

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación



TRANSMISION DIGITAL DE TELEVISION LOCAL GUAYAQUIL –
GALAPAGOS UTILIZANDO EL SEGMENTO ESPACIAL QUE
DISPONE PACIFICTEL EN EL INTELSAT VII 709 @ 310° E

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de :

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD
ESPECIALIZACIÓN ELECTRONICA**

Presentada por:

VICTOR MANUEL HUILCAPI SUBIA
ALEX FRANCISCO GAMARRA MACIAS
JIMMY CHRISTIAN MORALES DUQUE

GUAYAQUIL - ECUADOR

AÑO

2001

AGRADECIMIENTO

AI ING LUIS ALFREDO MARIÑO
director de Tesis. A los ING:
FREDDY VILLO Q, JUAN
CARLOS AVILES C, FREDDY
MACIAS EDGAR FREIRE,
WILLIAM ARCENTALES,
MARCELO CORDOVA, NELSON
HERRERA, quienes con su valiosa
experiencia nos ayudaron en la
realización de este trabajo.

DEDICATORIA

AL CREADOR DEL UNIVERSO, A
MIS PADRES, QUE CON
ESFUERZO Y SACRIFICIO ME
DIERON LA FORMACION QUE
HOY TENGO. A MIS
HERMANOS, Y A TODAS LAS
PERSONAS QUE SUPIERON
AYUDARME EN EL MOMENTO
PRECISO

VICTOR HUILCAPI SUBIA.

DEDICATORIA

A MIS PADRES,

A MIS HERMANOS

A MI ESPOSA

ALEX GAMARRA MACIAS

DEDICATORIA

A DIOS

A MI FAMILIA Y

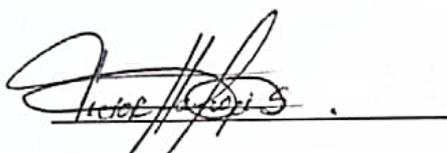
A MIS AMIGOS

JIMMY MORALES DUQUE

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Victor Huilcapi Subía



Alex Gamarra Macias



Jimmy Morales Duque

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Carlos Monsalve A

Decano de la FIEC

Ing. Luis Mariño

Director de tesis

Dr. Freddy Villao Q

Miembro principal

Ing. Juan Aviles C

Miembro principal

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VIII
INDICE GENERAL	XI
INDICE DE FIGURAS	XXIV
INDICE DE TABLAS	XXIX
INTRODUCCION.....	XXXI

I. PRINCIPIOS BASICOS DE TELEVISION

1.1 Historia de la televisión	32
1.2 Transmisor de televisión	32
1.3 Estándares de la radiodifusión de televisión	33
1.4 Captación de imágenes	38
1.5 Tubo de imagen	40
1.6 Fundamentos de la señales de televisión.....	41
1.6.1 Barrido y blanqueo de imágenes	41
1.7 Consideraciones acerca del ancho	45
1.8 El espectro de vídeo.....	47
1.9 Estandares de television	47
1.9.1 NTSC (national television system committee)	48
1.9.2 PAL (phase alternation by line)	49
1.9.3 SECAM (sequential couleur avec memoire)	50

1.10 Digitalización de señales de vídeo	51
1.10.1 Ancho de banda	51
1.10.2 Muestreo	51
1.10.3 Cuantificación	54

II. CARACTERITICAS Y DESCRIPCION DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS

2.1 Situación política y situación geográfica	56
---	----

III. FORMATO DE COMPRESION MPEG-2 PIEZA CLAVE DE LA TELEVISION DIGITAL

3.1 El Grupo Mpeg	65
3.2 La Norma Mpeg 2	67
3.3 Fundamentos de la Compresión	68
3.4 Compensación de Movimiento	70
3.5 Codificación Intra E Inter-Trama	74
3.6 Tramas I, P Y B	75
3.7 Organización del Flujo de datos de Vídeo	76
3.8 Transformada de Coseno Discreto	78
3.9 Cuantificación de Los Componentes	80
3.10 Codificación de Longitud Variable y de Series	83
3.11 Codificador de Mpeg	85
3.12 Audio en el Mpeg 2	87
3.13 Múltiplex	88
3.13.1 Flujo de Programa	89

3.13.2 Flujo de Transporte	90
3.14 Estructuras de las capas de flujo de vídeo	91
3.15 Perfiles y Niveles	93
3.16 Aplicaciones	98

IV. FUNDAMENTOS DE HDTV (TELEVISION DE ALTA DEFINICION)

TELEVISION EN PANTALLA ANCHA $(4/3)^2 = 16/9$

4.1 Relaciones de Aspecto.....	103
4.2 Razones de la Relación de Aspecto Actual	105
4.3 Elección de la Relación de Aspecto Para EDTV/HDTV	106
4.4 Razones de Percepción Visual	106
4.5 Razones de Preferencia Subjetiva	107
4.6 Razones de Compatibilidad con el cine.....	107
4.7 Razones de Compatibilidad con la Televisión Actual	109
4.8 Razones de Facilidad de Conversión	110
4.9 Razones estéticas	112
4.10 Conclusión.....	113
4.11 Aspecto de la Producción y Compatibilidad	114
4.12 Soluciones a la Compatibilidad	115
4.12.1 Mostrar una Imagen 16:9 en un Receptor 4:3	115
4.12.2 Mostrar una Imagen 4:3 en un Receptor 16:9	117
4.13 Alternativas Técnicas	118
4.13.1 Expansión Vertical	121
4.13.2 Comprensión Vertical	123

4.14 Pan-And-Scan o Letter Box: Donde, Cuando y Quien.....	124
4.15 Exhibición en el Formato Letter Box	124
4.16 La Ventana Central	128
4.17 Pan-And-Scan.....	128
4.18 Composición de la Imagen	132
4.19 Iluminación	134
4.20 Escenografía	136
4.21 Producción	137
4.22 Producción de Programas Deportivos y en Directo	137
4.23 Montaje	139
4.24 Sonido	140

V. FUNDAMENTOS DE LAS COMUNICACIONES POR SATELITE

5.1 Satélites Geoestacionarios	142
5.2 Patrones Orbitales	145
5.3 Angulos de Vista	147
5.4 Angulo de Elevación	147
5.5 Azimut	149
5.6 Asignaciones de Frecuencia	149
5.7 Patrones de Radiación: Huellas	150
5.8 Reutilizar	152
5.9 Parámetros del Sistema Satelital	153

5.9.1 Potencia de Transmisión y Energía de Bit	153
5.9.2 Potencia Radiada Isotropica Efectiva	155
5.9.3 Temperatura de Ruido Equivalente	156
5.9.4 Densidad de Ruido	158
5.9.5 Relación de Densidad de Portadora a Ruido	158
5.9.6 Relación de la Densidad de Energía de Bit a Ruido	159
5.9.7 Relación de Ganancia Temperatura de Ruido Equivalente	161

VI. FUNDAMENTOS DE PROPAGACION DE ONDAS

6.1 Introducción	162
6.2 Atenuación de Espacio Libre	163
6.3 Efecto de la Refracción.	164
6.4 Valores Típicos de K	165
6.5 Efecto de la Difracción	166
6.6 Criterios de Despejamiento	171
6.6.1 Para Enlaces de Uhf	172
6.6.2 Para Enlaces Entre 1500 Y 2000 Mhz	172
6.6.3 Para Frecuencias Superiores a 2000 Mhz	172
6.7 Otras Perdidas	172
6.8 Margen de Error	173
6.9 Calculo del Margen de Desvanecimiento	174
6.10 Nivel de Portadora Receptada	176
6.11 Umbral del Receptor:	177
6.12 Confiabilidad del Sistema:	177

6.13 Curvatura de la Tierra	178
6.14 Zona de Obscura	179
6.15 Zona Semiobscura	182
6.16 Zona de Claridad	183

VII. TECNOLOGIA DE ESTACIONES TERRENAS

7.1 Configuración de Antenas	184
7.2 Alimentador Central de las Antenas	185
7.3 Montaje de Antenas	186
7.3.1 Montaje X – Y	188
7.3.2 Montaje Az/El	188
7.3.3 Montaje Polar.....	189
7.4 Geometría de Antenas	189
7.5 Parámetros de las Antenas	190
7.5.1 Ganancia de la Antena	191
7.5.2 Ancho del Haz	193
7.5.3 Lóbulos Laterales (Sidelobes)	194

7.5.4 Ancho de Banda	196
7.6 Estándares de las Antenas	197
7.6.1 Estándar A	198
7.6.2 Estándar B	198
7.6.3 Estándar C	199
7.6.4 Estándar D	199
7.6.5 Estándar E	199
7.6.6 Estándar F	200
7.6.7 Estándar G	200
7.6.8 Estándar H	200
7.6.9 Estándar K	201
7.7 Parámetros de las Estaciones Terrenas	202
7.8 Impacto de las Orbitas Inclınadas	203
7.9 Cobertura del Haz	203
7.10 Bloqueo Horizontal	203
7.11 Estabilidad de la Eirp	204
7.12 Distancia al Satélite	206
7.13 Angulo de Elevación	206
7.14 Angulo de Azimuth	207
7.15 Amplificadores de Potencia	208
7.16 Capacidad de Potencia	208
7.17 Tipos de Amplificadores de Potencia	208

7.17.1 Amplificadores de Potencia Klystron	209
7.17.2 Amplificadores de Tubos de Onda Viajera Twt	212
7.18 Operación de un Twta	212
7.19 Amplificadores de Estado Sólido Sspa	214
7.20 Sspa Versus Twta	217
7.20.1 Intermodulación	217
7.21 Amplificadores de Bajo Ruido	219
7.22 Ruido	219
7.23 Convertidores de Frecuencia	221
7.24 Principios de Conversión de Frecuencia	222
7.25 Up Converter	223
7.26 Down Converter	224

VIII. DISEÑO DEL PROYECTO

8.1 Objetivo del Proyecto	228
8.2 Descripción del Sistema a Instalarse	229
8.2.1 Transmisión	229
8.2.2 Recepción	233
8.2.3 Ubicación Geográfica del Receptor	234
8.3 Diagrama Esquemático del Diseño – Transmisión	237
8.3.1 Red de Transmisión	237
8.3.2 Fundamentos del Diseño	240
8.3.3 Verificación del Segmento Ocupado en el Satélite	243
8.3.4 Dimensionamiento del Hpa	244

8.3.5 Selección de la Guía de Onda	247
8.4 Diagrama Esquemático del Diseño – Recepción	249
8.4.1 Red de Recepción	249
8.4.2 Fundamentos del Diseño	250
8.4.3 Calculo del Angulo de Elevación	250
8.4.4 Calculo del Angulo de Azimuth	252
8.5 Calculo del Enlace Satelital	257
8.5.1 Características del Enlace Satelital Tx/Rx	257
8.5.2 Enlace de Subida	260
8.5.3 Enlace de Bajada	262
8.6 Análisis del Propagación del Proyecto	265
8.6.1 Calculo de Azimuth:	
Cerro Crocker – Isla San Cristóbal	266
8.6.2 Calculo del Punto de Reflexión:	
Cerro Crocker – Isla San Cristóbal	268
8.6.3 Zona de Fresnel:	
Cerro Crocker – Isla San Cristóbal.....	270
8.6.4 Perdidas del Enlace:	
Cerro Crocker – Isla San Cristóbal.....	270
8.6.5 Ganancia del Sistema:	
Cerro Crocker – Isla San Cristóbal	273
8.6.6 Calculo de Azimuth:	
Cerro Crocker – Isla Santa María	275

8.6.7 Calculo del Punto de Reflexión:	
Cerro Crocker – Isla Santa María	277
8.6.8 Zona de Fresnel:	
Cerro Crocker – Isla Santa María	279
8.6.9 Perdidas del Enlace:	
Cerro Crocker – Isla Santa María	279
8.6.10 Ganacia del Sistema:	
Cerro Crocker – Isla Santa María	282
8.6.11 Calculo de Azimuth:	
Cerro Crocker – Isabela	284
8.6.12 Calculo del Punto de Reflexión:	
Cerro Crocker – Isla Isabela	286
8.6.13 Zona de Fresnel:	
Cerro Crocker – Isla Isabela	288
8.6.14 Perdidas del Enlace:	
Cerro Crocker – Isla Isabela	288
8.6.15 Ganancia del Sistema:	
Cerro Crocker – Isla Isabela	291
8.7 Cobertura del Sistema	295
8.7.1 Análisis de la Cobertura del Sistema	296
8.7.2 Isla San Cristóbal	298
8.7.2.1 Calculo de la Potencia de Transmisión	298
8.7.2.2 Calculo del Campo Eléctrico	298

8.7.3 Isla Santa Cruz	300
8.7.3.1 Calculo de la Potencia de Transmisión	300
8.7.3.2 Calculo del Campo Eléctrico	300
8.7.4 Isla Isabela	302
8.7.4.1 Calculo de la Potencia de Transmisión	302
8.7.4.2 Calculo del Campo Eléctrico	302
8.7.5 Isla Santa María	303
8.7.5.1 Calculo de la Potencia de Transmisión	303
8.7.5.2 Calculo del Campo Eléctrico	304
8.8 Características del Sistema	305

IX. CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

9.1 Encoder de Vídeo de Audio Digital	
TE3000 Marca Tiernan	308
9.2 Switch de Protección de Encoder	
TRS1 Marca TIERNAN	312
9.3 Modulador de Vídeo y Audio Digital	
SDM-2020M Marca Comtech Ef Data	314
9.4 Switch de Protección de Módem	
SMS-301 Marca Comtech Ef Data	318
9.5 Up Converter en Banda-C	
UT-4505 Marca Comtech Ef Data	322
9.6 Amplificador de Poder de Estado Sólido	
(Sspa) CPA-200 Marca Comtech Ef Data	326

9.7 Amplificador De Bajo Ruido (LNA) MODELO CLA Marca Comtech	330
9.8 Antena De Recepción En Banda C Marca Andrew de 3.7m	332
9.9 Down Converter En Banda-C DT- 4503 Marca Comtech Ef Data	334
9.10 Demodem De Vídeo Digital SDM-2020D Marca Comtech Ef Data	338
9.11 Decodificador De Vídeo TDR78 Marca Tiernan	340
9.12 Cables Coaxiales y Conectores	343
9.12.1 Coaxial LDF 4,5 – 50	343
9.12.2 Coaxial LDF 12 – 50	344
9.12.3 Guía de onda elíptica EWP52 heliax	345
9.12.4 Conector Andrew CPR 137 G	346
9.12.5 Conector Andrew CPR 229	346

X. ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

10.1 Costo del Proyecto	347
10.2 Determinación de las Tarifas de Servicio	351
10.2.1 Días Hábiles de Programación	352
10.2.2 Tipo de Programación	353
10.2.3 Tarifa a Cobrar	353
10.2.4 Competencia	355
10.3 Cronograma de Ejecución	356

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN	357
---	------------

APENDICES	360
------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA	363
---------------------------	------------

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Canal de radiodifusión de televisión estándar	35
Figura 1.2 Efecto del numero de elementos de imagen sobre la resolución	44
Figura 1.3 Patrón de barrido	45
Figura 2.1 Mapa geográfico de la provincia de Galápagos	59
Figura 2.2 Plano censal de puerto Ayora	60
Figura 2.3 Plano censal de puerto Villamil	61
Figura 3.1 Operaciones básicas de la compresión	69
Figura 3.2 Codificación preductiva inter-trama	73
Figura 3.3 Predicciones hacia delante	75
Figura 3.4 Predicción bidireccional	75
Figura 3.5 Ordenación de las tramas en el flujo de los datos de video	77
Figura 3.6 Transformación del coseno discreto. Arriba: muestras de video de un bloque de 8 x 8 píxeles. Abajo : coeficientes después de la transformación	79
Figura 3.7 Características de la cuantificación no lineal	83
Figura 3.8 Exploración en zig-zag de un bloque de 8 x 8 píxeles	85
Figura 3.9 Diagrama de bloques simplificado decodificador mpeg-2	86
Figura 4.1 La proporción 16:9 guarda una relación matemática sencilla con la proporción 4:3, lo que permite combinaciones	

como el “vidiwall”

