho de banda alquilado y el tamaño de estación terrena remota utilizado (que típicamente varía de 0.6 a 2.5 metros).

1.4.3.4 Características técnicas

Las principales características técnicas son las siguientes:

1.4.3.4.1 Bandas de frecuencia y cobertura

Se ofrece una cobertura global en las frecuencias de banda C mediante haces hemisféricos, de zona y globales. La cobertura en banda K se efectúa mediante haces pincel.

1.4.3.4.2 Método de modulación y acceso

Se emplea la modulación digital del tipo manipulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK) con corrección de errores sin canal de retorno, FEC, de relación 1/2.

El acceso múltiple al transpondedor satelital puede ser por distribución de frecuencia (FDMA) o por distribución de tiempo (TDMA).

1.4.3.4.3 Interfaces

Pueden ser de los siguientes tipos: RS 232c, RS 422, X.25 con protocolos SNA y SDLC.

1.4.3.5 Tipos de estaciones terrenas para INTELNET

Las estaciones centrales de la red INTELNET pueden ser las estaciones terrenas tipo A, B, F3, C y E3 descritas en el numeral 1.4.1.7 (servicio IBS), mientras que las estaciones remotas pueden ser del tipo G cuyo tamaño de la antena varía entre 0.6 y 2.5 m., que depende de la configuración de la red y el tipo de haz satelital utilizado, con una figura de mérito (G/T) variando entre 3.7 y 21.0 dB/K. Este tipo de estación terrena puede trabajar en las bandas C y K.

C A P I T U L O I I

CAPITULO II

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LAS PORTADORAS DIGITALES DE VELOCIDAD INTERMEDIA (IDR)

2.1 Descripción del servicio IDR

Las portadoras IDR pueden considerarse como intermedias entre las transmisiones SCPC (un canal por portadora) punto a punto de pequeña capacidad y, por otra, las transmisiones TDM/PSK/TDMA con control digital completo de multiplexación y acceso múltiple (por división en el tiempo) y una capacidad de tráfico global muy alta (120 Mbps).

El uso de técnicas digitales en lugar de la modulación analógica con acceso FDMA permite obtener un aumento importante de la capacidad, sin enfrentar problemas de transición tan difíciles como los que se plantean en la sustitución de los enlaces analógicos actuales por el TDMA.

La capacidad para la IDR se asigna en canales soporte de 64 kbps, o sea, canales de comunicaciones por satélite que se pueden utilizar para derivar canales múltiples usando equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME). Estos canales soporte están disponibles empleando las portadoras recomendadas cuyas velocidades van desde 64 kbps hasta 44736 kbps.

2.1.1 Calidad del servicio

Las portadoras IDR suministran enlaces de calidad equivalente a la de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) a un solo destino o a destinos múltiples, y se basan en todas las normas internacionales. El servicio IDR puede cursarse mediante todos los satélites emplazados en todas las regiones oceánicas. Se utiliza la codificación PCM, según la Rec. G.711 del CCITT que especifica el formato que ha de utilizarse en las conexiones internacionales destinadas a señales vocales. Las principales ventajas del método PCM son:

- cuando la relación señal/ruido (S/N) es baja, la PCM ofrece una ventaja pequeña sobre la modulación en frecuencia (FM);
- los sistemas PCM que trabajan con mensajes analógicos pueden adaptarse fácilmente a otras señales de entrada;
- la PCM permite la regeneración de la señal.

La PCM se aplica a nivel de canal vocal mediante multiplexaje por división en el tiempo (TDM).

Se utilizan las jerarquía digitales que se basan en los grupos primarios de 1544 kbps y 2048 kbps. Los trenes de bits de órdenes segundo y superiores se forman multiplexando varios trenes de bits de orden más bajo (afluentes).

Las velocidades de transmisión que utiliza el servicio IDR han sido también especificadas por el CCITT para utilizarse con la RDSI.

2.1.1.1 Objetivos de calidad

Los parámetros de funcionamiento para las portadoras IDR se ajustan a las recomendaciones 552-2, 614 y 579-1 del CCIR e INTELSAT garantiza la siguiente calidad RDSI:

- Condiciones de cielo despejado: 10^{-7} de BER (99.96% del año).
- Condiciones degradadas del cielo: 10^{-3} de BER para menos del 0.04% del año.

Para cumplir este BER con estaciones terrenas pequeñas, manteniendo una alta capacidad del transpondedor se determinó el uso mandatorio de la codificación de errores sin canal de retorno (FEC) de relación 3/4. Esta corrección permite mejorar la calidad del enlace BER (proporción de bits erróneos) con

un ligero aumento de la anchura de banda ocupada.

Así pues, gracias a la codificación de errores y a la utilización de una modulación más efectiva en el DCME se puede multiplicar la capacidad con respecto a la que proporcionan los sistemas analógicos convencionales.

2.1.2 Tipos de estaciones terrenas

Originalmente, las portadoras IDR fueron destinadas para usarse solamente con las estaciones terrenas más grandes de INTELSAT (A, B y C). Sin embargo, para satisfacer la creciente demanda de pequeños usuarios, el servicio IDR se expandió a estaciones más pequeñas (E-3, E-2, F-3 y F-2).

2.1.3 Aplicaciones del servicio

Las portadoras IDR es un servicio diseñado para proporcionar el servicio de conmutación telefónica pública internacional proporcionando una conexión y cobertura globales. Además puede ser utilizada para establecer redes dedicadas digitales privadas con las siguientes aplicaciones internacionales y domésticas:

- Comunicaciones de voz
- Transmisiones de datos
- Televisión digital
- Conferencias de video
- Distribución de audio o material impreso
- Aplicaciones de RDSI

2.1.4 Equipo de Multiplicación de Circuitos Digitales (DCME)

El mayor incentivo para la introducción de la operación con las portadoras IDR es el potencial ahorro de costos en el

segmento espacial que se obtiene con la utilización del equipo de multiplicación de circuitos digitales (DCME).

Las especificaciones del DCME están definidas para utilizar con portadoras IDR y usarán una Encodificación de Baja Velocidad ADPCM (LRE) con Interpolación Digital de Voz (DSI) que pueden dar ganancias de multiplicación típicas de 4 a 5. El equipo DCME puede ser aplicado a un grupo de canales de donde se deriva una mayor capacidad basados en los patrones de actividad de varios oradores.

2.2 Características técnicas de las portadoras IDR

Las características técnicas pueden clasificarse en:

1. Características de RF
2. Características de la unidad de canal IDR
3. Características de temporización y memoria intermedia
4. Características de Banda Base
5. Características de las interfaces del canal de voz
6. Características de los Circuitos de Servicio de Ingeniería

El cuadro 2.1 muestra un resumen de los principales parámetros IDR.

La Figura 2.1 es una guía para entender el desarrollo de las características técnicas de las portadoras IDR, al ilustrar un enlace de comunicación satelital con los parámetros que deben ser seleccionados.

2.2.1 Características técnicas de radio frecuencia (RF) de las portadoras IDR

La selección de las características de RF e IF está dada por el principio de que los parámetros y el equipo serán similares a los utilizados en los sistemas SCPC y FDM/FM.

Esto significa que los requisitos de p.i.r.e., márgenes de lluvia, y tamaño de HPA serán equivalentes o menos exigentes que los requeridos para SCPC y FDM/FM.

2.2.1.1 Requisitos de potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.), márgenes por lluvia y control del enlace ascendente

El cuadro 2.2 muestra los requisitos máximos de p.i.r.e. de IDR para enlaces típicos en las bandas C (5850 - 6425 MHz) y Ku (14000 - 14500 MHz) para portadoras desde 64 kbps hasta 44736 kbps. Estos valores necesitan ser ajustados, de acuerdo a la ubicación de las estaciones terrenas, tomando en cuenta el ángulo de elevación y la ventaja del patrón del haz y el tipo de satélite utilizado.

Estos valores máximos de p.i.r.e. pueden ser calculados para otras velocidades de información con la siguiente fórmula:

$$\text{p.i.r.e.} = X + 10 \log (\text{IR})$$

donde: X = el valor para otras velocidades de información.

IR = la velocidad de información en la entrada de la unidad de canal en bitios por segundo.

2.2.1.1.1 Factores de corrección de p.i.r.e.

Los valores anteriores se aplican para estaciones terrenas con un ángulo de elevación de 10° y en el borde del haz de radiación. Para otras estaciones el ajuste se calcula con la siguiente fórmula:

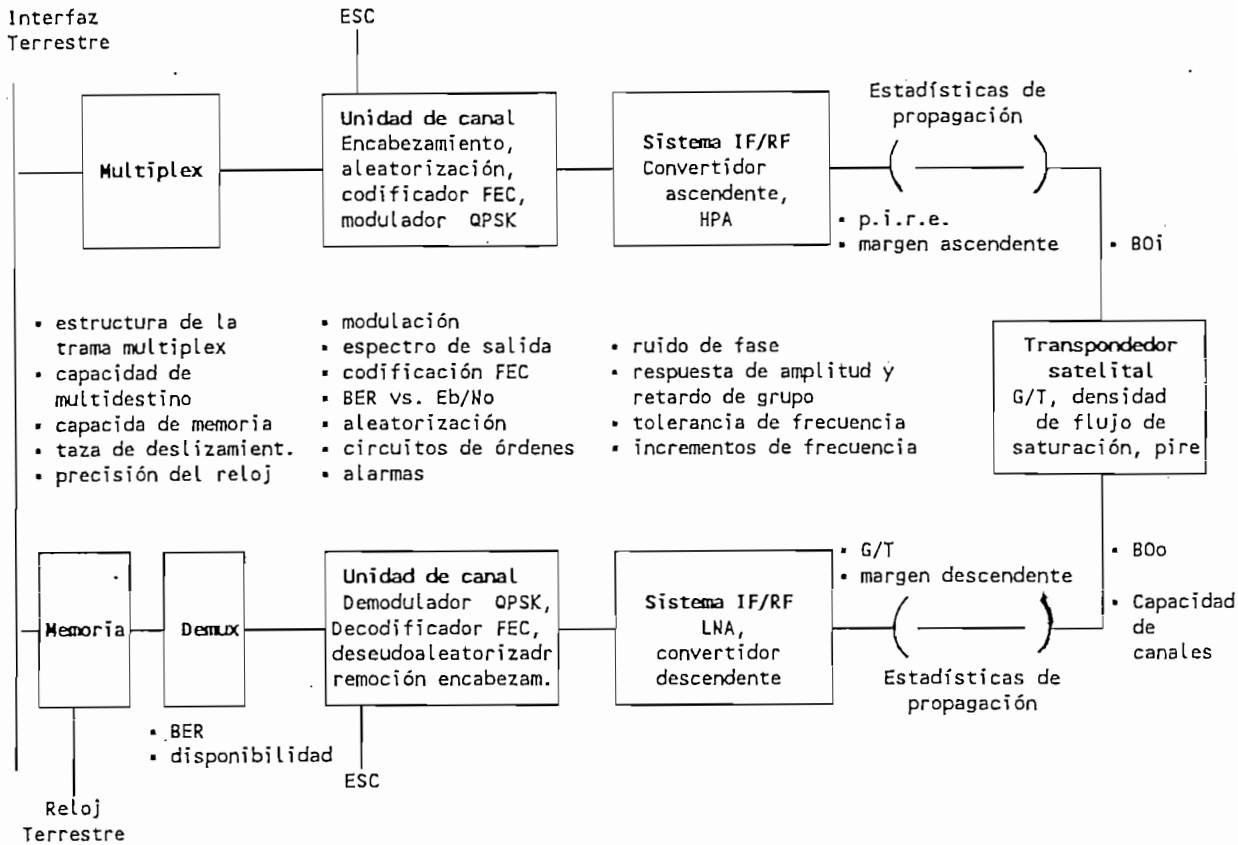
$$K = 0.02(\alpha_u - 10) + B_u + 0.4[0.02(\alpha_d - 10) + B_d]$$

Cuadro 2.1: Resumen de los principales parámetros de IDR

Parámetro	Descripción o Valor							
1. Acceso múltiple	FDMA							
2. Estaciones estándar	A	B	C	E-3	E-2	F-3	F-2	
a. Banda frecuencia	C	C	Ku	Ku	Ku	C	C	
b. G/T (dB/K)	35.0	31.7	37.0	34.0	29.0	29.0	27.0	
c. Diámetro (m)	15-17	10-13	11-13	8-10	5.5-6.5	9-10	7-8	
3. Modulación	QPSK							
4. Codificación FEC	Codificación Convolutional /Descodificación Viterbi de Relación 3/4							
5. Información transmitida	Cualquier información digital (p.ej. voz PCM, voz DCME, videoconferencia, datos)							
6. Velocidades de información	desde 64 kbps hasta 44,736 Mbps							
7. Encabezamiento								
a. velocidad datos	96 kbps para Canales de Servicio (ESC) y alarmas							
b. Canales de voz (ESC)	Dos canales ADPCM a 32 kbps de acuerdo a la Rec. G.721 del CCITT							
8. Objetivos de desempeño	Reqs. 522, 614 y 579 del CCIR (calidad RDSI)							
a. BER de cielo claro	10^{-7}							
b. BER degradado	10^{-3} para menos del 0.04% del año							

Figura 2.1

Ilustración de un enlace IDR que muestra los principales parámetros



donde:

α_u = ángulo elevación estación transmisora

α_d = ángulo elevación estación receptora

B_u = diferencia, en dB, entre la ganancia de cobertura en el borde del haz receptor del satélite y la ganancia en dirección a la estación terrena transmisora (suministrada por INTELSAT).

B_d = diferencia, en dB, entre la ganancia de cobertura

en el borde del haz transmisor del satélite y la ganancia en dirección a la estación terrena receptora situada en la ubicación más desfavorable (suministrada por INTELSAT).

2.2.1.1.2 Ajuste de p.i.r.e.

Se debe poder ajustar la p.i.r.e. sobre un rango de 15 dB bajo el máximo valor mandatorio.

2.2.1.1.3 Estabilidad de p.i.r.e.

(a) Cielo claro

La p.i.r.e. en la dirección del satélite, bajo condiciones de cielo claro y viento ligero, debe mantenerse dentro de ± 0.5 dB (para estaciones A, B, C y F-3) y dentro de ± 1.5 dB (para estaciones E-3, E-2 y F-2) del valor nominal.

(b) Condiciones adversas de tiempo

- (i) En 6 GHz se permite que la densidad de flujo de potencia a la entrada del satélite baje en 2 dB.
- (ii) En 14 GHz es necesario compensar la atenuación debida al mal tiempo aumentando la potencia de salida de la estación terrena.

2.2.1.2 Restricciones sobre las emisiones

Uno de los factores de influencia en el tamaño del HPA son las restricciones a las emisiones. Estas restricciones son similares a las requeridas para los servicios FDM/FM, por lo que un HPA que transmite múltiples portadoras IDR necesita un resguardo de salida de alrededor de 7 dB.

Las principales restricciones son: emisiones parásitas fuera y dentro de banda, los productos de intermodulación producidos por la interacción de portadoras y las emisiones de radiofrecuencia fuera de banda (lóbulos laterales de espectro de la portadora). El cuadro 2.3 presenta un resumen de los valores de las restricciones de las emisiones.

2.2.1.2.1 Transferencia de modulación

La operación de un HPA con varias portadoras IDR y FDM/FM resulta en una transferencia de modulación por las características AM/PM del HPA de una manera similar a la diafonía ininteligible que se produce entre portadoras FDM/FM. Este efecto se manifiesta como un tono en la banda base FDM a una frecuencia igual a la tasa simbólica de la portadora digital. Las características de desempeño de IDR especifican que este tono no debe exceder -73 dBmOp de acuerdo a la Rec. G.151 del CCITT.

2.2.1.3 Ruido de fase

Una área donde se debe tener especial cuidado es en el ruido de fase de banda lateral única de los convertidores IF/RF ascendente y descendente. Los actuales convertidores funcionan bien con señales analógicas, pero no son adecuados para aplicaciones con IDR.

Para IDR, se puede cumplir con uno de los dos límites siguientes:

- (a) El primer límite define al ruido de fase con dos componentes: uno continuo y otro parásito. El componente continuo debe cumplir la máscara de densidad de ruido de la Fig. 2.2.

Cuadro 2.2
Ejemplos de requisitos máximos de p.i.r.e. del enlace ascendente,
dBW, para portadoras IDR con el satélite INTELSAT VI

a) Enlaces directos para haces hemisféricos y zonales en banda C

Velocidad de información de portadora (kbps)	Estación terrena receptora				
	A previa	A revisada	B	F-3	F-2
64	46,8	48,8	50,3	52,2	54,4
1544	60,6	62,6	64,1	66,0	68,2
2048	61,8	63,9	65,4	67,3	69,4
6312	66,7	68,7	70,2	72,1	74,3
8448	68,0	70,0	71,5	73,4	75,6
32064	73,8	75,8	77,3	79,2	--
34368	74,1	76,1	77,6	79,5	--
44736	75,2	77,2	78,7	80,6	--
X (para otras velocidades)	-1,3	0,7	2,2	4,1	6,3

b) Enlaces directos para haz pincel en banda Ku

Velocidad de información de portadora (kbps)	Estación terrena receptora			
	C previa	C revisada	E-3	E-2
64	46,2	47,9	49,7	53,8
1544	60,0	61,7	63,6	67,6
2048	61,3	63,0	64,8	68,8
6312	66,2	67,8	69,7	73,7
8448	67,4	69,1	70,9	75,0
32064	73,3	74,9	76,8	80,8
34368	73,6	75,2	77,1	81,1
44736	74,7	76,3	78,2	82,2
X (para otras velocidades)	-1,8	-0,2	1,7	5,7

El componente parásito a la frecuencia fundamental de la línea AC debe ser menor que - 30 dBc y la suma de las otras señales parásitas debe ser menor que - 36 dBc.

- (b) El segundo límite indica que la suma total del ruido de fase, incluyendo señales parásitas será menor que 2 grados rms.

Cuadro 2.3: Restricciones de las emisiones de estaciones terrenas

Tipo de Emisión	Restricción de la p.i.r.e. del enlace ascendente
1. Emisiones parásitas (Fuera de banda)	4 dBW/4 kHz
2. Emisiones parásitas (dentro de banda)	
a. Vel. inf. ≤ 2048 kbit/s	- 40 dBc/4 kHz
b. Vel. inf. > 2048 kbit/s	- 50 dBc/4 kHz
3. Intermodulación (debido a la operación de varias portadoras)	
a. Banda C (haz global)*	24 - K_2 dBW/4 kHz
b. Banda C (haces hemi y zonal)	21 - K_1 dBW/4 kHz
c. Banda Ku	10 - K_1 dBW/4 kHz
4. Espectro de lóbulos laterales	- 26 dB relativos a la densidad del lóbulo principal

* Si el transpondedor global transporta tráfico SPADE, el límite es 21 - K_2 dBW/4 kHz

2.2.1.4 Igualación de amplitud y retardo de grupo

Los requisitos de respuesta de amplitud y retardo de grupo de los convertidores ascendente y descendente de la estación terrena indican que la variación de amplitud no sea mayor que 0.5 dB y la del retardo de grupo no sea mayor que 10 ns en el ancho de banda de la portadora IDR tal como lo indican la figura 2.3.

La respectiva igualación de retardo de grupo es necesaria solamente para portadoras con anchos de banda mayores que 2.5 MHz.

Para portadoras con anchos de banda mayores, las estaciones terrenas deben estar equipadas para igualar dentro de los límites del Cuadro 2.4.

Cuadro 2.4: Límites de igualación de retardo de grupo

Ancho de banda (AB) igualado (MHz)	Igualación lineal (ns/MHz)	Igualación Parabólica (ns/MHz ²)
$2.5 \leq AB < 4.5$	0 hasta ± 10	0 hasta 2
$4.5 \leq AB < 13.5$	0 hasta ± 5	0 hasta 2
$13.5 \leq AB \leq 15.75$	0 hasta ± 5	0 hasta 0.5
$15.75 \leq AB \leq 22.5$	0 hasta ± 3	0 hasta 0.5
$22.5 \leq AB \leq 30.0$	0 hasta ± 2	0 hasta 0.5
$30.0 \leq AB \leq 45.0$	0 hasta ± 1	0 hasta 0.25

Las estaciones terrenas deberán insertar un valor negativo de igualación parabólica.

2.2.1.5 Espaciamiento y tolerancia de frecuencia

2.2.1.5.1 Espaciamiento entre portadoras

El ancho de banda nominal asignado entre portadoras IDR es 0.7 veces la velocidad de transmisión. Este valor se redondea a un múltiplo conveniente de 22.5 kHz para velocidades de información hasta 10 Mbps y de 125 kHz para mayores que 10 Mbps. Esto se realiza con el objeto de facilitar el diseño de los convertidores y modems.

2.2.1.5.2 Tolerancia de radiofrecuencia de la portadora

La tolerancia de radiofrecuencia en todas las portadoras transmitidas por las estaciones terrenas será $\pm 0.025R$ Hz con un máximo de ± 3.5 kHz, donde R es la velocidad de transmisión en bitios por segundo. Esto permite niveles aceptables de interferencia entre canales adyacentes y evita la necesidad de pilotos de referencia, y de convertidores con una estabilidad estricta.

2.2.1.6 Parámetros de transmisión

Los parámetros de las velocidades de información recomendadas

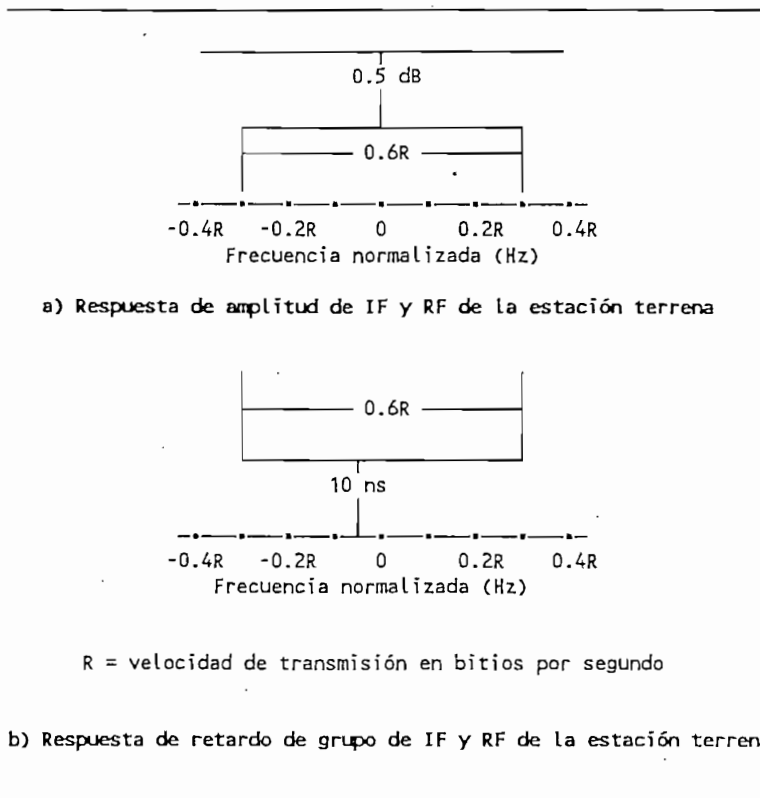


Figura 2.3

por INTELSAT se proporcionan en el Cuadro 2.5. Las características de transmisión para la operación de portadoras IDR se indican en el Cuadro 2.6.

2.2.2 Características de la unidad de canal IDR

La unidad de canal que se muestra en la Fig. 2.4 consiste de lo siguiente:

- (1) modulador/demodulador (modem)
- (2) codificador/decodificador (codec) FEC
- (3) aleatorizador/deseudoaleatorizador
- (4) unidad de encabezamiento (para velocidades de información superiores a 1544 kbps)

2.2.2.1 Características de modulación

Se utiliza la modulación cuadrifásica PSK, principalmente porque esta técnica de modulación ya se usa en forma amplia en los sistemas de INTELSAT denominados SCPC y TDMA y en otros sistemas satelitales. Además es relativamente eficiente en ancho de banda, puede utilizarse con o sin codificación FEC, y ya existen equipos para transmitir señales QPSK a través de transpondedores satelitales.

La elección del método de modulación se basa en consideraciones relativas a la eficiencia en la utilización del espectro, la potencia de transmisión necesaria, la simplicidad de los circuitos, etc. La modulación PSK presenta una característica excelente en los aspectos mencionados y proporciona también la posibilidad de modulación multifásica.

La calidad de transmisión de los sistemas digitales se evalúa por la proporción de bits erróneos (BER). Estos errores son causados por el ruido térmico, la interferencia entre símbolos y la fluctuación de fase de la portadora recuperada y de la temporización de los bits.

El ruido térmico es la causa principal de errores y depende de la relación de la energía por bit de información (E_b) con relación a la potencia de ruido por hertzio (N_0) a la entrada del demodulador.

La interferencia entre símbolos es causada por las características del filtro de frecuencia intermedia (FI) del módem PSK, la respuesta de frecuencia del transpondedor del satélite y especialmente las limitaciones de banda y las no linealidades de los tubos de ondas progresivas (TWT). Cuando se aumenta la anchura de banda del filtro, disminuye la interferencia entre símbolos pero aumenta el ruido térmico. Por consiguiente, se utiliza generalmente una anchura de banda igual a la velocidad de símbolos multiplicada por un factor

Cuadro 2.5:

Parámetros de transmisión para portadoras IDR recomendadas de INTELSAT
(con corrección de errores de relación 3/4)

Velocidad de información (IR) (bps)	Velocidad de encabezamiento (OH) (bps)	Velocidad de datos (IR + OH) (bps)	Velocidad de transmisión (bps)	Ancho de banda ocupado (Hz)	Ancho de banda asignado (Hz)	C/T (dBW/K)	C/No (dB-Hz)	C/N (dB)
64 k	0	64 k	85.33 k	51.2 k	67.5 k	-171.8	56.8	9.7
512 k	34.1	546.1 k	728.13	436.9 k	517.5 k	-162.5	66.1	9.7
1544 k	96	1640 k	2186.66 k	1.31 M	1552.5 k	-157.8	70.8	9.7
2048 k	96	2144 k	2858.66 k	1.72 M	2002.5 k	-156.6	72.0	9.7
6312 k	96	6408 k	8544.00 k	5.13 M	6007.5 k	-151.8	76.8	9.7
8448 k	96	8544 k	11392.00 k	6.84 M	7987.5 k	-150.6	78.0	9.7
34368 k	96	34464 k	45952.00 k	27.57 M	32250.0 k	-144.5	84.1	9.7
44736 k	96	44832 k	59776.00 k	35.87 M	41875.0 k	-143.3	85.3	9.7

Notas:

- Este cuadro ilustra los parámetros para los tamaños recomendados de portadoras. Sin embargo, se puede utilizar cualquier otra velocidad de información entre 64 kbps y 44736 kbps.
- Los valores de C/T, C/No y C/N han sido calculados para una BER de 10^{-7} y se asume el uso de una FEC de relación 3/4.
- Para velocidades de información hasta 10 MHz, los espaciamientos de frecuencias entre portadoras serán múltiplos impares de 22.5 kHz. Para velocidades mayores, serán múltiplos de 125 kHz.

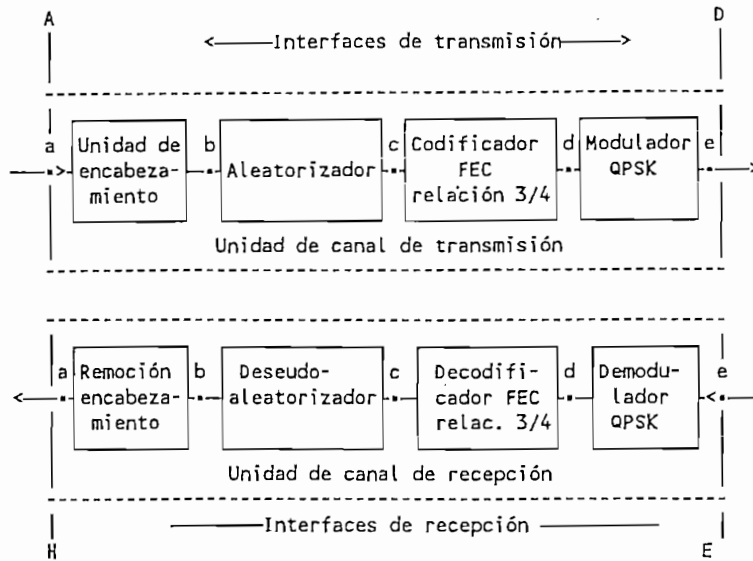
Cuadro 2.6: Características de la modulación QPSK y parámetros de transmisión para portadoras IDR

Parámetro	Requisito
1. Velocidad información, IR	64 kbps a 44739 kbps
2. Encabezamiento para portadoras con $IR \geq 1544$ kbps	96 kbps para todas las velocidades de información
3. Corrección progresiva de errores (FEC)	Codificación convolucional y decodificación Viterbi de relación 3/4
4. Dispersión de energía (aleatorización)	Según Recomendación V.35 del CCITT
5. Modulación	Manipulación por desplazamiento cuadrifásica de fase
6. Resolución de ambigüedad	Combinación de codificación diferencial (180°) y FEC (90°)
7. Recuperación de reloj	La temporización debe ser recuperada del tren digital recibido
8. Ancho de banda mínimo de la portadora (asignado)	$0.7 R$ Hz o $0.933 (IR + \text{Encabezamiento})$
9. Ancho de banda ocupado (y del ruido)	$0.6 R$ Hz o $0.8 (IR + \text{Encabezamiento})$
10. E_b/N_0 a la tasa de error (BER) (con FEC 3/4)	10^{-3} 10^{-7} 10^{-8}
a. Modem en lazo cerrado	5.3 dB 8.3 dB 8.8 dB
b. A través del canal satelital	5.7 dB 8.7 dB 9.2 dB
11. C/T en el punto nominal de operación (BER = 10^{-7})	$-219.9 + 10 \log_{10}(IR+OH)$, dBW/K
12. C/N en el ancho de banda de ruido en el punto nominal de operación	9.7 dB
13. Tasa de error de bitios en el punto de operación	1×10^{-7}
14. C/T en el umbral	$-229.9 + 10 \log_{10}(IR+OH)$, dBW/K
15. C/N en el ancho de banda de ruido en el umbral	6.7 dB
16. Tasa de error de bitios (BER) de umbral	1×10^{-3}

Notas al cuadro 2.6

1. IR es la velocidad de información en bits por segundo
2. R es la velocidad de transmisión en bits por segundo y equivale a $(IR+OH)$ multiplicado por 4/3 para portadoras que emplean FEC de relación 3/4.

Fig. 2.4
Ilustración de la unidad de canal IDR



donde: a Velocidad de información, IR
 b,c Velocidad compuesta, $CR = IR + \text{Encabezamiento}$
 d Velocidad de transmisión, $R = CR/C$ ($C = \text{taza de codificación, } 3/4$)
 e Velocidad de símbolos, $SR = R/2$

Transmisión: e Al convertidor ascendente
 Recepción: e Del convertidor descendente

de 1.05 a 1.2 con lo que se estima que la degradación de la relación C/N debida a la interferencia entre símbolos es de alrededor de 1.5 a 2.0 dB.

2.2.2.1.1 Características de salida del modulador

El modulador acepta dos trenes de datos paralelos procedentes del codificador FEC, designados el canal P y el canal Q. A continuación se indica la relación entre los bitios que se han de transmitir y la fase de la portadora de la salida del modulador:

Bits transmitidos

Canal P	Canal Q	Fase resultante
1	1	0°
0	1	$+90^\circ$
0	0	$+180^\circ$
1	0	$+270^\circ$ (-90°)

La precisión de fase a la salida del modulador debe ser $\pm 2^\circ$ mientras que la de amplitud a la salida del modulador es ± 0.2 dB.

Un diagrama típico de un modulador se muestra en la Fig. 2.5.

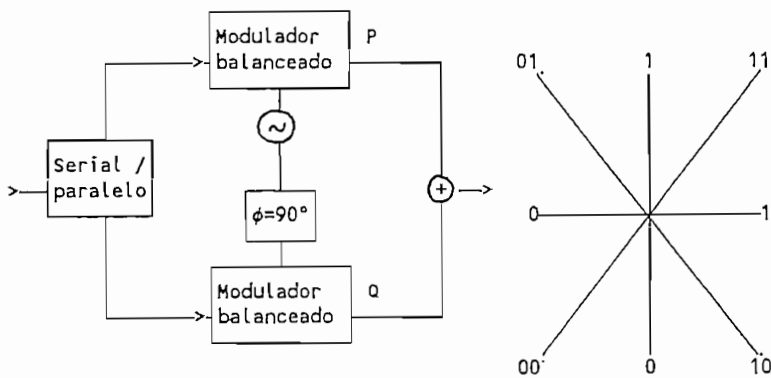


Fig. 2.5: Diagrama de un modulador 4-PSK

2.2.2.1.2 Salida del espectro del modulador

El espectro de frecuencia intermedia (IF) transmitido dentro del rango de frecuencias a $\pm 0.35R$ Hz y dentro del ancho de banda de $0.35R$ a $0.75R$ Hz de la frecuencia central nominal, no podrá exceder la máscara de densidad espectral de potencia que resulta de un modulador que cumple las características de amplitud anotadas en la Fig. 2.6. Fuera del ancho de banda de $\pm 0.75R$ Hz de la frecuencia central nominal, la densidad espectral de IF transmitida será por lo menos 40 dB menor que la densidad espectral máxima, medida en una banda de 4 kHz.

2.2.2.1.3 Condiciones de funcionamiento del demodulador

Se utiliza un demodulador QPSK coherente que debe restablecer la temporización de bits y presentarla al decodificador de corrección de errores (FEC). La salida del demodulador debe ser compatible con el decodificador de decisión flexible.

La unidad de canal debe cumplir los requerimientos de la tasa de error de bitios (BER) cuando haya interferencias de canales adyacentes y cuando tanto la portadora deseada como las portadoras interferentes estén sujetas a desplazamientos de la frecuencia de la portadora común de ± 25 kHz.

2.2.2.2 Corrección de errores sin canal de retorno (FEC)

Todas las portadoras IDR con velocidades de información entre 64 kbps y 44736 kbps utilizan codificación convolucional de errores de relación 3/4 con decodificación Viterbi. Las funciones de los codecs son: 1) generar bits de codificación apropiados y realizar la interfaz con el modulador, 2) aceptar la señal demodulada y recuperar las correctas sincronización de código y fase de portadora, y 3) en unión con el demodulador hacer uso del código para tomar decisiones fiables sobre la secuencia transmitida de bits de datos.

2.2.2.2.1 Codificador

Se emplea el codificador convolucional de relación 3/4 que se muestra en el diagrama funcional de la Figura 2.7.

El codificador es del tipo diferencial binario seguido de un registrador de desplazamiento de 7 etapas en que las salidas de determinadas etapas son sumadas en módulo 2 para formar los símbolos codificados de relación 1/2. El código de relación 3/4 se construye borrando periódicamente dos bits específicos de entre seis bits contenidos en tres bloques consecutivos del código original de relación 1/2.

2.2.2.2.2 Decodificador

La decodificación se lleva a cabo reconstruyendo primero los datos codificados de relación 1/2 insertando bits de "borrado" en el tren de datos recibidos en las posiciones en las cuales los bits codificados originalmente en relación 1/2 fueron borrados en el lado de transmisión. Los datos codificados reconstruidos son luego decodificados por un decodificador Viterbi de decisión flexible (máxima probabilidad).

El decodificador tiene las siguientes características:

- La ganancia de codificación debe ser compatible con la relación E_b/N_0 requerida.
- Debe proporcionar sincronización interna y sincronización de código para la ambigüedad de fase de portadora de 90° .
- Debe proporcionar decodificación diferencial binaria del tren de datos de salida en serie.
- Puede dar una indicación de la tasa de corrección de errores para supervisar el funcionamiento de la portadora.

2.2.2.2.3 Selección del código FEC

El primer requisito, para seleccionar el código FEC apropiado, es proporcionar una ganancia de codificación que permita la recepción de las portadoras IDR en una gran rango de estaciones terrenas con una p.i.r.e. de enlace ascendente razonable que permita mantener una capacidad relativamente alta del transpondedor. Se examinaron por parte de INTELSAT un número de candidatos y velocidades de código y se utilizaron los análisis del enlace de referencia para determinar la p.i.r.e. y la capacidad del transpondedor en cada situación.

Los resultados de este análisis se indican en la Fig. 2.8 que muestra la capacidad de canales del transpondedor para varios códigos y tamaños de estaciones terrenas.

El código de relación 3/4 cumple mejor los requisitos, porque produce la máxima capacidad del transpondedor para las estaciones terrenas estándar A y C revisadas.

El algoritmo de código convolucional y decodificación Viterbi se ha utilizado en otros sistemas satelitales y está actualmente disponible.

Este código se deriva del utilizado en IBS que tiene una relación 1/2, y se ha pensado en la facilidad de construcción de un único código que pueda conmutarse entre los dos.

En la Figura 2.9 se muestra el desempeño de BER típico de este código junto con los puntos de especificación de IDR, el desempeño de un modem ideal no codificado, y el de un codificado. Esto proporciona una indicación de las ganancias de código y de los márgenes de implantación.

2.2.2.3 Dispersión de energía (Aleatorización)

Se aplica la dispersión de energía o aleatorización por varias razones.

La primera, es expandir la energía de la señal para reducir la interferencia hacia otras señales que comparten el transpondedor disminuyendo la densidad máxima de flujo de potencia de acuerdo con la Rec. 358-3 del CCIR y la densidad fuera del eje de la p.i.r.e. ascendente según la Rec. 524-2 del CCIR. Estas reducciones facilitan la transmisión por medio de antenas de menor tamaño.