(a) y el formato “pip” imagen en imagen (b)111

Figura 4.2 “rectángulo áureo”. Su relación de aspecto (1,618:1) esta muy cercana a la propuesta en los sistemas de edtv/hdtv (1,77:1).112

Figura 4.3 La proporción 16:9 (1,77:1) es la mejor solución de compromiso entre el formato más apaisado cinemascoppe y él mas cuadrado (TV actual)113

Figura 4.4 Opciones para mostrar una imagen 16:9 en pantallas 4:3116

Figura 4.5 Opciones para mostrar una imagen 4:3 en pantallas 16:9118

Figura 4.6 Opciones para mostrar una imagen 16:9 con expansión Horizontal120

Figura 4.7 Opciones para mostrar una imagen 16:9 con comprensión Vertical122

Figura 4.8 La compatibilidad entre los formatos 4:3 y 16:9 en los sistemas mac-paquetes se logra variando los factores de descompresión en el receptor131

Figura 4.9 En el sistema pla-plus, la compatibilidad se logra dividiendo la imagen en dos áreas. La primera contiene las 430 centrales que forman un rectángulo 16:9 la segunda, las zonas superior e inferior de 72 líneas cada una132

Figura 5.1 Orbita de un satélite142

Figura 5.2 Clases de orbitas144

Figura 5.3 Orbitas del satélite: (a) baja altitud

(Órbita circular, 100-300 millas); (b) media altitud	
(Órbita elíptica, 6000 a 12000 millas); (c) alta altitud	
(Órbita geosincrónico, 19000 a 25000 millas)	146

Figura 5.4	Azimut y ángulo de elevación, “ángulos de vistas”	148
Figura 5.5	Patrones de radiación de la antena del satélite	151
Figura 5.6	Haces a, punto; b, zonal; c, tierra	152
Figura 5.7	Curva característica de entrada / salida del hpa	154
Figura 6.1	Efecto de la curvatura de la tierra	167
Figura 6.2	Propagación de la onda y efecto de refracción	168
Figura 6.3	Elipsoide de fresnel	170
Figura 6.4	Criterios de despejamiento	171
Figura 6.5	Diagrama general del salto radioeléctrico	175
Figura 7.1	Antena con alimentación central	184
Figura 7.2	Geometría básica de una antena cassegrain	185
Figura 7.3	Montaje de xy	187
Figura 7.4	Montaje de az/e	187
Figura 7.5	Montaje polar	187
Figura 7.6	Geometría de una parabólica	190
Figura 7.7	Ancho de banda y diagrama de la radiación de una antena ...	194
Figura 7.8	Ganancia de la antena vs. Diámetro	196
Figura 7.9	Orbitas geoestacionarias(a) e inclinadas(b)	202
Figura 7.10	Ganancia de una antena de 6ghz, vs. Angulo de offset	204
Figura 7.11	Ganancia de una antena de 4ghz vs. ángulo de offset	205
Figura 7.12	Ganancia de una antena de 12ghz.vs. ángulo de offset	205

Figura 7.13	Geometría de la orbita de un satélite geoestacionario	207
Figura 7.14	Amplificador klystron	210
Figura 7.15	Diagrama de bloques del amplificador del klystron	211
Figura 7.16.	Tubo de onda viajera	213
Figura 7.17	Operación típica de un sspa de un im de tercer orden	215
Figura 7.18	Etapas de la amplificación de un sspa	216
Figura 7.19	Distorsión intermodulacion vs. backoff de salida de poder	218
Figura 7.20	Diagrama de bloques de un típico gaasfet	221
Figura 7.21	Principio del mezclador	222
Figura 7.22	Conversión simple del up-converter	223
Figura 7.23	Conversión simple del down-converter	225
Figura 7.24	Conversión doble del up-converter	226
Figura 7.25	Conversión doble del down-converter	227
Figura 8.1	Red de transmisión ubicada en Estación Terrena Guayaquil...	239
Figura 8.2	DVD modem ef data sdm 2020m	243
Figura 8.3	Ancho de banda ocupado por la mcpc	243
Figura 8.4	Red de recepción ubicada en la Isla Santa Cruz (Cerro Crocker)	246
Figura 8.5	Trayecto Cerro Crocker – Isla San Cristóbal	267
Figura 8.6	Punto de reflexión trayecto Cerro Crocker – Isla San Cristóbal	269
Figura 8.7	Trayecto Cerro Crocker – Isla Santa Maria	276
Figura 8.8	Punto de reflexión Trayecto Cerro Crocker – Isla Santa Cruz	278

Figura 8.9	Trayecto Cerro Crocker – Isla Isabela	285
Figura 8.10	Punto de reflexión Trayecto Cerro Crocker – Isla Isabela	287
Figura 8.11	Representación grafica de los azimuth de todos los Trayectos	294
Figura 9.1	Encoder de audio y video	308
Figura 9.2	Diagrama de bloques del encoder de audio y video	311
Figura 9.3	Switch de protección de encoder	312
Figura 9.4	Aplicación del switch de protección de encoder	313
Figura 9.5	Modulador de audio y video	314
Figura 9.6	Aplicación típica del modulador de audio y video	317
Figura 9.7	Switch de protección de modem	318
Figura 9.8	Diagrama de bloques del switch de protección de modem	321
Figura 9.9	Up converter	322
Figura 9.10	Amplificador de poder de estado sólido	326
Figura 9.11	Amplificador de bajo ruido	330
Figura 9.12	Antena de recepción	332
Figura 9.13	Down converter	334
Figura 9.14	Demodulador digital de audio y video	338
Figura 9.15	Decodificador digital de audio y video	340

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.1	Canales de TV en VHF y su distribución de frecuencia47
Tabla 1.2	Especificaciones técnicas del NTSC49
Tabla 1.3	Especificaciones técnicas de PAL50
Tabla 1.4	Especificaciones técnicas del SECAM51
Tabla 3.1	Perfiles y niveles del MPEG298
Tabla 5.1	Sistemas de comunicaciones por satélites 145
Tabla 7.1	Sumario de estándares de Intelsat de estaciones terrenas197
Tabla 8.1	Ubicación geográfica del cerro crocker240
Tabla 8.2	Velocidad de acuerdo al tipo de programación237
Tabla 8.3	Calculo de la tasa de información de la MCPC241
Tabla 8.4	Selección de la guía de onda247
Tabla 8.5	Ángulos de elevación para la antena andrew de 3,7 m253
Tabla 8.6	LNA recomendados para la antena andrew de 3,7m254
Tabla 8.7	Perdidas atmosféricas de acuerdo a la frecuencia261
Tabla 8.8	Distancias y enlaces del sistema265
Tabla 8.9	Posición geográfica y altura de las estaciones265
Tabla 8.10	Características técnicas del radioenlace293
Tabla 8.11	Grado de servicio de televisión296
Tabla 10.1	Costo del proyecto – transmisión347
Tabla 10.2	Costo del proyecto – recepción348
Tabla 10.3	Costo total del proyecto349

Tabla 10.4	Determinación de la tarifa de servicio	354
------------	--	-----

Tabla 10.5	Cronograma de ejecución	356
------------	-------------------------------	-----

INTRODUCCION

Hace diez o veinte años no importaba mucho si había varios sistemas de televisión incompatibles entre si, ya que la distancia era un gran aislante, pero los tiempos han cambiado, y en la actualidad existen muchos satélites que unen los paises a través de la televisión y el Internet. De la misma forma las señales televisivas han cambiado, tal es asi que de la televisión analógica, hemos dado un salto a la televisión digital, en la cual se utiliza los bits para representar las imágenes, y ofrecer una calidad de estudio insuperable por la TV analógica.

Pero en nuestro país las redes de microondas son en su mayoría analógicas, y pasaran algunos años hasta que se digitalice un canal de televisión, por la fuerte inversión que esto significa.

Nuestro proyecto ofrece un sistema enteramente digital para transportar las señales de televisión de las emisoras , y que las mismas no tengan que necesariamente hacer el fuerte gasto para digitalizar su canal, con el objetivo de llevar su señal hacia un punto fijo de destino.

Nuestro estudio esta direccionado para dar servicio a las principales islas de la provincia de Galápagos, para que tengan acceso a los canales locales de televisión, aunque siendo visionarios el objetivo de tener una red digital satelital de vídeo es de difundir la señal a otros continentes, pero esto ya sería una ampliación de nuestro proyecto en el futuro.

RESUMEN

El objetivo principal de nuestro proyecto es transmitir canales locales de televisión hacia la provincia de Galápagos, debido a que existe un déficit muy grande de televisión Ecuatoriana en dicho territorio, con lo cual permitiremos a la mayoría de la población acceder a la programación que nos brindan las emisoras actualmente.

Este sistema es casi totalmente nuevo, para lo cual hemos adoptado equipamiento de última tecnología, acogiéndonos a las recomendaciones de los principales organismos regulatorios para garantizar el funcionamiento óptimo de nuestro sistema.

Es importante decir que el medio de transporte de las señales es satelital, para lo cual utilizaremos el INTELSAT VII 709, actualmente en servicio y con un transponder de 36 Mhz alquilado a Pacifictel S.A.

El estudio de nuestro proyecto lo hemos realizado de forma secuencial en 10 capítulos, así en el capítulo 1 detallamos los principios básicos de la televisión, estándares que actualmente se utilizan en las diferentes regiones, adentrándonos también en la era digital de la televisión.

En el capítulo 2 describimos las características de la provincia de Galápagos, su situación política y geográfica, incluyendo los mapas políticos de cada una de las islas a las que pretendemos dar servicios, para dar una noción de la situación actual de cada una de ellas.

En el capítulo 3 se realiza un estudio completo del formato de compresión MPEG –2, el cual es la pieza clave de la televisión digital, aquí se explica detalladamente el procesamiento de las señales de audio y vídeo, el proceso de multiplexación de los datos, la estructura de las capas de flujo de vídeo entre otras.

En el capítulo 4 se explica los fundamentos de la televisión de alta definición HDTV, se hace hincapié en todos sus temas, debido a que este formato de televisión es totalmente nuevo, y recomendamos prestarle la atención correspondiente.

En el capítulo 5 se hace un estudio de las comunicaciones por satélite, el cual relata conceptos básicos necesarios para el posterior desarrollo de nuestro proyecto.

El capítulo 6 trata los fundamentos de la propagación de ondas, se explica todos los puntos para realizar el cálculo de propagación en los diferentes enlaces.

En el capítulo 7 explicamos los conceptos básicos de los equipos que forman una estación terrena (antenas, HPA, LNA, UP CONVERTER etc.), lo cual es de mucha utilidad en el momento de dimensionar los equipos a utilizarse.

En el capítulo 8 realizamos el diseño del proyecto, aquí explicamos como será la red de transmisión, la red de recepción, así mismo realizamos un breve análisis de los equipos que utilizaremos, realizamos el cálculo satelital, y el cálculo de propagación, también hacemos un análisis de cobertura de las

principales islas, todo esto con el objetivo de tener bases sólidas para una futura implementaron del mismo, y dar referencia para las aplicaciones futuras que estamos seguros que vendrán.

El capítulo 9 describe de una forma detallada las características técnicas de los equipos que utilizaremos, así mismo mostramos fotos de cada uno de ellos con el objetivo de tener una idea clara del equipo del cual estamos hablando, también detallamos los cable coaxiales a utilizarse, guía de onda, conectores etc.

En el capítulo 10 realizamos el análisis económico del proyecto, aquí determinamos las tarifas de servicio necesarias para recuperar el capital invertido. Así mismo ofrecemos diferentes alternativas de servicio con el objetivo de hacer más apetecible nuestro proyecto para nuestros futuros clientes, asegurando siempre un servicio de calidad a un menor precio.

Finalmente realizamos las conclusiones y recomendaciones, en donde damos a conocer las facilidades que ofrece nuestro sistema, así mismo damos alternativas de crecimiento y desarrollo en beneficio de los usuarios de las islas encantadas.

CAPITULO I

PRINCIPIOS BASICOS DE VIDEO

1.1 HISTORIA DE LA TELEVISIÓN

La palabra televisión proviene de la palabra griega tele (que significa distante) y la palabra en latín visión (que significa vista). En consecuencia, televisión solo significa ver desde cierta distancia. En su forma más sencilla, la televisión es el proceso de convertir imágenes a señales eléctricas y después transformar esas señales en un receptor lejano, donde se convierten de nuevo a imágenes que se pueden percibir a simple vista.

1.2 TRANSMISOR DE TELEVISION

La emisión de televisión involucra la transmisión de dos señales por separadas: un aural (sonido) y una señal de vídeo (imagen). Cada transmisor de televisión emite dos señales totalmente separadas para la información de la imagen y sonido. La transmisión aural, utiliza la modulación de frecuencia y la transmisión de vídeo la modulación de amplitud. La figura muestra un diagrama de bloques simplificado para un transmisor de televisión. Ilustra dos transmisores totalmente separados (Un transmisor de FM para la información de sonido y un

transmisor de AM para la información de imagen) cuyas salidas están combinadas en un puente diplexor y alimentan una sola antena. Un puente diplexor es una red que se utiliza para combinar las salidas de dos transmisores que operan a diferentes frecuencias y utilizan el mismo sistema de antena. La información de vídeo se limita a las frecuencias menores a 4Mhz y puede generarse mediante una cámara (para transmisores en vivo), un vídeo cassette o grabadora de cassette, o una grabadora de disco de vídeo. El interruptor de vídeo se utiliza para seleccionar la fuente de información de vídeo que se desea emitir. La información de audio se limita a frecuencias menores a 15 khz y puede generarse en un micrófono (de nuevo, solo para las transmisiones en vivo), mediante pistas de sonido en grabadoras de cassette o disco, o en un cassette de audio o grabadora de discos independiente. El mezclador/interruptor de audio se utiliza para seleccionar la fuente de audio apropiada para emitir. La figura también muestra las señales de sincronización horizontal y vertical, las cuales se combinan con la información de la imagen antes de la modulación. Estas señales se utilizan en los receptores para sincronizar las razones de exploración horizontal y vertical.

1.3 ESTANDARES DE LA RADIODIFUSION DE TELEVISION

La figura muestra el espectro de la frecuencia para un canal de radiodifusión de televisión estándar. Su ancho de banda total es de 6 Mhz. La portadora de

la imagen esta espaciada a 1.25 Mhz arriba del limite inferior para el canal y la portadora de sonido a 0.25 Mhz abajo del limite superior. Por tanto, las portadoras de imagen y de sonido tienen siempre 4.5 Mhz de separación. La subportadora de color esta ubicada a 3.58 Mhz arriba de la portadora de imagen. La radiodifusión de televisión comercial utiliza una transmisión de banda lateral vestigial para la información de la imagen. La Banda lateral inferior es de 0.75 Mhz de ancho y la banda lateral superior de 4Mhz. En consecuencia, las frecuencias bajas de vídeo (un perfil general de la imagen) se enfatizan con relación a las frecuencias altas de vídeo (detalles más exactos de la imagen). La portadora de sonido FM tiene un ancho de banda de 75 Khz aproximadamente (± 25 Khz desviación para la modulación al 100%). La modulación de amplitud y fase se usa para codificar la información de color en la subportadora de color de 3.58 Mhz.

La televisión puede definirse como la transmisión de imágenes a distancia. Esta realidad durante muchas generaciones y buena prueba de ellos es que ya en 1884 Paúl Nipkow emitió su primera teoría relacionada con ello.

Es evidente que la transmisión de una imagen plantea problemás mucho más complejo que la de un sonido. En principio, parece lógico que para emitir correctamente una imagen se suministre una información simultanea de todos y cada uno de los puntos que la integran, de forma analógica a como se realiza

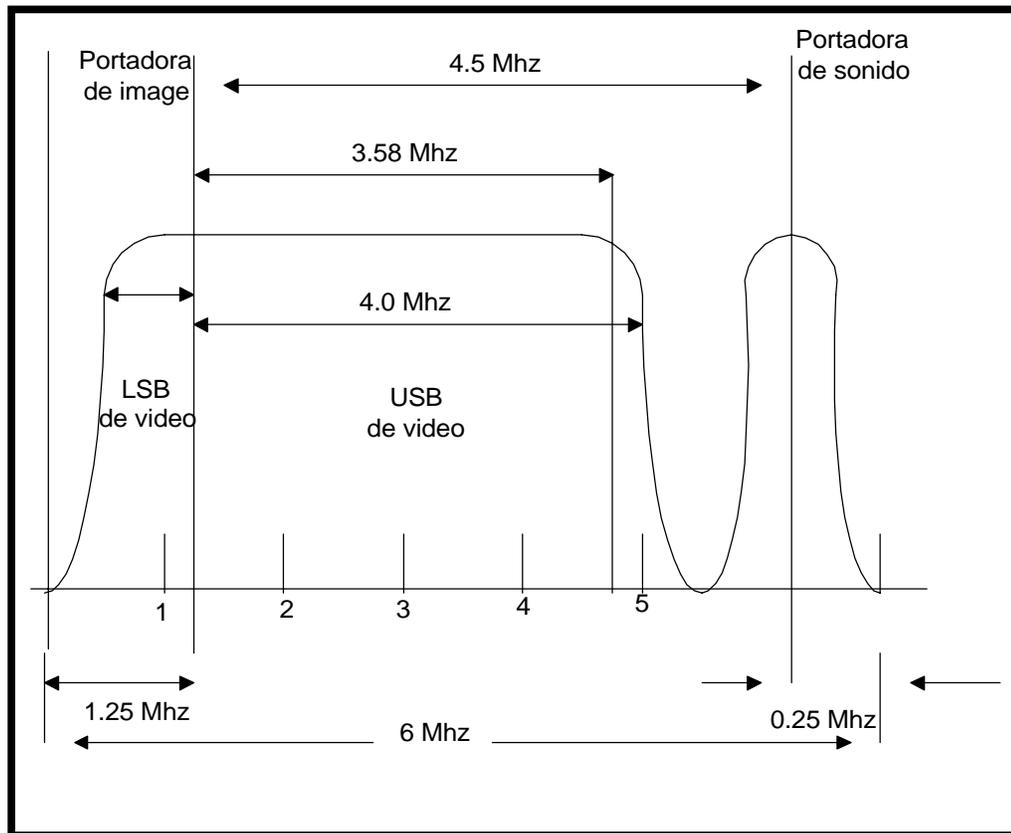


Figura 1.1 CANAL DE RADIODIFUSION DE TELEVISION ESTANDAR

el proceso de visión óptica. Ante la posibilidad de corregir un sistema perfecto, se ha ideado un todo que, basado en el suministro de información secuencial, conduce a resultados muy satisfactorios. Para ello ha sido necesario aprovechar la persistencia de imágenes en la retina del ojo humano, es decir, el hecho de cuando la retina es excitada por una impresión luminosa, esta no desaparece instantáneamente, sino que la hace de forma progresiva, aunque un corto espacio de tiempo.

El concepto de suministro secuencial de información ha permitido que la transmisión de imágenes se pueda realizar explorando la escena mediante líneas prácticamente horizontales. En esencia, se trata de descomponer cada imagen captada por la lente de la cámara en una serie de superficies elementales que se exploran mediante un haz electrónico que actúa de forma similar a como lo hace nuestra vista cuando se lee una página impresa.

El primer problema que se plantea es la nitidez de imagen aceptada. Para ello se estima que debe tomarse información, como mínimo de 400.000 puntos de cada imagen. Por otra parte, y con el fin de que con imágenes móviles exista una sensación de continuidad, se ha adoptado la forma de emitir 25 imágenes por segundo.

Conseguida la información secuencial de la imagen de transmitir y convertida esta información en una señal eléctrica, nuevamente debe transformarse en el receptor en una señal óptica. Para ello es necesario que la reproducción en tubo de imagen de todos y cada uno de los puntos de la escena se realice de forma ordenada, en el tiempo y en el espacio. Esto se consigue superponiendo a la señal otra referencia, llamada de sincronismo. El sincronismo horizontal se utiliza para efectúa un adecuado barrido de cada línea, así como para provocar la conmutación de una línea a la siguiente. El vertical sigue de referencia para

realizar el desplazamiento vertical del haz electrónico e iniciar el retroceso del mismo cuando se ha llegado al límite inferior de la imagen.

Emitiendo 25 imágenes por segundo se consigue la sensación de continuidad en escenas móviles; pero en cambio, se observa un modesto parpadeo motivado por el hecho de que la impresión producida en el ojo por la intensidad luminosa de una imagen ha descendido considerablemente cuando se recibe la siguiente. Este mismo efecto se aprecia en una proyección cinematográfica cuando se proyectan 24 fotogramas por segundo, pero sin aumentar el número de líneas; para evitarlo, durante un barrido vertical se exploran las líneas pares y durante las siguientes las impares.

Para garantizar la recepción de una imagen es necesario enviar, por una parte, información de todos y cada uno de los puntos en que se descompone esta señal (señal de imagen) y, por otra parte, las señales referencia que permita recomponer la imagen transmitida (señal de sincronismo). Ambas señales combinadas en una sola, componen la señal de vídeo.

Básicamente, el procedimiento de captación y transmisión de imágenes de televisión es similar en todos los países, pero hay sistemas con ciertas diferencias entre ellos motivadas por exigencias de explotación debidas a razones técnicas, económicas, etc.

Lógicamente, hubiera sido muy interesante conseguir el establecimiento de una norma única, ya que de esta manera se facilitaría el intercambio de programas, grabados o en directo, y un mismo receptor podría utilizarse en cualquier lugar del planeta. No obstante, existían ya, en principio, dificultades importantes entre las cuales destaca la distancia frecuencia en el suministro de energía eléctrica (50hz en Europa y 60 en USA).

1.4 CAPTACION DE IMÁGENES

En los inicios de la televisión se planteo la necesidad primordial de disponer de un sistema adecuado que permitiese el análisis de la secuencia a transmitir. Se propusieron numerosas soluciones mecánicas, alguna de ellas muy ingeniosas pero que adolecían, en general, de la elevada inercia de sus partes móviles y de un deficiente aprovechamiento de la iluminación. En la actualidad, todos los sistemas de captación son electrónicos. A título de ejemplo se enumeran los tubos de captación de imagen que más se han utilizado.

- El inoscópico se basa en el principio de emisión fotoeléctrica; el barrido se realiza mediante un haz de electrones rápido; la imagen óptica se proyecta sobre un mosaico constituido por células fotoeléctricas elementales, cada una de las cuales emiten un cierto número de electrones que originan una señal de imagen correspondiente.

- El orticón es un tubo de rendimiento elevadísimo: el mosaico fotosensible se barre mediante un haz de electrones lentos.
- El vidicon es un tubo basado en la fotoconductividad de algunas sustancias, es decir, en la variación de la resistencia de un semiconductor en función de la luz incidente; sus dimensiones son muy reducidas (2,2 cm de diámetro y 13,3 cm de largo). La imagen óptica se proyecta sobre una placa semiconductor que, a su vez es explorada por el lado opuesto mediante un finísimo rayo de electrones. No es útil para la captación de imágenes en las que la iluminación de cada elemento cambia bruscamente, ya que parece un efecto de arrastre detrás de los objetos en movimiento. En cambio, la captación de imagen, es excelente en los telecines, donde se utiliza con éxito en el análisis de las películas y en las instalaciones industriales, científicas y educativas.
- El plumbicon se basa en el mismo principio que el vidicón, pero en él la plancha fotoconductora - constituida por óxido de plomo - se halla formada por tres capas: la primera, en contacto con la placa colectora, esta constituida por un semiconductor; la segunda, por óxido de plomo, y la tercera por otro semiconductor. De esta forma se origina un diodo que se halla polarizado inversamente durante su funcionamiento; debido a ello, la

corriente a través de cada célula elemental, en ausencia de luz, es extraordinariamente baja y la sensibilidad del plumbicón, bajo estas características es muy elevada. El plumbicón es de respuesta más rápida que el vidicon, por lo que no presenta el efecto de arrastre; sus características mecánicas y físicas aconsejan su utilización en televisión profesional y, en esencia, en cámaras de color.

1.5 TUBO DE IMAGEN

Al igual que para la captación de imagen, en la recepción se utilizaron medios mecánicos que adolecían de análogos defectos, es decir; escaso rendimiento luminoso y elevada inercia de las partes móviles. Pero el tubo de imagen desplazó los otros sistemas.

El tubo de imagen consiste en una ampolla de vidrio en cuyo interior se ha hecho el vacío; en el cuello se fija un cañón emisor de electrones y su parte frontal inferior está cubierta con una capa luminiscente para obtener un rendimiento, estabilidad y tipo de color preestablecido. También es muy importante que la luminiscencia originada por un barrido haya desaparecido prácticamente antes de que se realice el barrido siguiente, pues de lo contrario, al reproducir imágenes en movimiento rápidos, observaría un efecto de arrastre.

El funcionamiento del tubo imagen es como sigue. Un haz de electrones originado en el cañón, debidamente concentrado y desviado, incide en el cañón, debidamente concentrado y desviado, incide a gran velocidad sobre un elemento de la pantalla provocando la iluminancia del mismo. La concentración del haz se realiza mediante una lente electrónica y su intensidad se regula a través de un electrodo en función de la señal de vídeo recibida del emisor. El desplazamiento del haz, tanto en sentido horizontal como vertical, se realiza mediante campos electromagnéticos perpendiculares que en ambos sentidos que en ambos; se hallan gobernados por los impulsos de sincronismo superpuestos a la señal de imagen.

1.6 FUNDAMENTOS DE LAS SEÑALES DE TELEVISION

1.6.1 BARRIDO Y BLANQUEO DE IMÁGENES

En un sistema de audio, la voz es transformada a señales eléctricas a través de un micrófono. Esta energía eléctrica es nuevamente invertida en sonido mediante un parlante. De manera similar, en un sistema de televisión las ondas de luz (que forman una imagen) son detectadas por una cámara de televisión y convertidas a energía eléctrica; más adelante se convierten en imágenes por medio de un tubo de rayos catódicos.

El corazón de una cámara de televisión es un tubo de rayos catódicos. La luz desde la escena visual imparte en el tubo de la misma manera que imparte en nuestros ojos, Diferentes objetos proporcionan diferentes intensidades de luz, un objeto oscuro envía menos intensidad lumínica a la cámara que objetos brillantes. El tubo de rayos catódicos genera un flujo de electrones que recorre la cara del tubo. El movimiento del flujo de electrones detecta la imagen enfrente de la cámara y la convierte en una representación eléctrica de imagen. Un campo magnético es usado para mover el flujo electrónico que rastrea a través de la pantalla de la cámara una línea a la vez.

Una imagen grabada por una cámara tiene una cantidad infinita de variaciones de luz que es capturada por tubo de rayos catódicos. Este lo traslada a niveles muy diferentes de voltaje eléctricos que son generados, cada voltaje correspondiente a la cantidad de luz en la imagen. Estas variaciones eléctricas forman una señal analógica, que esta constantemente cambiando, respondiendo a la cantidad que es detectada por el Tubo de rayos catódicos.

Esta señal puede ser llevada a un tubo de imágenes (TV) para una reproducción de la imagen original. Un tubo de imágenes es otro TRC pero que cambia de acuerdo a la intensidad eléctrica entrante para producir una imagen de televisión. El cátodo del tubo de imágenes genera un flujo de electrones que recorre la pantalla para reproducir la imagen. De la misma forma que la

cámara, un campo magnético causa que el flujo recorra la cara de la pantalla de izquierda a derecha. Esta señal de vídeo es mucho más amplia que una señal de audio debido a que la cantidad de información a ser transmitida de una imagen es mucho mayor. (especialmente si la señales de vídeo transmiten color).

La transmisión a color esta compuesta por tres colores primarios: rojo, azul y verde. Estos tres colores pueden recrear toda la información de color de cualquier imagen. La cámara de televisión contiene tubos que capturan la intensidad de cada color primario de una imagen. Esta información de color es llamada crominancia y con la información de luminancia requerida en una imagen blanco y negro será transmitida en forma de energía eléctrica a un tubo de imágenes.

El flujo de electrones debe recorrer la cara de la cámara y el tubo de imágenes de manera precisa y coordinada. Este proceso de barrido es llamado "Barrido entrelíneas". El flujo se mueve de izquierda a derecha y de arriba abajo. Este es llamada rastreo horizontal. Actualmente este rastreo no es realizado en línea recta. El flujo se mueve de izquierda a derecha en un ligero ángulo de inclinación. El rastreo toma lugar línea por línea.

En televisión el problema central es la transmisión de imágenes visuales mediante señales eléctricas. La imagen, o cuadro se puede considerar como un cuadrado subdividido en varios cuadro pequeños que se conocen como elementos del cuadro en una imagen significa una reproducción más nítida (mejor resolución) en el receptor.

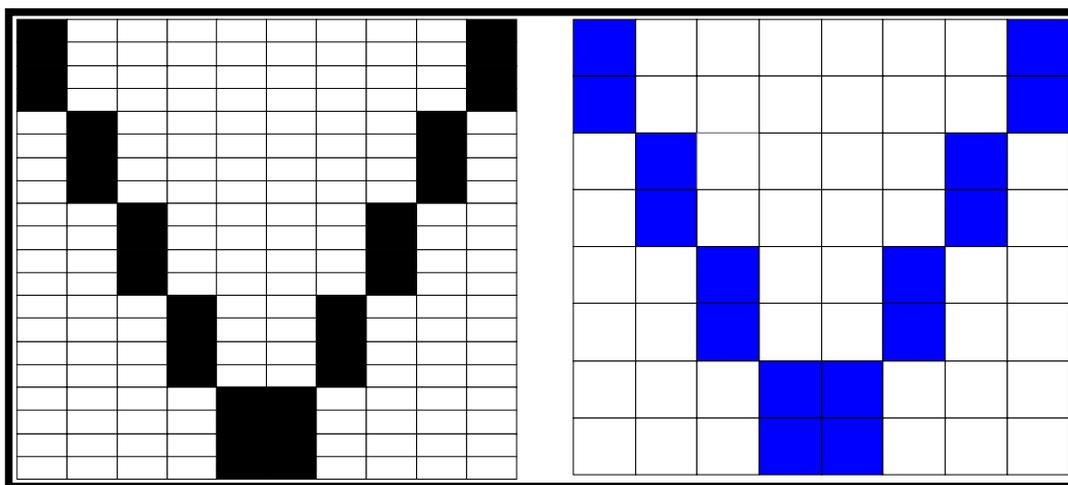


Figura 1.2 EFECTO DEL NUMERO DE ELEMENTOS DE IMAGEN SOBRE LA RESOLUCIÓN

La información de todo el cuadro se transmite mediante una señal eléctrica proporcional al nivel de brillantes a los elementos del cuadro, tomados en una cierta sucesión. Comenzamos desde el vértice superior izquierdo, con el elemento numero uno y exploramos la primera línea del elemento (ver figura); después, volvemos al inicio de la segunda línea, la exploramos y continuamos de esta forma hasta terminar con la ultima línea. La señal eléctrica generada durante todo el intervalo de barrido contiene la información de la figura.