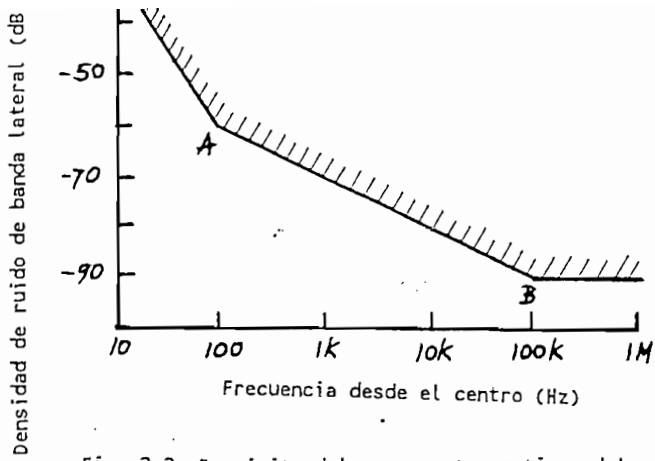


Fig. 2.2: Requisito del componente continuo del ruido de fase

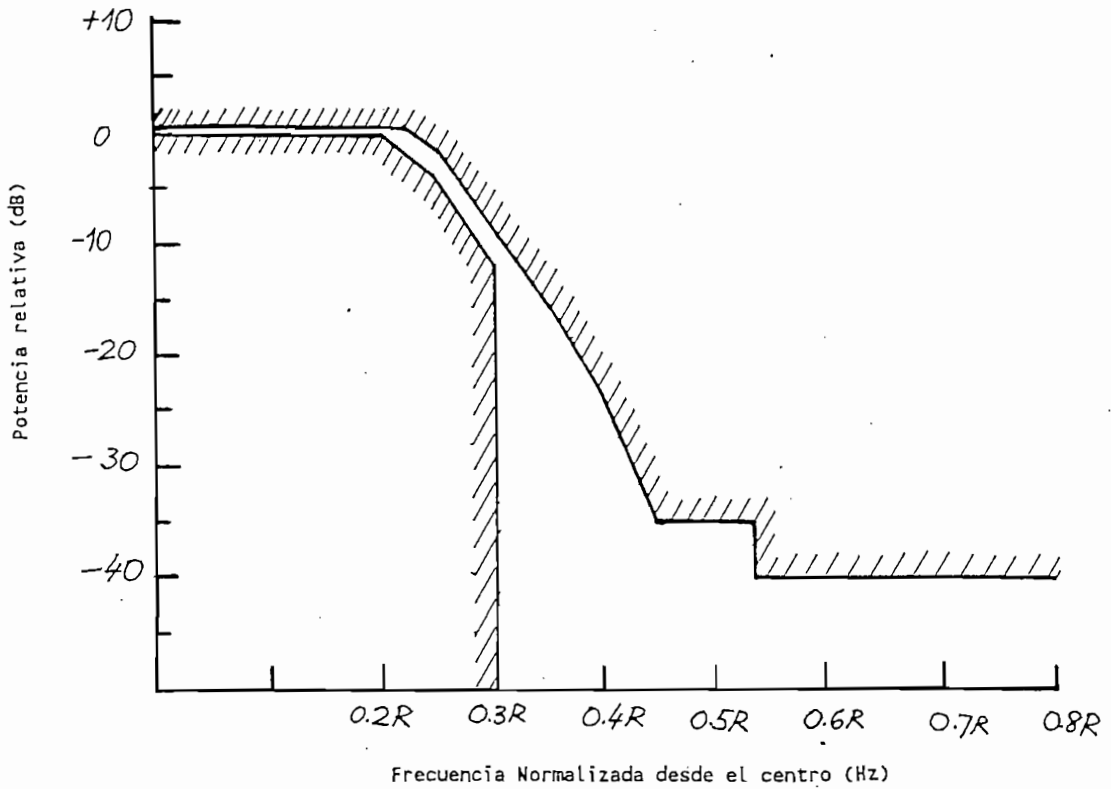
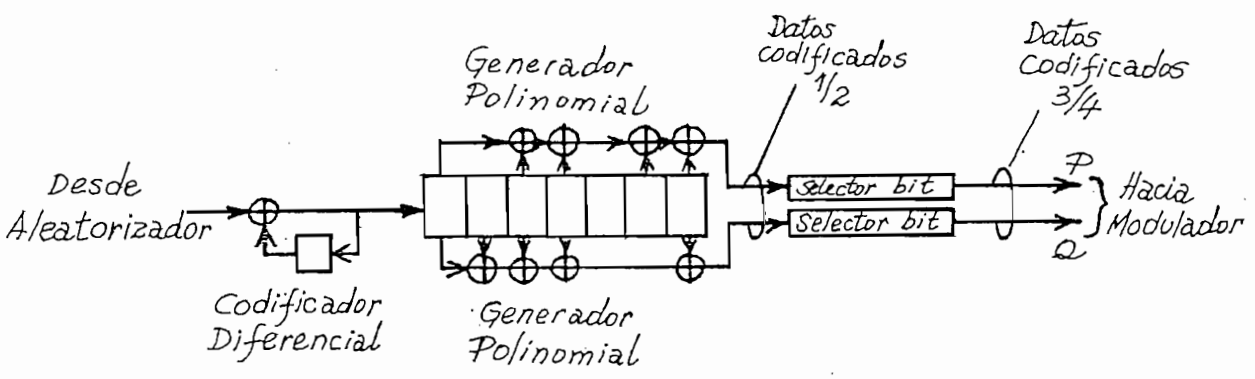


Fig. 2.6: Máscara de densidad espectral de potencia a la salida del modulador



Capacidad de transpondedor de 72 MHz (Número de canales de 64 kbps)

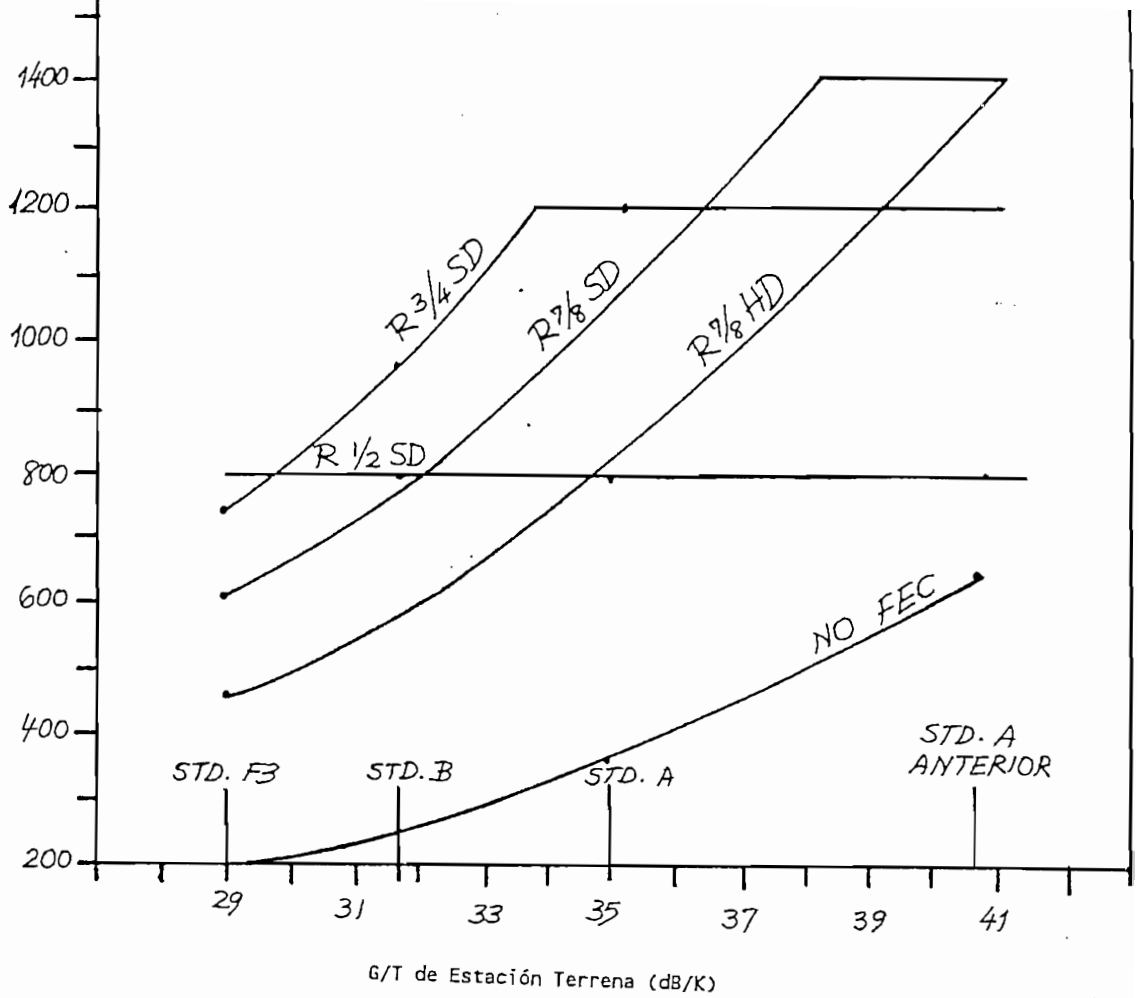
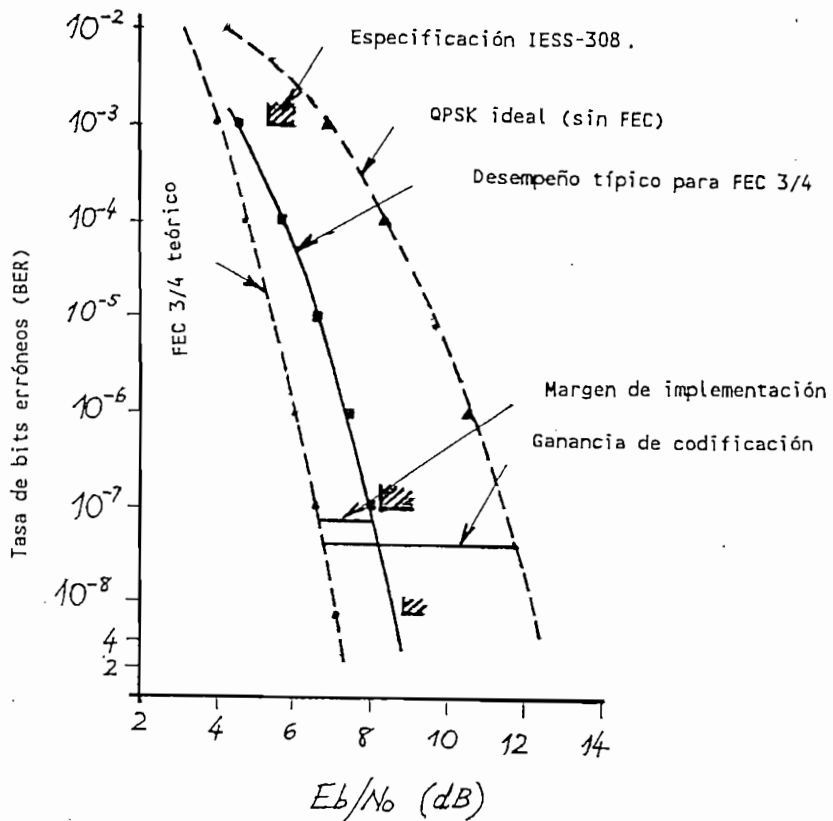


Fig. 2.8: Capacidad de transpondedor para varios codificadores FEC



La segunda razón es asegurar que existan suficientes transiciones de datos para una adecuada operación de los circuitos de recuperación de reloj en el demodulador. Existen dos tipos genéricos de aleatorizadores: los sincrónicos y los de sincronización propia.

Un aleatorizador sincrónico efectúa su función añadiendo a los datos una secuencia pseudoaleatoria (PRS). Este tipo es utilizado en la Red Abierta IBS y en los sistemas SCPC y TDMA. Requiere que la secuencia pseudoaleatoria del aleatorizador y deseudoaleatorizador estén sincronizadas y se emplea más comúnmente donde existe una estructura de trama conocida.

El aleatorizador de sincronización propia opera pasando los datos a través de un registro de desplazamiento con sus etapas escogidas juiciosamente de tal forma que los datos se aleatoricen efectivamente ellos mismos.

No se requiere una secuencia especial de sincronización o trama. La deseudoaleatorización se efectúa pasando la secuencia recibida a través del mismo tipo de registros de desplazamiento.

Para la operación IDR, se ha seleccionado un aleatorizador de sincronización propia especificado en la Rec. V.35 del CCITT.

2.2.2.4 Características de la tasa de bits erróneos (BER)

La unidad de canal IDR, en una modalidad de conexión local directa de IF, debe cumplir con los requisitos de desempeño que se indican. Estos valores son aplicables con el aleatorizador habilitado y con codificación de corrección de errores FEC, y en las condiciones anotadas en el numeral 2.2.2.1.3.

<u>BER mejor que:</u>	<u>Eb/No (dB)</u>
10^{-3}	5.3
10^{-7}	8.3
10^{-8}	8.8

La Eb/No está relacionada con la potencia de la portadora modulada y con la velocidad de datos compuesta (velocidad de información más encabezamiento) que entra al codificador FEC.

2.2.2.5 Unidad de encabezamiento para ESC y Alarmas

Se ha definido una estructura de encabezamiento con el propósito de llevar los Circuitos de Servicio de Ingeniería (ESC) y para proporcionar alarmas de mantenimiento.

Esto incrementa la velocidad de datos del tren de información en 96 kbps. El encabezamiento es mandatorio para todas las velocidades de información entre 1544 kbps hasta 44736 kbps.

La velocidad de encabezamiento de 96 kbps se deriva añadiendo 12 bits cada 125 microsegundos. El tren digital de información es transparente a esta unidad, lo que permite a la unidad de canal de IDR manejar cualquier información: telefonía PCM, telefonía DCME, datos digitales, videoteleconferencia, etc.

La unidad de encabezamiento ejecuta las funciones de alarma. Estas alarmas son muy similares a aquellas que se especifican en las recomendaciones de multiplex de la serie G del CCITT. Su propósito es asistir al mantenimiento del enlace permitiendo que el enlace satelital se encuentre aislado en los distintos cuerpos de mantenimiento.

Normalmente estas funciones proporciona el equipo multiplex, pero en los enlaces IDR no existe la certeza que los multiplexores estén localizados en la estación terrena.

Adicionalmente, para operación multidespino, es necesario que exista una alarma de comprobación, función que el equipo multiplex existente no puede desarrollar.

2.2.2.5.1 Estructura de la trama de encabezamiento

La estructura ha sido definida para facilitar la construcción de una única unidad para todas las velocidades de información entre 1544 y 44736 kbps que recomienda el CCITT.

Los bitios de encabezamiento están localizados de la siguiente forma:

- (a) 4 bits para sincronización de trama y multitrama, alarmas de sincronismo, y datos digitales del ESC (a 8 kbps) hasta completar una velocidad total de 32 kbps;
- (b) 8 bits para dos canales de voz del ESC de 32 kbps (codificados en ADPCM) para una velocidad total de 64 kbps.

Los canales de supervisión están destinados a ser conectados directamente al equipo ESC existente en las estaciones terrenas de INTELSAT.

Con el objeto de preservar la precisión propia del reloj en el canal satelital, la temporización del tren compuesto de transmisión (información más encabezamiento) se deriva del tren de datos de información entrante.

En el caso de una falla del reloj del tren de información entrante, se utiliza un reloj de repuesto con una estabilidad a largo plazo de al menos 1 parte en 10^5 por mes, para generar la temporización necesaria y mantener en operación a la unidad de encabezamiento. Esta unidad se diseña de tal forma que continúe en operación en ausencia de los datos de transmisión

entrantes o del reloj (o de ambos).

Los detalles de la estructura del encabezamiento son los mostrados en las Figuras 2.10(a), y 2.10(b). No es mandatorio que una única unidad proporcione el encabezamiento para todas las velocidades de información, sin embargo, la estructura ha sido diseñada con el objeto de facilitar dicha operación.

La unidad de encabezamiento, en el lado de transmisión, tiene como entrada al tren de información entrante, añade el alineamiento de trama y multitrama, alarmas, y bits de ESC descritos arriba, y pasa el tren compuesto al aleatorizador. La unidad también detecta las condiciones de avería y toma las acciones consiguientes para propósitos de mantenimiento. En el lado de recepción, ocurre el proceso inverso.

2.2.2.5.2 Concepto de alarmas de mantenimiento para la Unidad de Canal de IDR (con Encabezamiento)

Este concepto de alarma de mantenimiento está basado en la Rec. G.803 del CCITT. La entidad de mantenimiento se define como el equipo digital situado entre las interfaces A y D (para la estación terrena transmisora) y las interfaces E y H (para la estación terrena de receptora) de la Figura 2.4.

El hecho de que la señal está sujeta a FEC y aleatorización no se deberá tener en cuenta con respecto al concepto de la alarma de mantenimiento (o sea, la Señal de Indicación de Alarma (AIS) aplicada a través de la interfaz D como una condición de todos unos, también está aleatorizada y codificada antes de efectuar la transmisión al satélite).

(a) Condiciones de avería y medidas consiguientes (Para portadoras con encabezamiento)

En el Cuadro 2.7 se muestran las medidas que se han de tomar después de la detección de condiciones de avería específicas

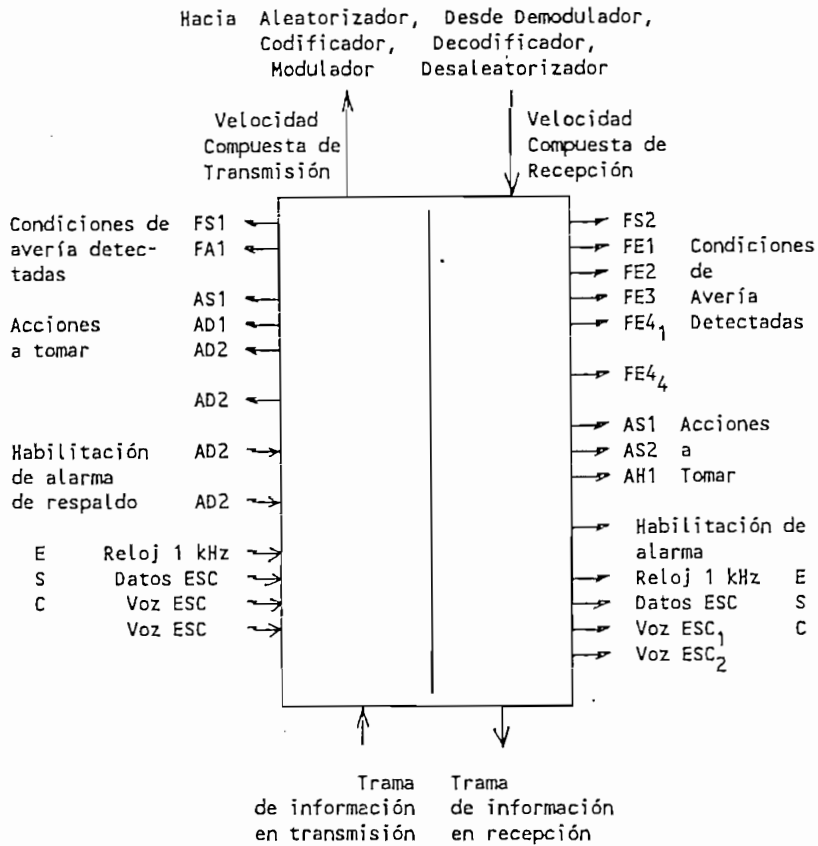


Fig. 2.10 (a)
Unidad de encabezamiento IDR

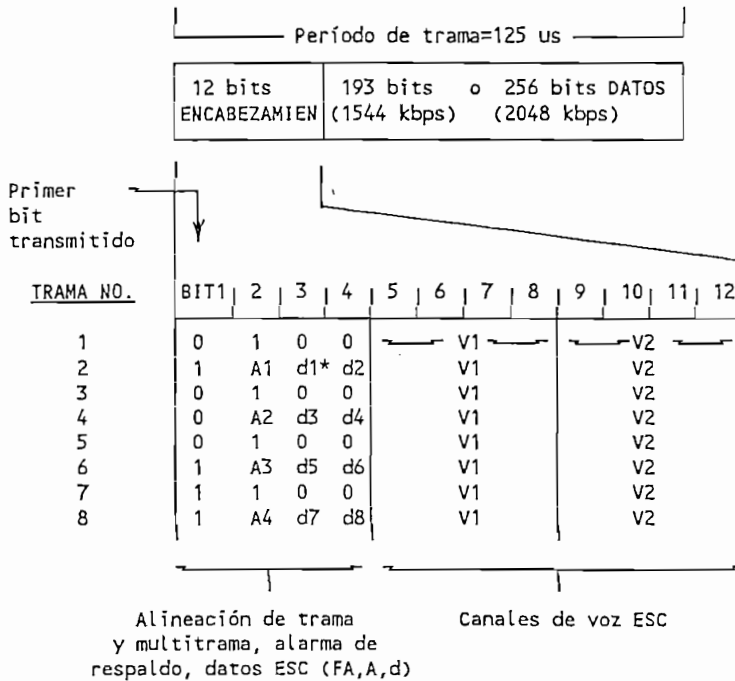


Fig. 2.10 (b)
Estructura de encabezamiento para portadoras de nivel primario

En la Fig. 2.10(b):

V_i = Canales de voz ESC i Bits ($i=1,2$). Se pone a 1 si no se usa
 A_i = Alarma de respaldo a destino i ($i=1,2,3,4$); No alarma=0; Alarma=1
 d_i = Datos digitales ESC ($i= 1$ a 8); Se pone a 1 si no se usa
 8 tramas = 1 multi-trama (Período = 1 ms)
 Velocidad de encabezamiento = 12bits/125 μ s = 96 kbps

para cada portadora. Se anticipa que estas funciones serán desempeñadas por la unidad de trama de encabezamiento.

Cuadro 2.7
 Condiciones de avería y medidas consiguientes

Fallas detectadas (F)		Medidas a ser tomadas (A)		
Localización	Condición	En estación	Hacia enlace terrestre (H)	Hacia el satélite (D)
En estación(es)	FS1	AS1	-	AD1
	FS2	AS1	AH1	AD2
Desde enlace terrestre (interfaz A)	FA1	AS1	-	AD1
Desde el satélite (interfaz E)	FE1	AS1	AH1	AD2
	FE2	AS1	AH1	AD2
	FE3	AS1	-	AD2
	FE4	AS2	-	-

Se definen las averías mostradas en el Cuadro 2.7.

En la estación terrena

FS1 falla del equipo ascendente

FS2 falla del equipo descendente

Desde el extremo terrestre a través de la interfaz A

FA1 pérdida de la señal entrante (datos o reloj).

Desde el satélite a través de la interfaz E

FE1 pérdida de la señal entrante.

FE2 pérdida de la alineación de la trama de encabezamiento y de multitrama.

FE3 Se excede la BER de 1 en 10^3 . Medida sobre la señal de alineación de encabezamiento durante cualquier período de un minuto.

FE4 Se recibe la indicación de alarma de la estación terrena distante (en el bitio 2 de tramas regulares en la estructura de encabezamiento IDR).

Las medidas mostradas en el Cuadro 2.7 se definen de la manera siguiente:

En la estación terrena

AS1 Se genera rápidamente la alarma de mantenimiento, tal como se define en la Rec. G.803 del CCITT.

AS2 Se genera en diferido la alarma de mantenimiento, tal como se define en la Rec. G.803 del CCITT.

Hacia el enlace terrestre (a través de la interfaz H)

AH1 Se aplica la AIS (señal de indicación de alarma) a través de la interfaz H en los intervalos de tiempo pertinentes para indicar que se ha detectado una avería, y para usarla como alarma de servicio por el enlace terrestre. La AIS es transmitida como una condición todos unos.

Hacia el satélite (a través de la interfaz D)

AD1 Se aplica la AIS a través de la interfaz D para indicar que se ha detectado una avería y para usarla como alarma de servicio en el extremo distante. La AIS es enviada como una condición de todos unos en el flujo de bitios de información (no incluye los bitios del encabezamiento).

AD2 Indicación de alarma hacia la estación terrena distante, que se utilizará como alarma de servicio en el extremo distante (o sea, como alarma hacia atrás). Será transmitida como estado 1 en el bitio 2 de todas las tramas. En el caso de portadoras a múltiples destinos, ésta será transmitida únicamente por aquellas tramas de la multitrama que hayan sido asignadas a esa estación terrena en particular.

2.2.3 Temporización y memoria intermedia

Los arreglos de temporización, la localización de la memoria intermedia y su capacidad son algunas de las funciones más críticas que deben ser consideradas para realizar la interfaz de las portadoras IDR con la red nacional.

Para un enlace particular el arreglo de temporización depende de muchos factores como la naturaleza del tráfico que transporta, la red terrestre, y el equipo que hace la interfaz.

La función de la memoria intermedia es compensar el efecto del movimiento satelital (desplazamiento Doppler) y la disparidad entre relojes en los lados de origen y recepción del enlace. La memorización también deber ser considerada como parte del arreglo de temporización cada vez que el enlace satelital es conectado a la red digital sincrónica.

2.2.3.1 Cuatro tipos de arreglo de temporización

Se consideran cuatro tipos de arreglo de temporización, según se indica en las Figs. 2.11(a), 2.11(b), 2.11(c) y 2.11(d).

En el primer caso, Fig 2.11(a) las redes digitales nacionales localizadas a cada lado del enlace realizan la interfaz de una manera plesióncrona (casi sincrónica). Se requiere la memorización a cada lado debido a que ambos terminales tienen una referencia nacional con una precisión de 10^{-11} de acuerdo a la Rec. G.811 del CCITT.

La capacidad de la memoria intermedia se determina mediante la suma aritmética del movimiento del satélite (Doppler) y la diferencia entre los dos relojes nacionales.

La precisión del reloj de 10^{-11} se puede obtener con la utilización de fuentes estándar de Cesio. Esto no significa,

sin embargo, que esta referencia esté localizada en la estación terrena. Se requiere que la fuente de Cesio o alguna otra referencia esté disponible en el tren de bits de primer orden (1544 o 2048 kbps) en su origen.

En el segundo caso, Fig. 2.11(b), sólo un terminal del enlace tiene una interfaz con una red digital nacional, mientras que el otro tiene una red nacional análoga, con la temporización en este lado en lazo. Esto permite a la red digital operar sincronizadamente mientras se mantiene la capacidad de la memoria en una cantidad razonable. Esta capacidad necesita solamente dos veces el desplazamiento Doppler.

El tercer caso, Fig. 2.11(c), es una variación del segundo, en el cual el terminal análogo recibe dos enlaces, cada uno de los cuales realiza su interfaz a una red digital nacional. Este terminal análogo puede escoger uno de los enlaces como su referencia de temporización, y el terminal digital debe dimensionar su memoria intermedia en forma acorde.

En el caso final, Fig. 2.11(d), existen redes análogas en cada terminal del enlace. No se necesita memorización, debido a que las variaciones de temporización que experimenta el lado de recepción está dentro de la tolerancia del equipo que convierte del modo digital al análogo. Por ejemplo, los transmultiplexers están diseñados para tolerancias de reloj en su lado digital de ± 50 partes por millón (ppm) de acuerdo a la Rec. G.792 del CCITT. Esto es suficiente en comparación de la variación introducida por un satélite de hasta 3 grados de inclinación que es pocas partes en 10^7 .

2.2.3.2 Localización de la memoria intermedia

La memorización es el almacenamiento de los datos en el lado de recepción. Se anticipa que esta memorización se llevará a

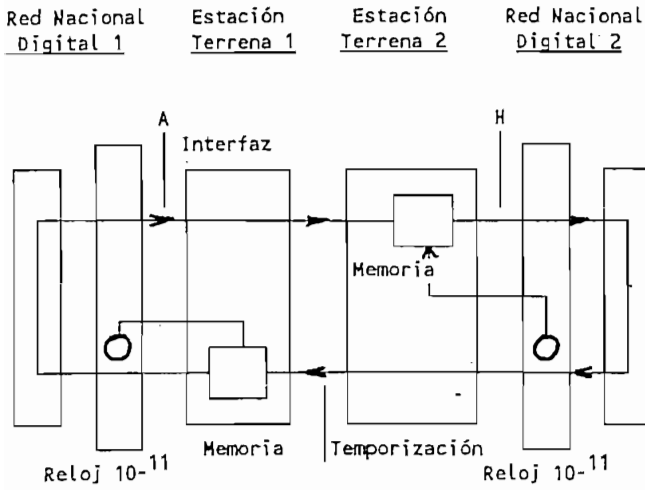


Fig. 2.11(a)

Arreglo de temporización y memoria intermedia
(Redes digitales en ambos extremos)

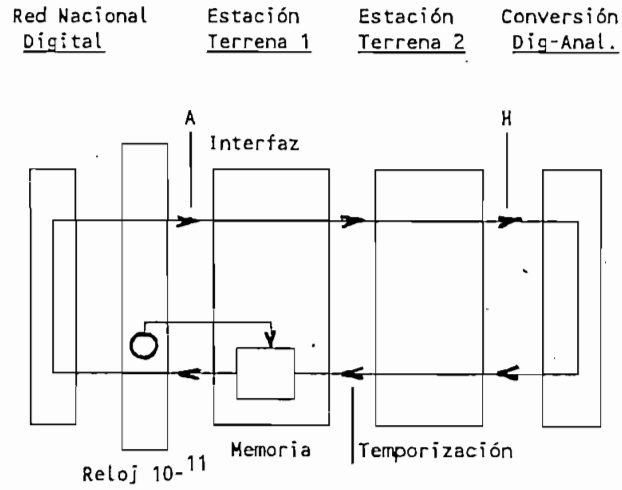


Fig. 2.11(b)

Arreglo de temporización y memoria intermedia
(Temporización remota de un extremo de la red desde el otro)

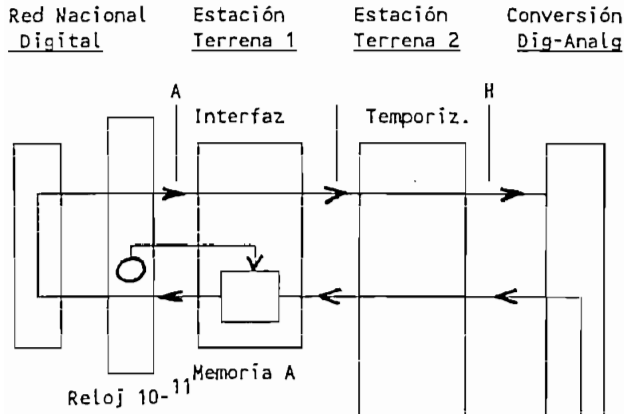


Fig. 2.11(c)

Arreglo de temporización y memoria intermedia
(La temporización recuperada de una estación se usa para transmitir a otra)

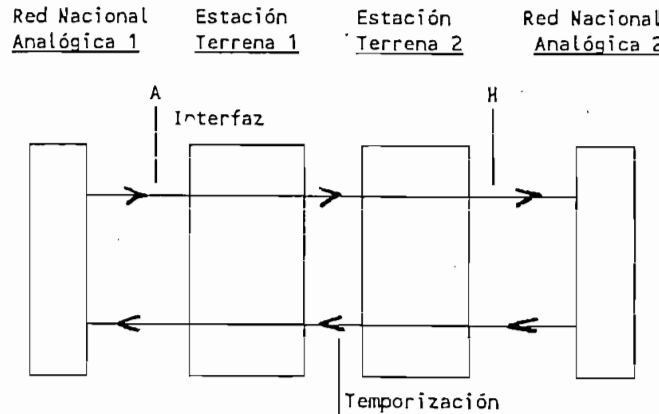


Fig. 2.11(d)

Arreglo de temporización y memoria intermedia
(Redes analógicas en ambos extremos)

cabo en la mayoría de los casos a 1544 o 2048 kbps, es decir en el orden primario de la jerarquía digital porque solamente en este nivel se realiza la temporización con una precisión de 10^{-11} en las redes digitales.

Esto significa que si se transmiten altos niveles de velocidades de información, la memorización se realizará después de que el tren de información sea demultiplexado en el nivel primario. Si esta función no se lleva a cabo en la estación terrena, la memoria intermedia estará localizada consecuentemente en el lado terrestre del enlace.

Es posible, también, la memorización a velocidades de información de mayor orden, pero la estación transmisora debe introducir un reloj con una precisión de 10^{-11} a dicha velocidad.

2.2.3.3 Capacidad de la memoria intermedia

Otra consideración es la capacidad de la memoria. El Cuadro 2.8 proporciona los requisitos de capacidad para las varias configuraciones de circuitos. Es importante anotar que aquellas son las capacidades mínimas.

Con el objeto de minimizar las alteraciones al equipo multiplex durante un deslizamiento (es decir, cuando la memoria se encaja a si misma al alcanzar la saturación o encontrarse vacía), las memorias intermedias se dimensionan usualmente como un múltiplo entero del período de la multitrama de orden primario.

Por ejemplo, un tren de bitios de 2048 kbps puede tener de acuerdo a la Rec. G.732 del CCITT un período de multitrama de 2 ms.

Si se establece una configuración de circuito como la de la Fig. 2.11(a), el Cuadro 2.8 indica que se requiere una memoria de 1.5 ms con una inclinación de órbita nominal de 0.1 grados. Esto será redondeado hasta 4 ms (± 2 ms) de tal forma que los deslizamientos ocurran en múltiplos del período de multitrama y el equipo multiplex situado después de la memoria no pierda alineamiento, así como también el equipo de conmutación.

Cuadro 2.8: Requisitos mínimos de memoria

Inclinación de órbita satelital (grados)	Capacidad de memoria (ms) para varias configuraciones de circuitos		
	Caso 1 Fig. 2.11(a)	Caso 2 Fig. 2.11(b)	Caso 3 Fig. 2.11(c)
0.1 (Nominal)	1.5	2.4	2.7
0.5	2.5	4.4	4.7
1.0	3.9	7.4	7.7
1.5	5.5	10.4	10.7
2.0	6.9	13.2	13.5
2.5	8.5	16.4	16.7
3.0	9.9	19.2	19.5

En general, no se requiere memorización, para compensar la variación del retardo en el satélite, si los circuitos de voz IDR están conectados a una red terrestre analógica. Sin embargo, se requiere la memorización para conectar datos o voz IDR a una red terrestre digital sincrónica.

2.2.3.4 Variaciones en el tiempo de propagación de transmisión

Los parámetros de retardo nominales que se esperan de los satélites INTELSAT van desde 0.34 ms para una inclinación de órbita de 0.1 grados (nominal) hasta 4.8 ms para una inclinación de 3 grados. La información de INTELSAT acerca de la inclinación de los satélites junto a la ayuda del Cuadro 2.8 permiten determinar la capacidad requerida de la memoria intermedia para un enlace particular.

2.2.3.5 Precisión de la temporización

La temporización se obtiene de las señales digitales de orden primario 1.544 o 2.048 Mbps en las dos direcciones de transmisión de una de las tres maneras siguientes:

- (a) de un reloj con una precisión de 1 parte en 10^{11} . Esto significa que el reloj puede derivarse de una referencia nacional de cesio o de una referencia ampliamente disponible (como el LORAN-C) que tiene la precisión requerida.
- (b) desde un reloj entrante, vía satélite, de una estación terrena distante. En este caso, la estación terrena distante debe obtener su temporización por el método (a).
- (c) En casos donde no hay una red digital sincrónica en ambos lados, pero los canales son convertidos a circuitos de voz análogos, el reloj interno del equipo multiplex PCM tiene una precisión suficiente (alrededor de 50 partes en 10^6).

Como un respaldo de emergencia, debe disponerse de un reloj local (con una estabilidad a largo plazo de al menos 1 parte en 10^5 por mes), con el objeto de mantener en operación el canal IDR, en el caso que el reloj principal sufra una avería. El reloj de emergencia estará enclavado al reloj principal a menos que exista una falla de éste.

2.2.4 Características de banda base

Las características de desempeño de portadoras IDR han sido desarrolladas para proporcionar medios de transmisión de cualquier tipo de información en forma digital.

2.2.4.1 Jerarquías digitales y velocidades de transmisión

Existen tres jerarquías digitales recomendadas por el CCITT. En el caso de trabajo entre jerarquías se recomienda otra jerarquía. Estas cuatro jerarquías son:

Nivel de Jerarquía Digital	Velocidades de bitios jerárquicas (Mbps)			Velocidades entre jerarquías (Mbps)
1	2.048	1.544	1.544	2.048
2	8.448	6.312	6.312	6.312
3	34.368	44.736	32.064	44.736

Como se anticipa que la mayoría de las portadoras IDR trabajarán con estas velocidades de información, las características de banda base fueron desarrolladas solamente para estas velocidades.

Las portadoras IDR están diseñadas para operar en los modos unidestino (SD) o multidestino (MD). Todas las características de la operación multidestino son aplicables a la operación unidestino.

2.2.4.2 Operación en Multidestino

El término multidestino (MD) significa que una portadora transmitida por una estación terrena es recibida por dos o más estaciones terrenas.

Es importante anotar que la capacidad de multidestino aquí discutida la proporciona el sistema IDR y puede o no ser usada conjuntamente con una capacidad similar que proporcione el Equipo de Multiplicación de Circuitos Digitales (DCME). Para operación en multidestino, el tren de bits estará formado de acuerdo a la estructura del multiplex del CCITT que se indica en el Cuadro 2.9, que indica también el número de trenes de

bits de orden primario asociados con cada tamaño de portadora.

Los ejemplos de operación MD se muestran en el capítulo tercero.

Con relación a la alarma de comprobación que se transmite en operación multidestino, la unidad de encabezamiento ayuda a identificar el destinatario.

Cuadro 2.9
Características del Multiplex de INTELSAT para
operación en Multidestino

Velocidad de bitios trans- mitidos (kbps)	Número de canales de 64 kbps	Número y velocidad binaria de los tribu- tarios de orden menor
1544	24	-
2048	30 (31)	-
6312	96	4 x 1.544
6312	90 (93)	3 x 2.048
8448	120 (124)	4 x 2.048
32064	480	5 x 6.312
34368	480 (496)	4 x 8.448
44736	630 (651) o 672	7 x 6.312 ⁽²⁾

2.2.4.3 Señalización

Los arreglos para la señalización deben llevarse a cabo entre las entidades involucradas dependiendo del equipo de conmutación en el Centro de Conmutación Internacional (ISC).

¹ El tren binario de 2.048 Mbit/s está compuesto de 32 canales (TS) donde TS0 se reserva para el alineamiento de trama y alarmas y TS16 puede utilizarse para señalización o para transportar tráfico. El número entre paréntesis incluye el número de canales disponibles cuando se utiliza el TS16 para transportar tráfico.

² El tren binario de 44.736 Mbit/s puede transportar 630 (651) canales de 64 kbit/s (en casos donde los tributarios de 6.312 Mbit/s están compuestos de tres trenes de 2.048 Mbit/s), o 672 canales de 64 kbit/s (en casos donde los tributarios de 6.312 Mbit/s están compuestos de 4 trenes de 1.544 Mbit/s).

Sin embargo, se anticipa que se utilizarán los sistemas de señalización del CCITT No. 5, 6 o 7. En el caso especial de los Sistemas 6 o 7, cuando se transmitan trenes multidestino a 2048 kbps que no empleen DCME, existe la necesidad que un canal de supervisión se transmita en el canal satelital. Se ha reservado la ranura 16 en la trama a 2048 kbps para esta función que detalla las condiciones de avería y las acciones consiguientes requeridas.

2.2.5 Interfaces del canal de voz

2.2.5.1 Codificación PCM

En los casos donde los canales de 64 kbps hayan sido formados a partir de canales de voz análogos con codificación PCM, se utilizarán ya sea la ley μ o la ley A. Para la conversión entre las dos, ésta será realizada por las entidades que utilicen la ley μ .

2.2.5.2 Protección de eco

Los circuitos de voz estarán equipados con canceladores de eco y se espera que la cancelación se realice a 2048 kbps.

2.2.5.3 Interfaz LRE/DSI

La interfaz entre el equipo LRE/DSI a 2.048 Mbps y la unidad de canal IDR se basará en la velocidad binaria de primer orden de 2.048 Mbps. Los trenes binarios pasarán en forma transparente por el equipo IDR. Esto significa que la capacidad multiciclo y MD del equipo DCME operará independientemente del equipo multiplex de IDR.

2.2.6 Circuitos de servicio de ingeniería

La incorporación de los Circuitos de Servicio de Ingeniería (ESC) se realiza por medio de la adición de bits de encabezamiento a 96 kbps a las portadoras IDR con velocidades de información entre 1.544 Mbps y 44 Mbps.

De estos 96 kbps se obtienen dos canales de audio codificados en ADPCM a una velocidad de 32 kbps cada uno. Estos canales tienen la misma configuración S+Dx como en los equipos ESC de las portadoras FDM, con un canal de voz y cinco canales de telegrafía (TTY), y que utilizan la misma señalización para el circuito de órdenes. La salida del códec ESC es capaz de interconectarse con los bits de trama de encabezamiento de la unidad IDR.

Esta configuración fue seleccionada con el propósito de simplificar la integración de las portadoras IDR en las estaciones terrenas existentes, permitiendo así el uso de los actuales equipos de conmutación ESC y el equipo de banda base.

2.2.6.1 Comunicaciones entre INTELSAT y Estaciones Terrenas Operativas

Una estación terrena que opera con portadoras IDR además de otras portadoras (por ejemplo, FDM/FM, SCPC, TDMA) tendrá acceso a la red ESC de por medio de las otras portadoras. Este acceso al ESC será utilizado para la comunicación entre INTELSAT y la estación terrena.

Cuando una estación terrena opera solamente portadoras IDR, pero una de sus estaciones terrenas corresponsales en IDR tiene acceso a la red ESC FDM/FM, SCPC o TDMA, las comunicaciones entre INTELSAT y las estaciones terrenas que no tienen dicho acceso se llevará a cabo por medio de la estación terrena que si tiene ese acceso.

En el caso donde ninguna de las estaciones terrenas corresponsales tenga acceso a la red ESC FDM/FM, TDMA o SCPC, y no existan alternativas disponibles, la comunicación entre INTELSAT y la estación terrena IDR se llevará a cabo por medio de la red de conmutación pública.

2.2.6.2 Velocidades de datos menores que 1.544 Mbps

Para portadoras IDR más pequeñas que 1.544 Mbps, debido a su tamaño pequeño, no se recomienda el uso de bits de encabezamiento. Sin embargo, es mandatorio que los enlaces de comunicación entre INTELSAT y las estaciones terrenas, y entre correspondientes estaciones terrenas sean establecidas de acuerdo al numeral anterior.

2.3 Balance de un enlace satelital de referencia

La calidad del enlace obtenida se expresa después de la demodulación en términos de la relación señal/ruido, S/N, en las transmisiones analógicas y por la proporción de bits erróneos (BER) en las transmisiones digitales. Así pues, la calidad depende de la relación portadora/temperatura de ruido, C/T, antes de la demodulación y del proceso de modulación empleado, así como del funcionamiento real del equipo instalado (demodulador, filtros, etc.).

Los objetivos de calidad para el servicio IDR se indican en el numeral 2.1.2.1.

El desarrollo de los parámetros de IDR es un proceso iterativo que implica un compromiso entre los requisitos de p.i.r.e. del enlace ascendente, el G/T de estación terrena, la ganancia de codificación, la capacidad del transpondedor y los márgenes por lluvia.

Una parte integral de este proceso fue la decisión de INTELSAT de reducir el tamaño de las estaciones terrenas estándar A y C y actualizar el BER nominal para cumplir con los nuevos requisitos de desempeño del CCIR para enlaces digitales que forman parte de la RDSI.

Por ello, los valores G/T de las nuevas estaciones A y C han sido determinados por su capacidad para transportar tráfico IDR a través de los satélites existentes y planeados de INTELSAT.

2.3.1 Enlace de referencia

La herramienta principal para determinar las características de IDR es el "análisis del enlace de referencia".

En el Cuadro 2.10 se muestran ejemplos de enlaces en las bandas C y Ku.

Estos tipos de análisis de enlace se realizan para cada combinación de tipo de satélite, transpondedor, y tamaño de la estación terrena de recepción para obtener los requisitos de la p.i.r.e. ascendente y estimar la capacidad del transpondedor.

Los análisis de enlaces de referencia ayudan a realizar cálculos genéricos con el propósito de obtener parámetros relacionados con las características de desempeño para aplicar a determinadas localizaciones de estaciones terrenas o bandas de frecuencia.

Se asume, por ejemplo, que el transpondedor está lleno con un número de portadoras de densidad uniforme todas destinadas al mismo tamaño de estación terrena.

Se emplea una pérdida de trayecto para un ángulo de elevación de 10 grados, y una ventaja geográfica promedio del enlace

descendente de 2 dB.

Se asume que el transpondedor del satélite cumple exactamente sus especificaciones de densidad de flujo de saturación, G/T, p.i.r.e. del enlace descendente, y aislamiento de haz de antena.

Para utilizar los análisis de enlace, se introducen los parámetros de la estación terrena y del satélite apropiado y se varía el punto de operación del transpondedor hasta encontrar el óptimo que maximice la capacidad de canales.

La utilización de este tipo de análisis ayudó en la selección de la codificación de relación 3/4 para IDR.

2.4 Red digital de servicios integrados (RDSI)

2.4.1 Introducción

Para enfrentar la Era de la Información la infraestructura de telecomunicaciones tiene que ser poderosa. Esa infraestructura será la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que ya está dando sus primeros pasos en varios países del mundo.

Las nuevas tecnologías para almacenar información, procesar y distribuir han jugado un papel vital en la sociedad y en la economía, lo que ha incrementado la importancia de las comunicaciones. Esto ha obligado a las administraciones responsables de ellas a proporcionar servicios más versátiles, eficientes y sofisticados para un rango amplio de usuarios.

Para realizar estos objetivos, se necesita la flexibilidad suficiente para acomodar algunos o todos los nuevos servicios que están emergiendo en estos días o en un futuro cercano. La Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) que propone el CCITT viene a ser una solución que combina flexibilidad y sofisticación a bajo costo.

2.4.2 Aparición del concepto de RDSI

Hace diez años, en los organismos internacionales de normalización en el campo de telecomunicaciones, se manifestó un gran interés por la idea de una red digital para prestar servicios telefónicos y no telefónicos de manera integrada. Esta idea se sustentaba en dos razones principales:

- la creciente utilización de la técnica digital en los sistemas de telecomunicaciones, que se transformaba así en una técnica común a las diferentes redes.
- la creciente informatización de la sociedad hacía prever en un aumento extremadamente rápido de la demanda por servicios no telefónicos, que a fines del siglo, tendrían una importancia significativa ante el servicio telefónico.

2.4.2.1 Conceptos para desarrollar la RDSI

Los siguientes conceptos han servido para bosquejar a la RDSI:

- a. La RDSI se desarrollará a partir de la red telefónica digital.
- b. La RDSI está caracterizada por:
 - una transmisión transparente entre terminales con una velocidad binaria de 64 kbps entre usuarios.
 - un número pequeño de interfaces, estandarizados internacionalmente.
- c. El usuario del servicio RDSI obtendrá, por medio del conector universal, una ganancia al poder acceder a varios servicios de comunicaciones.

Cuadro 2.10: Ejemplos de análisis de enlaces de referencia para IDR en las bandas C y Ku

Parámetro		Banda C	Banda Ku	Unidad	
G E N E R A L	1 Tipo de satélite	VA	V, VA		
	2 Modelo del vuelo	F10-F15	F1-F12		
	3 Haz del enlace de subida	Hemi/Zon	Píncel E		
	4 Haz del enlace de bajada	Hemi/Zon	Píncel O		
	5 Frecuencia (subida)	6.130	14.205	GHz	
	6 Frecuencia (bajada)	3.905	11.155	GHz	
	7 Ancho de banda del transpondedor	72.0	72.0	MHz	
	8 Paso de ganancia	Alta	Baja		
	9 Tipo de estación terrena	Rev A	Rev C		
E N L A C E D E S U B I D A	10 Pire de estación terrena (total)	78.9	78.9	dBW	
	11 Pérdida del enlace (subida) a 10 grados	200.7	208.4	dB	
	12 Otras pérdidas del enlace de subida	0.0	0.0	dB	
	13 Ganancia de 1 m ²	37.2	44.5	dB/m ²	
	14 Densidad de flujo de operación	-84.6	-85.0	dBW/m ²	
	15 Densidad de flujo de saturación (filo del haz)	-76.6	-72.0	dBW/m ²	
	16 Ventaja del patrón de antena (subida)	0.0	0.0	dB	
	17 Margen de entrada	-8.0	-13.0	dB	
	18 G/T del satélite (filo del haz)	-9.0	0.0	dB	
	19 C/T térmica (subida)	-130.8	-129.5	dBW/°K	
	20 Aislamiento del haz del satélite (subida)	22.2	33.0	dB	
	21 Aislamiento de pol. cruzada de E/T (sub.)	30.7	N/A	dB	
	22 Aislamiento neto (subida)	21.6	33.0	dB	
	23 C/T de co-canal (subida)	-128.4	-117.0	dB	
	I M P O R T A N T E	24 Pire de saturación (filo del haz)	29.0	44.4	dBW
		25 Margen de salida	-4.5	-6.7	dB
		26 Densidad de potencia de intermodulación (rel. a la sat. de una única portadora)	-99.1	-104.9	dB
27 C/T de intermodulación		-134.0	-130.4	dBW/°K	
E N L A C E D E S C E N D I D A	28 Aislamiento del haz del satélite (bajada)	22.2	33.0	dB	
	29 Aislamiento de pol. cruzada de E/T (baj.)	30.7	N/A	dB	
	30 Aislamiento neto (bajada)	21.6	33.0	dB	
	31 C/T de co-canal (bajada)	-128.4	-117.0	dB	
	32 Ventaja del patrón de antena (bajada)	2.0	2.0	dB	
	33 Pérdida del enlace (bajada) a 10 grados	196.7	206.1	dB	
A D I C I O N E S	34 G/T de estación terrena	35.0	37.0	dB/°K	
	35 C/T térmica (bajada)	-135.2	-134.7	dBW/°K	
T O T A L	36 C/T total	-139.2	-134.7	dBW/°K	
	37 Otras pérdidas (rastreo, IM de E/T, interferencia en E/T, etc)	1.2	1.2	dB	
	38 C/T disponible	-140.4	-135.9	dBW/°K	

Cuadro 2.10: Continuación...

R E S U M E N	39	C/T de umbral por portadora (BER = 10^{-3})	-174.8	-174.8	dBW/°K
	40	Margen del sistema	3.0	7.0	dB
	41	C/T requerida para 64 kbps (FEC de relación 3/4)	-171.8	-167.8	dBW/°K
	42	Factor de corrección de píre de vent. baj.	0.7	0.5	dB
	43	Píre de estación terrena por 64 kbps (incluye 2 dB por variación de den. flujo)	50.2	49.5	dBW
	44	Capacidad del transpondedor (No. de canales de 64 kbps)	1200*	1200*	canales
	45	Margen del sistema	3.0	7.0	dB
	46	Margen del enlace de bajada	N/A	12.8	dB
	47	Píre a la velocidad	50.2	49.5	dBW
		de información (kbps)	64	50.2	dBW
		1544	64.0	63.4	dBW
		2048	65.3	64.6	dBW
		6312	70.2	69.5	dBW
		8448	71.4	70.7	dBW
		32064	77.2	76.5	dBW
		34368	77.5	76.8	dBW
		44736	78.6	77.9	dBW

Notas al análisis de enlace del Cuadro 2.10

Número
Parámetro

Notas

- 23, 31 La C/T por reutilización de frecuencia se calcula como sigue para dos reutilizaciones de frecuencia:
1. Asumimos por ejemplo, que el haz pincel Oeste es el deseado
 2. C/I pincel Oeste a pincel este = 33 dB (aislamiento espacial)
 3. $C/T = C/I + K + 10 \log B = -117.0 \text{ dBW/°K}$.
- 27 La C/T de intermodulación se calcula como sigue:
1. Se asume una banda uniforme de portadoras que ocupan todo el transpondedor al margen de entrada dado.
 2. Para un TWT de 10 W del INTELSAT V: Densidad de ruido de intermodulación = $-74.9 \text{ dB/MHz} = -104.9 \text{ dB/Hz}$ relativo a una única portadora de saturación (SCS) a un margen de entrada de -13 dB .
 3. C = Potencia de portadora = $80\text{m} = -6.7 \text{ dB}$ (relativo a SCS)
 4. $C/IM_0 = -6.7 + 104.9 = 98.2 \text{ dB-Hz}$
 5. $C/T = C/IM_0 + K = -130.4 \text{ dBW/K}$
- 37 La adjudicación de 1.2 dB para otras pérdidas se deriva como sigue:
- a. Pérdida debido a la interferencia entre satélites adyacentes (corresponde al 15% del ruido total de acuerdo a la Rec. 523 del CCIR; $10 \log (0.85) = -0.7 \text{ dB}$) = 0.7 dB
 - b. Pérdida debido a interferencias terrestres (corresponde al 10% del ruido total de acuerdo a la Rec. 588 del CCIR; $10 \log (0.9) = -0.5 \text{ dB}$) = 0.5 dB
 - c. Pérdida debido a intermodulación en el HPA (Debido al nivel de 10 dBW/4 kHz) = 0.3 dB
 - d. Pérdida por la inestabilidad del HPA y de rastreo en el enlace de subida = 0.5 dB
 - e. Efecto de la pérdida de rastreo de 0.5 dB del enlace de bajada sobre todo el enlace = 0.2 dB
 - f. Otros ruidos por el equipamiento de la estación terrena (5% del ruido total de 10000 pWOp como en el caso del caso FDM/FM; $10 \log (0.95) = -0.2 \text{ dB}$) = 0.2 dB
-
- Ruido total (Sumando las raíces cuadradas) = 1.2 dB

- d. El acceso básico a la RDSI tendrá un único número de directorio para todos los servicios posibles de telecomunicaciones.
- e. La RDSI está diseñada para permitir la integración posterior de servicios de banda ancha.

Una red telefónica digital se caracteriza principalmente por los siguientes componentes: conmutación digital, transmisión digital y señalización de canal común. Las líneas de acceso continúan operando en el modo analógico.

2.4.2.1.1 Transmisión digital

Los medios de transmisión pueden ser cables simétricos (2 Mbps), cables coaxiales (2, 8 y 34 Mbps), fibras ópticas (34, 140 y 565 Mbps), enlaces de radio digitales (2, 34 y 140 Mbps) y enlaces satelitales (2, 8 y 34 Mbps).

2.4.2.1.2 Conmutación digital

La conmutación digital se caracteriza por una conexión a cuatro hilos de canales de 64 kbps (es decir, la misma velocidad de transmisión de la RDSI). Los sistemas de conmutación digital ofrecen tanto al usuario como al operador de la red un rango de nuevos servicios y de facilidades.

2.4.3 Principios fundamentales de la RDSI

Desde el punto de vista del usuario, es preferible poder acceder a varios tipos de servicios al mismo tiempo con un interfaz usuario-red de multipropósito. El uso de esta versátil interfaz vino a ser la clave para la construcción de una RDSI.

En la actualidad, la filosofía del CCITT acerca de la RDSI puede ser resumida en los siguientes principios:

- a) La principal característica del concepto de la RDSI es el soporte de un gran rango de aplicaciones telefónicas y no telefónicas en la misma red;
- b) Es una red completamente digital, incluso la línea de abonado, siendo ésta una de las diferencias con la red telefónica digital (RDI) donde las líneas de los abonados siguen siendo predominantemente analógicas;
- c) Las RDSI soportan una variedad de aplicaciones incluyendo conexiones conmutadas y no conmutadas. Las conexiones con conmutación en una RDSI incluyen conmutación por circuitos y por paquetes.
- d) Hasta donde sea posible, los nuevos servicios que se introduzcan en la RDSI deben ser compatibles con conexiones digitales conmutadas a 64 kbps. También son posibles velocidades menores o mayores.

2.4.4 Las interfaces de la RDSI

Según se citó arriba, uno de los elementos clave de RDSI es la características de sus interfaces. La RDSI tendrá interfaces con usuarios y con otras redes. Las interfaces usuario-red son los puntos a través de los cuales los usuarios tienen acceso a los varios servicios y pueden ser terminales RDSI simples, instalaciones multiterminales RDSI, centros especializados de almacenamiento y procesamiento de información y redes locales y privadas.

2.4.4.1 Configuración del sistema de interfaz de la RDSI

Para facilitar la descripción de los accesos al usuario, el CCITT creó una configuración de referencia para la interfaz usuario-red. Esto se representa a continuación en la Fig. 2.12. En los puntos de referencia S y U se especifican los accesos a la RDSI.

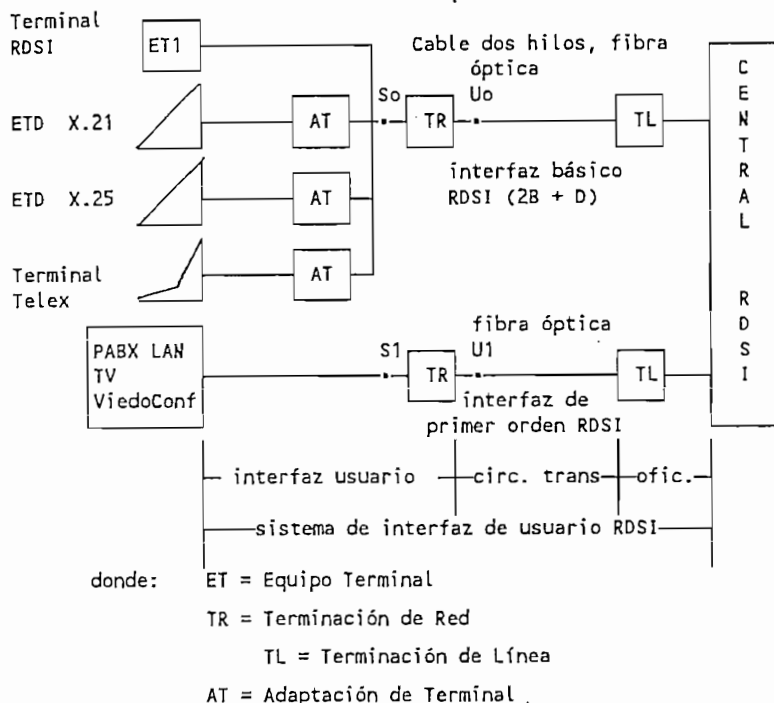


Figura 2.12

Configuración de referencia interfaz usuario-red

El adaptador de terminal (AT) llevará a cabo la conversión de protocolos y los ajustes de velocidades de transmisión para conexiones entre el interfaz básico RDSI y terminales que utilizan los interfaces de las series V y X del CCITT.

Dentro del principio de que la RDSI tenga un número limitado de interfaces, se han especificado dos tipos de estructura:

- **Acceso Básico:** formado por dos canales (B) de 64 kbps (para transmisión de información en la forma de voz, texto, gráficos en una línea de 4 hilos) y un canal (D) a 16 kbps previsto para transmitir la señalización para conmutación

de circuitos. Los dos canales B y el D constituyen una trama múltiplex por división en el tiempo, junto con otros bits necesarios para el funcionamiento de la interfaz. De las velocidades binarias de los dos canales B (2x64 kbps), del canal D (16 kbps) y de la información adicional (48 kbps) resulta una velocidad de transmisión de 192 kbps. Esta estructura es normalmente representada por (2B + D).

En el ámbito de acceso del abonado, pueden conectarse a la interfaz básica So hasta ocho equipos terminales (ET) distintos:

- Terminales de voz (teléfono RDSI).
- Terminales de datos para servicios de teletex y facsímil, o bien una combinación de ambos (tex-fax)
- Adaptadores para equipos terminales no preparados para la RDSI, como terminales analógicos (modems) y terminales de datos introducidos con anterioridad.

En la interfaz básica se adaptan las señales a través de una terminación de red (TR) a la línea de abonado a dos hilos. La TR transfiere la información de usuario de forma transparente a la línea simétrica con compensación de eco en el punto de referencia U. A esto se añaden funciones de control, como activación, desactivación y sincronización. La vía de transmisión continúa hasta la terminación de línea (TL) en la central.

- **Acceso Primario:** además de la interfaz básica, existe la interfaz usuario-red a velocidad primaria, aquí denominada S1, por la que se transmiten un mayor número de canales a 64 kbps a la velocidad del primer nivel jerárquico. La estructura de trama se ha adoptado de los sistemas ya existentes. En el sistema primario a 2048 kbps se

multiplexan 30 canales B y uno D (30 B+D) por división en el tiempo. En el sistema primario estadounidense y japonés a 1544 kbps se transmiten 23 canales B y uno D (23 B+D).

Donde no es suficiente una velocidad de transmisión de 64 kbps, la RDSI dispone de canales H a velocidades múltiplos de 64 kbps.

Está en fase bastante adelantada, en el CCITT, la especificación de una interfaz de **acceso en banda ancha**, que tendría aplicación en comunicación con informaciones de video, datos de altísima velocidad, etc.

Fuera del ámbito de acceso del abonado, se transmite la información por la red existente, principalmente por los sistemas MDT de nivel jerárquico superior, con velocidades de transmisión de hasta 565 Mbps.

2.4.4.2 Sistemas de conmutación RDSI

Junto a la interfaz de usuario, otro elemento importante en la integración de los servicios será el sistema de señalización a utilizarse entre los sistemas de conmutación. El CCITT ha desarrollado el sistema de señalización No. 7 para este fin.

Las principales funciones de los sistemas de conmutación RDSI pueden resumirse en los siguientes cinco puntos.

- a. Integración de usuarios que utilizan el interfaz usuario-red básico RDSI y los interfaces de velocidad primaria.
- b. Conmutación de funciones a 64 kbps, $64 \times 1/N$ ($N \leq 8$) kbps y a $64 \times M$ ($M \leq 6$) kbps.
- c. Conexión a centrales de tránsito internacional.

- d. Interacción de trabajo con la red pública de conmutación de paquetes por medio de un manejador de paquetes.
- e. Sistema de señalización CCITT No. 7.

2.4.5 La RDSI vista por el usuario

El usuario utilizará los servicios ofrecidos por la RDSI a través de los 2 tipos de accesos anotados.

El Acceso Básico será el preferido para usuarios comerciales de pequeño y mediano porte y para usuarios residenciales.

El Acceso Primario será la solución más conveniente para grandes usuarios, debido al gran volumen de información a transmitir con enlaces de 2 Mbps.

Para facilitar la descripción de la forma como el usuario observa la RDSI, vamos a detenernos para analizar una situación que sólo incluya un Acceso Básico:

- a todas las formas de comunicación en la RDSI -voz, texto, datos e imagen- se podrá tener acceso a través de una línea de abonado;
- dentro de la RDSI, hasta ocho terminales con un mismo número de abonado pueden ser conectados a un único acceso básico; además, será posible operar dos terminales simultáneamente y hasta cambiar de un servicio para otro sin tener que deshacer la conexión;
- La interfaz usuario-red estandarizada internacionalmente incluye una terminación de red (TR2) que es el dispositivo donde se conectarán, de un lado la línea de abonado y del otro las líneas de la red interna de las dependencias del

usuario; incluye también, por primera vez en telecomunicaciones, un **conector de telecomunicaciones universal**; esto significa que el usuario podrá usar conectores uniformes para los diversos dispositivos de telecomunicaciones;

- los usuarios de la RDSI podrán también comunicarse con los de las redes dedicadas, mientras existan.

2.4.6 Servicios proporcionados por la RDSI

La variedad de servicios que puede proporcionar la RDSI es muy grande. En el CCITT, la clasificación básica se encuentra en la denominación de servicios de portadores, teleservicios y suplementarios.

- Un servicio de portadores es un tipo de servicio de telecomunicaciones que proporciona la capacidad para la transmisión de señales entre interfaces usuario-red. Ejemplos son el servicio sin restricciones a 64 kbps en el modo de conmutación de circuitos y el modo de conmutación de paquetes.
- Por otro lado, un teleservicio es un tipo de servicio de telecomunicaciones que proporciona la completa capacidad, incluyendo funciones de equipo terminal, para la comunicación entre usuarios. Ejemplos de teleservicios son el teléfono, servicios de facsímil y teletex.
- Los servicios suplementarios serían ligeramente diferentes, en el sentido estricto de que no constituyen una categoría completamente independiente, sino un grupo de servicios que añaden varias funciones a los servicios de las otras categorías, convirtiéndolos en más convenientes para el uso. Estos servicios suplementarios sólo pueden ofrecerse

en asociación con los servicios básicos y no aisladamente.

A continuación se indican algunos servicios suplementarios como ejemplo:

- * Transferencia automática (transfiere para otro número antes de que se conteste);
- * Transferencia de llamada (usuario contesta y transfiere);
- * Identificación del número que llama (indica el número por lo menos);
- * Llamada de espera (avisa que hay otra llamada y aguarda), etc..

2.4.6.1 Nuevos servicios a 64 kbps

Debido a la capacidad estándar de la RDSI en transmitir señales a 64 kbps, serán creados diversos servicios de telecomunicaciones que hagan pleno uso de la misma.

a. Telefonía en la RDSI:

Como resultado de la digitalización, el servicio telefónico en la RDSI ofrecerá:

- mejor relación señal/ruido, o sea, conversación prácticamente sin ruido;
- atenuación prácticamente independiente de la distancia, o sea, ésta no depende de que la llamada sea local, nacional o internacional.

b. Comunicación de datos:

La velocidad de 64 kbps abre posibilidades para nuevas aplicaciones para la comunicación comercial o residencial de datos:

- con 64 kbps empieza a existir un medio de transmisión extremadamente eficiente para transmitir volúmenes de datos de lo que es usual actualmente;
- se espera con esta nueva velocidad, contribuir a la gradual reducción de proliferación de velocidades y de servicios, con reflejos positivos sobre el mercado de terminales;
- la automatización de oficinas, deberá ser, en el sector comercial, la gran aplicación de este nuevo servicio.

c. Transmisión de texto

A 64 kbps, los mensajes de texto (en teletex, por ejemplo) pueden transmitirse mucho más rápidamente que antes:

- tardará menos de un segundo transmitir una página A-4 (en el servicio Teletex-2400 tardaría cerca de diez segundos, y ocho minutos en télex);
- este servicio será también especialmente adecuado para tratar (almacenar, modificar, retransmitir, modificar, dar nuevo formato, etc..) la información recibida, siendo, por lo tanto una preciosa herramienta en la automatización de oficinas.

d. Servicio de facsímil o telefax:

Con la RDSI, el tiempo de transmisión de una página A-4 será inferior a 10 segundos, que en la actualidad utiliza más de un minuto.

e. Servicio Textfax:

Este servicio combina teletex y telefax y permite la transmisión de documentos conteniendo texto y gráficas.

f. Videotex:

El servicio de videotex (como es conocido en CCITT) también se beneficiará con la mayor velocidad de transmisión en la RDSI, por ejemplo, en lo tocante a una mejora en la resolución de las figuras y a un cambio de cuadros más rápido.

2.4.7 Los planes para la introducción de la RDSI

La evolución de las redes de telecomunicaciones hacia la RDSI es hoy un objetivo ya declarado por diversas administraciones. Existen algunas experiencias piloto en funcionamiento y muchas otras ya han entrado en operación. Con base en esas experiencias piloto, que están sirviendo para probar no sólo aspectos técnicos, sino también la reacción de los usuarios, diversas administraciones ya ofrecen los servicios RDSI a partir de 1988. Estos países son: Alemania, Bélgica, Dinamarca, Francia, Inglaterra, Italia, España, Suecia, Canadá, Estados Unidos y Japón.

2.4.7.1 Estrategias de evolución para la RDSI

Las estrategias de los diferentes países varían de acuerdo a la fase de desarrollo de su mercado, a los tipos y tamaños de sus redes de telecomunicaciones, a sus procesos de expansión y modernización, etc. Los aspectos comunes se identifican con la fase pre RDSI (actual), fase de introducción de la RDSI (futuro cercano) y fase intermedia de la RDSI (futuro).

- La fase pre RDSI corresponde a la situación actual donde se utilizan redes separadas para cada familia de servicios, como en la Fig. 2.13:

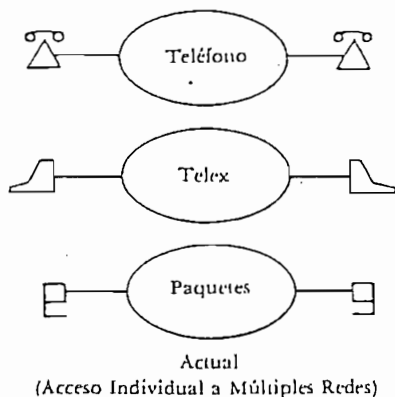


Fig. 2.13: Situación actual de redes y servicios

- La fase de introducción de la RDSI corresponde, en diversos países, a la fase de sus redes de telecomunicaciones en la actualidad. En esta fase el usuario dispone de un acceso digital integrado a los varios servicios, siempre a través de un nodo RDSI, aún cuando se trate de una comunicación con un abonado de una red dedicada, como en la Fig. 2.14.

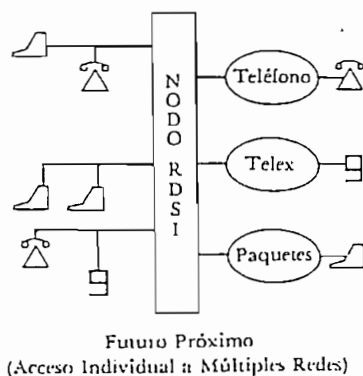


Fig. 2.14: Redes y servicios en el Futuro Próximo

- La fase intermedia de la RDSI deberá ocurrir durante el inicio de esta década; y en esta fase las redes dedicadas irán perdiendo gradualmente su importancia, pues sus usuarios migrarán hacia la RDSI. Al mismo tiempo empieza a ofrecerse el acceso a servicios de banda ancha (2 Mbps); y al final de esta fase tendremos la situación representada en la Fig.2.15.

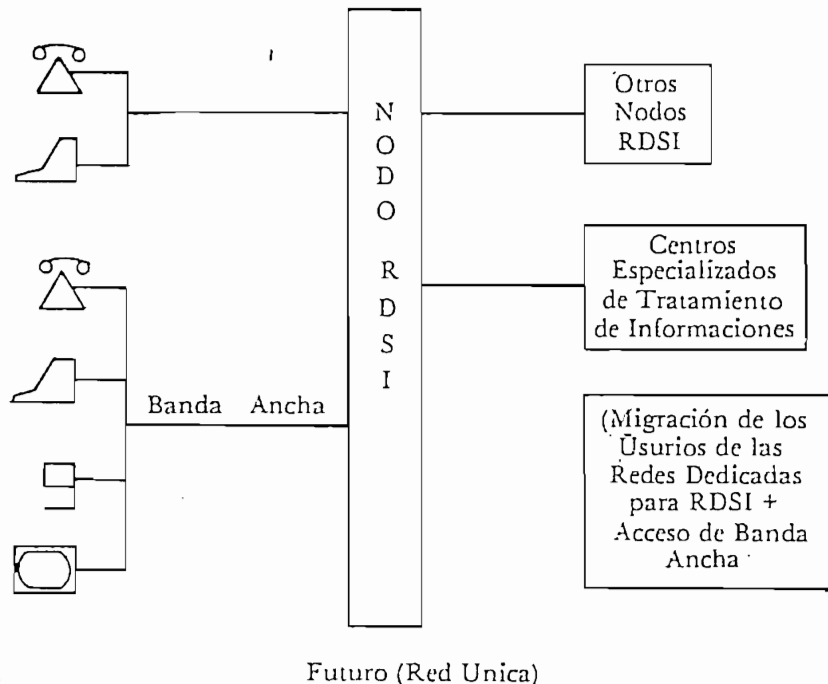


Fig. 2.15: Redes y servicios en el Futuro

2.4.8 Terminales RDSI

Para proporcionar los servicios RDSI, será necesario desarrollar equipos terminales más avanzados, más compactos y más económicos. Será mejor si estos terminales pueden ser conectados a la RDSI a través de una interfaz red-usuario tipo RDSI. Los equipos terminales pueden ser teléfonos digitales, teléfonos-TV y un terminal capaz de manejar tanto gráficos como documentos.

2.4.9 Escenario de una RDSI internacional

En las telecomunicaciones internacionales nos encontramos con problemas que no se han previsto en las telecomunicaciones domésticas.

- a) Debido a que la tecnología de comunicaciones usada en diferentes países no es la misma, es necesario realizar diferente tipo de conversiones, por ejemplo conversión de la ley A a la ley μ .
- b) En algunos países, las redes de telefonía y de datos no están integradas. Por ello la necesidad de prever una etapa entre la RDSI y estas redes separadas.
- c) Debido a que difieren las políticas de comunicaciones de los diferentes países, la estandarización internacional debe ser hecha en el menor tiempo posible.

Se han previsto tres etapas de transición hacia la RDSI internacional:

- (1) Primera etapa: Digitalización de las redes internacionales a conectarse.

Esto incluye el uso de técnicas TDMA/DSI o Portadoras de Velocidad Intermedia (IDR) en los sistemas de transmisión digital satelitales.

- (2) Segunda etapa: RDSI de banda estrecha

En esta etapa, las portadoras proporcionarán interfaces RDSI usuario-red tipo CCITT normalizado. Los servicios disponibles sobre los interfaces comunes incluyen transmisión de telefonía, datos y facsímil. Para ello será necesario funciones de conmutación de tránsito para llamadas RDSI en las centrales internacionales, con lo que

tomará forma una verdadera RDSI internacional. Los servicios proporcionados en esta etapa, tanto en conmutación de circuitos como de paquetes, estarán basados en una velocidad de conmutación de 64 kbps.

(3) Tercera etapa: RDSI de banda ancha

Durante esta etapa, las centrales de tránsito así como las centrales locales de la mayoría de las redes individuales estarán completamente integradas en la RDSI. Adicionalmente a los servicios que utilizan la velocidad de transmisión de 64 kbps, se introducirá el servicio de video que utiliza mayores velocidades de transmisión.

2.4.10 Equipo de prueba para RDSI

Para controlar la calidad de transmisión de todas las redes mencionadas, harán falta métodos adecuados de prueba y supervisión.

Los equipos de prueba deben ser capaces de abarcar diversas variantes, como diferentes estructuras de trama, diferencias en las características físicas de las interfaces y en los códigos.

Como la RDSI utiliza los sistemas de transmisión existentes, no plantea en este campo tareas de prueba radicalmente nuevas.

Los parámetros básicos de medida siguen siendo, al igual que en la actualidad, la tasa de errores binarios y la fluctuación de fase (tolerancia y característica de transferencia de la fluctuación de fase, así como fluctuación de fase intrínseca). No obstante, adquiere una especial importancia la característica de error de los canales a 64 kbps. Los requisitos de calidad de funcionamiento de una conexión a 64 kbps se establecen en la Rec. G.821 del CCITT en base a los

segundos con error.

También se han planteado nuevas pruebas en el ámbito de acceso del abonado y en la línea de éste a la central. Estas tareas se ilustran en la Fig. 2.16, junto con los puntos de acceso a la RDSI. Pueden dividirse en:

- Prueba de equipos terminales, p.ej. teléfono RDSI.
- Pruebas en la interfaz básica usuario-red (So).
- Pruebas en la sección entre el abonado y la central.
- Análisis de protocolos en el canal de señalización (protocolo del canal D) y para el intercambio de señalización entre centrales (sistema de señalización Nº 7 del CCITT).

2.4.10.1 Prueba de equipos terminales

Al estar conectado el teléfono RDSI a la interfaz digital de abonado, además de las funciones analógicas de habla y escucha, comprende también la conversión de las señales analógicas en palabras MIC, la señalización por el protocolo del canal D, la multiplexación en la interfaz So y otras funciones de control.

Los parámetros de transmisión analógicos, como atenuación, respuesta de frecuencia, linealidad y distorsión total, pueden comprobarse con un solo equipo.

2.4.10.2 Pruebas en la interfaz básica usuario-red

En la interfaz básica del usuario (So) pueden conectarse varios equipos terminales a una línea de bus. En las líneas instaladas resultan de interés los siguientes parámetros:

conexión equivocada de los hilos, interrupción de líneas, tensión externa, tensión de alimentación, impedancia de la línea, resistencia del aislamiento, reflexión, asimetría y retardo.

2.4.10.3 Pruebas en la sección entre el abonado y la central

Aquí son fundamentales las siguientes pruebas:

- Características de los componentes del sistema (TR, ET).
- Parámetros de la línea de transmisión.
- Medida de la tasa de errores binarios en un acceso de abonado completamente instalado.

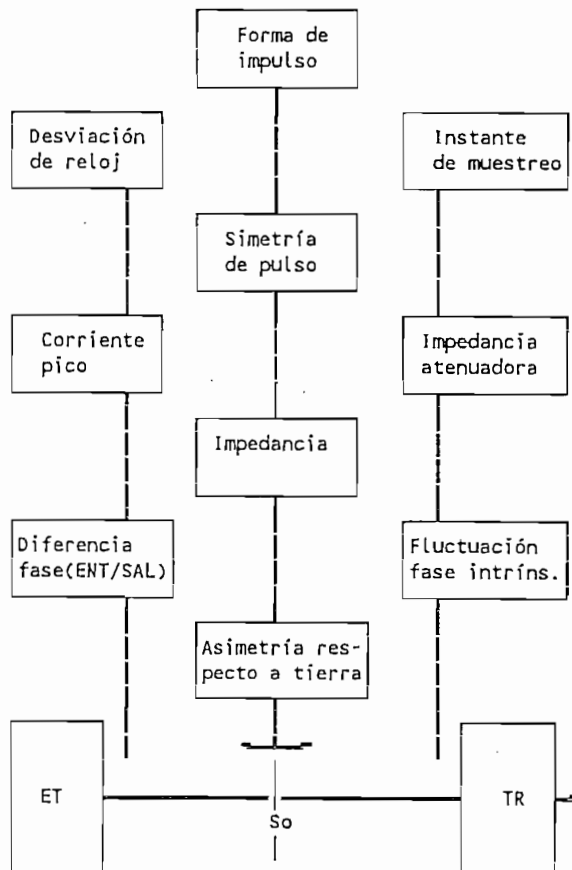


Figura 2.16
Pruebas de abonado y de línea

El equipo de prueba debe ser capaz de configurarse para funcionar en So y Uo. Con él se comprueban las funciones de activación, desactivación, disposición del bucle y conexión correcta de los hilos. Puede efectuarse, además, una prueba de errores en los canales B.

2.4.10.4 Análisis de protocolos

Los principales protocolos son:

- El protocolo del canal D para la señalización entre la central y el equipo terminal (o las centralitas privadas).
- Los protocolos de telemática para equipos terminales no vocales (teletexto, telefax, tex-fax).
- El sistema de señalización N^o 7 entre las centrales.

C A P I T U L O I I I

IMPLANTACION DE PORTADORAS IDR EN EL SISTEMA INTELSAT

3.1 Aspectos de planificación

3.1.1 Estaciones terrenas nuevas

Cuando se introduce el IDR por medio de una estación terrena nueva, la mayor selección se refiere al tipo de estación terrena de INTELSAT que permita cumplir con todas las previsiones de tráfico. Para esta selección debe considerarse los siguientes factores:

- Mayor costo de una antena más grande versus el ahorro por los costos de segmento espacial.
- El compromiso del tamaño del sistema de amplificadores de alta potencia (HPA) versus el tamaño de la antena. Para encontrar el equilibrio es necesario determinar los tipos y futuros tamaños de las portadoras que se requerirán. Los factores que afectan el compromiso son las pérdidas y costo de acoplamiento, consumo de potencia del HPA, la intermodulación y emisión fuera del haz y el tamaño y costo de la antena.

3.1.2 Estaciones existentes

El servicio IDR también puede ser implantado en las estaciones terrenas existentes. En algunos casos los servicios se transferirán desde portadoras FDMA/SCPC/QPSK y FDMA/FDM/FM. La reutilización de los equipos convertidores ascendente y descendente de SCPC y FM es posible solamente si todas las portadoras correspondientes se mueven hacia IDR. En el caso de la reutilización de convertidores FM, será necesario reemplazar los osciladores locales debido a requisitos más exigentes de ruido de fase para IDR; y revisar además los HPA existentes debido a que la fuente de poder es el mayor

contribuyente al ruido por componentes de espurias.

3.1.3 Consideraciones de planificación

Inicialmente, la planificación se basa en el mercado y en el pronóstico de tráfico que categoriza los requisitos por tipo de servicio y tasas de bitios.

Los aspectos más importantes que deben ser tomados en cuenta se enumeran a continuación:

- 1) Para servicios que no son conmutación telefónica pública internacional, los Servicios Empresariales Internacionales (IBS) de INTELSAT, que también utiliza modulación QPSK, ofrecen una tarifa más cómoda del segmento espacial pero sin la garantía de restauración en el caso de una falla del transpondedor o del satélite.
- 2) La conmutación telefónica pública internacional debe operar conjuntamente con el Equipo de Multiplicación de Circuitos Digitales (DCME). Los circuitos arrendados que requieren 64 kbps o 9.6 kbps para voz y datos reducen la ganancia del equipo DCME significativamente. Como resultado, en muchos casos será económico separar estas dos categorías, utilizando una portadora de 2 Mbps para telefonía con DCME y una segunda portadora de 2 Mbps sin DCME para servicios de arrendamiento.

En algunos casos cuando es apropiada una ganancia de multiplicación baja (2 a 1), los transcodificadores ADPCM (LRE) pueden proporcionar una salida más barata que una alta ganancia con DCME empleando ADPCM y DSI.

- 3) Se deben aclarar los aspectos de la transmisión de señalización entre Centros Internacionales de Conmutación (ISCs).

Donde se utiliza la señalización CCIIT #5, la mayoría de tipos de canceladores de eco deben ser controlados por la Central Internacional de Conmutación (ISC).

- 4) En los casos donde las rutas de tráfico de un país son pequeñas, la introducción de la IDR se justifica solamente si se utiliza una portadora multidestino de 2 Mbps con alguna forma de multiplicación digital de circuitos.
- 5) La consideración mayor de importancia en planificación con redes digitales nacionales es el hecho que cada red tiene que estar sincronizada en tiempo con una fuente de acuerdo a la Recomendación G.811 del CCITT (una temporización derivada de un reloj de una gran precisión de una parte en 10^{11}).

Aquellos países que no están en capacidad de implantar el sistema descrito, pueden tomar su reloj de una portadora IDR que reciban en su estación terrena. La operación de portadoras IDR multidestino requieren de discusiones bilaterales en el diseño del reloj y de las memorias intermedias.

3.1.4 Tamaños de portadoras IDR

Un posible problema para escoger la velocidad de la portadora IDR ocurre cuando el tráfico telefónico no alcanza una portadora de 2048 kbps. El uso de portadoras IDR de menor velocidad implica el uso a ambos lados de multiplexores no definidos por el CCITT, que no se producen en serie por los fabricantes. Otra forma de transmitir pequeños números de canales es con portadoras individuales de 64 kbps, que con el costo actual de los modems satelitales no hace este proyecto atractivo. Por estos motivos INTELSAT ha definido la capacidad Multidestino de las portadoras IDR, que permite la transmisión de pocos canales de 64 kbps a varios receptores de en una

portadora de 1544 o 2048 kbps.

3.1.5 Consideraciones para la implementación de portadoras IDR

Estas consideraciones muestran las alternativas disponibles a los signatarios de INTELSAT que desean introducir el servicio IDR en sus países y se refieren a la velocidad del multiplex de primer orden, implementación de facilidades de microonda terrestre digital e interfaces con la central internacional de conmutación.

3.1.5.1 Velocidad del multiplex

La primera decisión se refiere a la velocidad de información del multiplex de primer orden que puede ser 1544 o 2048 kbps.

La especificación de INTELSAT incluye portadoras con velocidades de información de 1544 y 6312 kbps (norma Americana) y 2048 y 8448 kbps (norma Europea). Se debe decidir trabajar con una norma o con las dos, y la debe realizar cada país individualmente. Es mejor seleccionar solamente una, ya que se reducen los costos y la complejidad en la operación. El Ecuador ha decidido implantar la jerarquía digital basada en 2048 kbps para toda su red digital, lo que incluye las portadoras IDR.

3.1.5.2 Facilidades digitales terrestres

Cuando un país se decide operar con portadoras IDR en su tráfico internacional, será necesario la implementación de facilidades digitales terrestres entre la estación y la central internacional o la adición de equipos transmultiplexores en la estación para convertir el tráfico de digital a FDM.

Si se selecciona la facilidad terrestre digital, no sería prudente convertir todas las facilidades de microonda entre la estación y la central internacional, debido a que un gran número de corresponsales seguirán operando con circuitos FDM/FM en un futuro cercano.

3.1.5.3 Consideraciones de conmutación

El tipo de central internacional en uso o por instalarse tiene conexión estrecha con la implementación de portadoras IDR. Si es una central digital con interfaz a la velocidad de multiplex de primer orden (1.5 o 2 Mbps), puede interconectarse en forma simple con la microonda digital terrestre. Si la central digital tiene su interfaz a nivel de circuito, se requiere de un multiplex digital para interconectarse con la microonda digital. Finalmente, si la central es analógica, se requieren transmultiplexores ya sea en la estación, si se sigue utilizando la microonda analógica; o a la salida de la central internacional si se instala una microonda digital.

3.2 Tipos de implantación de portadoras IDR

Es instructivo ilustrar la implantación de portadoras IDR por medio de ejemplos concretos. En estos ejemplos, los equipos de IF y RF permanecen en su lugar, en el supuesto de que se cumplan los requisitos de ruido de fase y tolerancia de frecuencia.

El amplificador de alta potencia (HPA) tiene usualmente una gran capacidad en términos de canales debido a que la p.i.r.e. del enlace ascendente para portadoras IDR es generalmente menor que para FDM/FM (y asumiendo que cualquier transferencia de modulación de portadoras IDR en portadoras FDM/FM cumple los requisitos anotados). Finalmente, el equipo ESC existente se integra fácilmente en el sistema, debido a que la unidad

de encabezamiento convertirá los canales de voz análogos en formatos ADPCM de 32 kbps necesarios para la transmisión IDR.

El área donde son posibles nuevas y diferentes configuraciones es en el interfaz terrestre y en el tipo de destino. La implantación de las estaciones terrenas variará dependiendo de si la red terrestre es análoga o digital, del tipo de información que se transporte, el tamaño del tren de tráfico, el plan de frecuencias, el sistema de señalización, y la configuración de las estaciones terrenas en el otro lado del enlace.

De acuerdo al interfaz terrestre pueden existir interfaz analógico o digital.

3.2.1 Interfaz analógico

En el caso de interfaz analógico se asume que la estación terrena tiene tráfico FDM/FM que será convertido totalmente a IDR. La situación se ilustra en la Fig. 3.1 donde se muestra el canal FDM/FM al lado del canal IDR que lo reemplazará. Para simplificar el diagrama, se ha asumido una operación unidestino y no se utiliza la multiplicación de circuitos. La portadora IDR opera a una velocidad de información de 2048 kbps. La red nacional se mantiene como una red análoga y se utilizan transmultiplexores para convertir entre los modos análogo y digital.

Se asume que la estación terrena correspondiente necesita un reloj de gran precisión porque debe realizar su interfaz con la red nacional digital como es el caso de la Fig. 2.11(b), y por lo tanto el reloj recuperado de la estación terrena remota se usa para el transmultiplexor de transmisión.

Esto significa que este transmultiplexor deberá aceptar un reloj externo en el lado de transmisión.

Si el terminal remoto tiene también un interfaz análogo como en el caso de la Fig 2.11(d), no existe necesidad de temporizar el transmultiplexor de transmisión con el reloj recuperado. Puede operar simplemente con su propio reloj interno. Esto realza la necesidad de que los corresponsales trabajen juntos en los arreglos de interfaz terrestre.