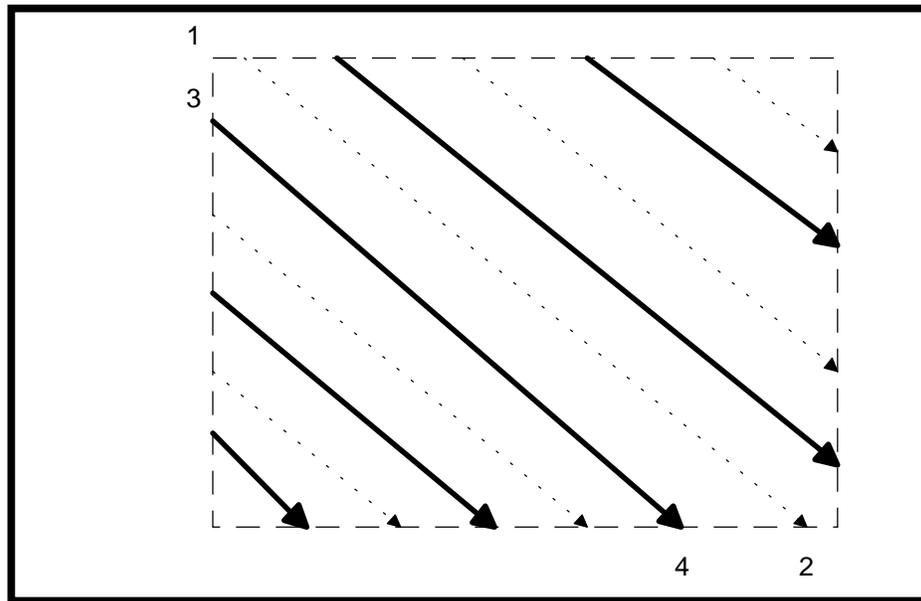


Figura 1.3. PATRON DE BARRIDO

1.7 CONSIDERACIONES ACERCA DEL ANCHO

El número de líneas horizontales que se usan en Estados Unidos es de 495 por cuadro. El tiempo que se requiere para el trazo vertical al final de barrido es equivalente al que se requiere para 30 líneas horizontales. En consecuencia se considera que cada cuadro tienen un total de 525 líneas (625 en Europa) fuera de las cuales solo 495 son activas. Las imágenes deben transmitir en una sucesión de cuadros con el fin de crear la ilusión de continuidad y evitar el parpadeo así como el movimiento discontinuo que se ve en las viejas películas. Gracias a la propiedad de la retina de retener una imagen por un breve periodo aun después de que el objeto se ha movido, es necesario

Transmitir unas 40 imágenes o cuadros por segundos. En la televisión se transmiten solo 30 cuadros por segundo con el fin de conservar el ancho de banda.

Para eliminar el efecto del parpadeo que ocasiona el bajo índice de cuadros, el barrido de las 495 líneas se efectúa en 2 patrones sucesivos. En el primer patrón de barrido (Llamado primer campo), toda la imagen se explora usando solo 247.5 líneas (Las líneas sólidas que aparecen en la figura). En el segundo patrón de barrido (o segundo barrido), la imagen se explora otra vez usando 247.5 líneas entrelazadas con las líneas del primer campo (líneas de guiones de la figura). Los 2 campos juntos constituyen una imagen completa o cuadro. Entonces, en realidad existen solo 30 elementos de imagen por segundo, y un total equivalente de $525 \times 525 \times 30 = 8.26 \times 10^6$ elementos de imagen por segundo (en realidad, la relación de la anchura de la imagen a su altura es de $4/3$, en consecuencia el número de elementos de imagen aumentara en un factor de $4/3$; pero este factor casi se cancela debido a que el patrón de barrido no se alinea en forma perfecta con el patrón de cuadrícula de la figura . Reduciéndose de esta forma la resolución por un factor de 0.70 denominado factor de Kent). Podemos estimar el ancho de banda de transmisión de una señal de vídeo si observamos que transmitir una señal de vídeo equivale a transmitir 8.26×10^6 segmentos de información por segundo. En consecuencia el ancho de banda teórico que se requiere es la mitad de este, es decir 4.13Mhz.

1.8 EL ESPECTRO DE VÍDEO

Para comenzar, comenzamos un caso simple de transmisión de una imagen fija. El proceso de exploración estudiado anteriormente equivale a explorar un arreglo de la misma imagen que se repite en ambas direcciones.

El FCC permite un ancho de banda de 6 Mhz, para la difusión de TV, con las posiciones de las frecuencias como se muestra a continuación:

NUMERO DE CANAL	BANDA DE FRECUENCIA (MHZ)
VHF 2,3,4	54 – 72
VHF 5,6	76 – 88
VHF 7 – 13	174 – 216
VHF 14 – 83	470 - 890

Tabla 1.1 CANALES DE TELEVISIÓN EN VHF Y SU DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIA

1.9 ESTANDARES DE TELEVISION

Existen en la actualidad tres estándares en el mundo para vídeo compuesta de color codificado : NTSC, PAL y SECAM.

1.9.1 NTSC (National Televisión System Committee)

Fue creado como estándar en USA en 1954. Este estándar se basa en el “National Televisión System Committee” de la EIA, la organización define los formatos estándares adoptados por la FCC para difusión de TV. En los Estados Unidos. NTSC es también un estándar utilizado en Japón, Canadá, México y en otros países de América. NTSC es usualmente tomado para describir el sistema de TV, a color NTSC, o sus estándares de interconexión. NTSC corre sobre 525 líneas por segundo, la frecuencia de imagen (cuadro) por segundo es de 29.97 NTSC es también llamado “Vídeo compuesta” porque toda la información de vídeo (sincronismo, luminancia y color) son combinados en una señal analógica.

Cuando la difusión de color se convirtió en una posibilidad comercial, el estándar fue creado para permitir que las señales de TV de color sean compatibles con la TV existente de blanco y negro. La restricción de compatibilidad con la nueva tecnología resulto en un compromiso de la calidad de la imagen a color. La modulación de color es en QAM. Ancho nominal de la banda lateral principal 4.2 Mhz, Ancho nominal de la banda lateral residual es 0.75 Mhz.

SISTEMA	NTSC
LINEAS/CAMPO	525/60
FRECUENCIA HORIZONTAL	15.734 Khz
FRECUENCIA VERTICAL	60 Hz
FRECUENCIA DE SUBPORTADORA DE COLOR	3.579545 Mhz
ANCHO DE BANDA DE VIDEO	4.2 Mhz
PORTADORA DE SONIDO	4.5 Mhz

Tabla 1.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL NTSC

1.9.2 PAL (Phase Alternation by line)

Fue implementado al comienzo de la década de los años 60. Este estándar se basa en el Phase Alternation by line. Este estándar de difusión de vídeo es usado en Alemania, Gran Bretaña y en la mayoría de las naciones de Europa del Oeste (Excepto en Francia). Invertiendo la fase relativa de los componentes de la señal de color en el NTSC. Utiliza QAM para modulación de color. Dicho de otro modo, PAL se parece a NTSC. Basado en sistemas de poder de 50 Hz, PAL muestra 625 líneas entrelazadas a 50 campos por segundo (25 tramas por segundo). PAL no es compatible con NTSC ni con SECAM, sin embargo la conversión entre los estándares es posible. Los productos de vídeo que se han

usado en Europa requieren ser compatibles con PAL. Existen variaciones del sistema PAL: PAL B,G,H – PAL I – PAL D – PAL N – PAL M.

SISTEMA	PAL B,G,I	PAL Y	PAL D	PAL N	PAL M
LINEAS DE CAMPO	625/50	625/50	625/50	625/50	525/60
FRECUENCIA HORIZONTAL	15.625 Khz	15.625 Khz	15.625 Khz	15.625 Khz	15.750 Khz
FRECUENCIA VERTICAL	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz
FRECUENCIA DE SUBPORTADORA DE COLOR	4.433618 Mhz	4.433618 Mhz	4.433618 Mhz	3.582056 Mhz	3.575611 Mhz
ANCHO DE BANDA DE VIDEO	5 Mhz	5.5 Mhz	6 Mhz	4.2 Mhz	4.2 Mhz
PORTADORA DE SONIDO	5.5 Mhz	6 Mhz	6.6 Mhz	4.5 Mhz	4.5 Mhz

TABLA 1.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE PAL

1.9.3 SECAM (Sequential Couleur Avec Memoire)

Es la abreviación de “Sequentiel Couleur Avec Memoire”. Fue introducido en Francia a principio de los años 60. El sistema de control de línea secuencial, usado en Francia, Rusia, Europa del Este y algunos países del Medio Este. Como el PAL, el SECAM es basado en sistemas de poder de 50 Hz, mostrando líneas de entrelazado a 50 campos por segundo. La información de color es transmitida secuencialmente (R-Y seguida por B-Y, etc) para cada línea e impartida por una subportadora de frecuencia modulada, que evita la distorsión surgida durante la transmisión NTSC, SECAM no es compatible con NTSC ni con PAL, sin embargo la conversión entre los estándares es posible.

SISTEMÁS	SECAM B,G,H	SECAM D,K,KI,L
LINEAS/CAMPO	625/50	625/50
FRECUENCIA HORIZONTAL	15.625 Khz	15.625 Khz
FRECUENCIA VERTICAL	50 Hz	50 Hz
ANCHO DE BANDA DE VIDEO	5 Mhz	6 Mhz
PORTADORA DE SONIDO	5.5 Mhz	6.5 Mhz

Tabla 1.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SECAM

1.10 DIGITALIZACION DE SEÑALES DE VIDEO

1.10.1 ANCHO DE BANDA

Al principio las señales de televisión de blanco y negro requerían un ancho de banda de 10 Mhz. Con la aparición de la TV de color este ancho de banda se incrementa a 40 Mhz por el uso de las señales de luminancia y crominancia (verde, rojo y azul). Por el uso de estándares de vídeo (tales como NTSC, PAL, SECAM) este ancho de banda se redujo a 10 Mhz. Usando la teoría de las probabilidades este ancho de banda se reduce aun más, hasta 6 Mhz; 4 Mhz para luminancia y 2 Mhz para el color.

Para tener una imagen de televisión aceptable se deben alcanzar a recorrer 30 cuadros por segundo con la técnica de entrelazado. Esto en codificación digital equivaldría a 30 tramás por segundo, lo equivale a una tasa de transmisión de 140 Mbps.

140 Mbps es un ancho de banda demasiado grande, por lo que se usa las técnicas de compresión de vídeo. Existen técnicas de compresión propietarias (es decir propias de cada fabricante) y otras que son estándares (es decir normadas por organismos internacionales). Esto es lo que permite interconexión abierta de equipos.

El proceso de digitalización de la señal de vídeo es prácticamente lo mismo que el de audio digital, y consiste en dos procesos básicos: muestreo y cuantificación.

1.10.2 MUESTREO

El proceso es similar al de una película de cine, donde cada cuadro representa una parte del movimiento fluido. La frecuencia de muestreo equivale a la velocidad de exposición de cada cuadro, determinando así la calidad de la grabación.

Si el muestreo es muy bajo, los cambios rápidos de la señal de entrada no serán grabados o registrados. Para la señal de audio, es común muestrear la señal al doble de la frecuencia más alta, un concepto desarrollado por Nyquist, científico de los laboratorios Bell.

Las frecuencias Nyquist utilizado para el audio son : 32 Khz para la transmisión del audio digital; 44.1 para el formato Compaq Disc; y 48 khz para las grabadoras de audio profesionales.

Mediante la experimentación se obtuvieron los mejores resultados muestreando el vídeo a cuatro veces la señal más alta. Este proceso se conoce como 4X oversampling.

1.10.3 CUANTIFICACION

En este proceso, cada muestreo individual es trasladado a valores discretos, mismos que significaran palabras digitales. El numero de dígitos o bits de una palabra digital determina el numero de diferentes niveles cuantificados. La representación matemáticamente es 2^X , en donde la X es el numero de Bits en cada palabra. El estándar para el cuantificado de audio es de palabras de 16 bits: $2^{16} = 65.536$ niveles.

Para el vídeo se utilizarán 256 niveles (2⁸). Cada color RGB es cuantificado en 8 bits, resultando (R8.G8.B8) = 16.000.000 de colores, suficientes para una alta calidad.

Así como para el vídeo analógico compuesto, existe el vídeo digital compuesto; para la señal analógica de vídeo en componentes, también hay un digital en componentes.

El estándar CCIR601 conocido como 4:2:2 es un estándar de muestreo para la señal de vídeo. El 4 es el oversampling para cada señal de color B-Y y R-Y.

Las frecuencias resultantes serán : 13.5 Mhz : 6.75 Mhz : 6.75 Mhz. El CCIR está diseñado para trabajar con palabras de 8 bits o de 10 bits y es compatible para los sistemas NTSC y PAL.

Al igual que en las otras formas de comunicación electrónica, en la ingeniería de vídeo se adoptan cada vez más las técnicas digitales. La transferencia a la forma digital ocurre en un convertidor analógico digital, en el cual la señal de vídeo compuesta analógica es muestreada y la amplitud de cada muestra sucesiva se ajusta (es cuantificada) al límite superior o inferior del intervalo entre los niveles binarios.

La señal de color de vídeo compuesta NTSC es normalmente cuantificada en 256 niveles (8 bits). Cada amplitud de la muestra cuantificada es codificada mediante la modulación de códigos de pulsos (PCM) en un número binario de 8 bits y la sucesión de estos números constituye una sucesión de bits que representa la señal de vídeo en forma digital. La forma analógica es recuperada en un convertidor digital analógico.

Las ventajas de la técnica digital se consiguen a costa de que el ancho de banda ocupado por la señal digitalizada es substancialmente mayor. Así en la conversión típica del NTSC de 8 bits, con una velocidad de muestreo 3 veces mayor que la frecuencia de subportadora de crominancia de 3.579 Mhz, es decir 10.74 Mhz, la velocidad de bit es $8 \times 10.74 = 85.9$ Mbps. Para evitar la interferencia, el teorema de Nyquist requiere que el ancho de banda no sea menor que la mitad de la frecuencia de bits, es decir 47.95 Mhz. Se utilizan bits adicionales para la prueba de paridad y con fines de economía, por lo que el ancho de banda típico de la señal NTSC de 8 bits es aproximadamente 50 Mhz. El uso de filtros con características en peine y de la modulación diferencial por código de pulsos (DPCM) permite el uso de menores anchos de banda, es decir, frecuencia de muestreo inferiores a las requeridas por el teorema de Nyquist.

CAPITULO 2

CARACTERISTICAS DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS

2.1 SITUACION POLITICA Y SITUACION GEOGRAFICA.

La provincia de Galápagos, situada sobre la plataforma submarina Galápagos, en el océano Pacífico a 972 Km. de las costas occidentales ecuatorianas, tiene características peculiares, tanto por su aislamiento del continente y entre las islas pobladas, así como su configuración física que con una superficie aproximadamente de 8.000km² , distribuidas en un importante número de islas e islotes, la mayoría de las cuales se encuentran deshabitadas y con una población estimada para 1999 de 10.000 habitantes. Siendo el 90%. Población urbana y el 10 % población rural, ocupan una superficie real de 243,73 Km. Quedando la diferencia para lo que constituye el parque nacional Galápagos.