3.2.2 Interfaz digital

Para el caso de interfaz digital, en la Fig. 3.2 se ilustra otro ejemplo de portadora IDR unidestino, pero en esta ocasión la red terrestre es digital. El tren a 2048 kbps pasa directamente a la red terrestre. Ha sido necesario añadir una memoria en la recepción y el reloj de precisión 10^{-11} se origina en la red terrestre.

El equipo multiplex en el lado de la red terrestre puede combinar este tren a 2048 kbps con otros para formar niveles superiores (p.ej. 6312 o 8448 kbps).

El multiplex de alto orden puede instalarse en el lado satelital o en el terrestre.

El tren a 2048 kbps puede llevar cualquier tipo de tráfico unidestino como telefonía PCM a 64 kbps, voz PCM no DSI a 32 kbps (solamente ADPCM) o voz DCME unidestino.

3.3 Tipos de implantación según los destinos

3.3.1 Operación en unidestino y multidestino

En este caso existen los enlaces unidestino y multidestino. En el caso de enlaces unidestino se puede utilizar cualquier velocidad, aunque es preferible utilizar velocidades superiores a 2048 kbps y el tipo de interfaz terrestre puede ser análogo o digital, tal como se explicó en el numeral anterior. En estos enlaces la portadora IDR tiene un único receptor, con los que la operación se facilita.

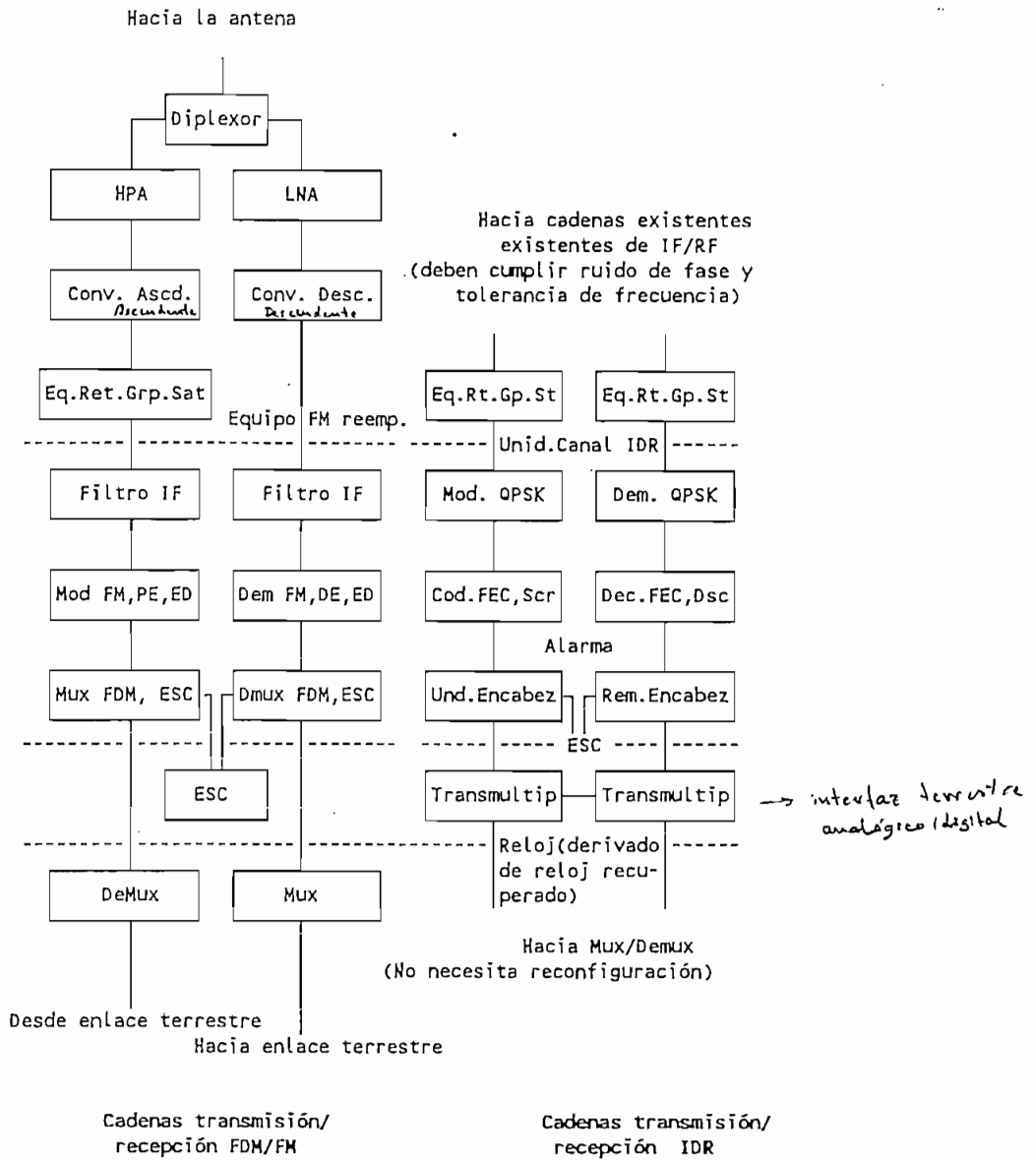


Fig. 3.1: Reemplazo de un enlace FDM/FM con un enlace IDR (Unidestino, interfaz terrestre analógico)

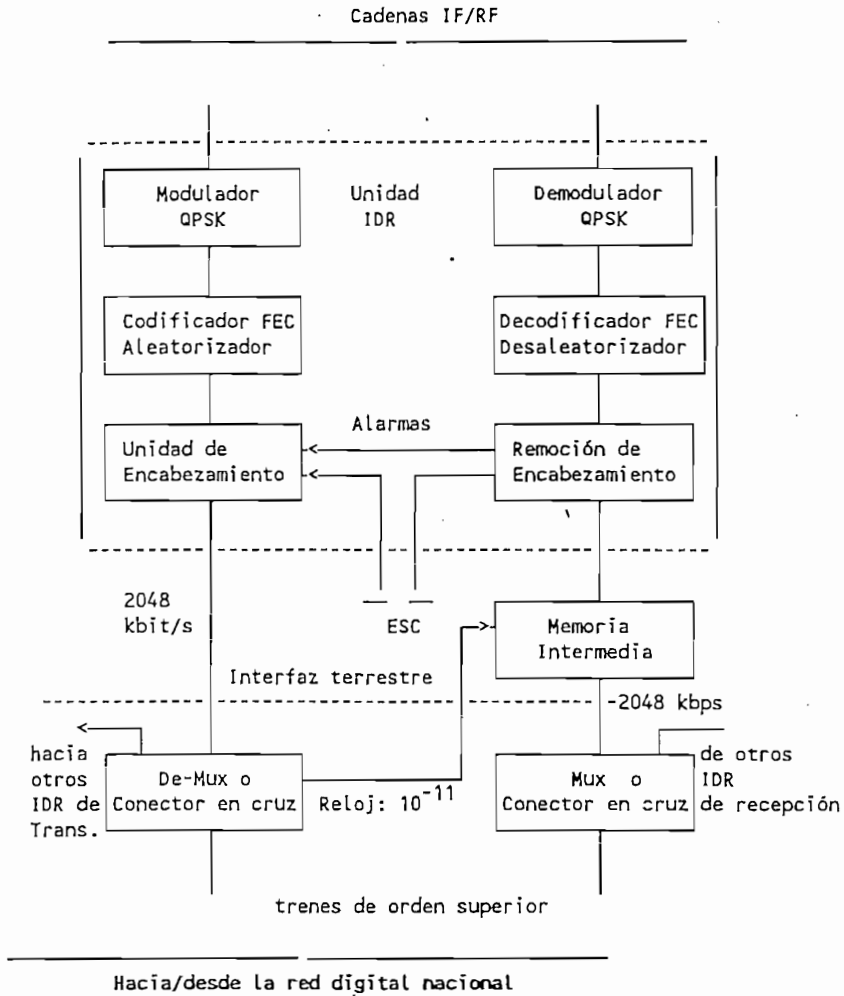


Fig. 3.2: Implementación de una portadora IDR unidestino con interfaz terrestre digital de primer orden

En el caso de enlaces multidestino la configuración tiende a complicarse, por cuanto es necesario separar en la estación terrena los canales de 64 kbps o trenes de orden superior que se dirigen a las diferentes estaciones terrenas.

3.3.2 Operación en Multidestino (MD)

El término multidestino significa que una portadora transmitida por una estación terrena es recibida por dos o más estaciones terrenas. Ejemplos de aplicaciones de IDR multidestino se ilustran en las Figs. 3.3, 3.4 y 3.5, para cada nivel de la jerarquía digital.

3.3.2.1 Trenes de nivel primario multidestino

En el ejemplo mostrado en la Figs. 3.3 y 3.4 se transmiten trenes de orden primario de 2048 kbps, mientras que a las estaciones receptoras les corresponde canales individuales de 64 kbps. Así, los trenes de orden primario cruzan los interfaces b y c (el interfaz de la unidad de canal IDR) y canales de 64 kbps cruzan los interfaces a y d (el interfaz terrestre).

La estación A transmite un tren de 2048 kbps hacia otras dos estaciones, B y C. A la estación B se destinan 20 canales de 64 kbps, mientras que a C se destinan los otros 10. Se reciben dos trenes de 2048 kbps: uno de B y otro de C. Para extraer los canales deseados de cada uno de los dos trenes recibidos es necesario un equipo digital apropiado (conector en cruz), que combina dichos canales en un tren único a 2048 kbps que es enviado a la red terrestre.

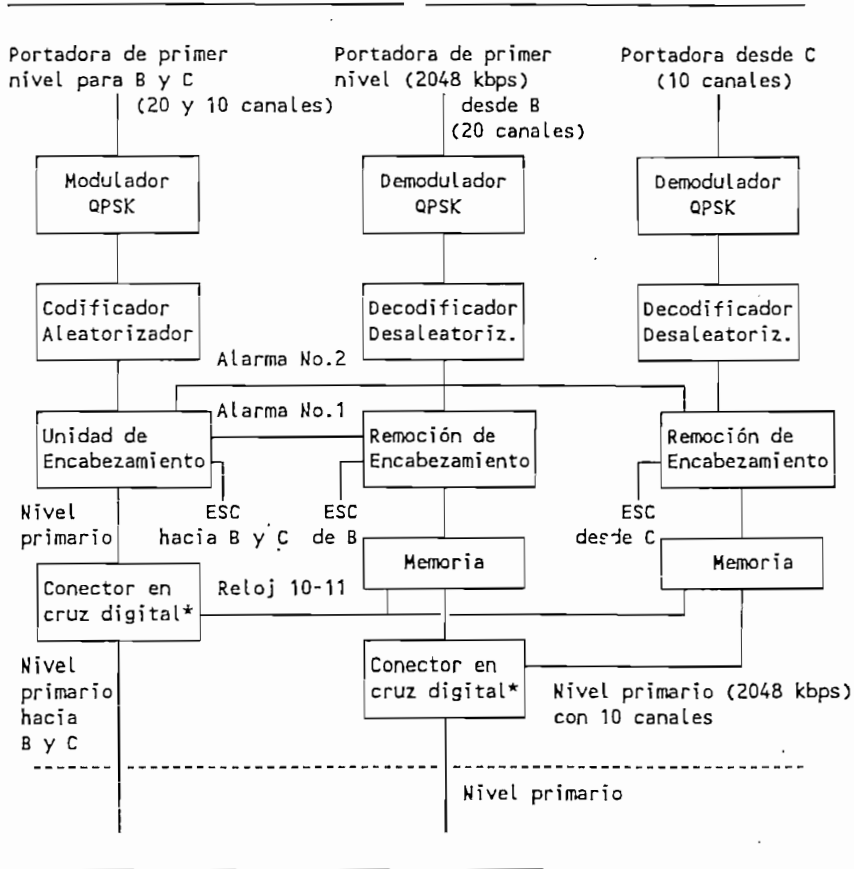
Debe notarse que el reloj puede ser proporcionado por la red terrestre a través del conector en cruz de transmisión o recuperarse de una portadora recibida. Las alarmas de mantenimiento se introducen en la unidad de encabezamiento.

3.3.2.2 Trenes multidestino de orden superior

En la Fig. 3.5, la estación A transmite hacia las estaciones B y C una portadora a 8448 kbps. Hacia B se destinan tres tributarios a 2048 kbps, y hacia C el otro tributario.

De B se recibe un tren a 8448 kbps, pero solamente se demultiplexan los tres tributarios de 2048 kbps que pasan a la red terrestre. De C se recibe el tributario restante. Todos los trenes que cruzan la interfaz terrestre son de orden primario.

Cadenas IDR de IF/RF



Desde/hacia la red digital nacional

* Este conector digital proporciona un canal de supervisión en el intervalo 16 del tren digital de primer orden.

Fig. 3.3 : Implementación de portadoras IDR multidestino con canales individuales de 64 kbps

ENLACE SATELITAL

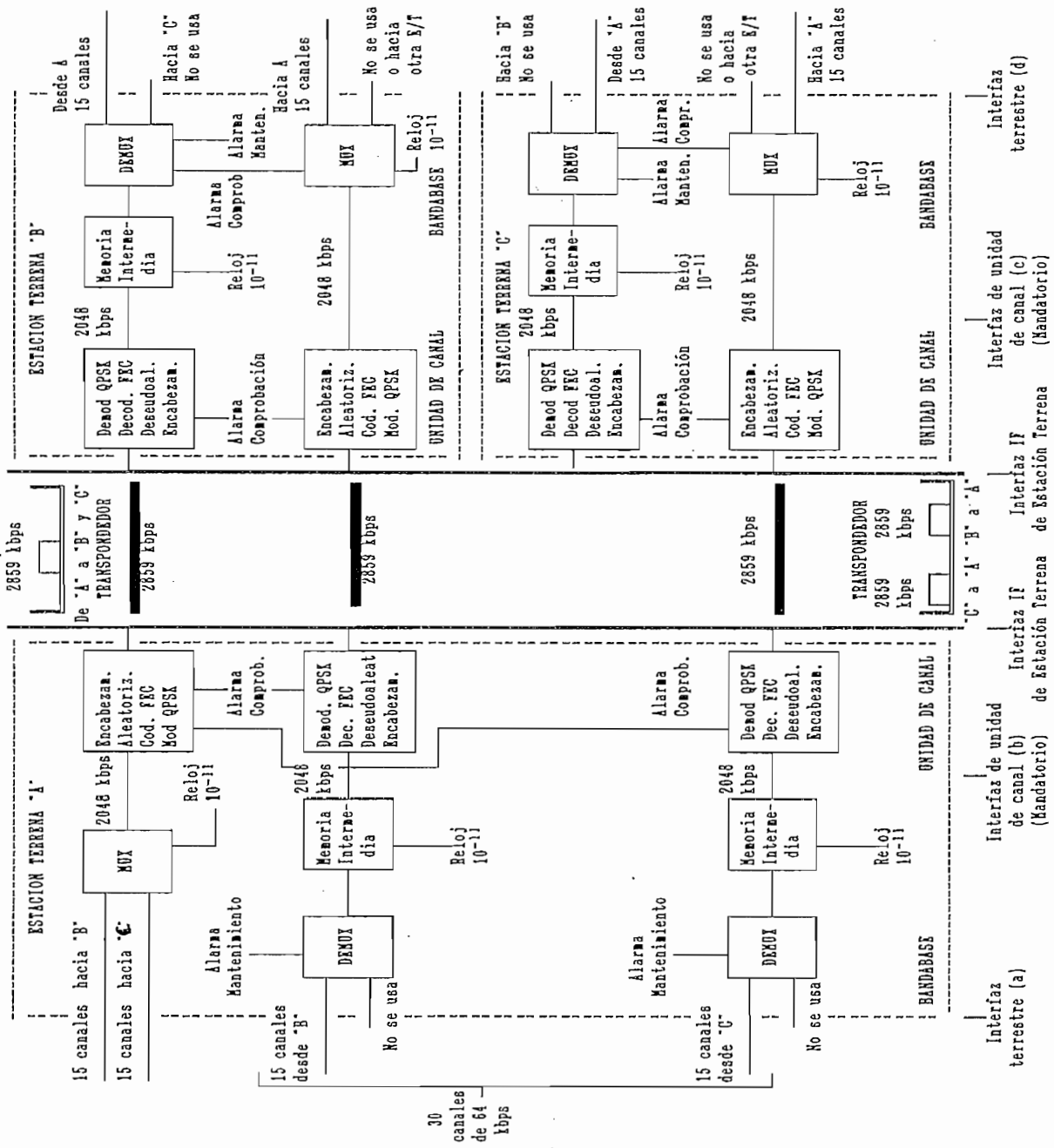


Fig. 3.4: Implementación de portadoras IDR multidespino a 2048 kbps

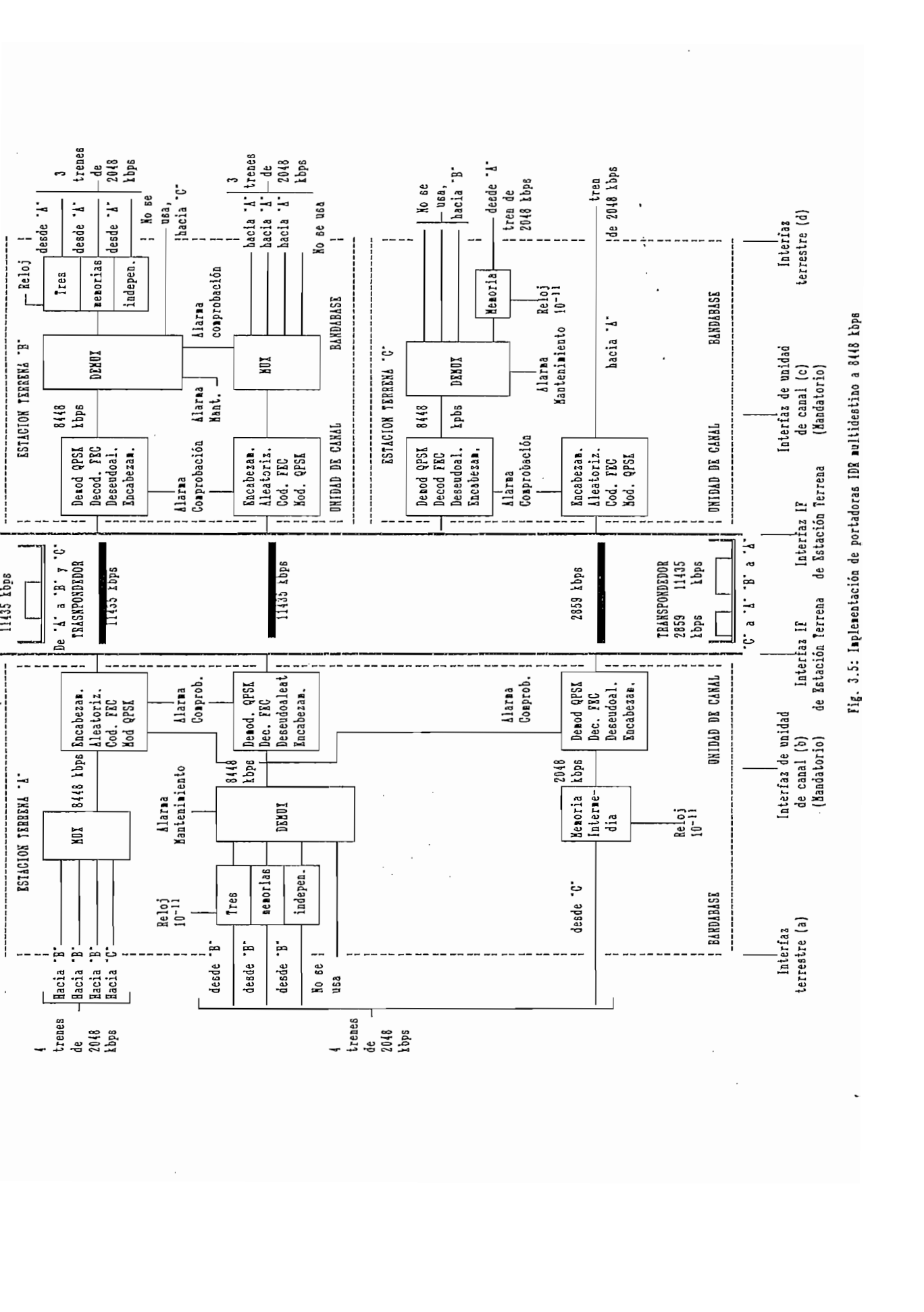


Fig. 3.5: Implementación de portadoras IDK multistestino a 8448 kbps

En principio, esto es muy similar a los ejemplos previos. El aspecto nuevo que se advierte es que las memorias intermedias se encuentran localizadas después de los demultiplexores de orden superior. Los trenes de nivel primario no se descomponen a nivel de canal, por lo que puede transmitirse señales DCME multidestino.

3.3.2.3 Transmisión en Unidestino, Recepción en Multidestino

Este caso puede ser el de la estación C en el ejemplo anterior. Los dos aspectos que se deben advertir aquí son un circuito de extracción del reloj de precisión 10^{-11} desde la memoria intermedia, y la necesidad de un demultiplexor de orden superior sin multiplexor. Esto implica la utilización de un equipo mux/demux solamente en su lado de recepción.

3.3.2.4 Expansión

Se puede desarrollar la expansión de portadoras IDR por medio de una de las dos siguientes formas.

- 1) Incrementando la velocidad de información de la unidad de canal y aumentando adecuadamente el equipo multiplex.
- 2) La segunda forma es añadir portadoras adicionales a través de una red de combinación en transmisión y una red de separación en recepción.

Debido a que muchas unidades de canal vienen equipadas con sintetizadores de frecuencia que pueden sintonizarse en ± 36 MHz alrededor de la frecuencia de IF de 70/140 MHz (nominal), se puede transmitir un número de portadoras a través del mismo par convertidor ascendente/descendente, mientras sus frecuencias RF estén dentro de una banda de 72 MHz.

En casos en los cuales una estación terrena transmite múltiples portadoras en un solo transpondedor, INTELSAT planifica realizar el mayor esfuerzo para asignar a estas portadoras dentro de una banda de 72 MHz que facilite la operación mencionada.

La selección del método a utilizarse dependerá principalmente del compromiso entre el costo del equipo multiplex y las unidades de canal IDR. Los medios satelitales serán esencialmente los mismos en cada caso. Por ejemplo, cuatro portadoras de 2048 kbp usan aproximadamente la misma cantidad de potencia y ancho de banda de transpondedor que una única de 8448 kbps.

3.4 Desarrollo de estaciones terrenas para trabajar con IDR

Para la transmisión de portadoras IDR es necesario que las estaciones terrenas nuevas tengan en cuenta algunos aspectos relacionados con la capacidad de equipos, frecuencia de trabajo, cantidad de tráfico actual y futuro, satélites a utilizarse y otros.

Es preferible que las estaciones terrenas trabajen con portadoras de 1544 kbps o mayores, debido al número de modems, memorias intermedias y subsistemas de multiplexaje.

3.4.1 Sitio de las estaciones terrenas nuevas

En la banda Ku (14/11 GHz) es posible instalar las estaciones en la ciudad, ya que el tamaño de la antena es pequeño y porque los enlaces de microondas terrestres, que pueden causar interferencia, trabajan en la banda C (6/4 GHz).

Para la banda C, es necesario encontrar lugares que no tengan posibles interferencias de los enlaces terrestres y que posean la suficiente infraestructura para instalar allí una antena

de tamaño mediano o grande, con diámetros mayores que 9 m.

En las dos bandas será necesario considerar la cercanía hacia las redes digitales de telecomunicaciones. Estas interconexiones pueden realizarse con pequeños enlaces digitales de microondas o con cables de fibra óptica.

Las dimensiones de las estaciones deben ser consideradas para cumplir con las especificaciones de INTELSAT y los posibles cambios futuros.

En países con acceso a dos regiones satelitales, los sitios deben tener fácil visibilidad a estos satélites.

3.4.2 Crecimiento de la capacidad de tráfico IDR

En una primera etapa, la capacidad puede ser de 2048 kbps o menor, para luego aumentar. En caso de tener un número pequeño de canales a 64 kbps, se puede multiplexarlos para formar un grupo de 2 Mbps. En esta primera etapa es necesario considerar el retraso de reloj entre el reloj maestro y el modem satelital. Este problema puede solucionarse instalando un reloj de alta estabilidad antes del modem de estación terrena.

Cuando el tráfico se incrementa es necesario racionalizarlo en un número de portadoras esenciales, aprovechando la capacidad de transmisión en doble polarización que ofrecen los satélites.

Para el futuro se deben tomar en cuenta las nuevas disposiciones de lóbulos laterales para dimensionar la antena y su sistema de alimentación, así como también la capacidad de la estación terrena para trabajar con pequeños ángulos de elevación.

El dimensionamiento de los amplificadores de alta potencia (HPA) exige el compromiso de conocer el tamaño de las portadoras y el número de ellas por amplificador.

3.4.3 Diseño de los subsistemas de la Estación Terrena

Para las estaciones existentes, la operación con portadoras IDR exige la adquisición de nuevos convertidores de frecuencia, modems digitales y posiblemente amplificadores de alta potencia (HPA). En las estaciones nuevas, dependiendo del número de portadoras IDR y su potencia de radiación (p.i.r.e.) efectiva, las dos mayores variables de diseño del sistema son el tamaño de la antena y el tipo y rango de potencia de los HPAs. Los amplificadores de bajo ruido (LNA), los convertidores de frecuencia y el diseño del subsistema de modems son similares a todos los tipos de estaciones. En general, en la mayoría de las portadoras IDR u otros servicios, la mayor dificultad es obtener la capacidad de p.i.r.e. requerida con los tamaños de antena más pequeños.

La configuración en redundancia para el equipo IDR debe permitir la hipotética disponibilidad total de un circuito de referencia de 99.8% al año, como recomienda el CCIR. Esto puede obtenerse utilizando esquemas de redundancia 1:N, con N en el rango de 1 a 8. Cuando se utilizan portadoras IDR multidestino existe un número asimétrico de portadoras en transmisión y recepción, lo que se refleja en el nivel de redundancia.

Para la operación de portadoras IDR multidestino es muy costoso incorporar un Control Automático de Nivel (ALC). Sin embargo, se puede cumplir el requisito de estabilidad de p.i.r.e. de transmisión de ± 0.5 dB, si se controla cuidadosamente el voltaje de alimentación y la temperatura de la sala de equipos.

El diseño de los equipos de la estación tiene que ver con la capacidad de potencia y ancho de banda de los amplificadores de alta potencia, el cumplimiento de los requisitos mandatorios de la especificación IESS-308 de INTELSAT por parte de los modems digitales que trabajen con IDR, la capacidad de estabilidad de frecuencia, potencia de salida y limitaciones de ruido de fase que deben cumplir los convertidores de frecuencia, el monitoreo y control de los nuevos sistemas y su integración a la consola en las estaciones terrenas existentes.

3.5 Aspectos de planificación de operación de portadoras IDR

Muchos países del sistema INTELSAT se encuentran actualmente convirtiendo su red nacional de conmutación en una digital. La organización INTELSAT, concedora de este esfuerzo, ofrece alguna alternativas para la implantación de sus portadoras IDR que implican diferentes aspectos de operación del satélite.

3.5.1 Conversión de FDM/FM a IDR/DCME

El siguiente ejemplo de la Fig. 3.6 ayuda en la consideración de opciones desde el punto de vista del segmento espacial.

Se muestra los estados anterior y posterior de un enlace convertido de FDM/FM a IDR/DCME. Este ejemplo muestra un hipotético pero típico plan de asignación para el transpondedor 25 de un satélite INTELSAT VI ubicado en 335.5° .

El plan de asignación en el tope del ejemplo muestra a las portadoras cuando operan en el modo FDM/FM. Las tres portadoras escogidas tienen los correspondientes y la dimensión para sus enlaces de tráfico. Se consideran portadoras de 30 canales para la conversión a IDR/DCME, debido a que estos forman un tren de orden primario (CEPT) y a la condición mínima del equipo DCME. Estas tres portadoras son: AAA 10/192, BBB 7.5/192 y CCC 5/132.

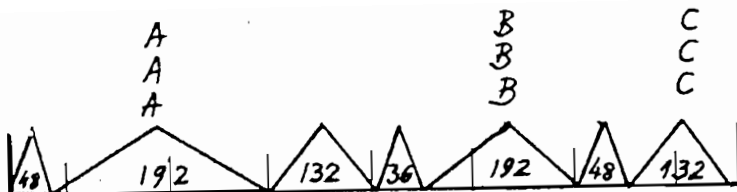
En la parte inferior del ejemplo se muestra el nuevo plan de asignación de portadoras. En todos los casos cierto tráfico ha sido convertido a IDR mientras que el tráfico restante permanece en FDM/FM. El tamaño de las portadoras FDM/FM se ha reducido debido al bajo nivel de tráfico permitiendo un menor ancho de banda y la inclusión de portadoras IDR en el transpondedor.

Se puede ver que de la conversión se ha liberado un ancho de banda de 2.5 MHz aproximadamente mientras que la capacidad del transpondedor se ha incrementado desde 780 canales en el modo de todas las portadoras FDM/FM a 890 canales en el ambiente de portadoras FDM/FM e IDR. Se advierte también que la densidad de las portadoras 7.5/192 y 5/132 canales se han reducido, con el consiguiente efecto de conservar la potencia del transpondedor. Las portadoras de 2048 kbps llevan más de 30 canales de 64 kbps por la utilización del equipo DCME. Esto permite ahorrar cargos por segmento espacial.

Por último, se ha planificado que las portadoras FDM/FM e IDR se encuentren juntas entre si. Esto permitirá que las salidas de los moduladores FDM/FM e IDR puedan combinarse antes de la transmisión a través de un solo HPA involucrando un mínimo cambio de equipos en la estación terrena. En este caso el HPA requerirá ser operado con un margen de salida (BOO) de al menos 7 u 8 dB, debido a la probable intermodulación de portadoras digitales y portadoras FDM/FM en un amplificador con TWT común.

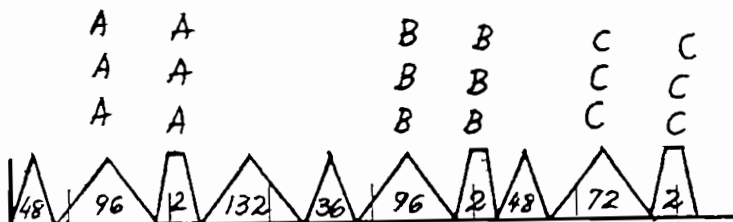
La transferencia de modulación AM/PM debido a la interacción de portadoras análogas y digitales debe ser mínima. Esta propuesta también es válida para las estaciones terrenas que utilizan un HPA tipo Klystron para cada portadora FDM/FM cuando se haga la conversión a IDR/DCME. La baja p.i.r.e. de portadora de las portadoras FDM/FM pequeñas junto con la p.i.r.e. de la portadora IDR puede ayudar a determinar la conveniencia de los HPAs existentes en una estación.

EH a EH
25
6262.0
4037.0



AAA 5/96:	DDD/21, EEE/22, FFF/26
AAA 2048 KB:	GGG/34, III/45
BBB 5/96:	JJJ/7, KKK/9, LLL/16, MMM/10, NNN/11
BBB 2048 KB:	PPP/9, RRR/6, SSS/10
CCC 5/72:	HHH/7, QQQ/4, RRR/7, SSS/21, TTT/6
CCC 2048 KB:	VVV/5, WWW/7, XXX/15, YYY/42

EH a EH
25
6262.0
4037.0



AAA 10/192:	DDD/21, EEE/22, FFF/26, GGG/34, III/45
BBB 7.5/192:	JJJ/7, KKK/9, LLL/16, MMM/10, NNN/11
CCC 5/132:	PPP/9, RRR/6, SSS/9, TTT/60, VVV/36
	HHH/7, QQQ/4, RRR/7, SSS/21, TTT/6
	VVV/5, WWW/7, XXX/15, YYY/42

Fig. 3.6: Plan de asignación de FDM/FM a FDM/FM + IDR

C A P I T U L O I V

IMPLANTACION DE PORTADORAS IDR EN LA ESTACIÓN TERRENA QUITO

4.1 Evaluación de la situación actual

4.1.1 Los sistemas digitales existentes en Ecuador

En la actualidad las ciudades que disponen de centrales telefónicas digitales son las siguientes:

Quito: Una central de tránsito de larga distancia nacional, una central combinada tándem local, seis centrales locales y dos concentradores remotos. Estas centrales tipo NEAX 61 forman con las analógicas una red multicentral del tipo analógico-digital.

Guayaquil: Una central de tránsito de larga distancia nacional, dos centrales combinadas tándem/local y cinco centrales locales. Estas centrales tipo AXE 10 también forman con las analógicas una red multicentral analógica-digital.

Cuenca: Una central de tránsito de larga distancia nacional tipo ANE 10, una central local y tres concentradores remotos del tipo E10B.

Guaranda: Una central local y dos concentradores remoto del tipo NEAX 61.

Manta: Una central local tipo E10B.

Tulcán: Una central local y un concentrador remoto tipo E10B.

Ibarra, Ambato y Portoviejo: Una central de tránsito y local tipo E10B.

Santo Domingo, Riobamba y Quevedo: Las dos primeras disponen de centrales tipo NEAX61 y la tercera del tipo AXE 10.

Se puede considerar que las centrales y concentradores forman islas digitales que todavía se interconectan a la red de larga distancia nacional con medios de transmisión analógicos. Por tal motivo la red de sincronismo nacional está conformada por varias redes y centrales independientes.

4.1.1.1 Central Internacional de Guayaquil

Esta central internacional es una configuración especial de la Central de tránsito tipo AXE 10. Está capacitada para trabajar con circuitos analógicos y con trenes digitales de 2 Mbps. En la actualidad la central trabaja con circuitos analógicos, a través de la Estación Terrena Quito, en la ruta Ecuador-EUA, pero en el futuro lo hará con las portadoras IDR que debe transmitir la Estación Terrena Guayaquil a una velocidad de 2 Mbps. Esta central tiene incorporado el cancelador de eco a 2 Mbps, ya que los canales analógicos son convertidos al formato digital.

4.1.1.2 Central Internacional de Quito

Dentro de la ampliación del tráfico internacional se ha contemplado la ampliación de la Central Internacional de Quito. La actual es una central analógica, mientras que la ampliación es digital tipo AXE 10, lo que permitirá trabajar directamente con portadoras IDR de INTELSAT. El tren de salida trabaja a 2 Mbps, lo que permite la conexión directa al multiplex y a la microonda digital que interconecta el ITMC con la Estación Terrena Quito.

4.1.2 Análisis de los planes operativos de INTELSAT

Los planes operativos de INTELSAT han sido desarrollados para el momento actual, fines de 1991 y fines de 1992. Las

estaciones terrenas de IETEL encargadas de llevar a cabo estos planes son la Estación Terrena Quito, actualmente en operación y que trabaja con el satélite INTELSAT Primario del Atlántico, y que cursa telefonía internacional utilizando las técnicas FDM/FM y SCPC y en 1992 el servicio IDR/DCME de INTELSAT; y la Estación Terrena Guayaquil, que empezará a trabajar a mediados de 1991 con el satélite INTELSAT "Major 1" del Atlántico utilizando el servicio IDR/DCME.

En el capítulo I se indican las configuraciones de portadoras para estos tres planes. De estos planes operativos se desprende que en el plan A-27H-325.5 para junio de 1991 la Estación de Guayaquil debe transmitir dos portadoras IDR de 2 Mbps hacia EUA. El mismo tráfico se mantiene en 1992. Mientras que Estación Terrena Quito debe transmitir a mediados de 1992, según el plan A-27H-335.5, cuatro portadoras IDR de 2 Mbps, tres hacia EUA y una hacia Francia, Reino Unido y Países Nórdicos.

Los planes operativos para después de 1992 muestran un sostenido crecimiento del tráfico digital IDR, especialmente con EUA, tanto para la Estación Terrena Quito, como para la de Guayaquil.

4.1.3 Configuración de la Estación Terrena Quito para transmisión digital.

Para cumplir con los requisitos anotados es necesario adquirir el equipo correspondiente, es decir: un enlace digital entre la nueva central internacional de Quito y la Estación Terrena, con equipo multiplex digital incluido, el equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME), los equipos terminales de portadoras IDR, los equipos convertidores de frecuencia (de subida y bajada) y amplificadores de alta frecuencia.

La Fig. 4.1 muestra la configuración de equipos para la transmisión de las portadoras IDR por la Estación Terrena Quito.

4.2 Características de transmisión de las portadoras de la Estación Terrena "Guayaquil"

La estación terrena Guayaquil debe empezar su funcionamiento a mediados de 1991, transmitiendo dos portadoras IDR de 2 Mbps hacia EUA y una portadora analógica tipo CFDM/FM hacia Galápagos de 24 canales.

Las características de las portadoras IDR están basadas íntegramente en el documento IESS-308 de INTELSAT y otras recomendaciones del CCITT y CCIR. Se va a utilizar unidades de canal IDR (Modem) marca Siemens, tipo MP 45, con equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME), marca ECI TELECOM tipo DTX 240. El enlace de microondas a utilizarse entre el Cerro del Carmen y la Estación Terrena también es marca Siemens y puede llevar hasta 1920 canales de 64 kbps, con el equipamiento completo, además de una señal de Televisión a color.

INTELSAT ha asignado ya las frecuencias de transmisión para las portadoras IDR: 6114,6325 y 6116,6350 MHz, mientras que la portadora analógica CFDM de 24 canales se transmitirá en 6185,25 MHz.

4.3 Alternativas del enlace entre el ITMC y E/t para la implantación de portadoras IDR

Para transportar el tráfico internacional digital desde la Central Internacional hasta la Estación Terrena se pueden considerar tres alternativas que tienen ventajas comparativas.

4.3.1 Alternativa con microonda digital

La alternativa de instalar un enlace de microondas digital aparece como la mejor opción desde el punto de vista técnico ya que:

1. Permite utilizar toda la capacidad de las portadoras IDR en cuanto se refiere a los servicios: telefonía sujeta a DCME, datos, telefonía RDSI.
2. Permite cumplir con el crecimiento de tráfico durante los próximos años.
3. Constituye una alternativa que puede ser llevada a cabo en el menor tiempo posible y es un soporte en caso de falla del enlace analógico actualmente en operación.

La microonda digital puede interconectar al ITMC con la Estación Terrena a través de un nuevo enlace ITMC (Quito Centro) - Cruz Loma (o Puengasí) - Estación Terrena. Esta nueva ruta constituye un soporte a la existente que tiene un repetidor pasivo en la Loma de Puengasí.

El nuevo enlace de microondas puede trabajar a una velocidad de 140 Mbps, lo que le da una capacidad de 1920 canales MIC a 64 kbps. El diagrama de bloques de este enlace se encuentra en la Fig. 4.1. En el caso de utilizar una velocidad de 34 Mbps la capacidad se reduce a 480 canales, lo que limita las futuras expansiones de tráfico digital, y no constituye un soporte apropiado al enlace existente.

4.3.2 Alternativa con fibra óptica

Esta alternativa permite utilizar la infraestructura actual entre la Central Quito Centro y la Central Monjas. Existe una instalación de fibra óptica que trabaja a 140 Mbps, con una

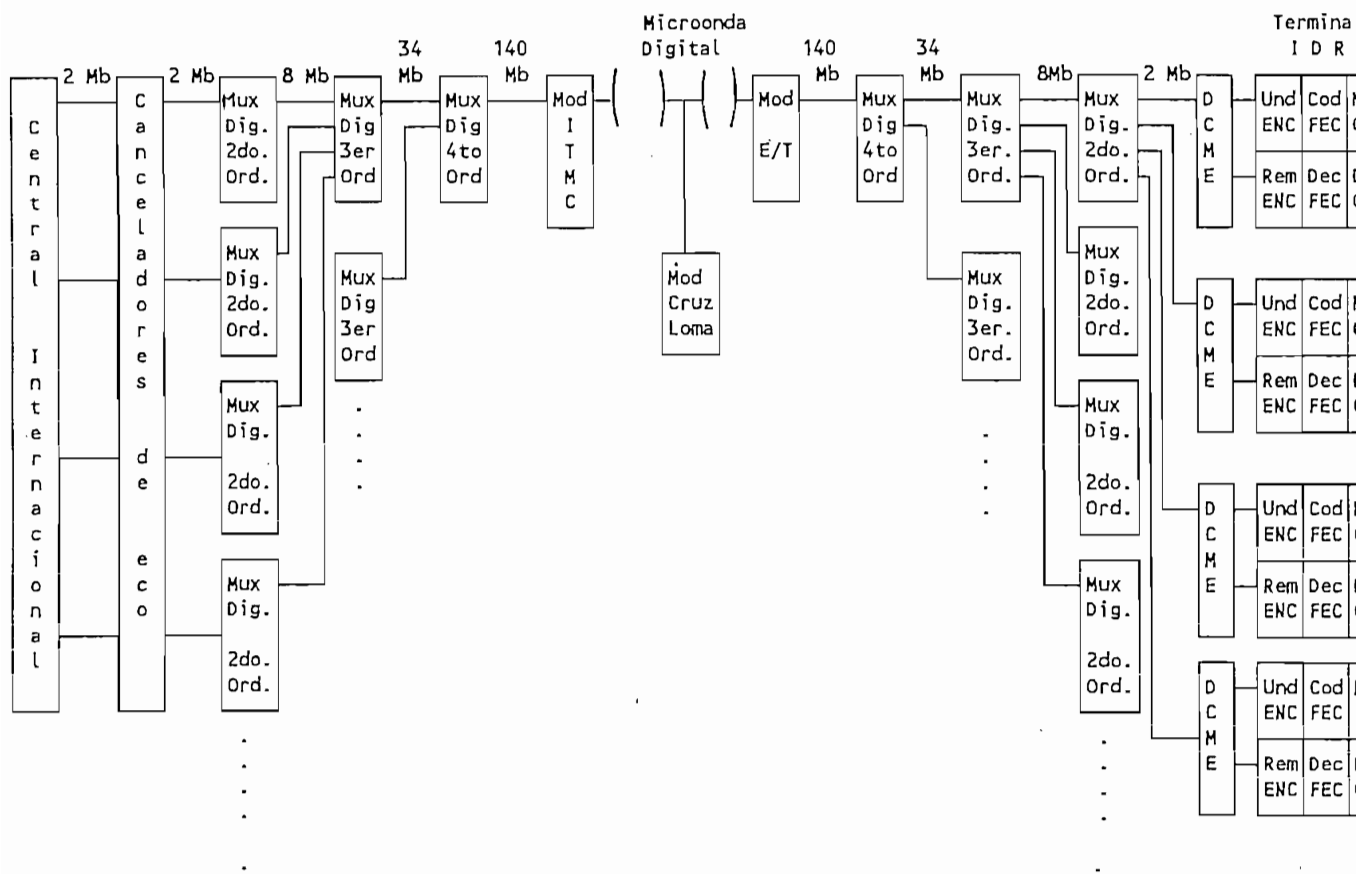


Figura 4.1

Equipo necesario para implantación de transmisión IDR en la Estación Terrena Quito

utilización de un tributario de 34 Mbps para la Central Monjas. Los otros tributarios se pueden utilizar para el tráfico hacia la Población de Conocoto y para la digitalización de la Estación Terrena Quito.

En el caso usar para el tráfico internacional IDR, se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Es necesario la construcción de la canalización subterránea entre la Central Monjas y la Estación Terrena, o entre un punto de derivación de la ruta hacia Conocoto. Esta infraestructura no se encuentra aún realizada, por lo que el proyecto de la introducción de las portadoras IDR sufriría un retraso.
2. Deben tomarse en cuenta la instalación de regeneradores de señal dentro del trayecto, o en su defecto la utilización de fibras de baja atenuación.
3. Esta alternativa no permite un crecimiento hacia el futuro, por cuanto un tributario de tercer orden de 34 Mbps puede llevar tan solo 480 canales telefónicos de 64 kbps. Los otros dos tributarios están destinados para el desarrollo telefónico del Valle de Los Chillos.
4. Aún tomando en cuenta las limitaciones, la alternativa de fibra óptica constituye una ruta emergente a la alternativa principal.

4.3.3 Alternativa con microonda analógica y transmultiplexores

Otra alternativa técnica es la de utilizar el enlace de microondas actual y transformar el tráfico de analógico a digital con transmultiplexores. Esta opción puede considerarse como un primer paso hacia la digitalización de las comunicaciones internacionales, ya que permite la utilización

de las portadoras IDR en telefonía, pero no permite el uso total de estas portadoras para transmisión de datos y los futuros circuitos de la Red Digital de Servicios Integrados que necesita de circuitos a 64 kbps.

Al seguir utilizando el enlace analógico no se tiene una ruta alternativa para la ruta ITMC-Estación Terrena y el país no se encuentra preparado para afrontar los cambios tecnológicos en la telefonía internacional.

4.4 Equipo necesario para la implantación de portadoras IDR en la Estación Terrena Quito

Los equipos digitales de telecomunicaciones deben realizar las siguientes funciones:

En transmisión:

- Procesar el tren digital y convertirlo en un formato específico para la transmisión:
 - procesamiento de datos con interfaz normalizado,
 - concentración e interpolación de canales telefónicos (interpolación digital de conversaciones: DSI),
 - almacenamiento en una memoria intermedia,
 - codificación de corrección de errores,
 - dispersión de energía por aleatorización.
- Modular en fase (QPSK) a 70 o 140 MHz (modulador) y filtrar,
- Ecuilibrar de retardo de grupo y la amplitud de respuesta y convertir la señal IF en una señal RF (6 GHz) (convertidor ascendente),

- Conmutar y combinar señales RF y enviarlas al amplificador de potencia.

Y en recepción:

- Separar y conmutar señales RF (4 GHz) a la salida del amplificador de bajo nivel de ruido,
- Convertir la señal RF en una señal IF (convertidor descendente) y ecualizar el retardo de grupo del equipo de estación terrena,
- Filtrar y demodular la señal IF en el tren de datos formatizado de recepción,
- Procesar el tren de datos formatizado de recepción para convertirlo en un tren de datos de salida normalizado para la transmisión terrenal (o para la conexión directa al usuario):
 - supresión de la señal de dispersión de energía mediante desaleatorización,
 - decodificación de corrección de errores,
 - asociación de canales telefónicos de satélite a canales terrenales (función inversa de la concentración de tráfico en transmisión en el caso de la explotación DSI),
 - procesamiento de datos con interfaz normalizado.

Para cumplir con la digitalización de la Estación Terrena Quito y con las funciones anotadas es necesario adquirir los siguientes equipos:

- Equipo de radioenlace digital redundante y equipos multiplex asociados.

- Equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME) de 32 kbps ADPCM con DSI.
- Equipos terminales de portadoras digitales de velocidad intermedia (IDR).
- Equipos de conversión de frecuencia y amplificadores de alta potencia.
- Un sistema de supervisión y control

El oferente debe instalar e integrar los equipos citados y operarlos inicialmente. También debe capacitar al personal de la Estación Terrena Quito.

4.4.1 Radioenlace digital y equipos multiplex

4.4.1.1 Características generales

El enlace debe tener los siguientes componentes:

- Un radioenlace digital a 140 Mbps entre el ITMC, Cruz Loma (o Puengasí) y la Estación Terrena.
- Sistemas multiplex de cuarto, tercer y segundo orden.
- Antenas, torres de soporte e infraestructura necesaria.
- Sistemas de supervisión y alarmas.

El sistema de radioenlace digital deberá ser redundante 1+1, con un repetidor activo o pasivo en la Cruz Loma (o Puengasí) e interconecta la Central Internacional Quito a través de troncales de 2 Mbps con el equipo DCME en la Estación Terrena. El número de troncales equipados en el radioenlace inicialmente es 24.

Estos equipos deben cumplir con la Recomendación G751 del libro azul del CCITT referentes a enlaces terrestres digitales.

En la parte terminal de la estación terrena es necesario tener troncales a 2 Mbps con canales estándar CEPT, además de troncales a 8 Mbps, necesarios para el futuro.

4.4.1.2 Especificaciones de equipos de radioenlace digital a 140 (139.264 kbps) para 1920 canales MIC

4.4.1.2.1 Características de banda base

- a) Velocidad binaria: $139264 \text{ kbps} \pm 15 \times 10^{-6}$
- b) Tipo de código: Code Mark Invertion (CMI).
- c) Salida y entrada: de acuerdo a Recomendación G703 del CCITT.
- d) La impedancia en el punto de interconexión es 75 ohmios no balanceados.
- e) Las pérdidas de retorno deben ser $\geq 16 \text{ dB}$ con referencia a la impedancia característica.
- f) La señal de indicación de alarma ^{AIS} (SIA) es un flujo continuo de unos (1) a la velocidad nominal y se produce cuando existe pérdida de señal entrante al transmisor o la tasa de error de bitios en el receptor es mayor que los siguientes umbrales:

10^{-3} con el 95% de probabilidad

10^{-4} con el 5% de probabilidad

4.4.1.2.2 Características de frecuencia intermedia

- a) Frecuencia intermedia: 70 o 140 MHz
- b) Impedancia característica: 75 ohmios
- c) Niveles de entrada y salida: -5.2 dBm.

4.4.1.2.3 Características del modem

Estas características se refieren al tipo de modulación empleado. Se puede escoger entre una modulación en fase (PSK) o amplitud (QAM) de varios estados. Tanto la modulación como la demodulación debe realizarse a la frecuencia intermedia.

4.4.1.2.4 Características de radio frecuencia

Se refieren a la disposición de canales en la banda de 7 GHz, que deben estar de acuerdo a los informes 934 y 935 del CCIR. Las características del transmisor se resumen así:

- a) Potencia de salida del transmisor: 36 dBm.
- b) Tolerancia y estabilidad de la frecuencia del transmisor: $\pm 50 \times 10^{-6}$ y $\pm 20 \times 10^{-6}$ respectivamente.
- c) Atenuación de las señales espurias: 80 dBc en el punto de conexión con la antena.

Las características del receptor son las siguientes:

- a) El nivel de entrada está de acuerdo con la tasa de errores de bits.

- b) La figura de ruido del receptor debe ser menor o igual que 6 dB.
- c) Las señales espurias generadas por el receptor no excederán de -120 dBm.
- d) La degradación de las características de tasas de error debido a interferencias cocanal y canal adyacente no debe incidir en la tasa de errores de bits.

4.4.1.2.5 Características del sistema de conmutación

Los criterios para la conmutación son la pérdida de la señal digital entrante, la falta de frecuencia intermedia y la tasa de error superior al umbral de 10^{-3} .

Los conmutadores no provocarán aumento de las interrupciones de más de 10 us. Los dispositivos de conmutación que debe disponer el sistema deben evitar la pérdida de información durante la conmutación.

4.4.1.2.6 Canales de servicio

Estos canales deben tener capacidad de un canal con acceso a todas las estaciones y con derivación al ITMC.

4.4.1.2.7 Puntos de prueba

Los mínimos puntos de prueba son los siguientes:

- a) Medición de las tensiones de salida de la fuente de alimentación.
- b) Punto de prueba para registro continuo del nivel de radio frecuencia recibido (tensión del Control Automático de Ganancia).

- c) Punto no acoplado para análisis de banda base.
- d) Punto desacoplado en el punto de salida del transmisor, para edición de potencia y frecuencia del mismo.
- e) Otros medidores que permitan el análisis continuo de las características más significativas del sistema.

4.4.1.2.8 Alarmas e indicaciones

Se consideran las siguientes alarmas e indicaciones:

- a) Falla de energía.
- b) Indicación visual del control automático de ganancia, potencia transmitida y nivel de radio frecuencia recibido.
- c) Alarma por falta de frecuencia intermedia a la salida del modulador, por falta de datos en el receptor.

Las indicaciones de color verde indican funcionamiento, las de color amarillo condición de prueba y las rojas condición de alarma.

4.4.1.2.9 Objetivo de calidad, confiabilidad y disponibilidad

De conformidad con la Rec 594 del CCIR, la proporción de bits erróneos para el trayecto digital ficticio de referencia no será superior a:

- 10^{-7} durante más del 1% de cualquier mes
- 10^{-3} durante más del 0.05% de cualquier mes incluyendo desvanecimientos, interferencias y todas las demás fuentes de degradación de calidad del sistema.

Se desea una confiabilidad de 99.7 a 99.9%, incluyendo causas predecibles, no intencionadas que resulten en el equipo de radio, fuentes, propagación, interferencia y otros.

4.4.1.3 Especificaciones del equipo multiplex

Se muestran en el Cuadro 4.1.

4.4.1.4 Sistema de supervisión y alarmas

Consta de las unidades de telemedida, telemando y transmisión y recepción de teleseñales. Este sistema puede integrarse a otros sistemas de redes existentes. El sistema debe tener su control en la Estación Terrena, desde donde se supervisará a todas las repetidoras a través de un sistema automático.

4.4.1.5 Características de las antenas

Las antenas son necesarias para implementar el enlace entre la Estación Terrena y Cruz Loma (o Puengasí). El sistema de antenas incluye los elementos radiantes, alimentadores, dispositivos de montaje y ajuste, deshidratadores, etc.

Los tipos de antenas pueden ser parabólicas Cassegrain, con capacidad de transmitir y recibir en doble polarización lineal. La eficacia direccional debe ser al menos 45 dB (relación adelante-atrás), la discriminación por polarización cruzada no menor que 25 dB y la relación de ondas estacionarias menor o igual a 1.10. La impedancia de entrada y salida debe ser 50 ohmios.

Los dispositivos de acoplamiento de antena incluyen para transmisión un circulador, una carga disipativa de protección y un conmutador de RF; para recepción un circulador de acoplamiento, un híbrido de RF y un filtro de RF.

CUADRO 4.1 :ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EQUIPOS MULTIPLEX DE CUARTO, TERCER Y SEGUNDO ORDEN

	Cuarto Orden	Tercer Orden	Segundo Orden
1. Velocidad binaria	139264 kbps ± 15 ppm.	34368 kbps ± 20 ppm.	8448 kbps ± 30 ppm.
2. Estructura de trama:			
• Velocidad binaria de los afluentes	34368 kbps	8448 kbps	2048 kbps
• Número de los afluentes	4	4	4
• Longitud de trama	2928 bits	1536 bits	848 bits
3. Pérdida de alineación de trama Recuperación de alineación de trama		Error en cuatro señales de alineación Detecta tres señales de alineación	
4. Método de multiplexación		Entrelazado cíclico de los bits	
5. Señal de temporización		Fuente de reloj: interna o externa	
6. a. Condiciones de avería			
• Falla en la fuente de alimentación		Si	
• Pérdida en la señal entrante multip.	Señal a 34368 kbps	Señal a 8448 kbps	Señal a 2048 kbps
• Pérdida en la señal entrante demult.	Señal a 139264 kbps	Señal a 34368 kbps	Señal a 8448 kbps
• Pérdida de alineación de trama		Si	
• Indicación de alarma del mux. dist.	Entrada de 139264 kbps	Entrada a 34368 kbps	Entrada a 8448 kbps
b. Operaciones consiguientes			
• Generación de una alarma		Si	
• Transmisión de una alarma		Si	
• Aplicación de la SIA a las 4 salidas	Afluentes a 34368 kbps	Afluentes a 8448 kbps	Afluentes a 2048 kbps
• Aplicación de la SIA al multiplexor	Salida de 139264 kbps		
• Aplicación de la SIA a inter. tiempo	Señal a 139264 kbps	Señal a 34368 kbps	Señal a 8448 kbps
7. Características de interconexión entrada			
• Velocidad binaria	34368 kbps ± 20 ppm.	8448 kbps ± 30 ppm	2048 kbps ± 50 ppm.
• Código		HDB3	
• Impedancia		75 ohmios, resistiva	
• Tensión nominal de cresta de marca	1.0 V	2.37 V	
• Tensión de cresta de un espacio	0 ± 0.1 V	0 ± 0.237 V	
• Anchura nominal de un impulso	14.455 ns	59 ns	
• Atenuación máxima en el cable de	12 dB	6 dB	

Cuadro 4.1: Continuación

8. Características de interconexión a la salida	139264 kbps ± 15 ppm CMI	34368 kbps ± 20 ppm HDB3 75 ohmios 1 ± 0.1 V	8448 kbps ± 30 HDB3
• Velocidad binaria			
• Código			
• Impedancia			
• Tensión nominal de cresta de una marca	1 ± 0.1 V	5% de la tensión cresta	2.37 V ± 0.237
• Sobreoscilación			
• Pérdida de retorno	15 dB		
• Atenuación máxima en el cable	12 dB	12 dB	6 dB
9. Características de la sección de temp.		Interna y externa 75 ohmios - 10 a + 5 dBm	
• Fuente de reloj			
• Impedancia externa			
• Nivel externo			
• Forma de onda de reloj externo		sinusoidal o cuadrada	
• Frecuencia	139264 kHz ± 15 ppm	34368 kHz ± 20 ppm	8448 kHz ± 30
10. Puntos de prueba: Que deben cumplir los equipos de cuarto, tercer y segundo orden			
• Señal de reloj (transmisión y recepción)			
• Señal de trama (transmisión y recepción)			
• Señal de estado de alineación de trama			
• Señal numérica de salida y llegada en código binario			
• Señal numérica de salida y llegada en código CMI			
• Contador de errores en el código de alineación de trama			
• Puente para bucle entre transmisión y recepción			
12. Alarmas: Que deben cumplir los equipos de cuarto, tercer y segundo orden			
• Falla de alimentación			
• Ausencia de impulsos a la salida del multiplex			
• Ausencia de impulsos procedentes de los afluentes			
• Ausencia de impulsos en la recepción			
• Pérdida de alineación de trama			
• Tasa de error mayor a 10 ⁻³ en el código de alin. de trama			
• Ausencia de impulsos de salida hacia afluentes			
• Pérdida de alineación de trama			
• Ausencia de impulsos de entrada del multiplex distante			

4.4.1.6 Especificaciones de las torres

Las torres de hierro son del tipo autosoportado, que permita cumplir la condición de no obstrucción de la primera zona de Fresnel ($k=4/3$). Estas torres deben ser capaces de resistir vientos de hasta 100 km/h, sin sufrir deformaciones en la operación. Para la operación y mantenimiento, la torre debe estar provista de escaleras y los respectivos soportes de guía de ondas y cables coaxiales. Además debe instalarse un pararrayos con la respectiva conexión a tierra y luces de seguridad.

4.4.2 Equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME)

Para cumplir con las necesidades de multiplicación de circuitos se necesitan los siguientes componentes:

- Matriz de protección de entrada - salida
- Equipo DCME
- Sistema de control y conmutación
- Consola de control

Se necesita que el oferente del equipo demuestre que los siguientes países tienen equipo similares: Estados Unidos, Reino Unido, Francia, Italia y Grupo Nórdico.

La Fig. 4.2 representa la configuración del equipo DCME con relación a las troncales de 2 Mbps que interconectan la Central Internacional con el equipo terminal IDR. El sistema requerido tendrá una redundancia 4+1 con expansión futura a 7+1. El sistema de control y monitoreo debe ser independiente de los equipos de telecomunicaciones.

Aunque la ganancia de operación para el inicio se ha definido en 4:1, los equipos deben poder trabajar con ganancias de 7:1 de acuerdo a las recomendaciones IESS-308 (Rev. 5) de

INTELSAT.

En el Cap. V se indican todas las características principales que deben cumplir los equipos de multiplicación de circuitos digitales (DCME), especialmente en lo que se refiere a:

- Codificación ADPCM de 5/4/3 bits de INTELSAT
- Ganancia de multiplicación
- Interfaces de transmisión y recepción
- Modos de operación
- Tipos de servicios
- Tipos de señalización

En forma específica el equipo DCME debe cumplir además las siguientes condiciones:

- 1) Debe operar con siete troncales de enlace terrestre de 2 Mbps y hacia el satélite un tren de 2 Mbps tipo CEPT.
- 2) Facilidades para la operación: mediciones estadísticas, generación de alarma de Carga del Sistema, Supervisión del canal en línea, interfaz con la Central Internacional y Diagnóstico automático.
- 3) El sistema debe cursar tráfico inicialmente con Estados Unidos, Francia, Reino Unido y Grupo Nórdico. Para la comunicación con EUA se puede trabajar en el modo Multigrupo, mientras que para los tres países de Europa se debe utilizar el modo Multidestino.

4.4.3 Equipos terminales de portadoras IDR

En la Fig. 4.2 se presenta la configuración de los terminales IDR, en relación con los demás equipos a adquirirse, distribuidos de la siguiente forma:

- 2 terminales para Estados Unidos en línea y 1 de reserva
- 1 terminal para Francia, Reino Unido y Grupo Nórdico compartido en transmisión, y para Francia en recepción;
- 2 terminales para Reino Unido y Grupo Nórdico cada uno en recepción
- 1 terminal de reserva para Francia, Reino Unido y Grupo Nórdico tanto en transmisión como en recepción.

Estos equipos terminales están conformados de las siguientes partes:

- Modems
- Codificadores y Decodificadores FEC
- Aleatorizador y Deseudoaleatorizador
- Unidad de Encabezamiento
- Memorias intermedias

Las características de las partes anotadas se indican en el Cap. II y corresponden a la Especificación IESS-308 (Rev. 5) de INTELSAT. Las características operacionales y factores de integración se enumeran en los siguientes párrafos.

4.4.3.1 Modems IDR

Los principales factores a considerarse son la facilidad para cambiar las velocidades de información, la incompatibilidad con IBS, las facilidades de monitoreo y pruebas, la disposición física y el sistema de conmutación de redundancia.

4.4.3.1.1 Características principales

Las principales son:

- Filtros de máscaras programables

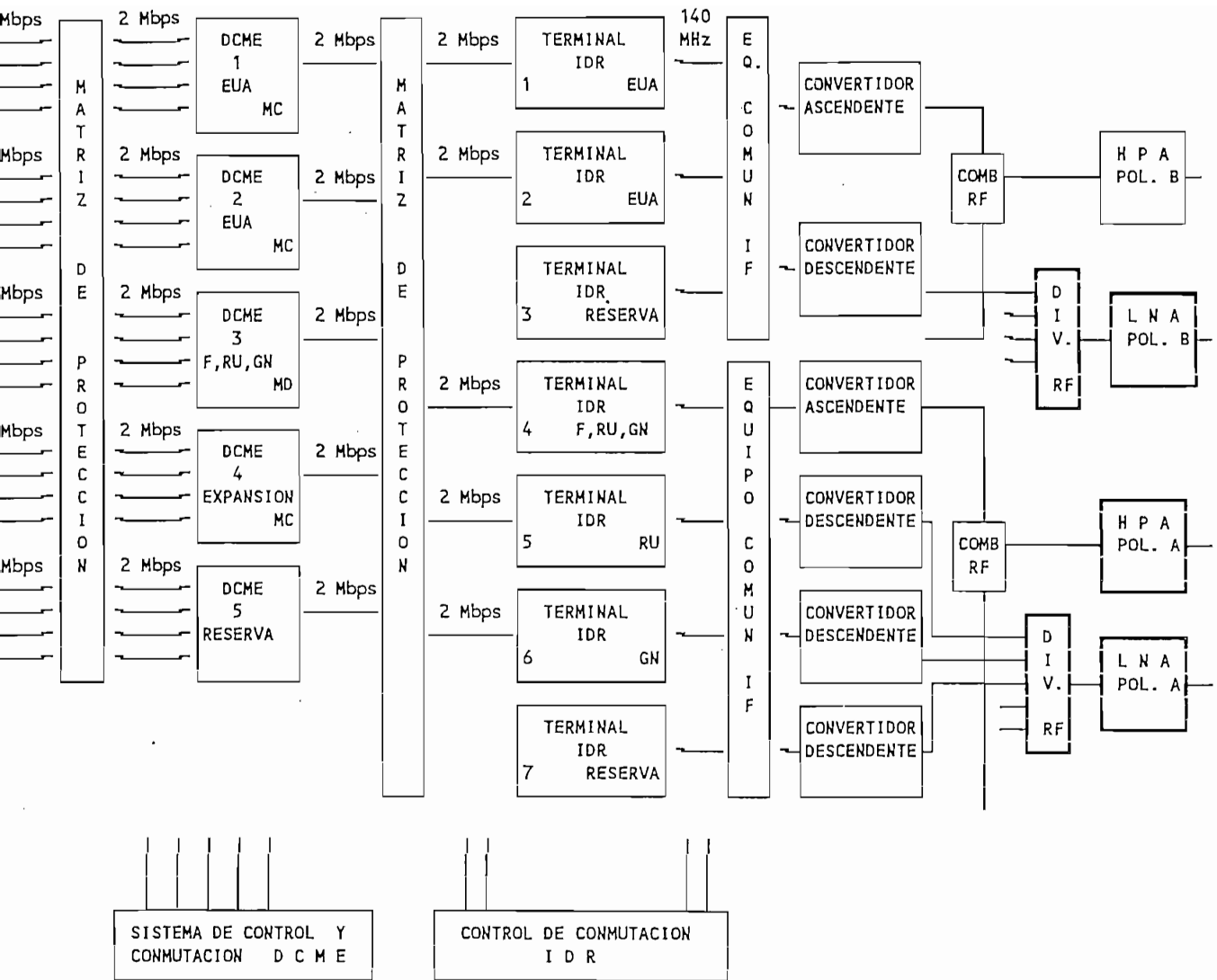


Fig. 4.2

Configuración de equipos de transmisión digital
en la Estación Terrena Quito

- Velocidades de datos y tasas de codificación y decodificación programables: códigos secuenciales y convolucionales, codecs Viterbi de relación 1/2 y 3/4.
- Resolución de frecuencia de 22.5 kHz en IF de 70 o 140 MHz. Se debe cumplir con la especificación de ruido de fase.
- Demodulador con Control Automático de Ganancia (AGC) de al menos ± 7 dB y un Control de Frecuencia (AFC) de al menos ± 25 kHz.
- Diferentes clases de interfaz con la banda base: V.35, DS1, CEPT, RS-422, seleccionables internamente.
- Memoria interna de recepción tipo plesióncrono con capacidad desde 2 hasta 64 Kbytes.
- Extracción de reloj desde estaciones de referencia.
- Posibilidad de instalar varios canales en un rack estándar, con redundancia 1 a 1, o 1 a N.
- Monitoreo y control desde un computador a través de una interfaz RS-232.
- Indicación de la tasa de bits erróneos en servicio (BER).
- Control del nivel de transmisión sobre un rango de 15 dB.

El modem IDR está apuntado al rango menor de las velocidades de información, acepta la información terrestre del interfaz CCITT y modula en 70 o 140 MHz.

Para el acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) se divide el ancho de banda del transpondedor en canales de 22.5 kHz, destinando a cada portadora IDR un número de canales

contiguos proporcional a la velocidad de información.

4.4.3.1.2 Modulador

El modulador, cuyo diagrama básico de bloques se muestra en la Fig. 4.3 está compuesto de la interfaz terrestre de transmisión, la memoria para la fluctuación de reloj que utiliza un lazo cerrado de fase angosta que proporciona una salida de referencia de reloj a la bandeja, la trama de encabezamiento ESC, el circuito de aleatorización, el circuito de codificación convolucional a una tasa de relación 1/2 seguido de un circuito de borrado que transforma el proceso de codificación a una tasa de 3/4, y el modulador en si que realiza la manipulación cuadrifásica (QPSK). El mezclador final utiliza dos osciladores locales alternativos según la salida esté centrada en 70 o 140 MHz.

El sintetizador opera en el rango de 190 a 262 MHz. Para una IF de 70 MHz, la entrada al mezclador final está en 138 MHz y la salida en el rango de 52 ± 18 MHz; para una IF de 140 MHz la entrada se encuentra en 86 MHz y la salida en 104 ± 36 MHz.

4.4.3.1.3 Demodulador

Las funciones son las inversas que las del modulador. Un diagrama de bloques típico se muestra en la Fig. 4.4. El demodulador incorpora un circuito AGC, el detector ^{QPSK} coherente y la función de recuperación de portadora que debe recobrar la señal aún en presencia de grandes desplazamientos de frecuencia. El demodulador proporciona los bits necesarios para el decodificador de decisión flexible de máxima probabilidad, el deseudoaleatorizador y la memoria plesióncrona. Esta memoria permite el traslado del reloj del demodulador hacia el reloj terrestre local. El circuito de recepción de ESC recupera los canales de órdenes y de datos.

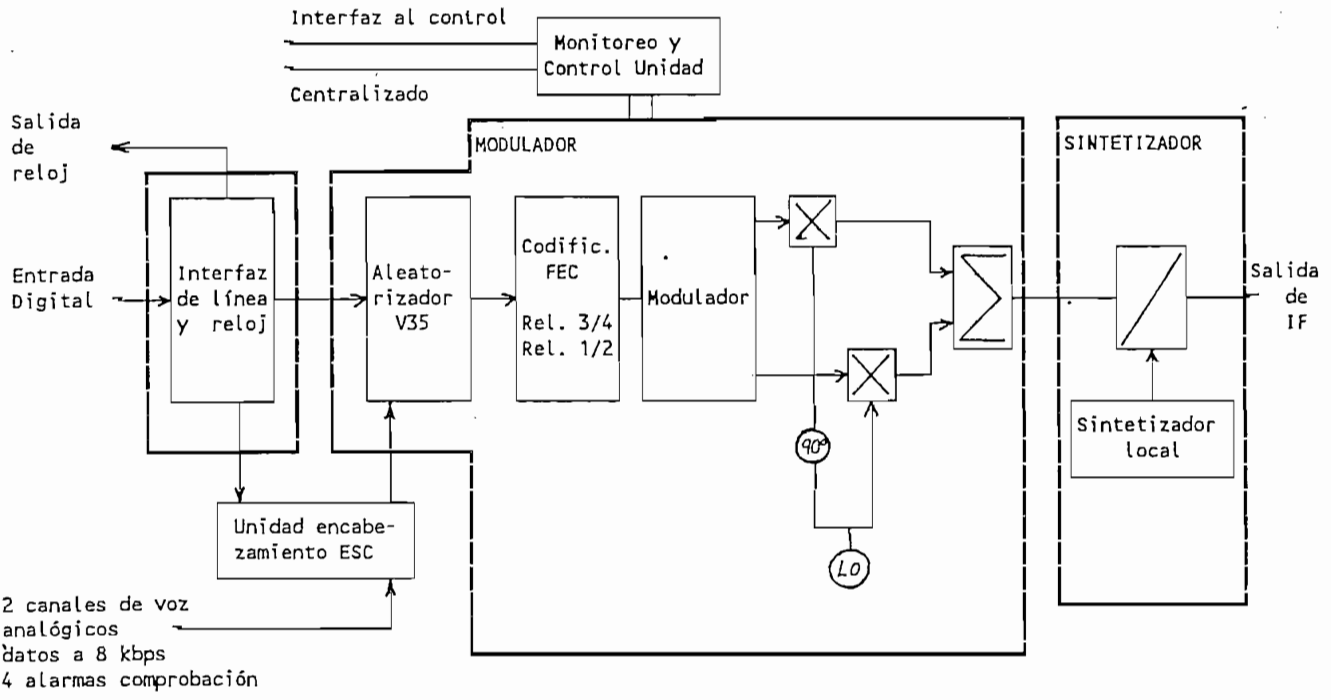


Fig. 4.3: Modulador IDR

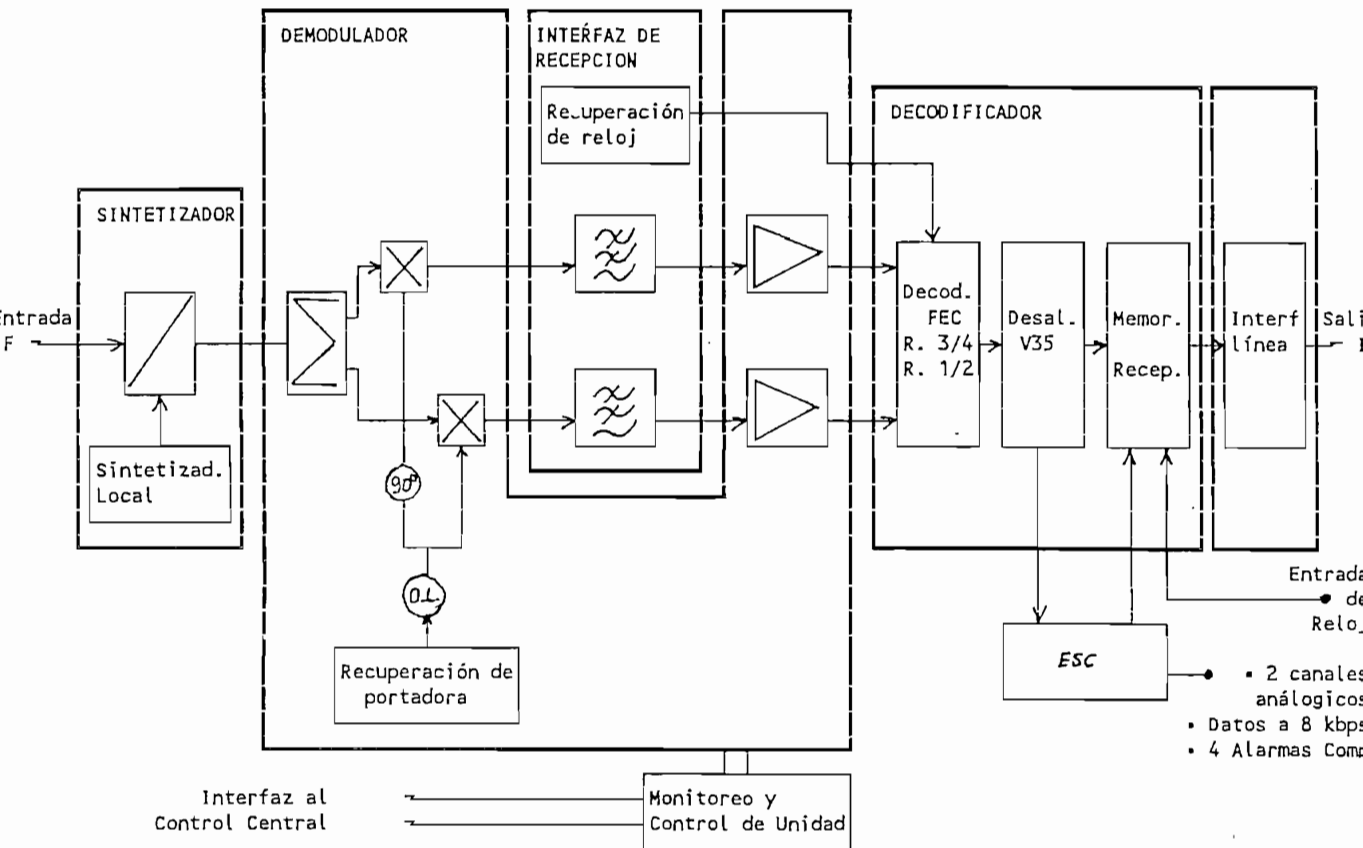


Fig. 4.4 Demodulador IDR

4.4.3.1.4 Interfaz terrestre

El interfaz con el equipo terrestre no está totalmente definido para todas las velocidades de información debido al gran número de posibilidades disponibles. Pero para la mayoría de las aplicaciones con velocidades entre 1544 y 8448 kbps, las correspondientes interfaces han sido definidas totalmente por la Rec. G703 del CCITT.

Esta recomendación define las interfaces de línea balanceadas y desbalanceadas, dependiendo de la velocidad digital, y de la magnitud de la fluctuación de reloj de entrada a ser tolerada. Esta fluctuación se remueve con un lazo cerrado de fase antes del demodulador.

Para realizar la interfaz con la red terrestre digital se deben considerar los siguientes puntos:

- 1) Interfaz de reloj: la señal digital en la estación terrena debe condicionarse a cualquiera de las siguientes opciones:
 - a) Reloj nacional con una exactitud de 1 parte en 10^{11} de acuerdo a la Rec. G.811 del C ITT.
 - b) Reloj local de la estación terrena con una exactitud de al menos 1 parte en 10^7 . (Puede ser un reloj de emergencia del reloj nacional).
 - c) Reloj entrante recibido de una estación remota vía satélite.
- 2) Memoria intermedia plesióncrona/Doppler: Utilizada para compensar el efecto del movimiento satelital y la disparidad entre relojes en los terminales de transmisión y recepción. La ubicación depende de la configuración de cada enlace y de los puntos donde ocurran las transiciones

de reloj.

- 3) Interfaz de unidad de encabezamiento: La unidad de encabezamiento recibe el tren CEPT de 2 Mbps desde el DCME, añade la trama de alarmas y los canales de órdenes del Equipo P.M.A. existente. En recepción se realiza el proceso contrario.
- 4) Condición de interfaz de banda base: Se deben utilizar las interfaces que indica la Rec. G.703 del CCITT.

4.4.3.1.5 Compatibilidad con los servicios IBS

Básicamente, para IDR e IBS (red abierta) puede utilizarse el mismo equipo, es decir los modems y los convertidores ascendente y descendente, porque las especificaciones de INTELSAT así lo permiten. Las principales diferencias tienen que ver con la velocidad de codificación, la adición de bits de encabezamiento (en IBS un byte por cada 15 bytes) y los niveles en el equipo.

4.4.3.2 Precisión de temporización y sincronismo

La sincronización de la red digital entraña el cumplimiento del objetivo sobre la tasa máxima admisible de deslizamiento en todas las centrales digitales. Cada central tiene un reloj que establece la base de tiempo para: la recepción de trenes de bits procedentes de otras centrales digitales y el control de la etapa de conmutación de la central y el envío del tren digital conmutado hacia otras centrales.

Sin un sistema de sincronismo, las frecuencias de los relojes inevitablemente difieren entre sí. Estas diferencias la distorsión de transmisión llamado deslizamiento.

El plan de sincronismo para la red digital ecuatoriana establece el objetivo de sincronización y los métodos para alcanzarlo.

Para la central internacional se admite máximo un deslizamiento en 70 días sobre cada enlace digital de 64 kbps, y para cualquier otra central de la red nacional, un deslizamiento en 20 horas también sobre cada enlace digital de 64 kbps.

Para cumplir con las tasas de deslizamiento anotadas, la red internacional utiliza la operación plesióncrona, en la cual los relojes que controlan las centrales son independientes unos de otros; no obstante su precisión de frecuencia debe mantenerse dentro del límites especificados.

En la red nacional se utiliza el método de sincronización maestro-esclavo, el cual consiste en que un reloj de alta precisión se coloca en una central de la red que trabaja como maestra, mientras que las demás centrales tienen osciladores de enganche de fase que trabajan como esclavas.

La Central de tránsito de Quito tiene el reloj de Cesio, con una precisión mejor que 1×10^{-11} , que cumple con la Rec. G.811 del CCITT. En caso de falla de este reloj se prevé utilizar un reloj atómico externo.

4.4.4 Equipos de conversión de frecuencia y Amplificadores de alta potencia (HPA)

El equipo necesario de radiofrecuencia es el siguiente:

- Dos convertidores ascendentes redundantes
- Cuatro convertidores descendentes con redundancia 4+1
- Un amplificador de alta potencia redundante (HPA)
- Combinadores y divisores de RF

El subsistema HPA debe ser capaz de transmitir las tres portadoras analógicas actuales, tres portadoras digitales y una de soporte.

Para determinar la capacidad de los amplificadores de alta potencia en lo que se refiere a potencia de saturación y ancho de banda, y los arreglos posteriores asociados, como combinadores y filtros que producen pérdidas, se ha tomado en cuenta la ganancia de la antena, el número y la p.i.r.e. de las portadoras a transmitirse, con las futuras expansiones.

La relación del sistema de amplificadores y convertidores con el resto de equipos existentes y en adquisición se presenta en la Fig. 4.5.

Las características técnicas de los amplificadores y convertidores deben permitir cumplir con las especificaciones anotadas en el Cap. II, referentes a la estabilidad de la p.i.r.e., restricciones sobre las emisiones, transferencia de la modulación, tolerancia de frecuencia, igualación de amplitud y tiempo de propagación de grupo y ruido de fase.

4.4.4.1 Cálculo de la Potencia del Amplificador.

Para operar con muchas portadoras a través de un HPA común, es necesario que la potencia de trabajo se encuentre bajo un

resguardo de salida (OBo) de la potencia de saturación del amplificador, para cumplir los límites de INTELSAT de emisión de espurias debido a intermodulación.

Para disminuir estas emisiones se pueden utilizar linealizadores antes del HPA, para reducir el OBO requerido.

En el caso de los amplificadores tipo TWT es necesario que el BOo de salida sea de al menos 7 dB para que los productos de intermodulación cumpla con la especificación de INTELSAT.

Para realizar el cálculo de la potencia del amplificador se debe tomar en cuenta que dicho amplificador debe manejar 3 portadoras IDR y tres FDM/FM, según el plan operativo de fines de 1992 que se indica en el Cap. II, que son:

- Tres portadoras IDR de 2048 kbps.
- Una portadora FDM/FM de 5 MHz y 72 canales
- Una portadora FDM/FM de 7.5 MHz y 132 canales
- Una portadora FDM/FM de 5 MHz y 96 canales

Los valores correspondientes máximos de p.i.r.e. para estas portadoras son: 61.8 dBW para la portadora IDR de 2048 kbps, 63.2 dBW para FDM/FM 5/72, 65.6 dBW para FDM/FM de 7.5/132 y 64.4 dBW para FDM/FM de 5/96.

Además se debe tener en cuenta que la configuración actual de la Estación Terrena Quito contempla un combinador de 3 dB de atenuación en la ruta y una adicional de 0.6 dB para guías de onda. La ganancia de la antena a la frecuencia de transmisión (6GHz) es 64 dB, que incluye el alimentador.

Con estos datos se tiene que la potencia total a la salida del amplificador debe ser 10.8 dBW, es decir 12.0 W. Si tomamos en cuenta el margen BOo de 7 dB, se tiene 17.8 dBW (60 W). Pero como es necesario tener un margen adicional para futuras

portadoras o para el incremento de capacidad de las portadoras que implica mayor potencia, lo más conveniente es contar con un amplificador de 700 W, igual a los que se dispone en la actualidad, que proporcionarían un margen adicional de 10.6 dB.

4.4.4.2 Características principales de los amplificadores

Existen en la actualidad amplificadores de potencia que trabajan con tubos de ondas viajeras (TWT) y con tubos Klystron. En el primer caso se tiene un ancho de banda tan grande como 575 MHz, mientras que los tubos Klystron poseen un ancho de banda de 40 y 80 MHz. Los amplificadores a base de TWT pueden transmitir todas las portadoras de una estación en una polarización, mientras que los amplificadores con tubos Klystron tienen una operación restringida y trabajan con determinado tráfico, como TV, TDMA, etc. En el caso de portadoras IDR, se puede diseñar los amplificadores con tubos Klystron siempre y cuando todas las portadoras transmitan en un ancho de banda no mayor que 72 MHz, que es el ancho de banda de los transpondedores satelitales. En este caso será necesario que los convertidores de subida también tengan al menos un ancho de banda de 72 MHz.

Los amplificadores tipo TWT trabajan en la banda de 5850-6425 MHz, Permiten la transmisión de múltiples portadoras analógicas (FDM/FM, CFDM/FM) o digitales (IBS, IDR, SCPC, TDMA).

Estos amplificadores consisten básicamente de tres secciones: una fuente de poder de alto voltaje, la sección de radio frecuencia, y un sistema de control y conmutación.