Territorialmente la provincia de galápagos esta formada por las siguientes islas: ISABELA, SAN CRISTOBAL, SANTA CRUZ, FLOREANA, ESPAÑOLA, FERNANDINA, GENOVESA, MARCHENA, PINTA, PINZON, RABIDA, SAN SALVADOR, SANTA FE, BALTRA, TEODORO WOLF, CHARLES DARWIN, CON SUS ISLOTES ADJACENTES.

Políticamente esta conformada por los cantones: san Cristóbal, santa cruz e Isabela.

El cantón san Cristóbal con su cabecera cantonal puerto Baquerizo Moreno, tiene como parroquia la población el progreso con sus recintos la soledad, el socavón tres palos y el chino y la isla Floreaba con el puerto Velasco Ibarra.

El cantón santa cruz con su cabecera cantonal puerto Ayora, tiene como parroquia la población Bellavista con sus recintos el occidente, el Carmen, santa rosa, el camote y el cascajo.

El Cantón Isabela con su cabecera cantonal puerto Villamil, tiene como parroquia la población santo tomas con sus recintos las Merceditas, esperanza, san Antonio cerro azul y Alemania.

El régimen administrativo esta a cargo de un gobernador quien ejerce las funciones de teniente político y jefe del registro civil en san Cristóbal y en la isla santa cruz.

En cada cantón existe un comisario nacional que hace las veces de inspector del trabajo y en cada parroquia un teniente político. Cada cantón tiene un municipio. La administración de justicia es ejercida por un juez provincial con

asiento en puerto Baquerizo Moreno; por un juez cantonal, un juez de trabajo e inquilinato y un agente fiscal de lo penal que ejerce sus funciones en puerto Ayora.

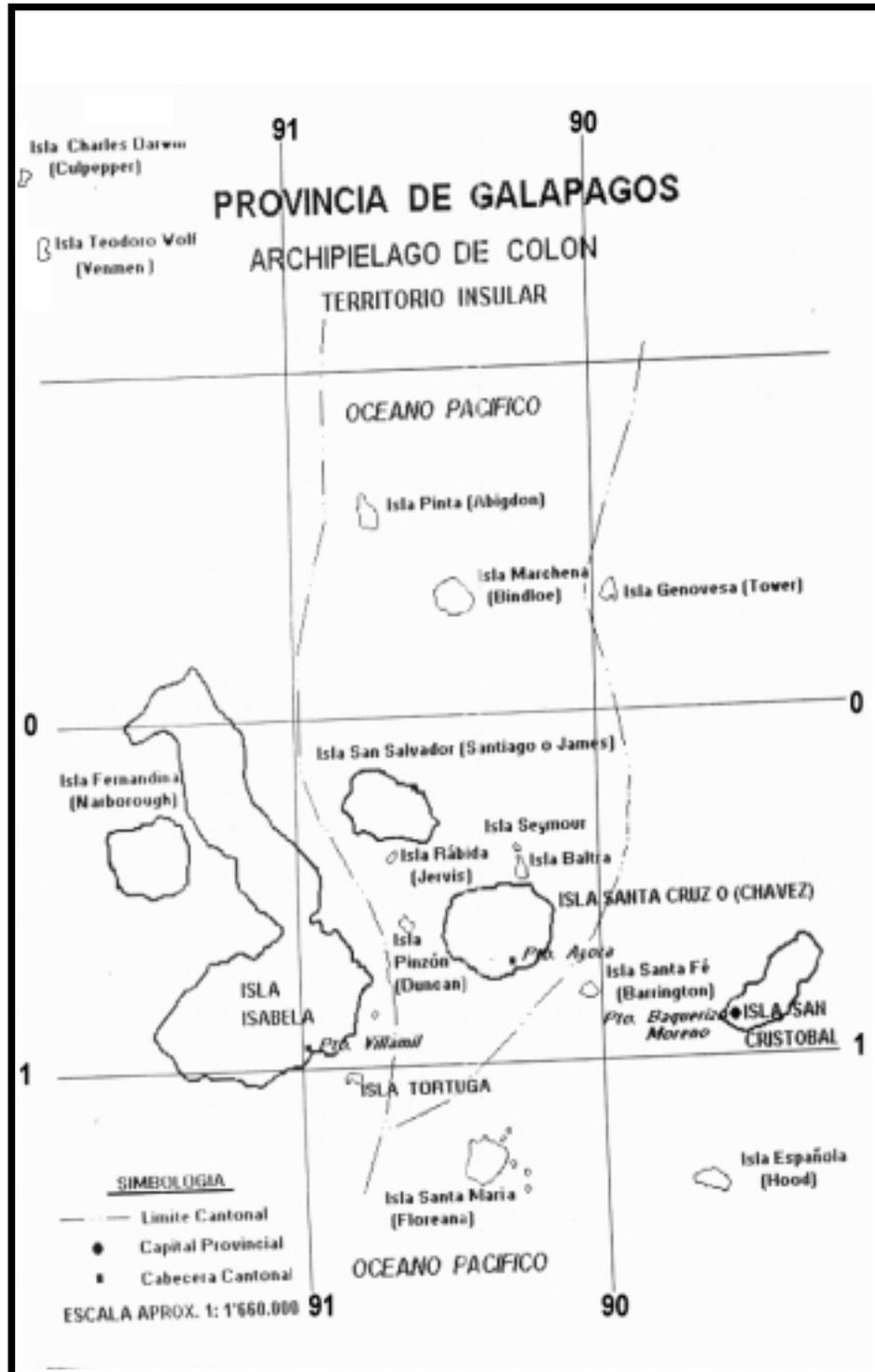


Figura 2.1 MAPA GEOGRAFICO DE LA PROVINCIA DE GALAPAGOS

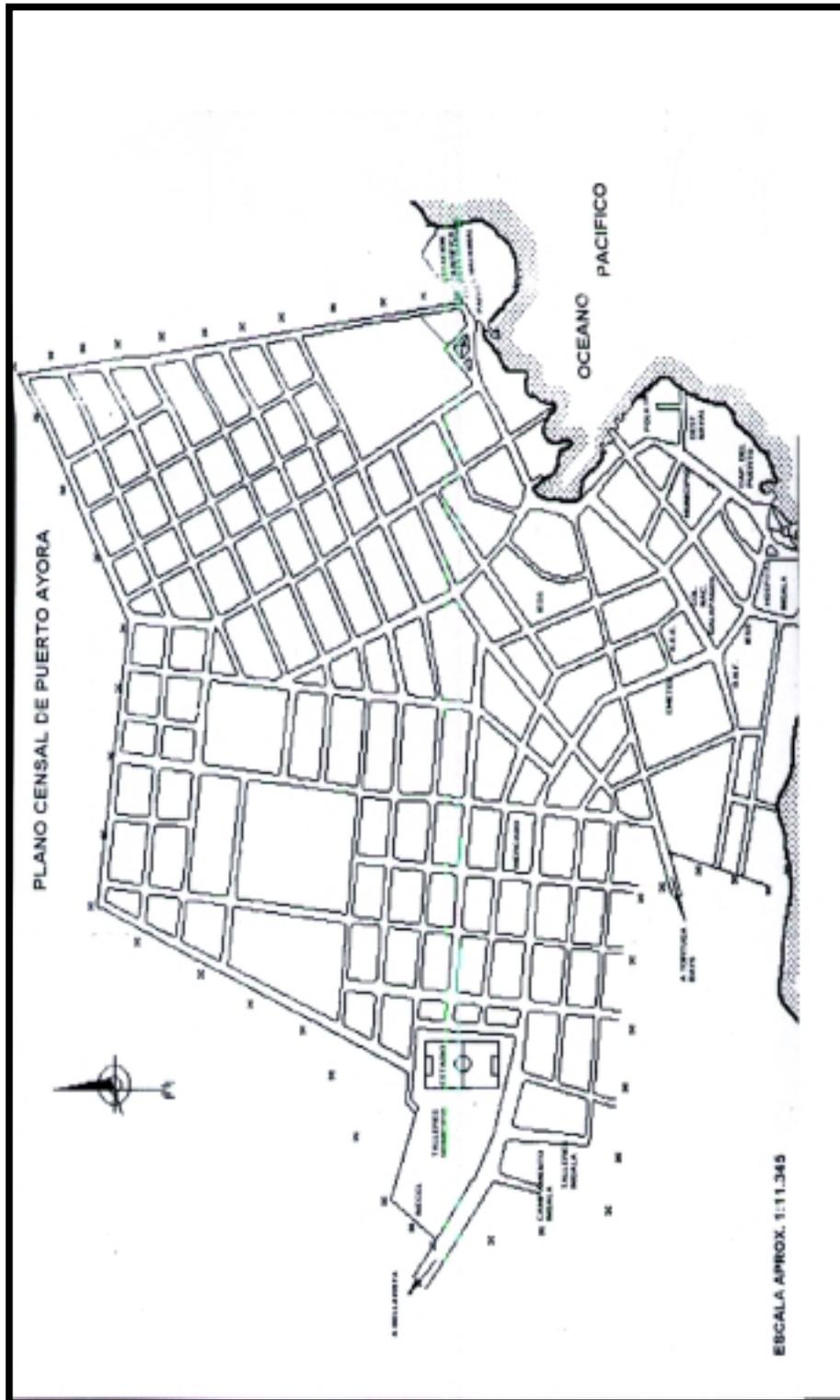


Figura 2.2 PLANO CENSAL DE PUERTO AYORA

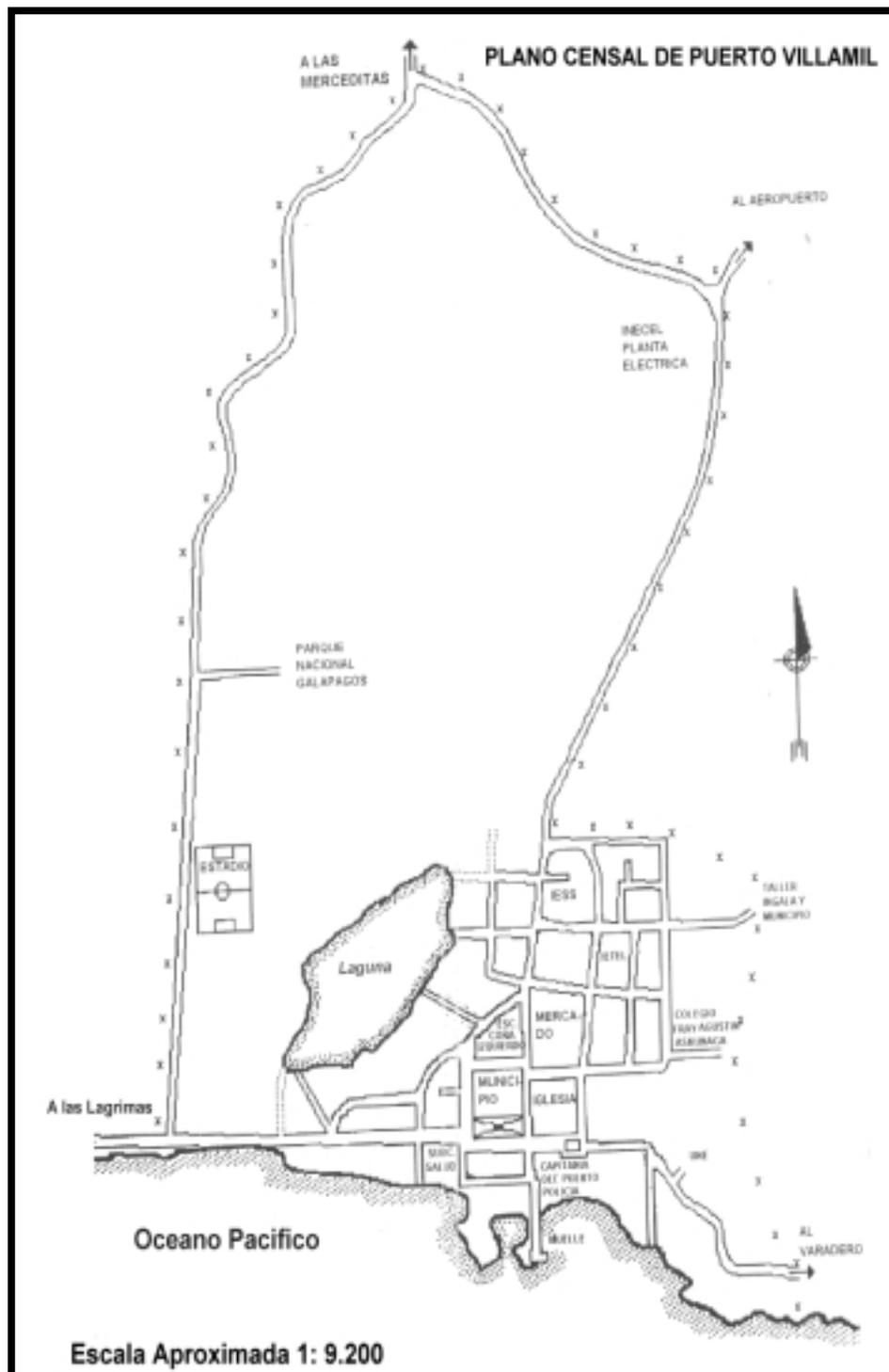


Figura 2.3 PLANO CENSAL DE PUERTO VILLAMIL

CAPITULO 3

FORMATO DE COMPRESION MPEG-2

INTRODUCCIÓN

Hoy en día no puede hablarse de televisión digital sin referirse de algún modo al acrónimo MPEG, iniciales de Moving Pictures Expert Group (Grupo de expertos de Imágenes en Movimiento).

Durante muchos años las aplicaciones en la televisión digital se han limitado a los equipos de estudio. La transmisión de las señales digitales que implican flujos de velocidades binarias muy elevadas (216 Mbit/s para señales de acuerdo con la recomendación 601 del CCIR) era impensable para la altura de banda requerida. Ahora, sin embargo lo que se considera el mayor obstáculo para la transmisión de la televisión digital, gracias a las modernas técnicas de compresión de vídeo, han pasado a ser unas de sus ventajas más importantes. Utilizando estas técnicas de compresión, o reducción de velocidad de flujo binario, se puede transmitir no-uno sino varios programás en un canal de televisión (cuyo numero depende de la calidad deseada).

El instituto Europeo de Normalización (ETSI) ha establecido una norma de compresión de 34 Mbit/s, inspirada fundamentalmente en el proyecto Italo-Español Eureka 256 que se ha utilizado para circuitos de contribución, es

decir, en transmisiones en que la señal de televisión tiene que tener suficiente calidad para ser procesada sin deterioro. La velocidad binaria de 34 Mbit/s supone una relación de compresión de 6,35 (216/34).

Sin embargo, para aplicaciones de calidad más baja, es decir, con relaciones de compresión más elevada (velocidades binarias de unos 3 a 15 Mbit/s) han proliferado sistemas de compresión no normalizados que han sido rápidamente adoptados para la distribución por satélite de programa de televisión. Los sistemas de cable han podido satisfacer así la gran demanda de circuitos aprovechando en la mayor medida posible la anchura de banda de los transportadores, a veces, con notable detrimento de la calidad.

Aunque el costo por canal de televisión transmitido por satélite es lógicamente más bajo que en el caso de señales analógicas, el elevado precio de los equipos de compresión desequilibra en muchos casos la diferencia.

En el mercado hay cerca de cerca 20 distintos sistemas patentado de compresión que pueden ser útiles para las aplicaciones profesionales de distribución de programas de televisión. No obstante sin una normalización a nivel internacional, no sería posible la fabricación de chips para la

decodificación de señales comprimidas a precio asequibles para el gran público que pronto tendrá accesos a las emisoras de televisión digital.