Pueden tener redundancia completa (1+1), o redundancia 2 + 1, que se aplica a las configuraciones de doble polarización en que cada puerto de polarización tiene un amplificador en

línea, y un amplificador de reserva para los dos puertos. La más utilizada es la de 1 + 1, ya que los amplificadores son sistemas susceptibles a fallas frecuentes.

Cuadro 4.2: Especificaciones de Amplificadores de Potencia	
Parámetro	Especificación
1. Rango de frecuencia:	5850 a 6425 MHz
2. Potencia de salida:	700 W
3. Estabilidad de la salida:	± 0.25 dB/ 24 horas
4. Salida de armónicas:	60 dBc
5. Control de ganancia:	0 a 20 dB
6. Pendiente de salida vs. frec.:	0.04 dB/MHz
7. Productos de intermodulación: de tercer orden	- 24 dBc, con 2 portadoras a 7 dB de la salida nom.
8. Conversión AM/PM:	2.5°/dB a 6 dB bajo salida nominal
9. Salida de espurias:	-65dBW / 4 kHz
10. Consumo de potencia:	No mayor que 4.5 kVA
11. Temperatura de trabajo:	0 a 50 °C
12. Energía primaria:	120 o 208 VAC ± 10 %, 60 Hz
13. Controles:	Apagado/encendido, ajuste de RF.
14. Protecciones:	Sobrecorriente de hélice, exceso de potencia reflejada
15. Medidores:	Corriente hélice tubo, vol- taje y corriente colector tubo, entrada/salida RF, po- tencia reflejada RF.

En el Cuadro 4.2, se muestran las características básicas que deben cumplir los amplificadores de potencia tipo TWT que trabajen con portadoras IDR.

4.4.4.2.1 Componentes de frecuencia en la línea AC de los HPAs

Además de la disminución de fase de los osciladores locales de los convertidores, es necesaria la supresión adecuada de la frecuencia de línea de la energía primaria y de sus armónicas, que pueden modular en amplitud a las portadoras que amplifica el HPA. Cuando no se cumplen con las recomendaciones de INTELSAT, ocurren dificultades en las pruebas de desempeño del Eb/No vs. BER en lazo RF en la estación terrena.

4.4.4.3 Convertidores de frecuencia de alta estabilidad

Los convertidores trasladan las portadoras desde 70 MHz hasta la banda de 6 GHz en transmisión, y desde 4 GHz hasta 70 MHz en el lado de recepción.

Los convertidores que en el presente se utilizan para el servicio FDM/FM normalmente no cumplen la estabilidad de frecuencia y las limitaciones de ruido de fase que se requieren para la operación con IDR. Es, por lo tanto necesario, ya sea proveer de nuevos convertidores de frecuencia, o modificar los osciladores locales de los existentes que trabajan con FDM/FM. Sólo existe una pequeña ventaja económica al modificar el equipo existente.

El uso de osciladores locales sintetizados en lugar de versiones con osciladores de cristal fijos, proporciona un sistema más flexible operacionalmente. Para tamaños de portadoras IDR de 2 Mbps y menores, no existe requisito para ecualización de retardo de grupo satelital y las configuraciones de equipo de muchas estaciones terrenas tampoco requieren el uso de ecualizadores de su sistema para cumplir con las respuestas de amplitud y retardo de grupo de IF/RF.

También es posible operar a los convertidores de subida en la modalidad de multiportadora, pero sin que se excedan los límites de emisión fuera de banda debido a los productos de intermodulación y la emisión de espurias. Para esta modalidad, entonces, es apropiado utilizar una configuración de redundancia de 1+1.

4.4.4.3.1 Características principales

Los convertidores de frecuencia deben satisfacer un amplio espectro de requisitos de estabilidad de frecuencia en modems

de transmisión y recepción de banda ancha. Deben ser compatibles con las últimas técnicas de canalización, multiplexaje y acceso múltiple, y deben proporcionar altos niveles de estabilidad y pureza espectral requeridas para comunicaciones digitales de alta y baja velocidad, que incluye modulación delta, PCM/PSK, QPSK o BPSK, y TDMA.

Otras características son:

- * Altas estabilidad de frecuencia y pureza espectral.
- * Conversión doble y bajo ruido de fase.
- * Capacidad de conmutación rápida de frecuencia, con ajustes frontales de la misma.
- * Conmutador para mantenimiento e indicador visual. Repuestos comunes entre convertidores ascendente y descendente.
- * Anchos de banda de IF de 70 o 140 MHz.
- * Alta salida de RF del convertidor ascendente.

Estos convertidores de frecuencia deben estar diseñados para alto desempeño, confiabilidad probada y trabajo continuo en estaciones terrenas vía satélite de transmisión y recepción. Deben cumplir las especificaciones con las normas de sistemas domésticos (DOMSAT) e INTELSAT/CCIR e interconectarse fácilmente con terminales SCPC y TDMA, modems digitales y otros equipos relacionados con estaciones terrenas.

Para mantener la tolerancia de frecuencia, y las características de fase y modulación en frecuencia del ruido al mínimo se necesitan osciladores sintonizados en fase controlados por un oscilador de cristal de referencia. Las especificaciones técnicas se ilustran en el Cuadro 4.3.

4.4.4.4 Combinador/divisor de IF

Se ha previsto que las estaciones terrenas serán asignadas a un solo transpondedor, lo que permite que varios modems utilicen un solo equipo de conversión de frecuencia. Esto introduce el requisito de un subsistema combinador/divisor de IF para convertir un número de salidas de modulador/demodulador en una sola salida. Además, se requiere un grupo de redundancia para transmitir a varios transpondedores, y por lo tanto a varios convertidores de frecuencia.

El combinador/divisor es similar en transmisión y en recepción, y permite tener varias velocidades diferentes de portadoras.

Los puntos de monitoreo de las portadoras IDR se toman desde la línea mediante acopladores, porque la experiencia en IBS enseña que no se puede confiar en los niveles de potencia de los modems de reserva debido a las diferentes longitudes de los cables.

En caso de utilizar IF de 70 y 140 MHz se puede incorporar un equipo convertidor entre estas frecuencias.

4.4.4.5 Equipo de circuitos de órdenes

Para las comunicaciones entre estaciones terrenas se utilizan los bits de la unidad de encabezamiento, que proporciona dos canales de 32 kbps. Cada canal está provisto de un códec, acorde con las Recs. G.711 y G.721 del CCITT, del que se deriva un canal de audio y hasta 5 circuitos telegráficos. A la entrada de cada códec llega un canal telefónico analógico compuesto de 4 kHz. La salida de cada códec hace interfaz con los bits de la unidad de encabezamiento.

Los siguientes requisitos señalados para la red FDM/FM deben aplicarse a la entrada del códec:

- 5 canales de telegrafía a -24 dBm0.
- Tanto los canales vocales como los telegráficos cursarán información de señalización.
- En telefonía se utiliza la señalización selectiva: para la toma y liberación de circuitos se utiliza un tono de 2280 Hz, con una duración de 150 a 200 ms y 700 ms como mínimo, respectivamente. Para llamar a la estación deseada se usan impulsos codificados de la misma frecuencia. A cada estación se le ha asignado un código de tres dígitos.
- En telegrafía para llamar a la estación deseada se usa un código de cuatro caracteres alfa.

4.4.4.6 Control del eco

En comunicaciones vía satélite, debido a la gran distancia entre el satélite geostacionario y las estaciones terrenas, se produce un retardo de tiempo, que es alrededor de 0.5 segundos para una conversación en los dos sentidos. Este retardo contribuye con tres características de las transmisiones vía satélite que pueden causar problemas. Estas características son el tiempo de retardo absoluto en sí mismo, el eco retardado y los problemas con los circuitos de supresión.

El eco ocurre en un circuito telefónico en cualquier punto donde un desacoplamiento de impedancia causa una reflexión de energía.

El punto donde ocurren la mayoría de los ecos es en los transformadores híbridos. Estos se utilizan para acoplar los circuitos de dos a cuatro hilos.

CUADRO 4.3 : ESPECIFICACIONES ELECTRICAS DE LOS CONVERTIDORES		
	Convertidor ascendente	Convertidor descendente
Características de RF	Salida	Entrada
Frecuencia	5850 a 6425 MHz	3625 a 4200 MHz
Nivel de salida	-10 hasta +30 dBm	-75 a -30 dBm
Impedancia	50 ohmios, desbalan.	50 ohmios, desbalan.
Pérdida de retorno	23 dB	23 dB
Características de IF	Entrada	Salida
Frecuencia	70 MHz \pm 18 MHz 140 MHz \pm 36 MHz	70 MHz \pm 18 MHz 140 MHz \pm 36 MHz
Nivel	-20 a 0 dBm	-45 a 0 dBm
Impedancia	75 ohmios, desbal.	75 ohmios, desbal.
Pérdida de retorno	23 dB	23 dB
Desempeño RF/IF	Entrada a Salida	Entrada a Salida
Ganancia de conversión	-10 a + 10 dB	+ 40 dB
Amplitud: rizado	0.2 dB máximo	0.2 dB máximo
pendiente	0.05 dB/MHz	0.05 dB/MHz
Estabilidad de ganancia	\pm 0.25 dB/día	\pm 0.25 dB/día
Retardo de grupo: lineal	0.03 ns/MHz	0.03 ns/MHz
parabólico	0.003 ns/MHz ²	0.003 ns/MHz ²
rizado	\pm 0.5 ns pico	\pm 0.5 ns pico
Figura de ruido	----	14 dB
Oscilador Local de RF		
Estabilidad de frecuencia con tiempo	1x10 ⁻⁹ / día	
con temperatura	\pm 5x10 ⁻⁸ / día (0 a 50°C)	
Pureza espectral	\leq -80 dBc	
Requisitos generales		
Voltaje	120 VAC \pm 10%, 60 Hz	
Temperatura	0 a 50°C	
Humedad	0 a 95%	
Altitud	3.000 m sobre el nivel del mar	

En enlaces largos, para controlar el eco se utiliza comúnmente los supresores de eco para mantener una alta calidad de transmisión. Un supresor de eco trabaja con el principio de interrumpir en el lado de transmisión del sistema de cuatro hilos cuando las señales están presentes en el lado de recepción, previniendo así que la señal de recepción retorne.

Básicamente un supresor de eco es un par de conmutadores activados por voz con una función de inhibición para prevenir que los conmutadores se abran si ambas partes están hablando al mismo tiempo. Esta operación tiene dos desventajas principales:

1. La acción de conmutación causa un recorte de voz, ya que las decisiones de conmutación requieren una cantidad finita de tiempo y no pueden ser realizadas con precisión absoluta.
2. El sistema no trabaja en períodos en que las dos partes hablan. En realidad, es necesario deshabilitar al supresor de eco para esta condición, retornando así el eco.

4.4.4.6.1 Canceladores de eco

Para eliminar estas y otras desventajas, se desarrolló el cancelador de eco. Este cancelador elimina el eco con otro eco.

Tan pronto como se completa la conexión telefónica, el cancelador de eco procede a tomar las características de la red entera (se determina y memoriza los parámetros de amplitud, fase y retardo). Cuando el usuario habla, la voz se digitaliza y se guarda como una réplica de voz. El cancelador de eco mantiene la réplica en su memoria por el tiempo de retardo del circuito entero y luego es leída y convertida en una réplica analógica del original. La señal es luego invertida, ajustada para que coincida con la respuesta de fase y frecuencia de la red y, cuando el eco regresa, es combinada con el eco. El eco y su réplica invertida se cancelan uno a otro.

Esta técnica puede remover el eco de circuitos transcontinentales y transoceánicos con uno o múltiples saltos.

Los canceladores de eco pueden ser aplicados a un único circuito o a un tren digital T1 o CEPT (1544 o 2048 kbps).

En la selección de los canceladores de eco deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- Aplicación de los canceladores: para un solo canal telefónico analógico o digital, o para el tren primario de la jerarquía digital (24 o 30 canales). La interfaz digital debe cumplir la Rec. G.703 del CCITT en lo que se refiere a codificación y velocidad.
- Utilización de la tecnología actual que permita obtener mayor confiabilidad y un mayor tiempo entre fallas (MTBF).
- Selección de varios niveles de trabajo de acuerdo a las diferentes especificaciones de las Empresas de Telecomunicaciones en el mundo.
- Bajo consumo de energía, con un menor costo operacional.

4.5 Consideraciones de operación y mantenimiento

Los sistemas de amplificadores (HPA), convertidores de frecuencia, equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME), modems IDR y radioenlaces digitales tienen normalmente su propio control local asociado, monitoreo y facilidades de alarma, que de todas maneras deben integrarse a la consola principal.

La tendencia con las nuevas estaciones terrenas es el uso de sistemas de control computarizados y sistemas de adquisición de datos (SCADA) que permiten la operación remota y tienen

facilidades futuras de expansión o reconfiguración de equipos.

El sistema de monitoreo y control debe presentar un resumen de todas las alarmas en los diferentes equipos y la identificación particular de cada una de ellas. También debe presentar un estado de la operación del sistema, es decir, la indicación de los equipos en línea, en reserva y los que se encuentran en reparación.

4.5.1 Operación de modems IDR

Sin tomar en consideración los modems digitales, la operación y mantenimiento del equipo que proporciona el servicio IDR es muy similar al existente de Un Canal Por Portadora (QPSK/SCPC) de 64 kbps. Sin embargo, debido a que los cambios al equipo redundante puede resultar en cortes de fracciones de segundo, que puede ocasionar la pérdida de la recuperación del reloj de la portadora del demodulador, es necesario minimizar el número de cambios para propósitos de mantenimiento.

Además como el margen entre la relación portadora a ruido (C/N) de operación normal y la de umbral es solamente 3 dB para portadoras IDR, dicha relación debe observarse diariamente con una técnica de medición en servicio.

Para realizar esta función se utiliza un computador central y una interfaz que puede ser RS-232, IEEE-488, etc. Este canal de comunicación se utiliza para enviar mensajes de control al modem y para obtener los reportes de estado y alarmas. El control permite la supervisión de un gran número de modems por medio de un solo computador, que adicionalmente ayuda en las estadísticas de BER y otros.

4.5.2 Control de p.i.r.e.

Por otro lado deben ajustarse periódicamente los niveles de p.i.r.e. de la portadora transmitida para asegurar el cumplimiento de la estabilidad. La frecuencia de la portadora, en la mayoría de los casos, necesita un control semanal o mensual.

Una facilidad que debe presentar el modulador es generar una portadora limpia que ayude en el ajuste de la p.i.r.e., con un medidor de potencia o un analizador de espectros.

Cuando se transmiten múltiples portadoras IDR a través de un mismo convertidor de subida, el método para monitorar la p.i.r.e. de las portadoras requiere especial consideración debido ancho de banda angosto ocupado por la portadora, por lo que se hace necesario un sistema especial de monitoreo que incluya filtros de banda angosta. En el caso de un pequeño número de portadoras a menudo es efectivo el uso de un analizador de espectros.

4.5.3 Conmutación de redundancia para modems IDR

La redundancia es necesaria para estos equipos que transportan tráfico internacional. Usualmente el modem se opera en una configuración de 1 a N, donde un equipo de redundancia sirve a varias unidades en línea (convencionalmente hasta 8) por medio de un sistema de conmutación. Las tareas de conmutación y control son:

- programar la frecuencia y el nivel de potencia de transmisión del modem de reserva al modem en línea con falla.
- permitir la salida de IF del equipo de reserva y deshabilitar la salida de IF del modem fallado.

- Enrutar la entrada de tráfico de banda base al modem de reserva.

La implementación de un sistema de redundancia de 1 a N representa una de las áreas de mayor cuidado en el modem IDR, y los factores que deben tomarse en cuenta son:

- alta confiabilidad (representa el único punto que puede fallar en el sistema redundante), y fácil integración con el equipo.
- independencia de cada grupo de redundancia y control en modos automático, local o remoto.

4.6 Equipo de prueba y pruebas de alineamiento de la Guía de Operaciones del Sistema Satelital (SSOG)

4.6.1 Introducción

Las pruebas SSOG comprenden los procedimientos de alineamiento entre estaciones terrenas necesarios para poner en servicio nuevos enlaces satelitales con portadoras IDR, o para reajustar los enlaces existentes cuando se cambia la carga de un transpondedor.

Estos procedimientos de prueba están diseñados para establecer el cumplimiento de los enlaces IDR con las características mandatorias que INTELSAT establece. Se especifican una mínima cantidad de pruebas para verificar tanto la calidad de servicio adquirida como la correcta utilización de los medios satelitales.

Con el objeto de permitir a INTELSAT evaluar el desempeño del servicio, las estaciones terrenas deben remitir un reporte de la P.I.R.E y del DESEMPEÑO DEL ENLACE, así como también un REPORTE DE FALLAS MAYORES que indiquen las fallas de equipos

de estación terrena que ha ocasionado pérdida de tráfico.

4.6.2 Programa de pruebas

El cuadro 4.4 identifica las pruebas de alineamiento que se requieren y las correspondientes referencias.

Se describen tres tipos de pruebas de alineamiento:

Alineamiento completo (FLU) Es el alineamiento inicial de una nueva portadora de destino único o múltiple entre la estación transmisora y una estación terrena receptora.

Alineamiento de una portadora existente (ELU) Es el alineamiento inicial de una nueva estación receptora en una portadora en transmisión y en servicio con otras estaciones terrenas.

Alineamiento abreviado (ALU) Se requiere este alineamiento cuando una portadora se activa temporalmente, es decir, durante reconfiguraciones, transiciones o situaciones emergentes. Los procedimientos para este alineamiento son los requisitos mínimos para producir un servicio satisfactorio en forma temporal.

4.6.3 Equipo de prueba

4.6.3.1 Ajustes y compatibilidad

Antes del comienzo de las pruebas de alineamiento, los operadores de la estación terrena deben asegurarse que el equipo de prueba que se describe en el siguiente numeral se encuentren en concordancia con las recomendaciones de INTELSAT

FLU = Alineamiento completo
 ELU = Alineamiento de una portadora existente
 ALU = Alineamiento abreviado
 Tx = Estación terrena transmisora
 Rx = Estación terrena receptora
 CSM = Monitor del Sistema de Comunicaciones (INTELSAT)

Sección Prueba	FLU	ELU	ALU	Participante
8.1 Desempeño del demodulador (lazo IF)	X	X		Tx, Rx
8.2 Desempeño del demodulador (Canal Adyc.) ¹	X			Tx, Rx
8.3 Desempeño del demodulador (lazo RF)	X			Tx, Rx
8.4 Dispersión de energía (aleatorizador)	X			Tx
8.5 P.i.r.e. y frecuencia de transmisión	X			Tx, Rx, CSM
8.6 Respuesta de amplitud IF a IF ²	X			Tx, Rx
8.7 Respuesta de retardo de grupo IF a IF ²	X			Tx, Rx
8.8 Espectro de salida del Amplificador	X			Tx
8.9 (Co+No)/No vs. BER de recepción	X			Tx, Rx
8.10 Alarmas de la unidad de canal	X			Tx, Rx
8.11 P.i.r.e. y frecuencia de transmisión	X	X	X	Tx, Rx, CSM
8.12 BER de recepción	X	X	X	Tx, Rx

1) Prueba opcional

2) Para portadoras que ocupan un ancho de banda mayor o igual que 2.5 MHz (es decir, superior a una velocidad de información de 2048 kbps).

y la UIT, calibrados apropiadamente y trabajando normalmente.

Para determinadas pruebas de estación terrena a estación terrena (como pruebas de BER), es esencial que el equipo de prueba de transmisión y recepción sea compatible, con el objeto de asegurar resultados significativos.

Se recomienda, incluso, que las estaciones terrenas se equipen con equipos de prueba automáticos que faciliten las pruebas.

4.6.3.2 Descripción del equipo de prueba

Los requisitos básicos del equipo de prueba se indican a continuación. Varios de estos requisitos pueden estar contenidos en un solo equipo de prueba. El cuadro 4.5 indica

la relación entre el equipo de prueba y la correspondiente prueba SSOG.

1. Equipo de prueba de BER

- a) Interfaz apropiado a la velocidad de información binaria, de acuerdo a la recomendación G-703 del CCITT.
- b) Patrón pseudo aleatorio digital (PRBS) de longitud 2047 (es decir, $2^{11}-1$) bits. Se sugiere adicionalmente patrones más largos.
- c) Velocidad de reloj apropiada a la velocidad de información binaria.

2. Generador de ruido de IF

Debe ser capaz de generar ruido desde 10 MHz hasta 200 MHz con una exactitud de ± 0.5 dB, con el suficiente nivel de potencia para emular la E_b/N_0 requerida en la unidad de canal conectada en configuración de lazo de IF.

3. Atenuador por pasos de IF

Se recomiendan pasos de 0.1, 1.0 y 10 dB

4. Combinador de potencia de IF

Para frecuencias intermedia de 70 o 140 MHz.

5. Analizador de espectros de IF

Que trabaje desde 10 MHz hasta 200 MHz (IF de 70 o 140 MHz) La sensibilidad depende de los puntos de prueba y de la configuración de la estación terrena.

6. Analizador de espectros de RF

Para la banda C o Ku de frecuencias. Asimismo el rango de potencia depende de la configuración de la estación terrena.

7. Equipo de Medida de Transmisión de IF

Este equipo consiste de dos partes:

- una unidad de transmisión y una de recepción, que deben incluir arreglos para pruebas de bandabase a bandabase para mediciones de retardo de grupo o distorsión no lineal. Este instrumento es el básico para pruebas de alineamiento del enlace satelital y para mantenimiento del equipo de transmisión y recepción de una estación terrena de INTELSAT.
- El equipo de medida también debe medir la respuesta de amplitud, el retardo de grupo y la distorsión no lineal en IF por medio de un barrido. Las medidas de IF con barrido deben cubrir los rangos de 70 ± 20 MHz y 140 ± 40 MHz.
- La unidad de transmisión consiste de un generador y una unidad de transmisión de banda base que proporcionan al menos una señal de barrido y tres señales de modulación de banda base. La señal de barrido es 18 Hz (onda sinusoidal) y las frecuencias de modulación de banda base son 55.556, 92.593 y

277.778 kHz.

- Las salidas de IF de la unidad de transmisión son 70 MHz \pm 20 MHz y 140 MHz \pm 40 MHz que pueden ser internamente moduladas en frecuencia con las señales de banda base arriba mencionadas.
- La unidad de recepción consiste de un demodulador en IF y una unidad de recepción en banda base. La porción de IF, además de sus funciones básicas de demodulación, proporciona marcas de frecuencia en IF.
- Las secciones de banda base de la unidad de transmisión y de la de recepción deben realizar las mediciones de las distorsiones de retardo de grupo y no linealidad de banda base a banda base.

8. Contador de frecuencias

RF: Banda C o Ku

IF: 10 a 200 MHz

Los niveles de entrada deben ser compatibles con aquellos de la estación terrena.

9. Sistema de medición de la potencia de transmisión

RF: Banda C o Ku

IF: 70 o 140 MHz

El rango de potencia depende de la configuración de la estación terrena, pero debe ser capaz de medir desde -50 dBm hasta +20 dBm.

10. Cámara fotográfica o registrador X-Y

Para el registro de las medidas. Es preferible el registrador por la facilidad de la reproducción.

11. Traslador de lazo de prueba

Para la banda C o Ku. Los niveles de operación así como también la impedancia de acoplamiento deben estar en concordancia con los de los convertidores de subida y bajada. El ruido de fase no debe exceder al estipulado en las especificaciones de IDR.

4.6.4 Preparación para acceder al segmento espacial

Antes de empezar con las pruebas de alineamiento SSOG, cada estación terrena participante debe asegurarse que:

- a) Se hayan completado a satisfacción las pruebas de verificación de las características de desempeño mandatorias de la estación terrena, y que INTELSAT haya aprobado su funcionamiento dentro del sistema.
- b) Se hayan llevado a cabo las pruebas y ajustes internos del equipo de estación terrena que va a utilizarse en el enlace satelital. En particular es esencial que las pruebas se hayan hecho con los mismos parámetros de las portadoras que se van a transmitir y recibir.
- c) Se obtenga el permiso del Centro Técnico de Operaciones de INTELSAT para llevar a cabo las pruebas.

Se debe tener mucho cuidado durante el desarrollo de las pruebas para evitar interferencias a los servicios existentes.

En particular, se debe revisar la polarización de la portadora transmitida, no exceder la p.i.r.e. de transmisión, verificar cuidadosamente las frecuencias de las portadoras, y no remover

la energía de dispersión (aleatorización) sin el permiso del Centro de Operaciones de INTELSAT (IOC). Se debe evitar la sobredesviación de las portadoras, al utilizar señales de prueba que no están claramente especificadas.

En todas las pruebas, a menos que se indique, se sobreentiende que las estaciones terrenas transmitirán a la p.i.r.e. nominal con la portadora modulada por la función de la energía de dispersión.

4.6.5 Procedimientos de prueba

4.6.5.1 Desempeño del demodulador (lazo de IF)

1. El propósito de esta prueba es asegurar que el demodulador cumpla o exceda el desempeño de la tasa de bits erróneos de acuerdo a las características mandatorias de INTELSAT sobre las portadoras IDR.

2. El objetivo de desempeño, cuando el modem es operado en el modo de lazo IF, con el aleatorizador y la corrección de errores habilitados, es cumplir o superar la especificación del cuadro 4.6.

3. Procedimientos de prueba

3.1 En esta prueba no se irradia ninguna portadora hacia el satélite. Se coloca los equipos como indica la Figura 4.5, en el punto A.

3.2 Se desconecta la salida del generador de ruido.

3.3 Se ajusta el nivel nominal de IF a la entrada del demodulador. Este nivel determina el fabricante del equipo.

3.4 Se conecta el generador de patrón de BER a la unidad de canal. Este mismo patrón se utilizará en la prueba 4.6.5.9.

Cuadro 4.6: Desempeño de la prueba en lazo de IF

Desempeño de BER	Velocidad compuesta Eb/No (dB)	Velocidad Transmisión Eb/No (dB)	(Co + No) / No (dB)
1×10^{-3}	5.3	4.1	7.8
1×10^{-7}	8.3	7.1	10.5
1×10^{-8}	8.8	7.6	10.9

3.5 Verifique que el medidor de BER esté trabajando y no se observen errores, a no ser que se hayan inyectado errores.

3.6 Conecte la fuente de ruido e incremente el nivel de ruido hasta que la unidad de canal pierda sincronización. Mida la $(Co+No)/No$ utilizando el método del medidor de potencia y un filtro de IF o el del analizador de espectros.

3.7 Incremente gradualmente la relación portadora/ruido (C/N) disminuyendo el nivel de ruido hasta que la unidad de canal recupere la sincronización. Mida la $(Co+No)/No$.

3.8 Aumente la C/N disminuyendo en 0.5 dB el nivel de ruido. Mida la $(Co+No)/No$.

3.9 Mida el BER para el valor de $(Co+No)/No$. Esta medida es válida cuando se registran al menos 1000 errores, o al menos se haya realizado durante una hora.

3.10 Incremente la C/N disminuyendo el nivel de ruido en 1 dB. Mida la $(Co+No)/No$.

Repita los pasos 9 y 10 hasta obtener un BER para una $(Co+No)/No$ de más de 12 dB.

3.11 Asegúrese que al menos se hayan hecho 3 mediciones

diferentes de cero en el BER.

3.12 Dibuje el BER medido como función de $(Co+No)/No$ o Eb/No . Revise el desempeño de BER en los valores de 7.8, 10.5, y 10.9 dB de $(Co+No)/No$, para cumplir con las especificaciones.

Determine y registre los valores de $(Co+No)/No$ correspondientes a valores de 1×10^{-3} , 1×10^{-7} , y 1×10^{-8} mediante interpolación.

3.13 Se puede realizar una prueba de período largo (al menos 12 horas) de BER en ausencia de ruido para comprobar que la unidad de canal de IDR no introduce errores.

3.14 Se envían los resultados a INTELSAT.

4.6.5.2 Desempeño del demodulador (Prueba de canales interferentes adyacentes).

1. El propósito de la prueba es verificar que se cumplen las especificaciones de IDR en la presencia de 2 canales interferentes adyacentes que trabajan a la misma velocidad de datos que la que se encuentra a prueba.

2. El objetivo es cumplir con las especificaciones del Cuadro 4.6 en la presencia de dos canales interferentes a un nivel mayor de + 7 dB que la portadora deseada.

3. Procedimientos de prueba

3.1 Se conecta el equipo como en la Figura 4.5. La frecuencia central de uno de los canales adyacentes interferentes se coloca a X MHz más alto que la frecuencia central de la portadora deseada, y la otra frecuencia interferente a X MHz más baja, donde X es igual al ancho de

banda adjudicado a la portadora deseada (ver características de transmisión de IDR, Capítulo II).

El nivel de potencia de las portadoras interferentes es + 7 dB más alto que la portadora deseada. Los aleatorizadores de estas portadoras deben estar trabajando. No se requiere entrada de datos de banda base.

3.2 Repita los pasos 3.2 hasta 3.12 del numeral 4.6.5.1.

3.3 Reporte los resultados a INTELSAT.

4.6.5.3 Desempeño del demodulador (lazo de RF)

1. El propósito de esta prueba es asegurar que la unidad de canal IDR cumpla los requisitos de desempeño en la presencia de ruido de fase generado por los equipos de la estación terrena y en la presencia de algunas imperfecciones significativas de respuesta de amplitud y retardo de grupo.

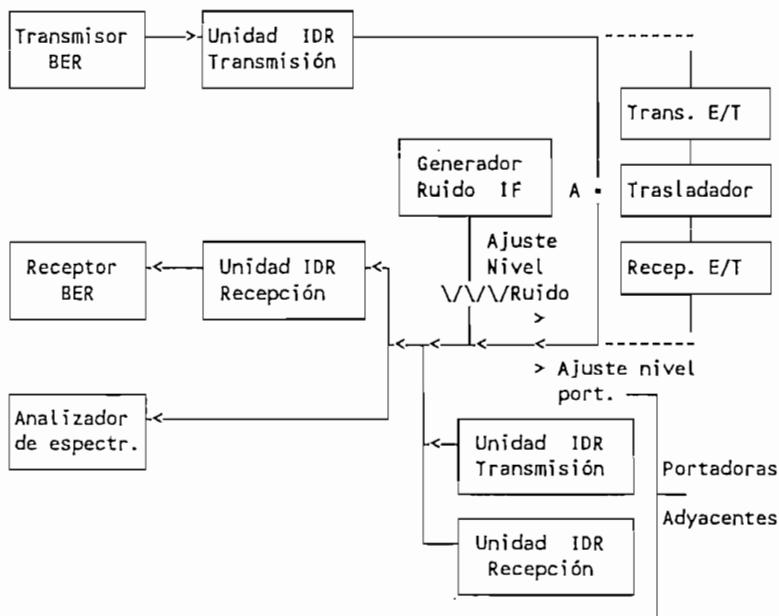


Figura 4.5: Arreglo de equipo de prueba para la prueba de desempeño de demodulador

2. El objetivo de desempeño, cuando la señal IDR se transmite a través de un lazo RF realizado en la estación terrena, con el aleatorizador y la corrección de errores habilitados, es cumplir o superar la especificación del Cuadro 4.7.

Cuadro 4.7: Desempeño de la prueba en lazo de RF y del enlace

Desempeño de BER	Velocidad compuesta Eb/No (dB)	Velocidad Transmisión Eb/No (dB)	(Co + No) / No. (dB)
1×10^{-3}	5.7	4.5	8.2
1×10^{-7}	8.7	7.5	10.8
1×10^{-8}	9.2	8.0	11.3

Nota: Se ha considerado una degradación de 0.4 dB para el lazo de RF debido al ruido de fase y a la respuesta imperfecta de amplitud y retardo de grupo.

3. Procedimientos de prueba

Las estaciones terrenas de transmisión y recepción llevan a cabo separadamente esta prueba. No es necesario radiación hacia el satélite.

3.1 Desconecte el lazo de IF (punto A en Figura) entre la salida de la unidad de canal IDR y el atenuador. Conecte esta salida al convertidor ascendente y al amplificador de alta potencia, cuya salida debe ir hacia una carga y no hacia el satélite. Esta salida debe ir al receptor de bajo ruido por medio del trasladador de 6 a 4 GHz. La salida del receptor se alimenta al convertidor descendente, cuya salida a su vez es controlada por el atenuador y de este a la unidad de canal de IDR.

3.2 Se repiten los pasos 3.2 hasta 3.11 del literal 4.6.5.1.

3.3 Dibuje el BER medido como función de (Co+No)/No. Revise el desempeño de BER a los valores de 8.2, 10.8, y 11.3 dB de (Co+No)/No, para el cumplimiento de la especificación.

Determine los valores de $(Co+No)/No$ que corresponden a los valores de BER de 1×10^{-3} , 1×10^{-7} , y 1×10^{-8} .

3.4 Se reportan los resultados a INTELSAT.

4.6.5.4 Energía de dispersión (aleatorización) de la estación terrena

1. El propósito de esta prueba es asegurarse que la energía de dispersión está funcionando apropiadamente. Esto es necesario para eliminar la posibilidad de portadoras no moduladas que causen interferencias dañinas a otras portadoras.

2. Los objetivos de desempeño es mantener estable la salida del modulador cuando se interrumpen ya sea la entrada de datos o la del reloj.

3. Procedimiento de prueba

En esta prueba no participa la estación receptora y no se necesita radiación de la portadora por parte de la estación transmisora.

3.1 Se conecta el equipo de generación de BER a la unidad de canal IDR en transmisión. Luego se conecta la salida del modulador al analizador de espectros. Se asegura que el aleatorizador esté habilitado.

3.2 Se genera el patrón de bits (por ej.: $2^{11}-1$) y se observa el espectro a la salida del modulador.

3.3 Ahora se desconecta el patrón y se observa el espectro a la salida del modulador. El espectro observado será esencialmente el mismo que el observado en el paso 3.2.

3.4 Se envían los reportes a INTELSAT.

4.6.5.5 P.i.r.e. y frecuencia de transmisión

1. El propósito de esta prueba es colocar la portadora de transmisión en los niveles correctos de p.i.r.e. y frecuencia.

2. Los objetivos de desempeño son mantener la frecuencia central de la portadora dentro del menor valor de $\pm 0.025 R$ (donde R es la velocidad de transmisión en bps), y ± 3.5 kHz; y la p.i.r.e. de cielo claro en la dirección del satélite dentro de ± 0.5 dB (para estaciones A, B, C y F-3) y dentro de ± 0.5 dB (para estaciones E-3, E-2 y F-2) del valor nominal establecido en el paso 7 de esta prueba.

3. Procedimientos de prueba

En esta prueba participan las estaciones terrenas transmisora y receptora y el Sistema de Monitoreo de Comunicaciones de INTELSAT (CSM) que también monitorea el nivel de potencia del enlace descendente y la frecuencia. Como precaución, todas las activaciones de portadoras y los ajustes deben realizarse bajo la dirección del IOC, así como también el uso de la polarización correcta.

3.1 Se verifican los circuitos de coordinación con el IOC.

3.2 Se verifica y se registra la frecuencia de la portadora con un contador de frecuencias. Se reporta verbalmente al IOC de este valor.

3.3 Tanto las estaciones transmisora y receptora como la estación monitora (CSM) deben comprobar con un analizador de espectros que el satélite no tiene actividad en el ancho de banda que la estación terrena planea iluminar.

3.4 Bajo la dirección del IOC, la estación transmisora ilumina el satélite con una portadora modulada (habilitado el

aleatorizador) con un nivel de p.i.r.e. reducido.

3.5 La estación monitora: a) mide la p.i.r.e. de satélite y b) mide la frecuencia de la portadora bajo prueba.

3.6 Durante el paso anterior, la estación transmisora calibrará su sistema de medición de p.i.r.e. y la estación receptora medirá la relación $(C_o+N_o)/N_o$, también determinará si la portadora se encuentra en el nivel correcto para la unidad de canal receptora y si el nivel total de potencia y ruido no excede al indicado por el fabricante.

3.7 Una vez que se ha establecido el apropiado nivel de p.i.r.e. del enlace descendente en el paso anterior, la estación transmisora mide la potencia en el punto de monitoreo y calcula la p.i.r.e. de estación. Reporta verbalmente este valor al IOC y registra los dos valores medidos. La p.i.r.e. de enlace ascendente determinada en esta prueba es el nivel asignado al enlace. No debe realizarse ningún ajuste futuro al valor asignado sin coordinación con el IOC/TOCC.

3.8 La estación bajo prueba continúa radiando la portadora de prueba por 24 horas para permitir a la estación monitora controlar la estabilidad de p.i.r.e. y frecuencia.

3.9 Si es posible en la estación monitora se debe registrar cada hora (24 mediciones) la p.i.r.e. y la frecuencia del enlace descendente, Además, la estación receptora medirá la relación $(C_o+N_o)/N_o$.

3.10 Se reporta verbalmente al IOC del valor de p.i.r.e. y se avisa cuando termina esta prueba. Se envían los resultados.

4.6.5.6 Respuesta de amplitud IF a IF (para portadoras con un ancho de banda ocupado mayor que 2.5 MHz)

En esta prueba debe tomarse extrema precaución con los

niveles de potencia radiados, la frecuencia central y el ancho del barrido.

1. El propósito de la prueba es medir la respuesta de amplitud del enlace de IF desde la entrada de IF de la estación transmisora hasta la salida de IF de la estación receptora.

2. El objetivo de desempeño se da en las características de desempeño de portadoras IDR en el Cap. II.

3. Procedimientos de prueba

3.1 En la estación transmisora se ajusta localmente la frecuencia y el barrido del transmisor y del receptor del equipo de prueba, y se irradia la portadora al nivel de p.i.r.e. nominal.

3.2 En la estación receptora se mide la respuesta de amplitud y se reporta a INTELSAT.

4.6.5.7 Respuesta de retardo de grupo IF a IF (para portadoras con un ancho de banda ocupado mayor que 2.5 MHz)

El procedimiento de prueba ayuda en la medida de respuesta de retardo de grupo para portadoras con C/N menores que 10 dB. Antes de la prueba las estaciones terrenas transmisora y receptora deben ecualizar el retardo de grupo del equipo y compensar el retardo de grupo de satélite (proporcionado por INTELSAT).

1. El propósito de la prueba es medir la respuesta de retardo de grupo del enlace de IF desde la entrada de IF de la estación transmisora hasta la salida de IF de la estación receptora.

2. El objetivo de desempeño es cumplir con la especificación indicada en el Cap. II.

3. Procedimientos de prueba

3.1 La estación transmisora calibra el equipo de prueba en cuanto a frecuencia de salida, frecuencia de modulación y barrido. Se irradia la portadora a la p.i.r.e. nominal. La estación receptora mide la relación C/N y reporta al IOC.

3.2 La estación receptora mide la respuesta de retardo de grupo. Se avisan de los resultados al TOCC y a la estación transmisora.

4.6.5.8 Espectro de salida del HPA (a la p.i.r.e. nominal): Estación transmisora

1. El propósito de esta prueba es cuantificar el espectro de salida a la salida del amplificador de potencia (HPA) después de todos los filtros, y asegurar que cumpla los objetivos de desempeño definidos más adelante.

2. El objetivo de desempeño es el que indica la máscara de la Fig. 4.6. Donde R es la velocidad de transmisión en bps.

3. Procedimientos de prueba

3.1 Se verifica los circuitos de coordinación con el IOC.

3.2 En la estación transmisora, con el nivel de la portadora en el nivel nominal y habilitado el aleatorizador, se conecta un punto de prueba de la salida del amplificador de potencia a la entrada del analizador de espectros de RF.

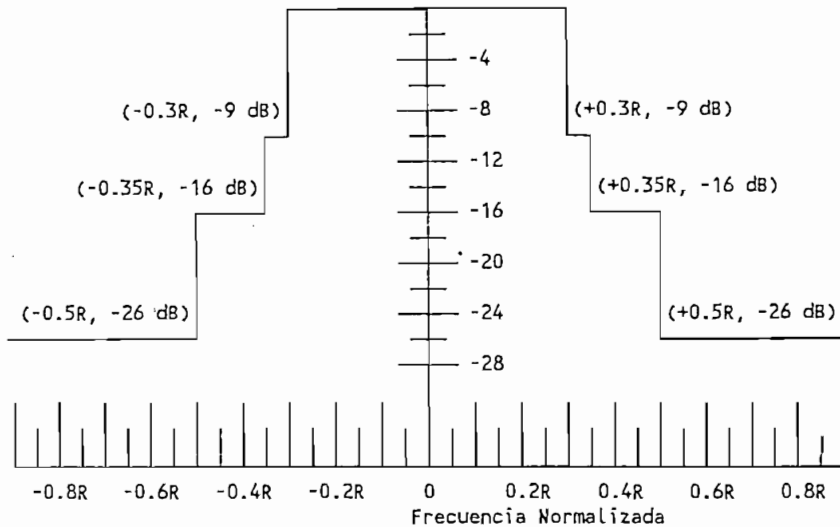


Fig 4.6: Espectro de salida del HPA de la Estación Transmisora

R: La velocidad de transmisión R se define como la tasa de bits que entra al modulador después de la aplicación de la Corrección de Errores (FEC) e incluyendo los bits de encabezamiento.

Nota: 0 dB corresponde a una densidad de potencia menor en $10 \log (R/2)$ dB que la potencia de una portadora no modulada.

3.3 Se ajusta el analizador para un muestreo de aproximadamente 3 veces el ancho de banda asignado. Se utiliza un filtro de resolución cuyo ancho de banda sea menor en 20% que el ancho de banda de la señal. El ancho de banda de video debe ser el menor posible para observar un espectro más claro. El instrumento debe ser calibrado para mostrar 10 dB por división.

3.4 Compare el espectro con la máscara de la figura . Mida y registre los niveles en los puntos de $\pm 0.35 R$.

3.5 En un punto de prueba del amplificador de potencia, mida, registre y reporte el nivel máximo, relativo al nivel de la portadora bajo prueba, de cualquier señal o ruido presentes. La medición se realiza entre $\pm 0.5 R$ y ± 50 MHz de la frecuencia central. Estas componentes pueden ser:

- Productos de intermodulación de todas las portadoras que

están siendo radiadas y que caen dentro del ancho de banda especificado.

- Señales espúreas.
- Ruido de banda ancha del amplificador de potencia.

3.6 Coloque el analizador de espectros para observar la salida del amplificador de potencia sobre un ancho de banda de 100 MHz. Ponga el ancho de banda de resolución en 100 kHz, y el ancho de banda de video en 1 kHz o menos. Registre en una cámara o un impresor.

3.7 Avise al IOC del término de la prueba y envíe los resultados.

4.6.5.9 Desempeño del enlace: Relación $(Co+No)/No$ de recepción vs. BER

1. El propósito de la prueba es:

- (a) Demostrar el nominal desempeño de BER de cielo claro del enlace.
- (b) Medir el desempeño de BER con p.i.r.e. reducida.
- (c) Correlacionar las lecturas de desempeño incorporadas en el modem con las observadas.

2. Los objetivos de desempeño son: establecer la mínima p.i.r.e. para cumplir con el enlace y con la tasa de error de bitios (BER) que se especifica en el Cuadro 4.7.

3. Procedimientos de prueba

En esta prueba participan las estaciones terrenas transmisora y receptora. Las pruebas deben realizarse con una tasa de FEC de 3/4. El aleatorizador debe estar activo. En

esta prueba deben utilizarse los mismos métodos y equipo que en la prueba 4.6.5.1.

3.1 Se comprueban los circuitos de coordinación con el IOC.

3.2 Se transmite un patrón pseudo aleatorio de $2^{11}-1$. Debe asegurarse que los equipos estén trabajando en forma correcta juntos enviando errores deliberadamente.

3.3 Se disminuye la p.i.r.e. de la portadora bajo prueba en la estación terrena transmisora hasta que la receptora reporte una pérdida intermitente de sincronización, es decir, el demodulador se encuentra operando apenas bajo el nivel de umbral.

3.4 En la estación receptora, se mide y registra la correspondiente $(Co+No)/No$, utilizando el método del filtro y el medidor de potencia o el método del analizador de espectros.

3.5 La estación transmisora incrementa su p.i.r.e., bajo la dirección del IOC, de la portadora bajo prueba hasta que la estación receptora reporta que el demodulador ha obtenido la sincronización. El incremento entre el paso 3.3 y este no es más de 0.5 dB.

3.6 En la estación receptora, se mide y registra la relación $(Co+No)/No$.

3.7 La estación transmisora, bajo la dirección del IOC, incrementa la p.i.r.e. en 0.5 dB.

3.8 En la estación receptora se mide el nivel de $(Co+No)/No$, la BER, y las lecturas incorporadas del equipo. El tiempo de medición debe ser suficientemente largo hasta acumular al menos 1000 errores, o por lo menor una hora, lo primero que ocurra.

3.9 Se incrementa la relación C/N aumentando la p.i.r.e. en pasos de 1 dB y se mide la relación $(Co+No)/No$ y la BER hasta llegar al valor nominal de p.i.r.e. establecido en la prueba 4.6.5.5. Se asegura que se realicen mediciones de BER de al menos 3 errores. Si es necesario se incrementa la p.i.r.e. en pasos de 0.5 dB.

3.10 Se mide la BER en un período de 24 horas, registrando los errores en intervalos de 1 hora. Se avisa al IOC el comienzo de la prueba y si se hace conjuntamente con la prueba de estabilidad de p.i.r.e.

3.11 Se dibuja la BER medida como función de la relación $(Co+No)/No$. Se comprueba el desempeño de BER en los valores de 8.2, 10.8 y 11.3 de $(Co+No)/No$ para cumplir con las especificaciones. A su vez se determina y registra los valores de $(Co+No)/No$ correspondientes a una BER de 1×10^{-3} , 1×10^{-7} y 1×10^{-8} .

3.12 Se avisa al IOC de la finalización de la prueba y se reportan los resultados.

4.6.5.10 Alarmas de la unidad de canal

Esta prueba se aplica a las portadoras que tienen unidad de encabezamiento, tal como se define en el Cap. II.

1. El propósito de la prueba es asegurar que las alarmas de la unidad de canal operan apropiadamente.

2. Los objetivos de desempeño es que estas alarmas funcionen como sigue:

- En caso de una pérdida de señal terrestre en la estación transmisora, se transmite una Señal de Indicación de Alarma (AIS) en lugar del tren de información. La estación receptora no debe enviar de regreso ninguna alarma.

- En caso de pérdida de señal entrante o alineación de trama de encabezamiento desde el satélite, en la estación receptora, resulte en la transmisión de la AIS al enlace terrestre y el envío de una alarma de regreso a la estación distante.

3. Procedimientos de prueba

Se utiliza la misma configuración que la prueba anterior.

3.1 En la estación transmisora se sigue enviando el patrón pseudoaleatorio.

3.2 En la estación receptora, el receptor de BER detecta la AIS apropiada a la velocidad de información.

3.3 Pérdida de señal terrestre entrante: se remueve el generador de equipo BER de la entrada de la unidad de canal para simular pérdida de señal terrestre entrante.

3.4 En la estación receptora se verifica que se recibe la AIS.

3.5 Pérdida de señal satelital entrante: en la estación transmisora se restablece la conexión del equipo BER a la entrada de la unidad de canal.

3.6 En la estación receptora, se desconecta la entrada de IF al demodulador de la unidad de canal de recepción para simular una pérdida de señal satelital entrante.

3.7 Verifique en la estación transmisora (distante) que se recibe la alarma de regreso convenida. (Este paso es válido solamente para enlaces bidireccionales).

3.8 Reporte los resultados al IOC y la estación distante.

4.6.5.11 Frecuencia y p.i.r.e. de transmisión (ELU/ALU):

1. El propósito de la prueba es poner la frecuencia y el nivel de potencia de transmisión de portadoras temporales, y verificar el nivel correcto de recepción para estaciones terrenas adicionales.

2. Los objetivos de desempeño son:

- Mantener la frecuencia central de la portadora en el menor valor de $\pm 0.025 R$ (donde R es la velocidad de transmisión), y ± 3.5 kHz.
- Mantener la p.i.r.e. en dirección del satélite dentro de ± 0.5 dB (para estaciones tipo A, B, C y F-3) y dentro de ± 1.5 dB (para estaciones E-3, E-2 y F-2) del valor nominal establecido en la prueba correspondiente.

3. Procedimientos de prueba:

En esta prueba participan las estaciones terrenas transmisora y receptora y el Sistema de Monitoreo de Comunicaciones de INTELSAT (CSM).

3.1 Se prueban los circuitos de coordinación con el IOC.

3.2 Se mide la frecuencia de la portadora en transmisión.

3.3 Bajo la dirección del IOC, se irradia una portadora modulada con el aleatorizador a la frecuencia asignada y se incrementa la frecuencia mientras el CSM mide la potencia y se establece la p.i.r.e. del enlace descendente. La estación receptora puede medir la relación $(Co+No)/No$.

3.4 En la estación de transmisión se mide la p.i.r.e., se registra el valor y se reporta a INTELSAT. Este valor determinado es el nivel asignado al enlace y no debe sufrir reajustes. El CSM reporta del nivel de potencia medido al IOC y a la estación transmisora.

3.5 Se reportan los resultados a INTELSAT y a las estaciones terrenas participantes.

4.6.5.12 BER de Recepción (ELU/ALU)

1. El propósito de la prueba es medir el desempeño de Ber de recepción, bajo condiciones normales de transmisión, para portadoras temporales y para portadoras existentes que tienen estaciones receptora adicionales.

2. Los objetivos de desempeño son que BER debe ser mejor que 1×10^{-7} .

3. Procedimientos de prueba:

Participan las estaciones transmisora y receptora. La estación transmisora debe irradiar su portadora bajo condiciones normales de transmisión.

3.1 La estación receptora mide la relación $(Co+No)/No$ y reporta el resultado al IOC.

3.2 Las estaciones participantes conectan el equipo de medición de BER a un sub-canal digital o un portador digital y seleccionan un patrón de prueba. Para asegurarse de estar juntos trabajando correctamente se envían deliberadamente errores.

3.3 La estación receptora mide la BER. El tiempo de medición debe ser suficientemente largo hasta acumular al menos 100 errores, o por lo menos 15 minutos, lo primero que ocurra.

3.4 Se reporta la $(Co+No)/No$ final y la BER a INTELSAT y las estaciones participantes.

4.6.6 Conversión de $(C+No)/No$ medida en el analizador de espectros a Co/No y C/N

El método preferido para medir la relación de potencia a densidad de ruido (C/No) es utilizando un filtro de IF para medir el ancho de banda de ruido. Sin embargo, se obtienen buenos resultados si se utiliza en forma cuidadosa un analizador de espectros. Para convertir la medición del analizador de espectros en C/No se sigue el siguiente método: Una portadora modulada en QPSK, que utiliza aleatorización, tiene una densidad espectral (Co) como función de la potencia total y de la velocidad de transmisión. Esto se puede expresar así:

$$Co = C - 10 \log (R/2) \quad \text{dBW/Hz (1)}$$

$$o \quad Co = C + 3 - 10 \log (R) \quad \text{dBW/Hz (2)}$$

donde:

$$Co = \text{Densidad espectral} \quad \text{dBW/Hz}$$

$$C = \text{Potencia de portadora} \quad \text{dBW}$$

$$R = \text{Velocidad de transmisión} \quad \text{bps}$$

Un analizador de espectros que utiliza un ancho de banda de resolución que es menor que el ancho de banda de la señal, medirá la densidad espectral de potencia de la portadora. En el caso de la medición de señales PSK en presencia de ruido, el analizador de espectros muestra la relación de la densidad espectral de potencia y la densidad espectral de ruido $(Co+No)/No$. El cuadro 4.8 muestra la relación entre $(Co+No)/No$ y Co/No , que por otro lado puede relacionarse a C/No a través

Cuadro 4.8: Conversión de $(Co+No)/No$ a Co/No

$(Co+No)/No$ dB	Factor de conversión dB	Co/No dB
3.0	-3.0	0.0
6.0	-1.3	4.7
9.0	-0.6	8.4
12.0	-0.3	11.7
15.0	-0.14	14.9
18.0	-0.07	17.9
21.0	-0.03	21.0

Conversión: Si $(C+N)/N = X$ dB

Luego $C/N = 10 \log (10^{X/10} - 1)$ dB

de la siguiente derivación:

$$C_o = C + 3 - 10 \log (R) \quad \text{dBW/Hz} \quad (2)$$

$$C = C_o - 3 + 10 \log (R) \quad \text{dBW} \quad (3)$$

$$C/\text{No} = C - \text{No} \quad \text{dB-Hz} \quad (4)$$

$$C/\text{No} = C_o - 3 + 10 \log (R) - \text{No} \quad \text{dB-Hz} \quad (5)$$

$$C/\text{No} = C_o/\text{No} - 3 + 10 \log (R) \quad \text{dB-Hz} \quad (6)$$

4.6.7 Explicación de la terminología C/N, C/No, Eb/No y Velocidad de Transmisión (R)

a) C/No: Relación portadora a densidad espectral de ruido:

Esta relación es una medida "artificial" de la relación señal a ruido, ya que implica que es posible medir la potencia de ruido en un filtro que tiene un ancho de banda de ruido de solamente un hertz. Las medidas reales se realizan con filtros de mayor ancho de banda, que deben convertirse para expresar la relación C/No. La portadora a densidad espectral de ruido es una medida útil, ya que expresa el desempeño de un enlace satelital en términos en que es independiente el método de medida. Esta medida "artificial" puede relacionarse a una medida realizable así:

$$C/\text{No} = C/N + 10 \log (B) \quad \text{dB-Hz} \quad (7)$$

Donde: C/N es la relación medida utilizando un filtro de ancho de banda B hertz.

Si se asume que una señal QPSK ocupa un ancho de banda igual a $0.6 \times R$, donde R es la velocidad de transmisión de datos, descrita anteriormente, se obtiene que:

$$C/\text{No} = C/N + 10 \log (0.6R) \quad \text{dB-Hz} \quad (8)$$

$$C/N = C/\text{No} + 2.2 - 10 \log (R) \quad \text{dB-Hz} \quad (9)$$

Esta relación para C/N es válida solamente para un filtro de ancho de banda igual al ancho de banda ocupado por la señal QPSK.

b. Eb/No: Energía por bit a potencia de ruido por hertz

Esta relación es comúnmente utilizada para evaluar el desempeño de los modems digitales. Se define como:

$$E_b/N_o = C/N_o - 10 \log (R) \quad \text{dB} \quad (10)$$

donde: E_b = Energía por bit dBW/Hz
 N_o = Densidad espectral de ruido dBW/Hz
 C = Potencia de portadora dBW
 R = Transmission rate bps

Así como la medida de C/N no tiene significancia real sin una definición del ancho de banda de medida, E_b/N_o debe ser cuidadosamente especificada en términos de la velocidad de transmisión utilizada.

La velocidad de transmisión es el producto de la velocidad compuesta (velocidad de información más encabezamiento) y el inverso de la relación de codificación. Así, la velocidad de transmisión para un sistema de FEC de relación 3/4 será 1.333 (es decir, 4/3) veces la velocidad compuesta. Por lo tanto, la relación E_b/N_o a la velocidad de transmisión será 1.25 dB menor que la relación E_b/N_o a la velocidad compuesta.

La relación E_b/N_o a la velocidad de transmisión tiene particular relevancia con las medidas de C_o/N_o con analizador de espectros. Para QPSK, la relación E_b/N_o es 3 dB menor que la relación C_o/N_o . A continuación se muestran las relaciones entre C/No, Co/No, Eb/No y C/N:

c. Co/No, C/No, Eb/No, C/N

$$C/No = C - No \quad \text{dB-Hz} \quad (11)$$

$$Co = C + 3 - 10 \log (R) \quad \text{dBW} \quad (2)$$

$$C = Co - 3 + 10 \log (R) \quad \text{dBW} \quad (12)$$

$$C - No = Co - 3 + 10 \log (R) - No \quad \text{dB-Hz} \quad (13)$$

$$C/No = Co/No - 3 + 10 \log (R) \quad \text{dB-Hz} \quad (14)$$

$$Eb/No = C/No - 10 \log (R) \quad \text{dB} \quad (10)$$

$$Eb/No = Co/No - 3 + 10 \log (R) - 10 \log (R) \quad \text{dB} \quad (15)$$

$$Eb/No = Co/No - 3 \quad \text{dB} \quad (16)$$

Finalmente, para la relación C/N en el ancho de banda ocupado por la señal QPSK:

$$C/N = C/No + 2.2 - 10 \log (R) \quad \text{dB} \quad (9)$$

$$C/N = Co/No - 3 + 10 \log R + 2.2 - 10 \log (R) \quad \text{dB} \quad (17)$$

$$C/N = Co/No - 3 + 2.2 \quad \text{dB} \quad (18)$$

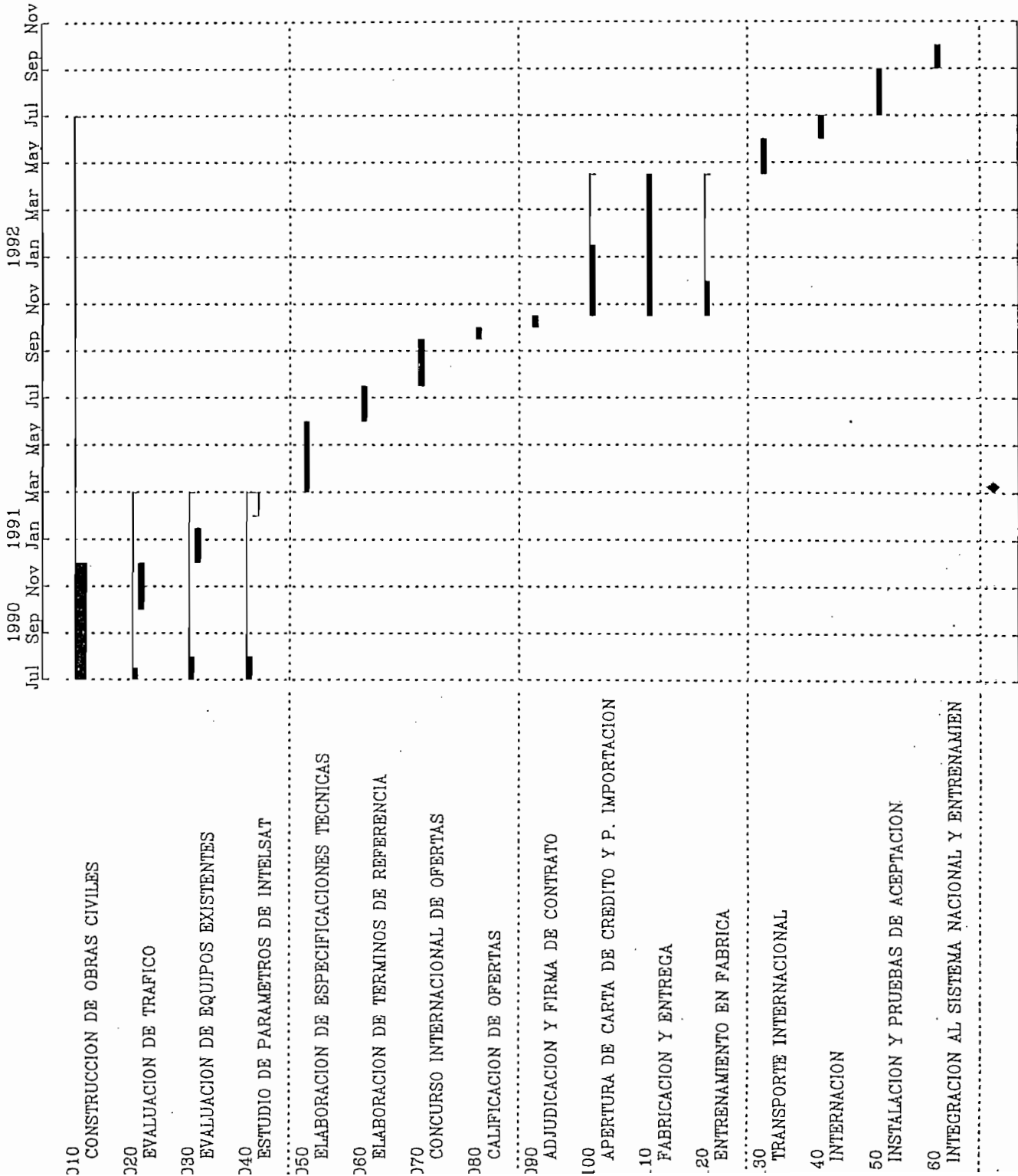
$$C/N = Co/No - 0.8 \quad \text{dB} \quad (19)$$

La relación Eb/No utilizada aquí se relaciona a la velocidad de transmisión, R.

4.7 Calendario de implantación

El calendario de implantación de las portadoras IDR en la Estación Terrena Quito comprende tres grandes etapas de trabajo. La primera etapa comprende el estudio de la evaluación de tráfico, equipos existentes y los parámetros de INTELSAT; la segunda se refiere a la elaboración de las especificaciones técnicas, el llamado a concurso y la adjudicación; y por último, la tercera etapa comprende el entrenamiento, la instalación de equipos, las pruebas y la integración al sistema.

La primera etapa está en ejecución, mientras que la segunda se llevará a cabo en los próximos meses. La última etapa debe llevarse a cabo el próximo año 1992. El cuadro 4.9 indica claramente todas las etapas del calendario de implantación.



C A P I T U L O V

EQUIPO DE MULTIPLICACION DE CIRCUITOS DIGITALES (DCME)

5.1 Características principales

El equipo de multiplicación de circuitos se ha venido usando por muchos años para las comunicaciones por diferentes medios de transmisión, tales como cables y satélites. Su función consiste en concentrar varios canales telefónicos en un número menor de canales de transmisión.

Al principio se usaron técnicas analógicas, pero fue sólo con la llegada de la tecnología digital que se logró una elevada ganancia de concentración, buena calidad de transmisión y gran fiabilidad.

El equipo para multiplicación de circuitos en formato digital se designa DCME.

Las especificaciones del equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME) fueron aprobadas por la Junta de Gobernadores de INTELSAT en Septiembre de 1987 para usarlo con portadoras digitales IDR y TDMA.

El método de red abierta adoptado para esta especificación, por primera vez permite a diferentes fabricantes suministrar equipo compatible a una red de usuarios. La utilización de portadoras TDMA e IDR con el DCME permitirá un uso más eficiente del segmento espacial de INTELSAT.

5.1.1 Codificación ADPCM de 5/4/3 bitios de INTELSAT

El equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME) especificado por INTELSAT utiliza una codificación de baja velocidad (LRE) y la interpolación digital de la voz (DSI). La técnica de codificación de baja velocidad emplea la Modulación por Impulsos Codificados Diferencial Adaptativa

(ADPCM). El DCME está basado en un sistema de codificación ADPCM de 5,4 y 3 bitios. Esta codificación reduce de 8 a 4 el número de bitios necesarios para transmitir muestras de señales vocales (con la salvedad de que 5 bitios se usan para datos y 3 para canales de sobrecarga). El sistema de codificación ADPCM adoptado es compatible con las Recomendaciones G.721 y G.723 del CCITT.

Con esta técnica, los canales de voz son normalmente codificados con muestras de 4 bitios, pero bajo períodos de sobrecarga, el bitio menos significativo es extraído al azar de las muestras completas de 4 bitios para producir muestras adicionales de 3 o 4 bitios (el tamaño es escogido al azar). A los canales de datos de banda vocal se les asigna 5 bitios a cada muestra (40 kbps) obtenidos añadiendo un bitio adicional a la muestra normal de 4 bitios.

5.1.2. Servicios acomodados

Los servicios acomodados por el DCME de INTELSAT son los siguientes:

- a) Voz PCM - Sujeto a DSI y ADPCM de velocidad variable (32 a 24 kbps) o preasignada a 32 kbps.
- b) Datos de banda vocal en un canal PCM - Sujeto a un limitado DSI y codificado a 40 kbps o preasignado.
- c) Canales de 64 kbps sin restricción - Asignados de acuerdo a un pedido de conmutación o preasignados. En ambos casos se utiliza la codificación transparente.

El equipo DCME tiene además las siguientes funciones:

- a) Compatibilidad con sistemas de señalización internacional del CCITT: No. 5, 6, 7, R1 y R2. La señalización No. 5 debe

pasar transparentemente a través de un canal de 32 kbps, mientras que las No. 6 y 7 deben ocupar un canal preasignado de 64 kbps.

- b) Sincronización de temporización para control de deslizamientos.
- c) Cancelación del eco.
- d) Provisión de información para mantenimiento.
- e) Conversión entre estructuras de trama de multiplex primario: 2048 y 1544 kbps, y entre las respectivas leyes de expansión: A y μ .

5.1.3 Descripción breve del equipo terminal DCME

Se describe brevemente la estructura básica del DCME. La división en bloques de las diversas funciones, tal como se describe aquí, es tan solo con carácter conceptual. En la práctica, los fabricantes probablemente basarán sus diseños en una arquitectura específica para cada aplicación.

Se identifican tres bloques principales: la Interfaz de circuitos interurbanos, el Equipo de función básica y la Interfaz soporte. Para las funciones de operación y mantenimiento se requiere un bloque adicional, por ejemplo, control de la configuración, conmutación a equipo redundante, alarmas, comunicaciones por circuitos de órdenes, etc.

5.1.3.1 La interfaz de circuitos interurbanos

Este bloque cursa el tráfico de los circuitos interurbanos que se origina en la central internacional local (ISC). Se puede cursar un máximo de siete entradas PCM de primer orden de 2048 kbps (210 canales), o de nueve trenes digitales de 1544 kbps

(216 canales). Se espera que esta interfaz entre en servicio en forma modular, lo que permitirá añadir trenes digitales de primer orden a medida que se vayan necesitando.

5.1.3.2 La interfaz soporte

Se usa para conectar el DCME al equipo de transmisión/recepción de la portadora (y equipo de banda base conexo), ubicado en la estación terrena. Cuando el equipo se encuentra en el ISC, la interfaz soporte conectará el DCME a un enlace digital terrestre que termina en la estación terrena. La estructura de banda base soporte puede ser una señal de primer orden CEPT de 2048 kbps o del tipo T1 de 1544 kbps.

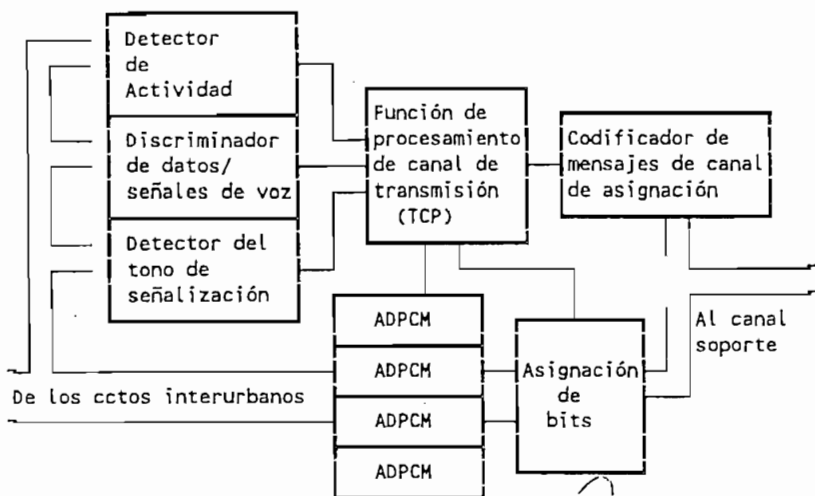
En las aplicaciones a un solo destino, el canal soporte consiste en una sola señal multiplex primaria (bidireccional). Lo mismo se aplica a la modalidad de funcionamiento de grupos múltiples, pero en este caso se requiere equipo de proceso de banda base en la estación terrena para convertir en un canal los dos canales soporte recibidos. En el caso de aplicaciones a múltiples destinos, se sigue usando un canal soporte transmitido, pero se necesitan hasta cuatro canales soporte recibidos.

5.1.3.3 Equipo de función básica

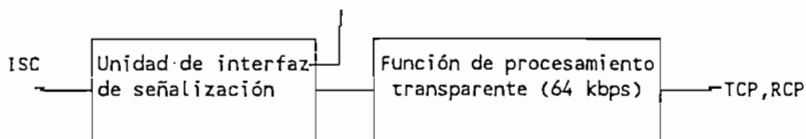
El equipo de función básica está compuesto del equipo DCME del extremo transmisor y el del extremo receptor, y los elementos comunes, según se muestra en la Fig. 5.1.

a) Extremo transmisor del DCME

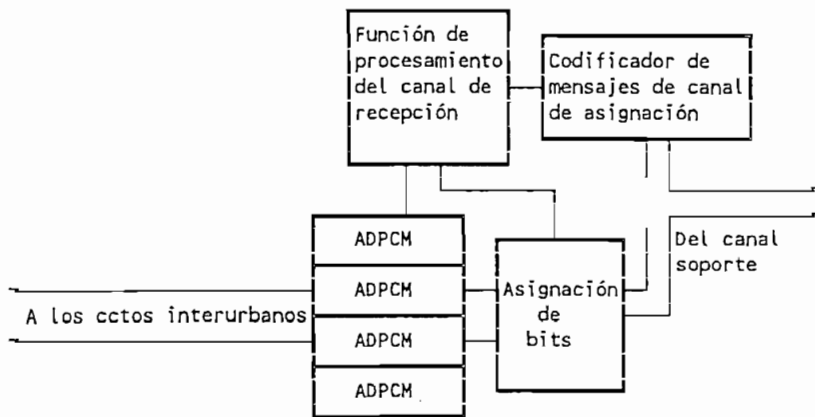
Analiza las señales de tráfico cursadas por los circuitos interurbanos de entrada y realiza la interpolación de canales y la codificación ADPCM. Se observa la actividad en cada canal



EXTREMO TRANSMISOR DEL DCME



ELEMENTOS COMUNES



EXTREMO RECEPTOR DEL DCME

Fig. 5.1: Descripción del equipo DCME

entrante, y cuando la señal se hace presente, se reconoce como de voz, de datos o de señalización telefónica. Según la disponibilidad y prioridades establecidas, a cada canal de entrada se le asigna un codificador ADPCM, una relación de codificación (3, 4 o 5 bitios/muestra) y el número correspondiente de bitios en el canal soporte de salida. Estos bitios cambian de posición con suma rapidez en la trama del canal soporte (cada 2 ms) cuando se usan canales de sobrecarga, lo que ofrece una transmisión de calidad uniforme para todos los canales telefónicos. La información sobre la asignación de los canales entrantes a los canales soporte es codificada en el Mensaje de asignación (AC) que se transmite al DCME del extremo distante.

b) Extremo receptor del DCME

Desempeña una función subordinada con respecto al extremo transmisor, interpretando el mensaje de asignación y procesando los bitios soporte. Los bitios correctos pasan a los distintos decodificadores ADPCM; donde se decodifican, y se restablecen los circuitos interurbanos a su formato original.

c) Elementos comunes

Realizan funciones que no están relacionadas específicamente con el extremo transmisor o el receptor, es decir, el Control Dinámico de Carga (DLC) y el procesamiento de canales transparentes de 64 kbps. La función del Control dinámico de carga está basada en el monitoreo de la calidad de las señales de voz transmitidas (específicamente la relación promedio de codificación ADPCM). Cuando una carga de tráfico mayor que la planeada hace que la relación promedio de codificación caiga por debajo de un límite preasignado, se activa este control dinámico, que a su vez hace que se transmita un mensaje al ISC local por medio de la unidad de interfaz de señalización y

otro mensaje al ISC distante por el canal de asignación. Al recibir este mensaje la central de conmutación bloquea nuevas llamadas en los circuitos interurbanos terrestres atendidos por el DCME. El bloqueo de la llamadas se descontinúa cuando la carga regresa a su nivel normal.

El DCME especificado por INTELSAT tiene capacidad para cursar a petición llamadas transparentes de 64 kbps. Estos son canales de calidad RDSI (que transmiten telefonía digital, datos continuos, datos con conmutación de paquetes, etc.) que no deben estar sujetos a ningún tipo de procesamiento. Los elementos comunes realizan la función interactiva exigida por los procedimientos del ISC para el establecimiento y desestablecimiento de llamadas. Para un funcionamiento satisfactorio de esta función se requiere de la cooperación de los extremos transmisor y receptor del DCME.

5.2 Selección de tipo de DCME

Las especificaciones del DCME prevén una flexibilidad operacional considerable al contemplar el funcionamiento con destinos múltiples que se logra insertando varios destinos posibles en la estructura de trama portadora del DCME. Son posibles los modos de funcionamiento denominados: multigrupo y multidestino.

5.2.1 Multigrupo

En el modo multigrupo (MC), se divide la trama en conjuntos de interpolación separados (DSI) denominando a cada conjunto un grupo. Cada grupo contiene su propio canal de asignación para la interpolación de conversaciones (señales vocales) en el conjunto y todos los canales en un grupo se asocian con un destino por separado. En este modo, si una unidad DCME está operando con dos grupos unidestino, la ganancia potencial es menor que si todos los canales satelitales disponibles sean

asignados a un solo grupo. Cuando el DCME está operando con un grupo estamos hablando del modo unidestino (SD). La especificación de INTELSAT prevé hasta dos grupos.

En este modo es preferible localizar el equipo DCME en el ISC de tal forma que la ganancia de multiplicación se aprovecha en el enlace satelital y en el terrestre entre el ISC y la estación terrena.

5.2.2 Multidestino

En el modo multidestino (MD), el equipo DCME opera formando un único grupo de interpolación de canales que van a ser compartidos entre los destinatarios correspondientes (equipados también con DCME multidestino) y permite operar hasta con 4 receptores. El equipo DCME que opera en este modo normalmente estaría localizado en la estación terrena porque la extracción de los canales deseados en la recepción se puede llevar a cabo en el equipo DCME solamente procesando los mensajes de asignación de canales. La ventaja de utilizar la opción multidestino es que formando un único grupo de interpolación de canales y dependiendo del tamaño de este grupo, se van a utilizar menos canales satelitales con el consiguiente ahorro de los cargos del segmento espacial. Con operación multidestino es posible operar con: un grupo multidestino (1-4 destinatarios, 1-3 destinatarios) y un grupo unidestino; o dos grupos unidestino. Si existe solamente un grupo y tiene solamente un destino, el DCME está operando en el modo unidestino (SD).

Un ejemplo de una red que utiliza las dos opciones se tiene en la Fig. 5.2.

5.2.3 Selección de DCME Multigrupo vs. Multidestino

Los usuarios que desean incorporar enlaces internacionales IDR/DCME deben evaluar cual de las dos opciones proporcionan mayores ventajas a sus circunstancias y requisitos particulares. Los factores ha considerar son complejidad de equipo en la estación terrena y en el ISC, costos asociados por canal, capacidad actual y futura del enlace terrestre, niveles de tráfico, número de corresponsales y nivel de ganancia obtenible por el DCME en la red.

Aquí se resaltan los factores que deben ser considerados en la selección de una de las dos opciones.

5.2.3.1 Elementos técnicos y de coste

La estructura del DCME multigrupo es de algún modo diferente de la versión multidestino, pero no tienen diferencias sustanciales, por lo que el coste son parecidos.

Debe advertirse que cuando se emplea un DCME multigrupo, los grupos recibidos deben procesarse con una función de intercambio de intervalo de tiempo PCM especial, denominado por INTELSAT Facilidad de Reparto de Grupo (CSF). Esta CSF no se incluye por lo general en el DCME y debe instalarse en la Estación Terrena. Su función consiste en extraer cada grupo de su portador respectivo combinándolo con los demás en un solo portador para que los procese el DCME.

5.2.3.2 El impacto de la ganancia

La opción multidestino generalmente proporciona una alta multiplicación de circuitos para enlaces con niveles de tráfico pequeños hacia múltiples destinos debido a que un solo grupo de canales satelitales es dividido entre varios usuarios. La opción multigrupo requiere, por otro lado, menos capacidad del enlace terrestre cuando el equipo DCME está localizado en la Central Internacional (ISC).

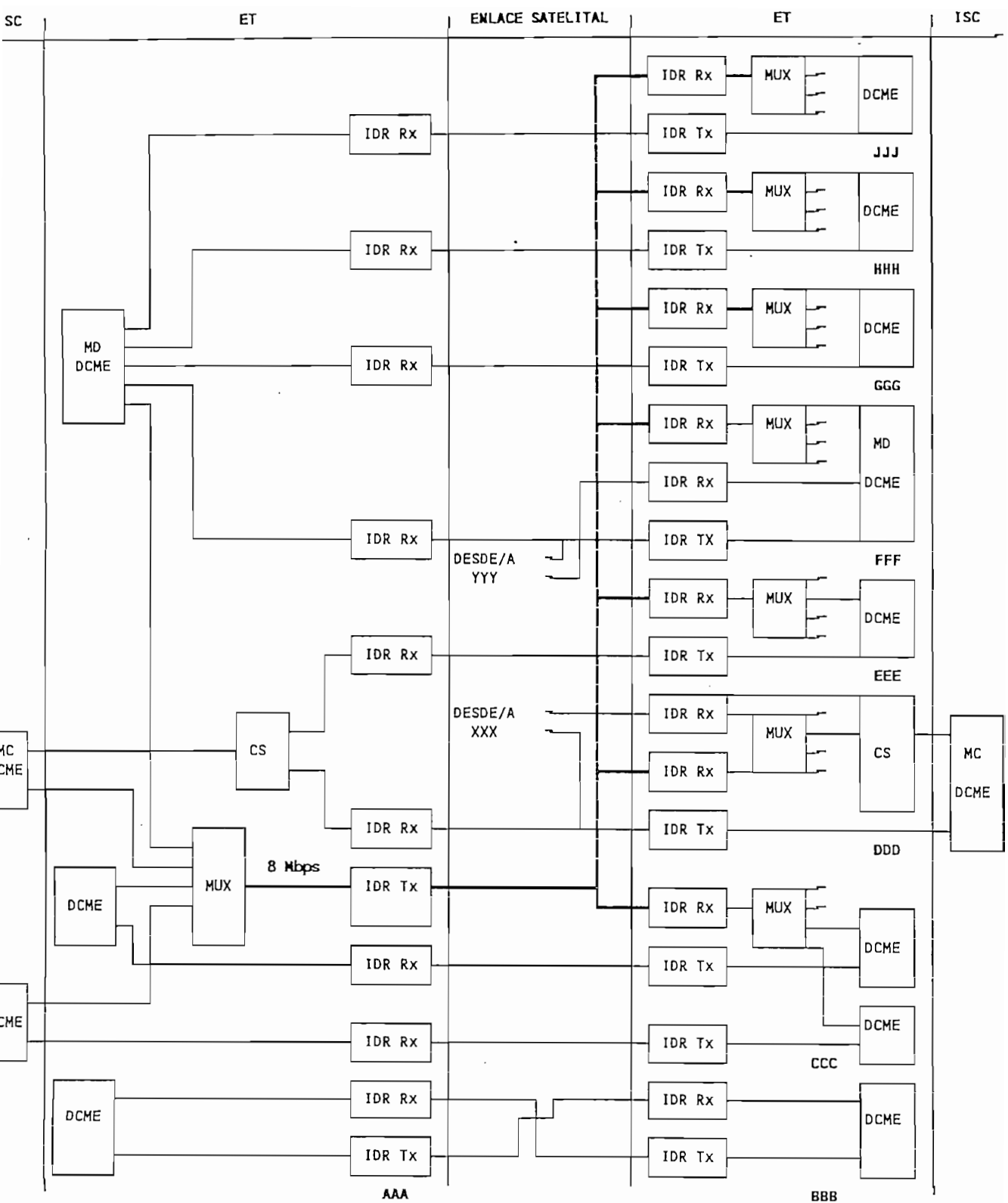


Fig. 5.2: Ejemplo de una red IDR/DCME

5.2.3.3 Restricciones operacionales

La limitación más obvia del DCME multigrupo es que solamente puede comunicarse con dos corresponsales versus los cuatro corresponsales que son servidos por el DCME multidestino.

Los dos corresponsales DCME pueden ser ya sea del tipo multigrupo o del tipo multidestino pero empleado en un modo híbrido (es decir, dos grupos por portador), que tiene un impacto en la ganancia.

Una restricción operacional adicional es la relativamente mayor complejidad asociada con el rearrreglo de tráfico cuando se utiliza el multigrupo DCME. Esto se ilustra con el siguiente ejemplo: se asume un DCME multigrupo en A intercambiando tráfico con dos DCME similares en B y C como se muestra en la Fig. 5.3. También se asume que se requiere un rearrreglo que reduzca el tráfico que intercambian A y B y se incremente con C, sin cambiar el volumen total de tráfico del DCME A. Esto requiere un cambio en la distribución de grupos (agrupaciones) en el portador transmitido del DCME A y en los dos portadores recibidos (reunidos en un portador compacto por CSF). Consecuentemente se requieren cambios de configuración en los tres DCME (en las tres Centrales Internacionales) y en las tres unidades CSF (en las tres estaciones terrenas).

Si fueran empleados DCME multidestino, no se requirieran cambios de configuración mas que en los grupos de interpolación (que también se necesita en el caso multigrupo).

5.2.3.4 Consideraciones generales sobre el DCME

El DCME es un equipo de banda base que procesa los enlaces troncales conmutados por la central telefónica. Esta es la razón por la que a menudo se instala junto a la central con

los compensadores de eco y las diversas facilidades de señalización. Además situando el DCME junto a la Central y los respectivos CSF en la estación terrena se puede obtener también la multiplicación de circuitos en el enlace de microondas entre la central de conmutación y la estación terrena. Esta es una ventaja de la selección del modo multigrupo para el funcionamiento con destinos múltiples del DCME.

En consecuencia, los usuarios con uno o dos destinos por DCME pueden seleccionar el modo multigrupo y situar los DCME junto a la central. Los usuarios con un volumen menor de tráfico hacia más de dos destinos, o sin problemas acerca de la capacidad del enlace, pueden seleccionar la opción multidestino y utilizar totalmente la capacidad del DCME y del enlace satelital.

El equipo DCME con la opción multigrupo podrá integrarse con el equipo DCME multidestino cuando ésta utilice un grupo unidestino.

En la Fig. 5.4 se muestra una conexión ilustrativa de la red con una mezcla de integración entre multigrupo y multidestino.

Es posible servir tráfico de voz y datos dentro de cada grupo en ambos modos de operación.

5.3 Ganancia de multiplicación de circuitos

La función del DCME es concentrar un número de líneas digitales de entrada en un número menor de canales portadores, consiguiendo por lo tanto una alta eficiencia de utilización del enlace. Esto se cuantifica por la "ganancia de multiplicación de circuitos", que se define como la relación del número de canales de entrada sobre el número de canales DCME de salida.