Afortunadamente se ha desarrollado el conjunto de normas MPEG de procesamiento de las señales de televisión digital. Incluyendo métodos de compresión de vídeo, que se están imponiendo en todo el mundo. La familia del sistema MPEG 2 tiene un gran interés para aplicaciones de radio difusión y ha servido de base para las especificaciones. Del sistema americano de la gran alianza y para las del sistema Europeo de transmisión por satélite. Sobre la base del MPEG 2, que es ya una norma internacional, se podrá ofrecer en el mercado decodificador por unos pocos miles de pesetas que abrirán al gran público todas las posibilidades de la televisión digital.

No quiere decir esto que todos los sistemas de compresión que se ofrezcan en el mercado tendrán las mismas presentaciones. El chip MPEG puede compararse al procesador 486 o al Pentium que constituye el elemento fundamental de los modernos ordenadores. Aunque los que disponen del mismo microprocesador pueden considerarse de la misma familia, los distintos elementos (con configuraciones de memoria, métodos de procesadores y software) que se incorporan a cada uno de los tipos de ordenador que existen en el mercado marca la diferencia en las prestaciones. Lo mismo ocurrirá en los decodificadores equipados con el chip MPEG 2. Habrá que

agregar a estos dispositivos de memoria y circuito integrados para aplicaciones específicas (ASICs) que también puede producirse en grandes series. Los equipos dispondrán también de circuitos lógicos (firmware) programados en fábrica para configurar el decodificador para su aplicación específica. Finalmente, se utilizara software que puede modificarse con facilidad y rapidez, para que el decodificador se adapte a las necesidades particulares del radiodifusor.

3.1 EL GRUPO MPEG

El MPEG es un grupo internacional creado bajo los auspicios de la organización internacional de normalización (ISO) y de la comisión electrotécnica internacional (IEC) también conocido como (ISO/IEC/JTC1/SC29/WG11, con participación de los sectores de telecomunicación, informática y radiodifusión. Al principio el objetivo del grupo era proporcionar a un método genérico de codificación de imágenes en movimiento y del sonido asociado para dispositivos de almacenamiento digital a velocidades binarias de hasta 10Mbit/s.

El desarrollo de la norma MPEG 1, primer trabajo del grupo, iniciado en 1988 y ya finalizado, se concentro en la compresión de vídeo con velocidades

binarias bajas adecuadas para dispositivos de almacenamiento tales como los CDROMS y transmisión en 1,554 y 2048 Mbit/s.

En 1990 comenzó el estudio de la norma MPEG 2 cuyo objetivo era definir un método de codificación de las señales audiovisuales para proporcionar calidad de radiodifusión con velocidades binarias con un límite de 15 Mbit/s sobre la base de la norma de televisión digital definida en la recomendación 601 del CCIR. Posteriormente se ha extendido el límite de velocidades binarias para tener en cuenta la televisión de alta definición.

Conviene señalar que las llamadas normas MPEG no se pueden considerar, ni son en realidad, normas completas de implementación de equipos sino más bien descripción genérica del modo en el que el conjunto de señales comprimidas de vídeo, audio y datos tienen que ser combinadas o multiplexadas en un flujo de paquetes digitales para su transmisión. Es, pues, muy posible que los fabricantes puedan adoptar distintos codificadores MPEG que dará lugar a diferentes calidades de imagen. El MPEG 2 se caracteriza por la concentración de la complejidad, y por tanto del costo, en el codificador – extremo emisor – simplificando al máximo el decodificador cuyo grado de complejidad, y costo, dependerá de las aplicaciones.

3.2 LA NORMA MPEG 2

En lo que respecta a los objetivos de los radiodifusores, la norma MPEG 2 tiene en cuenta:

- a.- Las imágenes con exploración entrelazada o progresiva
- b.- Relaciones de frecuencias de muestreo: 4:2:0, 4:2:2 y 4:4:4.
- c.- Distintos valores de resolución de imagen (Teóricamente hasta 16.000 x 16.000 píxeles) incluyendo todas las frecuencias de campo y tramas utilizadas en televisión.
- d.- Codificación jerarquizada, lo que permite que un decodificador para definición normal (SDTV) o limitada (LDTV) pueda extraer la información que necesita de un flujo de datos de nivel más alta (Por ejemplo de alta definición). Con una sola transmisión puede emplearse decodificadores para diferentes definiciones.

La norma MPEG 2 Conocida también como ISO/IEC CD 13818, se compone de tres partes. La primera se refiere a la combinación de uno o más flujos elementales de vídeo, audio y otros datos en flujos simples o múltiples adecuados para almacenamiento o transmisión. Las otras dos partes de la

norma describen los métodos de codificación para reducir la velocidad binaria del vídeo y del audio, proceso conocido como compresión.

Parece más lógico, en esta descripción, empezar con la explicación de las partes segunda y tercera de la norma y dejar para el final la parte primera.

3.3 FUNDAMENTOS DE LA COMPRESION

Todos los sistemas de televisión contienen la información redundante del sincronismo que en gran parte puede eliminarse antes de la transmisión reduciendo así la velocidad binaria sin pérdida de la calidad de la imagen. Sin embargo para obtener un mayor grado de compresión hay que recurrir a técnicas que de algún modo afectan la calidad de la imagen.

El objetivo fundamental de estas técnicas consiste en representar una fuente de vídeo con un número mínimo de bits preservando al mismo tiempo el nivel de calidad requerido para una aplicación determinada.

La compresión de vídeo se realiza en tres operaciones básicas (Figura 3.1). En primer lugar se somete a la señal de vídeo a un proceso de análisis que da lugar a una forma eficaz de representación que facilita la compresión.

Para describir la señal, la representación puede contener más información que la

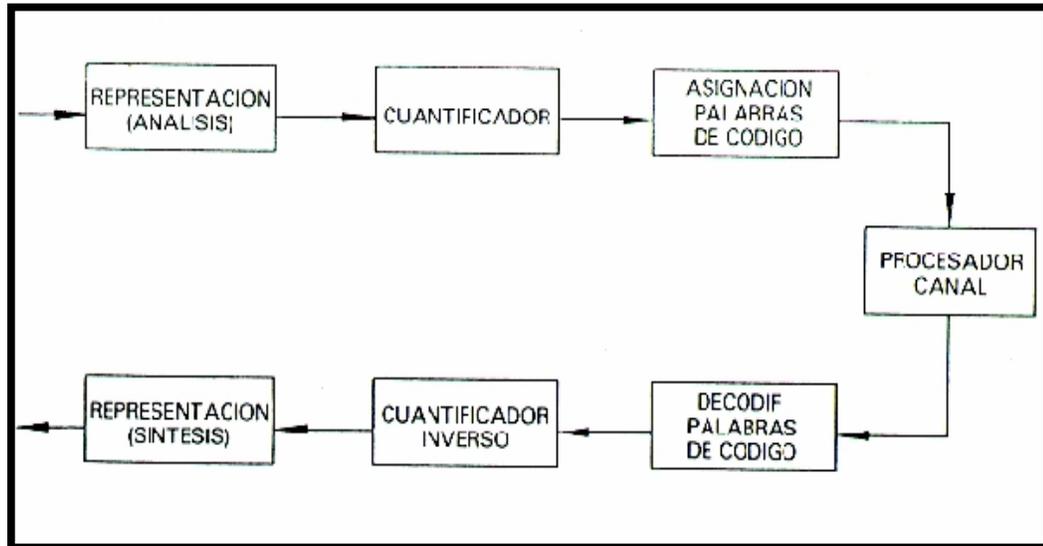


Figura 3.1 OPERACIONES BASICAS DE LA COMPRESION

señal original, pero en todo caso la mayor parte de la información importante estará concentrada en sola una pequeña parte de esta descripción. Si la representación es adecuada, únicamente se necesita transmitir esta pequeña fracción de los datos para reconstruir fielmente en el receptor la señal de vídeo.

La segunda operación es la cuantificación, o sea la conversión a valores discretos de los datos de la representación. La tercera y última operación consiste en la asignación de palabras de código, series de bits utilizados para representar los niveles de cuantificación.

En cada una de estas operaciones se intenta aprovechar la redundancia presente en la fuente de vídeo y las limitaciones de la visión humana.

3.4 COMPENSACION DE MOVIMIENTO

Una secuencia de vídeo es una serie de imágenes fijas que se suceden rápidamente para dar la sensación de movimiento continuo. Aunque cada una de estas imágenes es distintas de las adyacentes, la mayor parte de la información que contiene es muy similar. Esto quiere decir que hay una gran redundancia temporal entre las imágenes adyacentes. La compensación de movimiento es un método con el que se pretende eliminar esta redundancia temporal.

La diferencia entre una imagen, o trama, y la siguiente se debe fundamentalmente al movimiento de objetos. Con el método de compensación de movimiento, se crea una trama de predicción con la trama actual, o nueva, y la trama precedente (ya codificada y en memoria) mediante el cálculo de movimiento entre las dos tramas y una compensación para el movimiento. La diferencia entre la trama actual y la predicción que se ha hecho para esta trama actual es lo que se llama residuo de movimiento compensado. En una secuencia típica de vídeo, este residuo, codificado,

tiene una energía mucho menor que la del vídeo, original debido a la eliminación de la redundancia temporal.

Para el cálculo de movimiento se supone que en las tramas de vídeo consecutivas aparecen los mismos componentes de la escena aunque posiblemente en diferentes posiciones. El movimiento puede ser global o local dentro de la trama y para optimizar el procedimiento se realiza el cálculo de movimiento de cada región local de una trama. El modelo más normal para el movimiento local es el de traslación, que es más bien restrictivo ya que no puede representar otros posibles movimientos como el de rotación o cambio de escala. Sin embargo, suponiendo que estos movimientos se verifican solo localmente y si se identifican y procesan esas regiones separadamente cuando falla el modelo, se puede conseguir excelentes resultados.

Un procedimiento muy popular para la estimación del movimiento y que ha sido adoptada por el MPEG 2, es la compensación por macrobloques. De acuerdo con el MPEG 2, un bloque está constituido por un conjunto de 8 x 8 píxeles o por valores correspondientes a estos píxeles. Un bloque puede representar la información de luminancia o de crominancia. Un macrobloque consiste en cuatro bloques de información de luminancia (o 16 píxeles x 16 líneas) y un número variable de bloques de crominancia (Señales de

diferencia de color Cr y Cb). Cuando el número de bloques de crominancia es dos (un bloque CR y otro CB) el formato sería 4:2:0 y si el número es cuatro (dos bloques CR y otros CB), 4:2:2. Por último, si el número de bloques de crominancia fuera ocho (cuatro bloques de CR y otros cuatro CB) el formato sería 4:4:4.

Se puede agrupar macrobloques contiguos para formar franjas. El orden de los macrobloques dentro de una franja es el mismo que en la exploración normal de televisión, de izquierda a derecha y de arriba abajo. La unidad primaria de codificación de una secuencia de vídeo es la trama individual o imagen. Una imagen de vídeo consiste en el grupo de franjas que constituyen el área activa de la imagen.

Combinando una o más imágenes (tramas) en secuencia se forma un grupo de imágenes que permite el acceso aleatorio a la secuencia y proporciona imágenes para la codificación entre imágenes como se explicará más adelante.

En el flujo de datos, una secuencia de vídeo se representa por un encabezamiento de secuencia, uno o más grupos de imágenes, y un código final de secuencia.

En el diagrama de bloques de la figura 3.2. se representa los elementos esenciales que se necesitan para la codificación predectica. La trama de vídeo de entrada, imagen actual o nueva, se compara con una imagen transmitida previamente que se ha almacenado en memoria. Utilizando la memoria variable, la comparación se hace mediante los macrobloques de la imagen previa que se examina para determinar si en la nueva imagen hay alguno que presente la máxima semejanza. Si ocurre así, se genera un vector de movimiento que describe la dirección y la distancia a la que el bloque se ha movido. Esta comparación de bloques, a pesar de su aparente complicación, puede realizarse Mediante circuitos VLSI que no ofrecen dificultades de implementación.

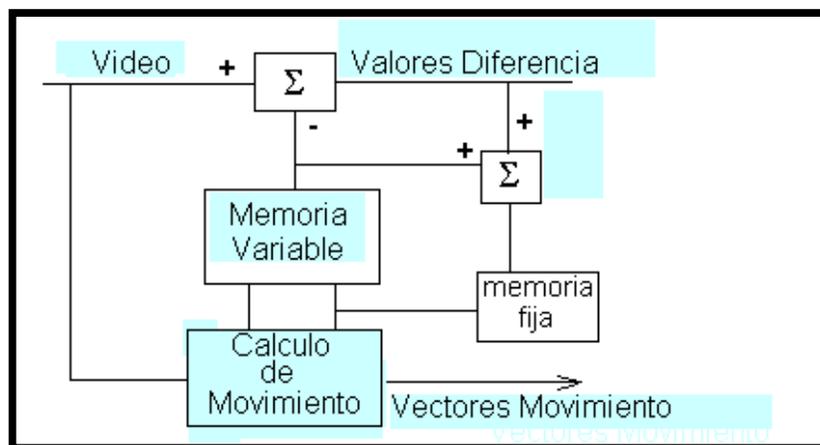


Figura 3.2 CODIFICACION PREDECTIVA INTER-TRAMA

Combinando todos los macrobloques en los que se ha encontrado una mayor igualdad se forma una imagen predecible que comparándola con la nueva imagen pixel por pixel proporciona una imagen diferencia.

3.5 CODIFICACION INTRA E INTER-TRAMA

Un ejemplo de codificación de inter-trama es la compensación de movimiento anteriormente descrita. Por Tramas de vídeo de típicas, la predicción mediante compensación de movimiento es muy satisfactoria. Sin embargo, en algunas tramas como las de cambio de escena, la predicción no da muy buenos resultados. Incluso en una trama determinada, algunas regiones pueden predecirse bien con la compensación de movimiento de traslación. Por consiguiente, en algunos casos no es conveniente aplicar la codificación productiva y hay que recurrir a la codificación de la misma de la misma trama sin tener en cuenta otras. A este proceso se le llama codificación intra-trama.

Se utiliza esta codificación para inicializar el receptor y acceder a un canal (cuando se enciende el receptor o cuando se cambia de canal). Con predicción de movimiento compensado es necesario que el decodificador disponga de una trama inicial de referencia para arrancar el proceso de predicción.

3.6 TRAMÁS I, P Y B

La norma MPEG define tres tipos de tramás o imágenes: intra-trama, de predicción y bidireccional. El primer tipo, imágenes I, correspondientes a la codificación anteriormente describa. Utiliza únicamente la información contenida en la propia imagen y no depende de otras imágenes. Las imágenes I proporcionan un mecanismo para el acceso aleatorio a los datos de vídeo comprimido.

Las imágenes de predicción, Imágenes P, como anteriormente se ha explicado, utilizan para la codificación de información contenida en la imagen previa, I o P, más próxima. A esta técnica se la conoce predicción hacia delante (figura 3.3.).

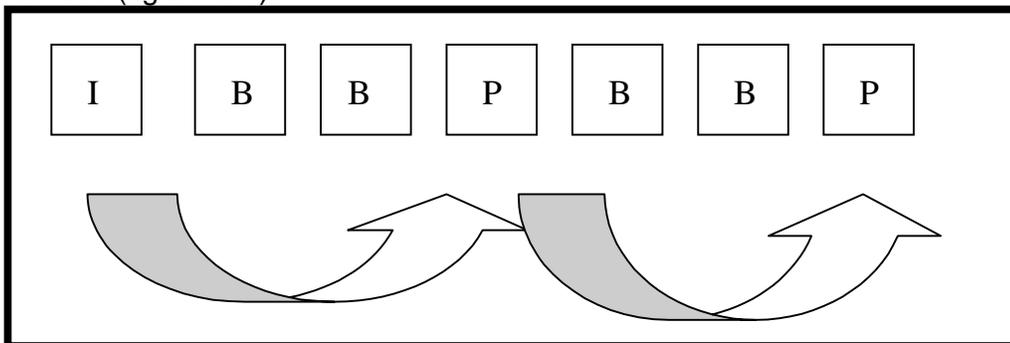


Figura 3.3 PREDICCIONES HACIA ADELANTE

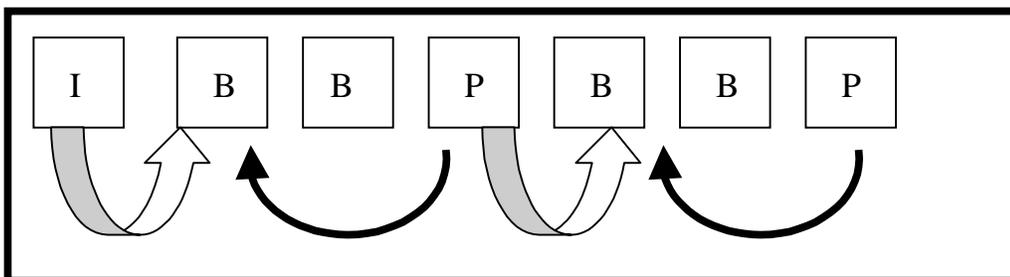


Figura 3.4 PREDICCIÓN BIDIRECCIONAL

Las imágenes bidireccionales, Imágenes B, utilizan como referencia imágenes futuras y previas. Se denomina a esta técnica predicción bidireccional (Figura 3.4.). Las imágenes P pueden propagar errores de codificación cuando las imágenes P (o las B) se han predicho mediante imágenes P con defectos de predicción. Por el contrario, las imágenes B no propagan errores ya que nunca se usan como referencia.

3.7 ORGANIZACIÓN DEL FLUJO DE DATOS DE VIDEO

La sintaxis del MPEG permite al codificador elegir la frecuencia con que se presenta imágenes I para tener en cuenta la necesidad de acceso aleatorio y la situación de los cambios de escena en la secuencia de vídeo. En el codificador también puede determinarse el número de imágenes bidireccionales intercaladas entre cualquier par de imágenes de referencia (I o P). El resto de las imágenes dentro de un determinado grupo de imágenes sería del tipo P.

La organización de los tres tipos de imágenes en una secuencia, seleccionada por el decodificador, depende de las características de la aplicación. La figura 5 representa una posible disposición de las imágenes I, P y B. Sin embargo en el flujo de vídeo es conveniente cambiar el orden para que las imágenes se presenten en el decodificador en una secuencia más

apropiada. Las imágenes de referencia necesarias para construir una imagen B tienen que enviarse antes de la información que describe la imagen B tal como se indica en la figura 3.5.

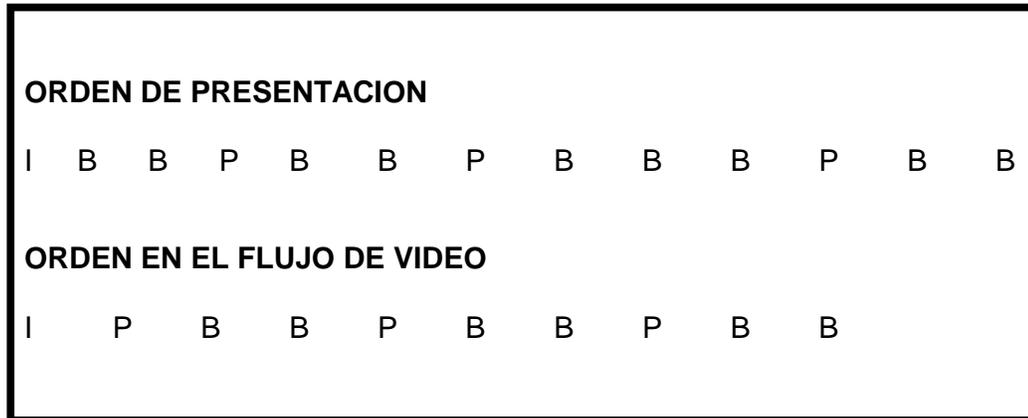


Figura 3.5 ORDENACION DE LAS TRAMÁS EN EL FLUJO DE LOS DATOS DE VIDEO

Cada trama de la señal de vídeo con exploración entrelazada consta de dos campos separados por un periodo de campo. El MPEG permite codificar la trama como una imagen, o bien codificar los dos campos como dos imágenes. La codificación por tramás es el método preferido normalmente cuando la escena contiene mucho detalle y poco movimiento. La codificación por campos, en donde el segundo campo puede predecirse mediante el primero, es más adecuada cuando existe movimiento rápido.

3.8 TRANSFORMADA DE COSENO DISCRETO

La compensación de movimiento reduce la redundancia temporal de la señal de vídeo, pero todavía queda redundancia espacial en el residuo de movimiento compensado y con más razón si no se ha aplicado este proceso y se ha codificado la trama original. Es decir, existe redundancia espacial en los tres tipos de trama que hemos considerado y para reducirla el codificador MPEG emplea, como la mayoría de los sistemas de compresión, el método de la transformada de coseno discreta (DCT).

En general, la DCT transforma un bloque con un número determinado de píxeles en otro bloque que con número igual de coeficientes de la transformada. La información de píxeles o residual (cuando se ha aplicado compensación de movimiento) se convierte mediante DCT al dominio de frecuencias, concentrando la mayor parte de la energía en una pequeña fracción de los coeficientes de la transformada.

Aunque en teoría la transformada podría aplicarse directamente a una trama completa, por muchas razones es más conveniente subdividir la imagen en bloques de 8 x 8 píxeles y realizar la transformación sucesiva en cada uno de los bloques hasta que toda la imagen se ha transformado. En el codificador se aplica la transformación inversa para recuperar la imagen original.

Vemos la figura 3.6. el resultado de una transformación de un bloque de 8x8 píxeles.

139	144	149	153	155	155	155	155
144	151	156	156	159	156	156	156
150	155	160	163	158	156	156	156
159	161	162	160	160	159	159	159
159	160	161	162	162	155	155	155
161	161	161	161	160	157	157	157
162	162	161	163	162	157	157	157
162	162	161	161	163	158	158	158
314.9	-0.26	-3.02	-1.30	0.53	-0.42	-0.68	0.33
-5.65	-4.37	-1.56	-0.79	-0.71	-0.02	0.11	-0.30
-2.74	-2.32	-0.39	0.38	0.05	-0.24	-0.14	-0.02
-1.77	-0.48	0.06	0.36	0.22	-0.02	-0.01	0.08
-0.16	-0.21	0.37	0.39	-0.03	-0.17	0.15	0.32
0.44	-0.05	0.41	-0.09	-0.19	0.37	0.28	-0.25
-0.32	-0.09	-0.08	-0.37	-0.12	0.43	0.27	-0.19
-0.65	0.39	-0.94	-0.46	0.47	0.30	-0.14	-0.11

Figura 3.6 TRASFORMACION DEL COSENO DISCRETO. ARRIBA: MUESTRAS DE VIDEO DE UN BLOQUE DE 8 X 8 PÍXELES. ABAJO : COEFICIENTES DESPUES DE LA TRANSFORMACION

El primer coeficiente, que aparece en el extremo superior de la izquierda, tiene un valor mucho más elevado que los restantes. Este particular

coeficiente es por definición el doble de la media de los 64 píxeles del bloque y representa la energía de la componente continua de todo el bloque. Los demás coeficientes representan niveles de energía a frecuencia horizontales crecientes desde hacia arriba hacia abajo. Si la imagen tiene poco detalle, los valores de frecuencias altas son muy pequeños.

Por ejemplo, Si un bloque representa una escala de grises, al aplicar la transformada se obtiene el coeficiente de componente continua, otro tres distintos de cero, y 60 coeficientes iguales a cero.

3.9 CUANTIFICACION DE LOS COMPONENTES

Todos los procesos descritos hasta ahora han dado lugar a una representación de la imagen en forma de vectores de movimiento, coeficientes de transformada y componentes de luminancia y crominancia, pero no se ha conseguido ninguna compresión.

Concretamente el proceso de transformación no supone ninguna reducción de los bits ya que el número de bits por coeficiente necesario para el bloque transformado es igual al del bloque original. Lo que ocurre es que los coeficientes de frecuencias de la transformada se adapta mucho mejor a la técnica de compresión que posteriormente se aplican y esta es su gran

ventaja. Estas técnicas aprovechan, entre otras cosas, el hecho de que los bloques transformados contienen un gran número de coeficientes de valor 0 o muy próximo a cero, especialmente cuando se trata de tramas P o B.

El proceso de cuantificación asigna por aproximación un valor a cada coeficiente de frecuencia dentro de una limitada gama de valores admitidos. El codificador selecciona una matriz de cuantificación que determina el modo en que será cuantificado cada uno de los coeficientes del bloque transformado.

Como sabe, el ojo humano tiene poca sensibilidad para los detalles y por tanto no es necesario cuantificar con precisión los coeficientes de alta frecuencia de la transformada, es decir, habrá menos valores admitidos para estos que para los coeficientes de frecuencias bajas. Esta operación se realiza dividiendo los coeficientes por un valor n mayor que 1 y redondeando el resultado al entero más próximo (en el campo digital). El factor de ponderación n varía con la posición de los coeficientes en el bloque, correspondiendo a los coeficientes de frecuencias de más altas, mayores valores de n . En consecuencia, gran parte de los coeficientes de la transformada se cuantifica al valor cero. Un caso especial es el coeficiente que representa el valor de la componente continua del bloque que normalmente se cuantifica con la máxima precisión.

La siguiente cuantificación del MPEG que contiene los valores de n tiene también en cuenta lo siguiente:

- a) Si se está procesando información de luminancia o crominancia, lo que se supone una distinta respuesta del ojo humano.
- b) Si el bloque proviene de una imagen / o bien de una imagen de predicción, ya que la distribución de las amplitudes de los coeficientes es distinta.
- c) La situación del bloque dentro de la imagen y el contenido de la imagen. Algunos bloques tienen que codificarse con más precisión que otros como, por ejemplo, en el caso de bloques correspondientes a gradientes muy suaves en donde las pequeñas expresiones son muy apreciables.

Además de esta cuantificación dependiente de la frecuencia, también es posible reducir el número de niveles de cuantificación necesario para predecir los valores de los coeficientes utilizando una ley de cuantificación no lineal es decir, dependiendo de la amplitud. Vemos en la figura 3.7 que los valores altos de los coeficientes se codifican con menos precisión que los pequeños. La longitud de la palabra de código de la salida de cuantificador

se reduce con respecto a la de entrada. Además, todos los valores de la zona muerta se llevan a cero.

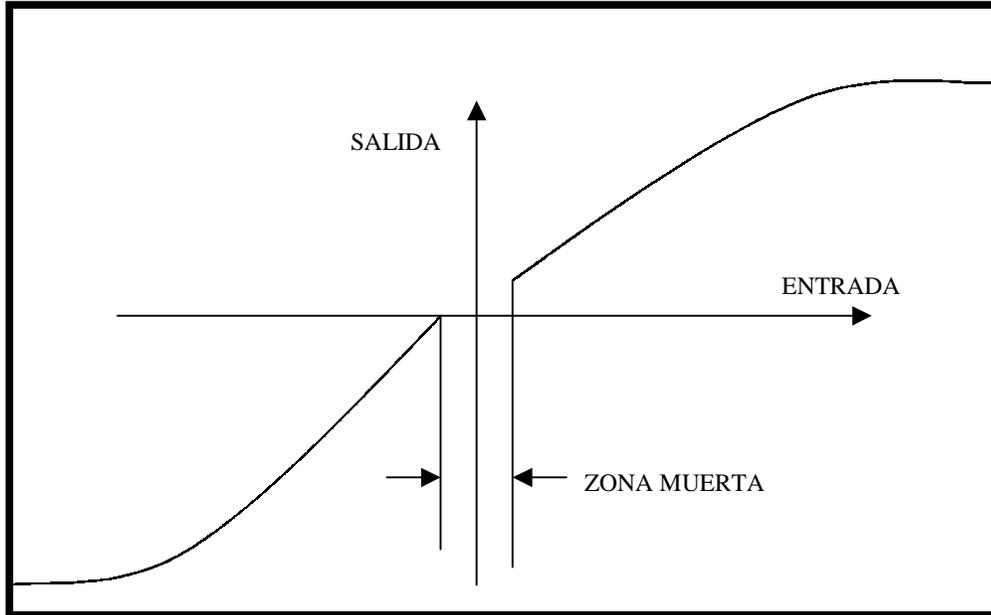


Figura 3.7 CARACTERISTICAS DE LA CUANTIFICACION NO LINEAL

El MPEG permite cambiar los valores de la matriz de cuantificación para cada bloque DTC cuando se codifican imágenes de gran complejidad. Naturalmente todos los cambios de la matriz tienen que transmitirse al decodificador.

3.10 CODIFICACION DE LONGITUD VARIABLE Y DE SERIES

Los códigos de longitud variable (VLC) o de entropía aumentan la eficacia de la codificación asignando palabras de código más cortas a las secuencias

que ocurren con más frecuencias y de mayor longitud a las de menor frecuencia. Una analogía es el código morse; una letra como la a que aparece con frecuencia en los textos se transmite con una palabra de código corta, mientras que la z, mucho menos frecuente, se transmite con una palabra de código larga.

Como ya se ha dicho, la combinación del proceso DTC y la cuantificación da lugar a que, después del redondeo, mucho de los coeficiente cero, especialmente en las frecuencias de orden elevado. En la práctica, el flujo de coeficientes DTC procesados a la salida de la memoria pueden esperarse que contengan largas series de ceros y la probabilidad de que ocurra puede aumentarse explotando, la memoria en zigzag tal como se representa en la figura 8. Al explorar el bloque en el sentido de coeficientes de frecuencias crecientes, se agrupan los coeficientes de baja frecuencia lo que da lugar a que al principio de la secuencia se encuentre la mayoría de los coeficientes de valor distintos de cero más importantes (en lo respecta a energía y percepción visual). Seguirán a estos coeficientes largas series de ceros que pueden ser eficazmente representados mediante codificación de longitud de series (RLC). Con esta técnica se codifica el número de coeficientes consecutivos de valor cero que aparecen antes de que se codifique un coeficiente de valor distinto de cero, añadiendo a continuación el valor distinto de cero, añadiendo a continuación el valor de este coeficiente. El

resultado es pues, un conjunto de parejas de valores, en el que cada pareja representa el número de coeficientes consecutivos del valor cero y el valor de un coeficiente distinto de cero.

Finalmente, estas parejas se someten a una codificación de longitud variable (VLC) que asigna código distinto a las parejas de acuerdo con la frecuencia con que aparecen.