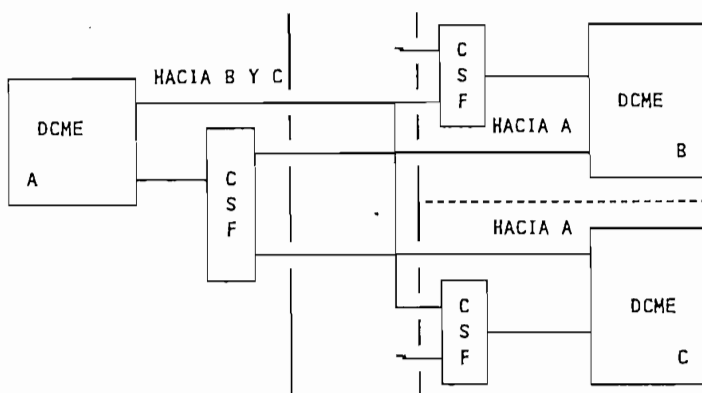


Fig. 5.3: Ejemplo de Distribución de tráfico en DCME MC

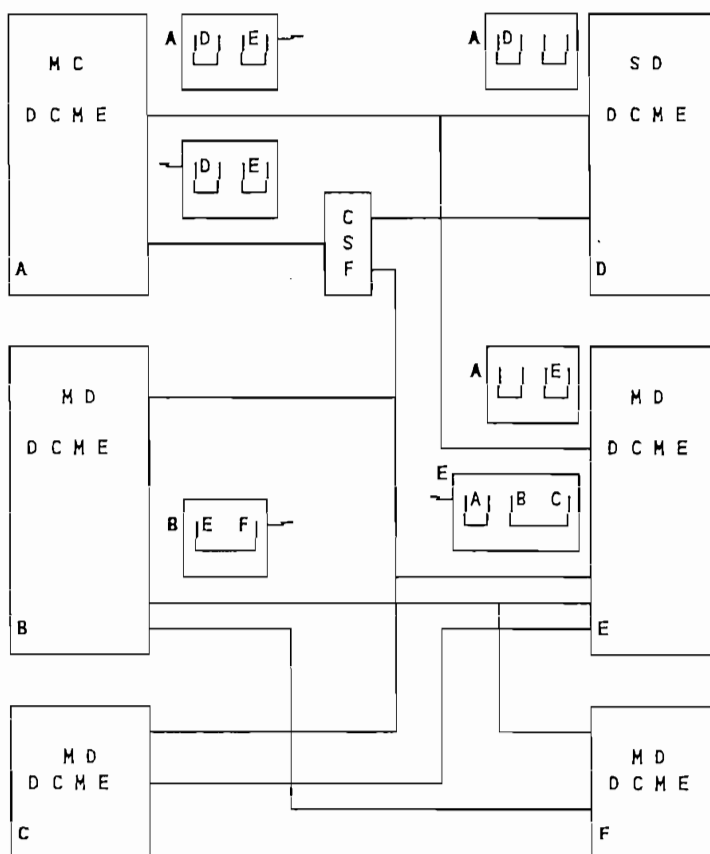


Fig. 5.4: Red de Conexión de integración de DCME MC y MD

La multiplicación de circuitos se realiza combinando la interpolación digital de conversaciones (DSI) y la codificación a baja velocidad (LRE) a 32 kbps. En consecuencia, como resultado de la combinación del factor

debido a la codificación de baja velocidad (telefonía en 32 kbps en lugar de 64 kbps) y de un factor aproximadamente 2.5 debido al factor actividad de la conversación telefónica en la operación de interpolación digital de la voz (DSI), la ganancia total de multiplicación de circuitos que ofrece la utilización del DCME será de 5 aproximadamente, o incluso más, dependiendo de las condiciones operacionales reales (y, en particular, del porcentaje de transmisiones de datos que utilizan la red).

La DSI proporciona una ganancia de multiplicación de circuitos (ganancia DSI) asignando dinámicamente la capacidad de un grupo de canales portadores a líneas activas de entrada. Esto elimina la transmisión de intervalos de silencio presentes en la voz y algunas señales de datos.

Cuando un canal de voz se torna activo y no existe capacidad disponible de canal portador, ocurre un recorte repentino de la voz. La ganancia DSI obtenible está limitada por la probabilidad de recorte máximo aceptable (típicamente el 2% para una duración que exceda los 50 ms).

Las estadísticas de interpolación son tales que la ganancia DSI es alta para grandes grupos de interpolación. También es alta cuando el porcentaje de canales de datos de banda vocal es pequeño, debido a que estos canales tienen gran actividad.

Con el objeto de acomodar un pico de carga alta sin exceder el límite de recorte, la velocidad de codificación ADPCM de los canales de voz debe decrecer gradualmente desde 4 bits/muestra (32 kbps) a 3 bits/muestra (24 kbps). Esto permite una alta ganancia de multiplicación de circuitos pero introduce cierta degradación en la calidad de la voz.

Para cumplir los requisitos de desempeño de la transmisión de voz, debe supervisarse la carga de tráfico DCME de tal forma

que la velocidad de codificación promedio de voz no disminuya de un valor pre-asignado para un período extenso de tiempo. Para ello se utiliza el Control Dinámico de Carga (DLC).

Cuando se alcanza una velocidad de codificación preasignada (típicamente de 3.6 a 3.7 bits/muestra), el DCME señalará a la Central Internacional de Conmutación (ISC), para que no se acepten llamadas adicionales entrantes al DCME.

En el cuadro 5.1 se presentan fórmulas de ganancia de interpolación para señales vocales en función del número de líneas de circuitos interurbanos terrestres y del factor de actividad vocal. Con base en estas fórmulas, para un grupo de 30 líneas de circuitos interurbanos, por ejemplo, la ganancia de interpolación de voz sería de 2,24, y de 2,9 para 120 líneas suponiendo un factor de actividad vocal del 33%. Para un factor del 37%, los valores respectivos de la ganancia serían 2,01 y 2,61.

5.3.1 Cálculo de la ganancia del DCME

El dimensionamiento de los enlaces DCME es la mayor consideración en la decisión de convertirse a las portadoras IDR/DCME.

El tamaño inicial de la ruta (referida a canales terrestres) es realizado en la manera normal y se determina el porcentaje de los canales de datos de banda vocal en la ruta. El dimensionamiento del equipo DCME requiere calcular el número mínimo de canales portadores que llevarán el tráfico planeado. Los parámetros que determinan la ganancia DCME o, en su lugar, el número de canales portadores de 64 kbps para un grupo dado de líneas de circuitos interurbanos terrestres son:

- Número de canales de 64 kbps preasignados

- Número de canales de datos preasignados
- Ocupación de circuitos interurbanos para transmisión de datos
- Porcentaje promedio de canales de datos en modalidad de transmisión durante la peor hora
- Ocupación media de circuitos interurbanos por la telefonía
- Factor de actividad vocal

En el cuadro 5.2 se muestran ejemplos de cálculos para grupos de circuitos interurbanos de 30 y 120 canales de capacidad. Se supone que en ambos casos hay un canal de 64 kbps preasignado y 3 canales de datos preasignados. La tasa de ocupación de circuitos interurbanos por la transmisión de datos se supone que es tan solo del 10% con el 75 % de los canales de datos en modalidad de transmisión durante la hora más desfavorable. La tasa de ocupación de circuitos interurbanos por la telefonía se supone que sea del 85%.

Como puede observarse en el Cuadro 5.2, para 30 líneas de circuitos interurbanos se requerirían once canales soporte de 64 kbps. En el caso de 120 líneas, se necesitarían 28 canales soporte de 64 kbps, lo que produciría una ganancia DCME de 4,29.

Cabe señalar que la ganancia DCME depende considerablemente del volumen de tráfico de circuitos interurbanos terrestres. Por lo tanto, se puede obtener un rendimiento máximo del DCME haciendo uso de su capacidad para destinos múltiples.

Cuadro 5.1

Ganancia de interpolación de voz (Gv). Fórmulas en función de líneas de circuitos interurbanos terrestres (N) y factor de actividad vocal (A)

Número de circuitos interurbanos (N)	Fórmula	Factor actividad vocal (A)		
		33%	35%	37%
N < 80	$Gv = a + b \ln(N)$	a=0,23 b=0,59	a=0,02 b=0,61	a=0,28 b=0,51
N ≥ 80	$Gv=1,11 N/(NA+(NA)1/2)$	-	-	-

Cuadro 5.2: Cálculos de la ganancia DCME para circuitos interurbanos de 30 y 120 canales de capacidad

ELEMENTOS	1	2
No. de líneas de circuitos interurbanos (N)	30	120
No. de canales preasignados de 64 kbps (n)	1	1
No. de canales de datos preasignados (m)	3	3
Tasa de ocupación de cctos. interurb. por can. datos (Pd)	10%	10%
No. de canales de datos interpolados ($1 = N \times Pd$)*	3	12
Canales de datos en modalidad de Tx (Pt)	75%	75%
No. de canales de datos de Tx ($q = N \times Pd \times Pt$)*	3	9
Tasa de ocupación de cctos. interurb. por telefonía (Pv)	85%	85%
No. de canales telefónicos interpolados ($Nv=Pv \times (N-n-m-l)$)*	20	89
Cuartetos soporte para canales preasignados de 64 kbps (Nn)	2	2
Cuartetos sop. para can. preasig. de datos ($Nm = m + m/4$)*	4	4
Cuartetos sop. para todos los can. preasignados (Nb1)	6	6
Cuartetos sop. para can. de tx. de datos ($Nb2 = q + q/4$ **)	4	12
Factor de actividad vocal	0,33	0,33
Ganancia de interpolación de voz para Nv (Gv)	2,0	2,84
Cuartetos soporte para telefonía ($Nb3 = Nv/Gv$)*	10	32
Cuartetos soporte para bits suplementarios (Nb0)	1	1
Total de cuartetos soporte ($Nb=Nb0 + Nb1 + Nb2 + Nb3$)	21	55
Canales de soporte de 64 kbps ($B = Nb/2$)	11	28
Ganancia DCME ($G = N/B$)	2,73	4,29

* Redondeado al número entero siguiente

** Si una fracción de m/4 y q/4 suma 1 o menos, reste 1 (no para m=0 o q=0)

La Figura 5.5 es un diagrama de la ganancia DCME frente a las líneas de circuitos interurbanos, variando el número de canales de datos como parámetro. En este caso no hay canales

75% de los canales de datos se están transmitiendo durante la hora más desfavorable, la tasa de ocupación de circuitos interurbanos por la telefonía se supone que sea del 100%, y el factor de actividad vocal es de 0.33. A medida que el porcentaje de canales de datos varía de cero al 40%, la ganancia DCME varía entre 5.8 y 2, dependiendo del número de líneas de circuitos interurbanos. La raya negra del lado derecho marca el límite para 30 canales soporte de 64 kbps, lo que corresponde a una portadora de 2,048 Mbps.

Como se observa en la Figura 5.5, si los canales de datos alcanzan un porcentaje tan alto como el 30%, la ganancia DCME es aproximadamente de 3,2 con 60 líneas de circuitos interurbanos terrestres, y varía muy poco cuando se excede de 60 líneas. Para obtener una ganancia superior a 4, el porcentaje de canales de datos no debe exceder del 20%, y el número de líneas de circuitos interurbanos debiera ser mayor de 36 si no hay canales de datos, alrededor de 60 si el 10% de las líneas son de datos, y aproximadamente de 80 si el 20% de las líneas están asignadas a datos.

Cabe señalar que la tasa de ocupación de circuitos interurbanos por la telefonía debiera aplicarse al caso más desfavorable de operación a fin de eliminar las condiciones de sobrecarga y una mayor probabilidad de bloqueo para mantener un servicio de buena calidad. Se estima que en la mayoría de las aplicaciones, 85% podría ser una cifra razonable de suponer.

5.4 Interfaces

La función de la interfaz de la estación terrena es conectar la señal del DCME al equipo de transmisión y alimentar la señal recibida al equipo DCME. Esta interfaz será diferente dependiendo que sistema de portadora se selecciona (IDR o TDMA).

La interfaz terrestre del DCME proporciona trenes digitales de 2048 o 1544 kbps. Se aceptan las leyes A o μ de

codificación PCM. La interfaz satelital de portador está basado en el sistema de 2048 kbps, excepto cuando dos países bilateralmente acuerdan operar con portadores digitales de 1544 kbps.

Al igual que en la transmisión FDM/FM, el uso del equipo DCME con portadoras IDR requiere tantos equipos como existan corresponsales, como también, equipo para desarrollar varias funciones de memorización y sincronización para la interfaz con el DCME. El aumento de equipo se incrementa con el número de destinatarios. El sistema TDMA, por otro lado, proporciona inherentemente sincronización común para todos los trenes de tráfico recibidos y permite el uso compartido en tiempo del equipo de recepción.

5.4.1 Sistema de portadoras IDR

Cuando se opera en la configuración multigrupo con dos destinatarios, los grupos recibidos deben ser procesados normalmente en la estación terrena por una facilidad de clasificación de agrupación (CSF) para extraer cada grupo desde el respectivo tren de 2048 kbps y combinarlos en un único tren para transmitirlo hacia el DCME. Esta facilidad no es parte del DCME y por lo tanto no se encuentra definido en la especificación del mismo.

En el lado troncal (terrestre), la interfaz del DCME se realiza con las señales del multiplex primario, que pueden ser el T1 de 24 canales a 1544 kbps, o la portadora CEPT de 30 canales a 2048 kbps; y como la capacidad nominal del DCME de INTELSAT es 150 canales, se requiere una interfaz capaz de acomodar al menos 7 T1 o 5 portadoras CEPT. De hecho, pueden conectarse más portadoras de entrada a los DCME disponibles (hasta 8 portadoras de 30 canales) para poder aprovechar las configuraciones reales de tráfico. Se aceptan las leyes de codificación PCM A o μ .

En el lado de transmisión del satélite, el interfaz consta de portadores a 2048 kbps o a 1544 kbps.

El equipo DCME debe ser capaz de sincronizarse con su reloj interno, un reloj recuperado de un circuito interurbano o un portador, o con un reloj externo que puede ser a 1544 o 2048 kbps. En todos los casos, el reloj debe cumplir la Rec. 811 del CCITT acerca de la exactitud.

Una señal del Control Dinámico de Carga envía el DCME a la Central Internacional por cada grupo de interpolación.

La especificación detallada del interfaz de señalización entre el DCME y la conmutación corresponde a cada Administración.

5.5 Implementación de portadoras IDR con DCME

Para la implementación de portadoras IDR con DCME se requiere que el equipo sea:

- a) lo suficientemente flexible para permitir la localización del DCME tanto en la Central Internacional de Conmutación (ISC) como en la Estación Terrena (ES);
- b) capaz de operar con destinos múltiples similar a la operación de la técnica FDM/FM existente. Se consideran las dos opciones de operación hacia múltiples destinos: multidestino (MD) y multigrupo (MC). Cada opción tiene ventajas inherentes en su aplicación;
- c) versatilidad para operar con IDR y con portadoras TDMA existentes;
- d) uniformidad en las especificaciones para permitir la interoperación de equipos de diferentes fabricantes.

Con los criterios enumerados, la localización del DCME en el ISC permite ahorrar capacidad del enlace terrestre al utilizar la opción multigrupo (MC).

Pero las dos opciones son válidas dentro del sistema INTELSAT

y van a trabajar juntas formando verdaderas redes IDR/DCME. La Fig. 5.2 ilustra el ejemplo de una red típica que puede desarrollarse utilizando las opciones MC y MD.

El ejemplo muestra una transmisión MD de 8 Mbps desde AAA hacia CCC, DDD, EEE, FFF, GGG, HHH, JJJ, y un enlace de transmisión unidestino a 2 Mbps entre AAA y BBB.

Existen varios aspectos que se anotan en el ejemplo. El enlace desde AAA hacia CCC muestra dos trenes DCME unidestino en AAA, uno colocado en el ISC y el otro en la Estación Terrena. El enlace entre AAA y DDD utiliza la opción MC, y los enlaces desde AAA hacia EEE, FFF, GGG, HHH y JJJ utilizan la opción MD en AAA y FFF, mientras que en EEE, GGG, HHH y JJJ se utiliza la opción SD. Dos clasificadores de trenes (CS) se muestran en dos aplicaciones: en AAA para clasificar la transmisión MC desde DDD y la transmisión SD desde EEE; y en DDD para distribuir los trenes recibidos desde AAA y XXX.

5.6 Implantación del DCME en la Estación Terrena "Quito"

Como se indicó en el Cap. IV la implantación del DCME en la Estación Terrena Quito se va a realizar conjuntamente con las portadoras IDR, por el concepto mismo de "multiplicar" los circuitos digitales de dichas portadoras, ahorrar segmento espacial y cargos por dicho segmento.

En la Fig. 4.2 se observa la disposición inicial de los equipos de transmisión digital en la Estación Terrena. De ella se desprende que es necesario contratar la fabricación de cinco unidades, con la finalidad de cumplir con los requisitos de tráfico. De estas cinco unidades, tres trabajarán inicialmente en línea, una servirá de reserva y la otra se utilizará para una futura expansión.

El equipo DCME es nuevo dentro del campo de las telecomunicaciones, tanto en el diseño como en la programación, por lo se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Conmutación de los equipos en línea al de reserva.
- Control entre configuración multidestino (MD) y multigrupo (MC).
- Cambio de la configuración del tráfico.
- Control de la ganancia y de la interfaz con la Central Internacional, etc.

Las consideraciones anotadas suponen un entrenamiento completo del personal encargado de su operación y mantenimiento.

En cuanto al espacio físico, la Estación Terrena Quito dispone en la actualidad de una ampliación que puede contener en forma holgada a todos los equipos de transmisión digital. Se prevé que será necesario alojar tres armarios para el DCME, tres para el equipo terminal IDR, dos para los convertidores de frecuencia, dos para el equipo multiplex digital y uno para el terminal de microondas. Los nuevos amplificadores de potencia reemplazan a los existentes.

En resumen, es de esperar que los conocimientos que se posee sobre el equipo multiplicador de circuitos digitales (DCME), permitan su instalación, integración, puesta en funcionamiento y mantenimiento.

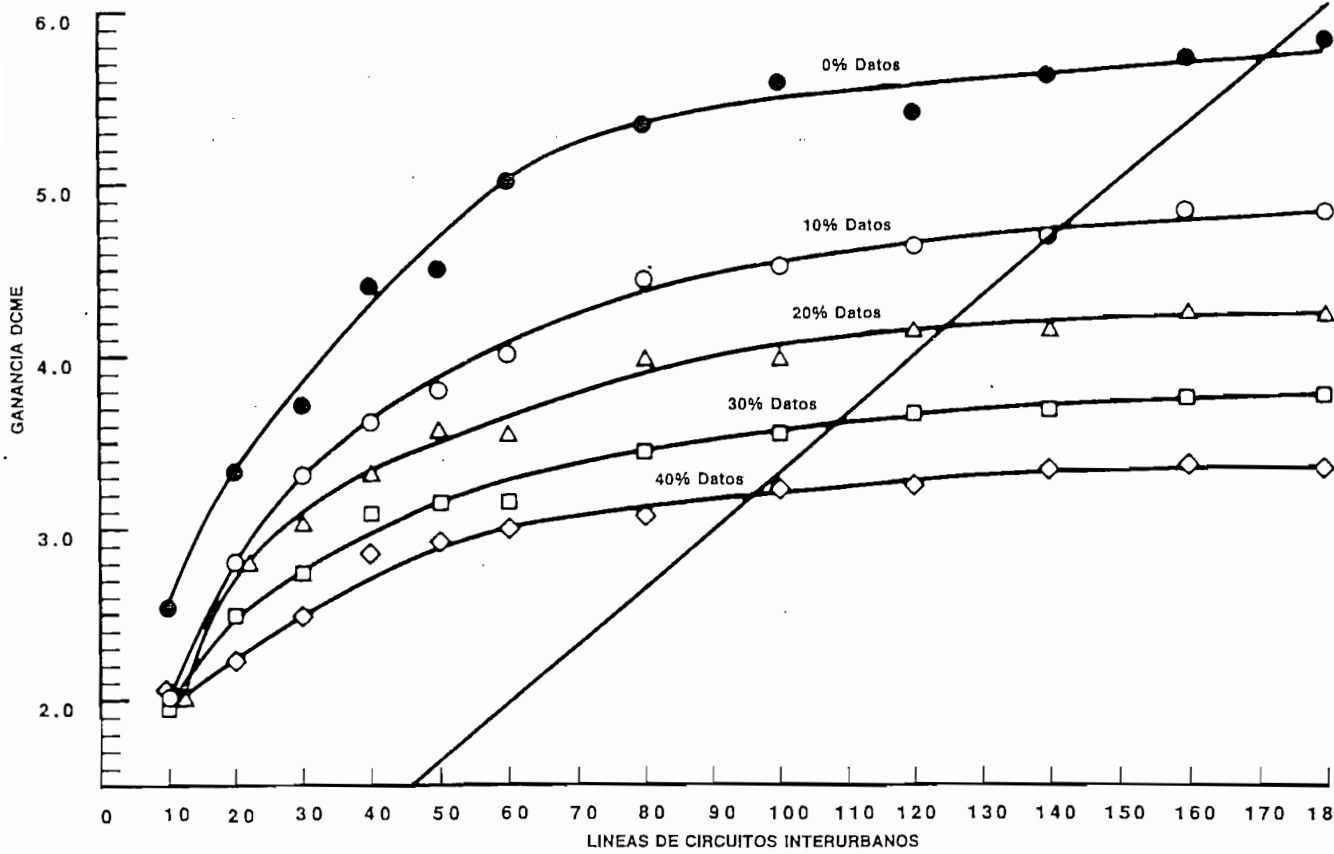


FIGURA 5.5 Gráfica de la ganancia DCME en función de la capacidad en circuitos interurbanos

C A P I T U L O V I

CONSIDERACIONES ECONOMICAS Y ANALISIS DE COSTOS

6.1 Costos del segmento espacial

La Junta de Gobernadores de INTELSAT aprobó, en su Septuagésima Novena Reunión, una nueva política tarifaria que acelere el uso de tecnologías digitales con técnicas de multiplicación de circuitos. Esta nueva estructura tarifaria de INTELSAT pretende hacer más eficiente el uso de los satélites proporcionando incentivos financieros a los usuarios para transferir los servicios existentes analógicos hacia las transmisiones digitales relativamente más eficientes. El incentivo radica en el hecho que los usuarios pagarán por circuitos portadores digitales de 64 kbps en lugar del número de circuitos derivados a través del equipo digital de multiplicación de circuitos (DCME).

Otras innovaciones aprobadas por INTELSAT son las tarifas reducidas para compromisos a largo plazo de servicio a 5, 10 y 15 años.

La nueva estructura tarifaria de INTELSAT se resume en el Cuadro 6.1.

Cuando se utilizan otras estaciones estándar aprobadas para trabajar con portadoras IDR se utilizan los siguientes factores de ajuste tarifario del Cuadro 6.2.

Del Cuadro 6.1 se deduce que los cargos de segmento espacial de INTELSAT se encuentran ahora disponible en las modalidades de canal y de portadora.

Por otro lado en los compromisos a largo plazo existen los siguientes incentivos tarifarios:

- Un descuento del 10% al suscribir el compromiso y al renovarlo anualmente;
- Períodos de uso gratuito: 6 meses al suscribir compromisos de 15 años, y 3 meses para compromisos de 10 años;
- Se ofrecen descuentos adicionales si se usa capacidad de conectividad limitada con el servicio IDR.

Servicios	MENSUAL	5 AÑOS	10 AÑOS	15 AÑOS
FDM/FM	390	370	360	340
CANAL IDR DE 64 KBPS	390	335	290	250
PORTADORA IDR DE 1.5 o 2 MBPS		275	240	210
PORTADORA IDR DE 6 u 8 MBPS		265	230	200
TDMA	275	240	210	180

Notas: • Para el cálculo de un canal de 64 kbps en portadoras de 1.5, 2, 6 u 8 Mbps, se asume la utilización completa de la portadora.

• Todos los costos se encuentran en dólares/canal/mes.

• Para todas las tarifas se asume estaciones estándar A y C.

	Estaciones Terrenas Normalizadas								
	A	B	F-3	F-2	F-1	C	E-3	E-2	E-1
Canal IDR de 64 kbps	1.00	1.27	1.54	2.08	N/A	1.00	1.54	2.89	N/A

Como en FDM/FM, si una portadora IDR no está totalmente cargada con tráfico telefónico, INTELSAT tarifa sólo aquellos canales portadores que están activados.

6.1.1 Términos y condiciones

Los términos básicos y condiciones para el servicio IDR son las siguientes:

- Disponible en todas las regiones satelitales;
- No interrumpible y totalmente protegido;
- Se permite la conversión del tipo de servicio;
- Los compromisos pueden ser sustituidos por otros a más largo plazo y no son cancelables;
- Los compromisos a largo plazo pueden ser aplicados a servicios por canal, por portadora, transpondedores de uso ilimitado y servicios de alquiler no interrumpibles.

6.2 Costos de la implantación del sistema IDR/DCME

El costo total de la implantación del sistema IDR/DCME en la Estación Terrena Quito comprende los costos de las unidades de canal IDR, de los convertidores de frecuencia, de los equipos DCME multigrupo, de la microonda digital, del multiplex digital y de los amplificadores de alta potencia.

En la Fig. 6.1 se observa la inversión del segmento terrestre. Los costos de los equipos se han obtenido de documentos de INTELSAT, que ha realizado una amplia investigación de precios entre los fabricantes de equipos:

- DCME (Unidad para trabajar hasta con 150 canales interurbanos y 30 portadores satelitales): 180.000,00 US dólares.
- UNIDAD DE CANALES IDR (2048 kbps): 20.000 US dólares cada unidad y 20.000 US dólares para conmutación automática.

- CONVERTIDORES ASCENDENTES/DESCENDENTES: 20.000 US dólares por cada unidad de convertidor, incluido el conmutador.
- MICROONDA DIGITAL 140 MBPS: 150.000 US dólares con equipamiento hasta 720 canales. Este dato se obtuvo de la Estación Terrena Guayaquil.
- MUX PCM: 4 unidades 34-140 Mbps a 5.000 US dólares cada uno, 16 unidades 8-34 Mbps a 3.000 US dólares cada uno, 48 unidades 2-8 Mbps a 2.000 US dólares cada uno.

Los precios anotados incluyen las pruebas correspondientes de integración.

El costo total de inversión es 1'318.000,00 US dólares, que permitirá transmitir cuatro portadoras IDR con la correspondiente multiplicación de circuitos DCME.

6.3 Comparación de costos

A continuación se demuestra que los beneficios de la ganancia DCME representan un ahorro en cargos por utilización del segmento espacial cuando la red es convertida de analógica a digital usando portadoras IDR con DCME. Esto se realiza las redes de 48, 60 y 120 canales de capacidad que deben transmitirse a finales de 1992 hacia Europa (Reino Unido, Francia y Grupo Nórdico), EUA (MCI) y EUA (ATT).

Estas redes tienen diferente número de canales de datos preasignados, mientras que la tasa de ocupación de circuitos interurbanos por canales de datos (20%), el porcentaje de canales de datos en transmisión (50%), la tasa de ocupación de circuitos interurbanos por telefonía (85%) y el factor de actividad vocal (37%) son los mismos para todas las redes, ya que son datos promulgados por INTELSAT para todos los signatarios.

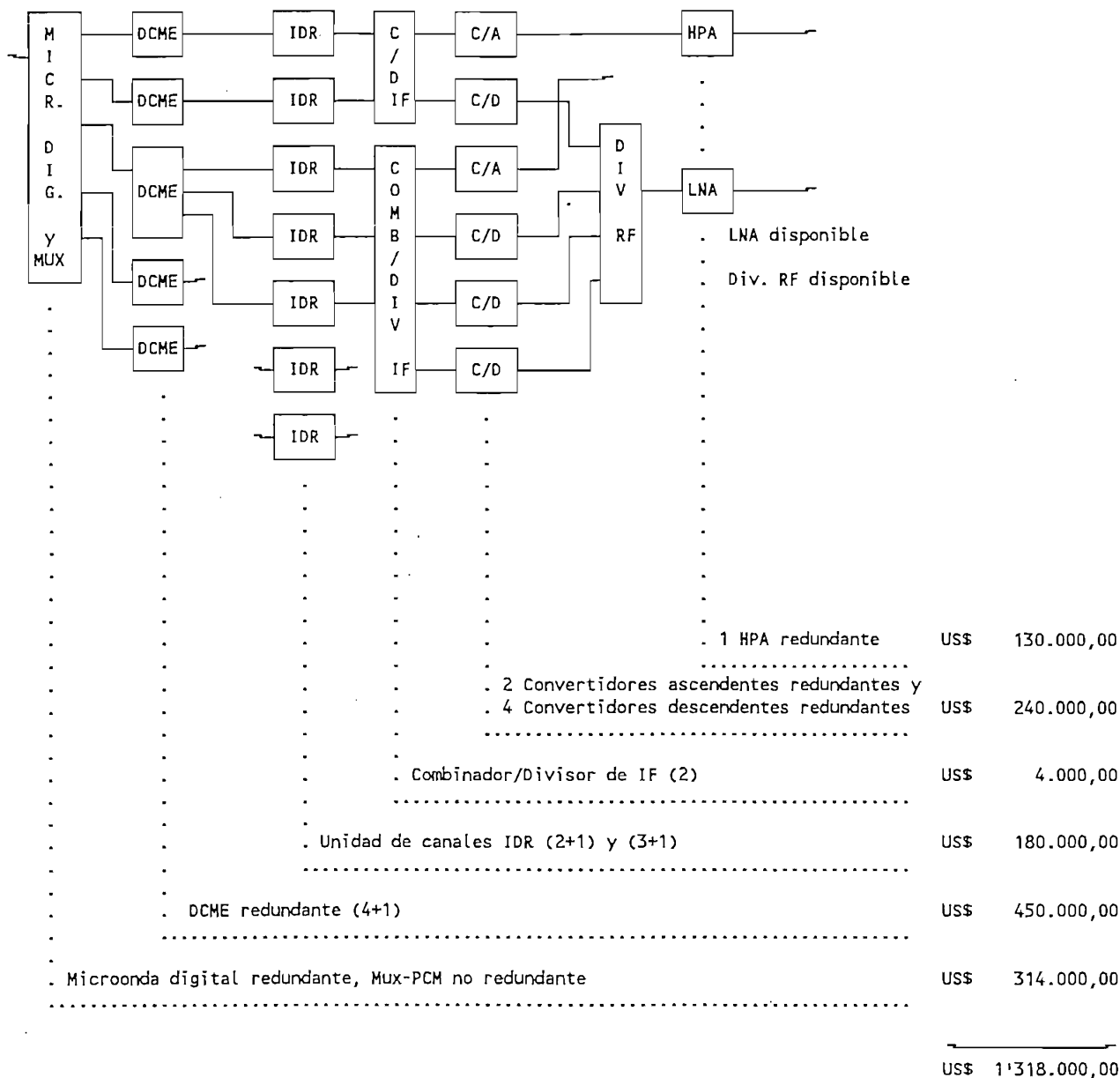


Fig. 5.1: Costo de los equipos para la digitalización de la Estación Terrena Quito

Se usan las tarifas del servicio IDR tal como fueron aprobadas en la Septuagésima Novena Reunión de la Junta de Gobernadores y que se indican en el Cuadro 6.1.

Para este caso particular se usan tarifas de compromisos a 15 años. Además se supone que:

- El tráfico entrante a la Central internacional es analógico.
- Ya se dispone en la Estación Terrena de un amplificador de alta potencia (HPA) para el un puerto de transmisión (una polarización), de los amplificadores de bajo ruido (LNA) y los divisores y combinadores de RF.
- La fuente de temporización exacta compatible con las especificaciones de la IDR está disponible en la Central de Tránsito de Quito o se puede obtener de una portadora IDR entrante.

6.3.1 Dos portadoras FDM/FM de 120 canales

Destinadas a EUA-ATT con ocho canales de datos preasignados y dos destinos con operación Multigrupo.

Aplicando estos datos al procedimiento del Cuadro 5.2 obtenemos que el tráfico de 120 canales interurbanos se puede cursar por 28 canales soporte de 64 kbps, lo que produce una ganancia de 4.29. Los cargos anuales respectivos por segmento espacial en formato analógico y digital, para cada portadora, serían:

ANALOGICO:	12 x 120 x US\$ 340 =	US\$ 489.600
DIGITAL:	12 x 30 x US\$ 210 =	US\$ 75.600 *
AHORRO:		US\$ 414.000 por cada portadora
AHORRO TOTAL:		US\$ 828.000

- * Se considera la tarifa para una portadora de 2 Mbps, porque es menor.

6.3.2 Portadora FDM/FM de 60 canales

Destinada a EUA-MCI con cuatro canales de datos preasignados.

Aplicando estos datos al procedimiento del Cuadro 5.2 obtenemos que el tráfico de 60 canales interurbanos se puede cursar por 15 canales soporte de 64 kbps, lo que produce una ganancia de 4.0. Los cargos anuales respectivos por segmento espacial en formato analógico y digital serían:

ANALOGICO:	12 x 60 x US\$ 340 =	US\$ 244.800
DIGITAL:	12 x 15 x US\$ 250 =	US\$ 45.000
AHORRO:		US\$ 199.800

6.3.3 Portadora FDM/FM de 48 canales

Destinada a Europa (Reino Unido, Francia y Grupo Nórdico) con dos canales de datos preasignados.

Aplicando estos datos al procedimiento del Cuadro 5.2 obtenemos que el tráfico de 48 canales interurbanos se puede cursar por 13 canales soporte de 64 kbps, lo que produce una ganancia de 3.69. Los cargos anuales respectivos por segmento espacial en formato analógico y digital serían:

ANALOGICO:	12 x 48 x US\$ 340 =	US\$ 195.840
DIGITAL:	12 x 13 x US\$ 250 =	US\$ 39.000
AHORRO:		US\$ 156.840

6.3.4 Ahorro total

Las comparaciones anteriores demuestran que se logra un ahorro muy considerable en los costos si se convierte la red de la operación analógica a la digital con DCME. El ahorro total es US dólares 1'184.640 durante el primer año, lo que indica que durante este primer año se paga casi la totalidad de la

inversión en equipos de transmisión digital que llega a la suma de US dólares 1'318.000.

6.4 Conclusiones económicas

Como se observa en el numeral anterior el tiempo en que se recupera la inversión es tan sólo 1 año y 2 meses.

Además deberá tomarse en cuenta el hecho que INTELSAT y IETEL han firmado un compromiso tarifario a largo plazo, es decir, desde 5 a 15 años, lo que le permite a IETEL acogerse a un período de uso gratuito del segmento espacial durante seis meses y un descuento del 10%. Si se toma en cuenta que la Estación Terrena cursa actualmente 555 circuitos a US dólares 340 por mes de tarifa se obtiene por el uso gratuito un ahorro de US dólares 1'132.200.

La Organización INTELSAT ha dado un ímpetu decisivo al rápido desarrollo de las transmisiones digitales a través de su sistema global de satélites al cambiar su política de tarifación, pues factura las unidades por portador digital en lugar de circuitos telefónicos.

Estas políticas de incentivos de INTELSAT permiten a todas las Administraciones de Telecomunicaciones pasar de portadoras analógicas a portadoras digitales sin necesidad de distraer recursos económicos dedicados hacia otros fines.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En el Cap. VI se observó la conveniencia económica de implementar las portadoras IDR en la Estación Terrena Quito. En los otros capítulos se conoció, además, que las portadoras digitales IDR van a ser el punto de partida para la digitalización de los medios de transmisión internacionales, que llevarán en el futuro al país a ser parte de una Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) internacional.

Estas ventajas permiten concluir que la implementación de las Portadoras Digitales de Velocidad Intermedia (IDR) en la Estación Terrena Quito es un proyecto que debe llevar adelante el IETEL como parte de la modernización de los servicios que ofrece a los usuarios.

- La mejor alternativa para la implementación de las portadoras IDR en la Estación Terrena Quito es la que contempla la instalación de una microonda digital entre la Central Internacional de Quito y la Estación Terrena, por cuanto permite cumplir con el tráfico futuro y es más flexible en su instalación. La instalación con fibra óptica tiene también un costo significativo por la necesidad de realizar un ducto hasta la Estación Terrena.
- En la alternativa con microonda digital se recomienda considerar un repetidor activo en Cruz Loma o en Puengasí porque permitirá desarrollar el sistema de transmisión del Valle de los Chillos.
- Una ruta alternativa con fibra óptica, que podría soportar inicialmente 480 canales (34 Mbps), serviría para restaurar el tráfico en caso de falla de la microonda digital, ya que una falla de las telecomunicaciones internacionales sería catastrófico para el IETEL debido a la alta rentabilidad del sistema, y para el país por constituir la única vía de comunicación con el exterior.

- En lo referente al Equipo Multiplicador de Circuitos Digitales (DCME), no se considera oportuno comprar equipo para largo plazo en lo que se refiere a por cuanto los fabricantes no ofrecen en la actualidad el cumplimiento de todas las Especificaciones IESS-501, sobre todo en lo que se refiere a la transmisión de facsímil.

- Para la implementación de un sistema doméstico se recomienda el uso de Portadoras IDR de tamaño reducido, con velocidad de información de 512 kbps y que llevan 8 canales portadores de 64 kbps. Se puede utilizar solamente un Encodificador ADPCM para obtener una ganancia de 2:1 en los circuitos interurbanos, debido a su bajo costo. La utilización del sistema IDR/ADPCM permitirá aprovechar las ventajas tarifarias de INTELSAT y conseguir que todo el sistema doméstico posea medios de transmisión digital.

- Una recomendación importante es la que se refiere al uso de Equipos Multiplicadores de Circuitos Digitales en el sistema de transmisión digital entre Quito y Guayaquil, lo que permitiría aumentar la capacidad actual de transmisión entre la Región 1 y la Región 2 del IETEL, descongestionando el sistema.

- Se recomienda, además, que la Estación Terrena Guayaquil cambie el medio de transmisión hacia Galápagos, desde CFDM/FM hacia IDR, ya que el proyecto actual no es conveniente técnica-económicamente, por aspectos tarifarios del segmento espacial y principalmente porque la Central de Conmutación ha adquirirse es digital, lo que obliga a la instalación de Convertidores Digital-Analógico (Transmultiplexores) para la integración del sistema. En esta ruta también se puede utilizar la Codificación de Baja Velocidad (ADPCM) para multiplicar los circuitos de usuario.

- Para el país es recomendable se diversifique el segmento satelital, ya que para fines de 1991 las Estaciones Terrenas Quito y Guayaquil, estarán trabajando con el satélite Primario del Atlántico, siendo lo más conveniente que la Estación Guayaquil utilice el satélite "Major 1" del Atlántico, con la finalidad de tener nuevas rutas con otros países.
- Los servicios empresariales IBS de INTELSAT pueden ser utilizados por otras entidades estatales, como Aviación Civil, Petroecuador, Banco de Fomento, etc., para lo cual existe la correspondiente reglamentación de IETEL.
- El servicio IDR está totalmente protegido en el segmento espacial, por lo que muchos usuarios de datos prefieren este servicio al IBS, por la mayor seguridad para sus redes dedicadas.
- Es indudable que el IETEL deberá revisar su política tarifaria hacia los usuarios para incentivar los nuevos servicios internacionales de telecomunicaciones.
- En el sistema doméstico vía satélite es necesario estudiar la señalización para no tener problemas con la integración a la red nacional.
- En vista de que la antena de la Estación Terrena "Quito" ha cumplido con su ciclo de vida, se deberá estudiar su renovación, la misma que debe optimizar los factores p.i.r.e. y G/T en cuanto a la relación costo/beneficio.
- El IETEL deberá realizar convenios con Redes de Datos a nivel mundial para facilitar su utilización por parte de potenciales usuarios en el país.
- En los últimos días, INTELSAT ofrece el arriendo de sus transpondedores en forma ilimitada (TUU) a un costo más conveniente que las actuales tarifas, lo que debe

aprovechar el IETEL para desarrollar su tráfico doméstico, intraregional y con Estados Unidos, a fin de optimizar los costos del segmento espacial.

- Un aspecto de mucha importancia es la capacitación del personal técnico de IETEL en los nuevos servicios digitales, con la finalidad de aprovechar al máximo sus ventajas.

Por todo lo anterior se concluye que la implementación de las Portadoras IDR en la Estación Terrena es una necesidad impostergable por las ventajas económicas y técnicas que acarrea.

B I B L I O G R A F I A

B I B L I O G R A F I A

1. UIT, COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOCOMUNICACIONES (CCIR), Manual sobre telecomunicaciones por satélite (Servicio fijo por satélite), Ginebra 1985.
2. INTELSAT Earth Station Standard, Document IESS-308 (Rev. 5), Specifications of IDR system, September 1989.
3. INTELSAT Earth Station Standard, Document IESS-501 (Rev. 1), Specifications of DCME system, October 1990
4. INTELSAT, Manual de Servicios, Marzo 1990, Cap. III.
5. Francisco LOUREIRO and Keiichiro KOGA, Development of FEC and ESC performance. Characteristics for IDR Carriers Greater than 10 Mbps, International Journal of Satellite Communications, Vol. 6, 391-402 (1988).
6. Jiro KOKAN, Tecnología de las telecomunicaciones Vía Satélite, Japan International Cooperation Agency (JICA) and Nippon Telegraph & Telephone Corporation (NTT), 1986.
7. INTELSAT, IDR Seminar, Post Meeting Edition, 25-27 Jan. 1988.
8. Malcolm HARMAN, Transmission of Intermediate Data Rates - The Mercury Experience, Mercury International Transmission Engineering, London England, November 1987.
9. G. A. BROWN and C. A. M. SMITH, Implementation of INTELSAT IDR Operation, Cable and Wireless Plc, London, 1987.
10. ALCATEL-FRANCE, Celtig-3G ATT-DTRE Trials, January 1988.
11. P. F. ROBINSON, Digital Modulation/Demodulation Equipment for the INTELSAT Intermediate Data Rate (IDR) Service, Marconi Communications Systems, England 1988.
12. Mitsubishi, DCME Productos Availability, 22 Oct. 1990
13. Bernhard KEISER and Eugene STRANGE, Digital Telephony and Network Integration, Van Nostrand Reinhold Company, 1985.
14. K. FEHER, Digital Communications, Satellite and Earth Station Engineering, Prentice-Hall, 1983.
15. INTELSAT, Tecnología Digital, Diciembre 1989.

16. K. MIYA, Satellite Communications Technology, KDD Engineering and Consulting Inc., 1981
17. INTELSAT, Satellite System Operations Guide, Document 308, QPSK/FDMA: IDR Line-up Procedures, Oct. 1989.
18. M. W. SEYMOUR, The INTELSAT Digital Technology Seminar, Quito, 27-29 November 1990.
19. INTELSAT, Seminario de Tecnología Digital para Satélites, Quito-Ecuador, Noviembre 1990.
20. Pierre-Girard FONTOLLIET, Telecommunication Systems, Artech House Inc, 1986.