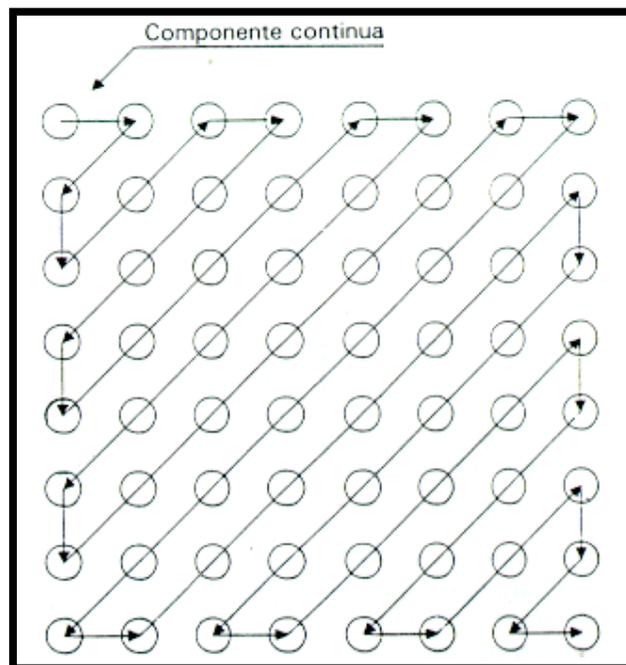


Figura 3.8 EXPLORACION EN ZIG-ZAG DE UN BLOQUE DE 8 X 8 PÍXELES

3.11 CODIFICADOR DE MPEG

La figura 3.9 representa el diagrama de bloques simplificado del decodificador MPEG 2. La parte correspondiente a la compensación de

movimiento aparece también en la figura 3.2. Se ha completado esta con la inclusión, en el bucle de alimentación, del cuantificación y DTC inversos que simulan la función del decodificador. Junto con la salida de las unidades VLC Y RLC de codificación de entropía, se aplica al multiplexor La información de vectores de compensación de movimiento.

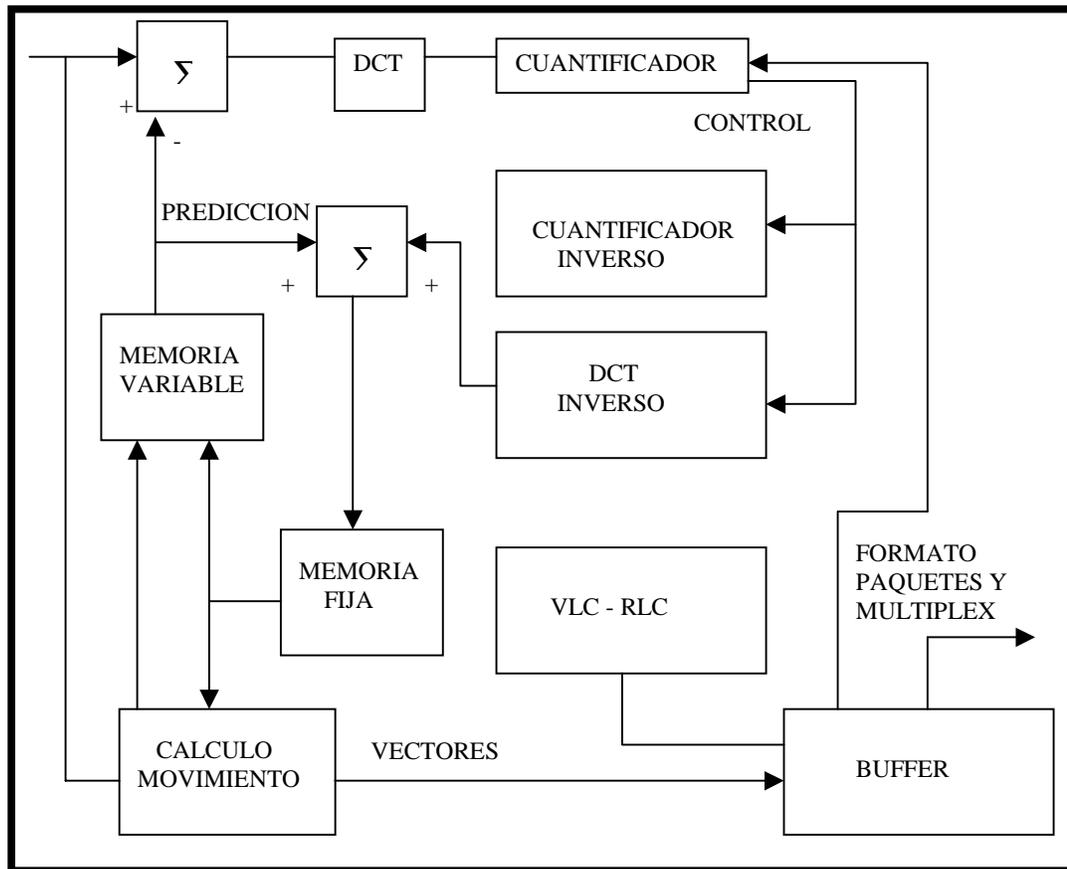


Figura 3.9 DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO DEL DECODIFICADOR MPEG-2

Cuando se emplea codificación de entropía, las palabras de código son de longitud variable en función de la estructura del vídeo, o sea, la velocidad no

es constante. Es, pues, necesario intercalar un <<Buffer>>, o tapón, para que el flujo de bits se transmita a una velocidad constante. Para evitar que el buffer se sature o vacíe, mediante un bucle de realimentación se envían datos de control al cuantificador.

Este control es una parte esencial del codificador y su objetivo es mantener constante la velocidad binaria mediante un valor igual al que tiene que utilizarse en el canal. Si la velocidad disminuye apreciablemente, la codificación puede hacerse más precisa para aumentar. Por el contrario, si el buffer está cerca de su capacidad máxima, se dan las instrucciones al cuantificador para que codifiquen los valores de los coeficientes con menos precisión, reduciendo así el número de bits necesarios para describir una determinada gama de valores.

Además de los coeficientes codificados y la información de los vectores de movimiento, llegan al multiplexor el audio, datos auxiliares y de control y la información de sincronismo.

3.12 AUDIO EN EL MPEG 2

Además de las frecuencias de muestreo definidas en I MPEG 1 (32,44.1 y 48 kbit/s) con las que pueden comprimirse dos señales de audio a 128 kbit/s (2 x 64 kbit/s), el MPEG 2 ha experimentado la gama a las frecuencias más bajas

16, 22.05 y 24 kbit/s. Permite la transmisión de 5 canales de anchura de banda completa y hasta 7 canales de comentarista.

Suponiendo que el sistema multicanal de audio es del tipo 3/2, el MPEG 2 podría proporcionar un canal central (C), el izquierdo (L) y el derecho (R) y además un surround izquierdo (LS) y un surround derecho (RS).

3.13 MULTIPLEX

Evidentemente sería muy ventajoso que un solo sistema de televisión digital pudiese servir para los distintos medios de transporte, es decir, transmisión por satélite, televisión terrenal, distribución por cable o RDSI (Redes digitales de servicios integrados).

Es, sin embargo, muy difícil conseguir que sean iguales todos los elementos que componen la cadena de transmisión ya que son muy distintas las características físicas de los diferentes medios. Ello impide que puedan aplicarse los mismos métodos de modulación y codificación de canal de un modo general.

Lo que verdaderamente es susceptible de aplicación generalizada es el sistema múltiplex, y en América ya se han adoptado para las futuras

emisiones de TVAD un sistema de múltiplex basado en la especificación MPEG 2 y lo mismo se ha hecho en Europa para la televisión digital por satélite y cable. No hay duda de que para la televisión terrenal en Europa y para esta y otras aplicaciones en el resto del mundo, el MPEG 2 será la base de los sistemas múltiplex.

La primera parte de la norma MPEG 2, conocida como parte de los sistemas en la terminología del MPEG, se refiere a la combinación de uno o más flujos elementales de vídeo, audio y otros datos en flujos simples o múltiples adecuados para almacenamiento o transmisión.

Los flujos elementales de datos de vídeo y audio codificados de acuerdo con las partes 2 y 3 de la norma, se les da un formato de paquetes para construir los flujos elementales de paquetes, conocidos por las siglas PES. Estos, a su vez, pueden combinarse para formar un flujo de programa o un flujo de transporte. Cada uno de estos flujos está optimizado para un determinado conjunto de aplicaciones. Se define como sigue:

3.13.1 Flujo de programa. Combina uno o más flujos elementales con una base de tiempo común para formar un flujo único. Los paquetes de flujo de programa pueden ser de longitud variable y relativamente grandes. Se supone que tienen que utilizarse en condiciones en que no existen errores.

3.13.2 Flujo de transporte. Combina uno o más flujos elementales con una o más bases de tiempo distintos para formar un flujo único. Los paquetes de flujo de transporte tienen longitud fija y relativamente corta. Se supone que el flujo de transporte se utiliza en condiciones en que se producen errores.

Los dos tipos de flujos, que tienen una estructura de paquetes, proporciona la sintaxis necesaria para sincronizar la decodificación del vídeo y del audio asegurado a la vez que los buffers de datos de los decodificadores no se saturan ni se vacían. Incluyen además la información del sincronismo para el vídeo y para el audio. Tanto en el sistema americano de televisión en alta definición de la gran alianza como en el sistema europeo del proyecto DVB se utiliza el flujo de transporte que es adecuado para medios en que probablemente se producirán errores.

Cada paquete de transporte, de 188 octetos de longitud, comienza con un encabezamiento de cuatro octetos con el que se puede identificar el contenido del paquete y la naturaleza de los datos. Los 184 octetos restantes constituyen la carga útil que consiste en paquetes PES individuales con sus encabezamientos.

Las paquetes PES de vídeo, audio o datos, que se vuelven a empaquetar para formar el flujo de transporte, no son de longitud fija y son más largos

que los paquetes de transporte. Sin embargo los dos tipos de paquetes se alinean de forma que el comienzo de un paquete PES de vídeo o audio coincida con el de un paquete de transporte, completando con octetos de relleno los paquetes de transporte parcialmente ocupados. Esto quiere decir que cada paquete de transporte contiene únicamente un tipo de datos (vídeo, audio o datos auxiliares). La estructura de los paquetes de transporte no tiene ninguna relación con la estructura lógica de los datos de entrada, como por ejemplo, las líneas o tramas de vídeo. Los cuatro octetos de encabezamiento sirven también para la sincronización del paquete, control de errores y acceso condicional.

Algunas veces es necesario disponer de información adicional a la del encabezamiento. Esto se consigue con el llamado encabezamiento de adaptación, un campo de longitud variable situado en la carga útil del paquete de transporte. Con ayuda de este campo se puede realizar un gran número de funciones, como por ejemplo, acceso aleatorio al flujo de bits comprimido (cambio de canal) o inserción de un canal local.

3.14 ESTRUCTURAS DE LAS CAPAS DE FLUJO DE VIDEO

La sintaxis o conjuntos de reglas, del MPEG 2 puede dividirse en dos categorías fundamentales: la primera sintaxis sin jerarquización de las

señales de vídeo que se ha estructurado como una extensión del MPEG 1 añadiendo, entre otras cosas, nuevos métodos de compresión para señales con exploración entrelazada. La segunda en la sintaxis jerarquizada que permite la reconstrucción de una señal de vídeo utilizando parte de un flujo binario. Esto se consigue estructurando el flujo binario en dos o más capas, comenzando por una capa básica, que puede ser única, y añadiendo una o más capas que mejoran la calidad que proporciona la capa básica.

Este tipo de sintaxis del MPEG 2 permite aplicaciones que no serán posibles con una sola capa de vídeo. Entre las áreas de aplicación puede citarse las telecomunicaciones de vídeo, el vídeo en redes de transferencias asíncrona (ATM), servicio de vídeo con múltiples niveles de calidad, televisión de alta definición con TV de definición normal incorporada, etc. Aunque siempre existe la alternativa de transmitir simultáneamente distintos tipos o reproducciones de vídeo, codificados con independencia, es mucho más eficaz la codificación jerarquizada o por capas en la que el ancho de banda asignada a una determinada reproducción de vídeo puede ser reutilizado parcialmente para codificar la reproducción de vídeo. Como es lógico, los codificadores de vídeo que utilizan esta técnica serán más complejos que el correspondiente a una sola capa de vídeo. Por otra parte, cuando se trasmite el flujo binario codificado por capas, pueden utilizarse decodificadores que

permitirán la recepción de uno u otro tipo de vídeo de acuerdo con la complejidad del decodificador.

3.15 PERFILES Y NIVELES

La norma MPEG 2, con sus diferentes técnicas de compresión y codificación, suele considerarse como un conjunto de instrumentos o herramientas. Des este conjunto pueden extraerse los instrumentos necesarios para cada aplicación determinada.

De la gama completa de instrumentos se han definido cinco subconjuntos a los que se denominan Perfiles. Tienen estos una complejidad progresiva, y cada uno de ellos añade instrumentos adicionales al perfil precedente. Quiere esto decir que cada Perfil adicional puede ejercer más funciones que el anterior, pero también necesitara más área de silicio y por consiguiente su precio será más elevado para el usuario.

La entrada de todos los sistemas es vídeo en componentes, pero de los cinco Perfiles, los cuatro primeros codifican la señal de diferencia de color en líneas secuenciales, como en el SECAM, es decir, R-Y en una línea, B-Y en la siguiente, y así sucesivamente.

El Perfil Simple es el que tiene menos instrumentos. Utiliza compensación de movimiento y transformada de coseno discreta.

El Perfil Principal tienen todos los instrumentos de perfil simple y además la predicción Bidireccional. Para la misma Velocidad Binaria dará una calidad de imagen mejor que el Perfil Simple, Un decodificador de Perfil Principal decodificará imágenes codificadas de acuerdo con los perfiles Principal o Simple. Este tipo de compatibilidad con Perfiles de menos complejidad se aplica a todos los sucesivos Perfiles.

El siguiente Perfil es del tipo jerárquico o de capas a las que anteriormente nos hemos referido. En los documentos del MPEG 2 se lo conoce como <<SNR Scalability Profile>>, en Donde SNR representa las iniciales de <<Signal-to-Noise/Ratio>> (Relación señal/ruido). Le llamaremos Perfil de Jerarquía en RSR. Tiene todos los instrumentos del Perfil Principal y además la capacidad de Separar los datos en dos partes, que pueden considerarse como una señal de base y una señal de realce o mejora. La primera es una versión de la imagen con una relación señal/ruido reducida, pero que solo necesita una fracción de la velocidad binaria de la señal completa. Cuando se codifican conjuntamente la señales de base y de realce, aumenta la relación de señal/ruido de la imagen hasta el máximo posible y se obtiene la misma calidad que con el perfil principal (Para la misma Velocidad Binaria).

Cada una de las dos señales utiliza una parte de la velocidad binaria total, y ambas tienen la misma resolución espacial.

Esta posibilidad de dividir los datos no exige una mayor velocidad binaria, y tiene interesantes aplicaciones. La señal de base puede hacerse más resistente que la señal de realce, de forma que cuando la intensidad de campo no sea suficiente para recibir el conjunto de las dos señales, todavía podría recibirse la señal de base. Además en el caso de que no se pudiera transmitir el flujo con toda la velocidad binaria, podría transmitirse una menor de velocidad.

El siguiente perfil, al que llamamos Perfil de Jerarquía Espacial (Spatial scalable Profile, en la terminología del MPEG 2) tiene todos los instrumentos del anterior más un segundo método para dividir los datos. En este Perfil, la imagen codificada puede dividirse de acuerdo con la resolución (numero de elementos por línea que pueden distinguirse). Una parte de la señal dividida puede ser decodificada para dar una imagen con menor resolución que la correspondiente a la imagen original. Cuando se codifican conjuntamente las partes en que se han dividido la señal se obtiene una imagen que tiene la misma resolución que la original. Aquí también tenemos una señal de base y una señal de realce, cada una de las cuales utiliza una parte de la velocidad binaria total. Este Perfil, a diferencia del anterior, tiene el inconveniente de

que para dar la misma calidad que el Perfil Principal, necesita una velocidad Binaria superior en un 10 a 15%.

Como en el Perfil anterior, la capa de base puede hacerse más resistente y difundir una señal de menor resolución que abra mayor superficie, o en condiciones de recepción más difíciles.

Por último, el Perfil Alto consta de todos los instrumentos del Perfil anterior más la capacidad para codificar señales de diferencia de color de líneas simultáneas. Aunque a velocidades binarias bajas la calidad se resiente, a velocidades altas, normales en las aplicaciones en este Perfil, la posibilidad de Codificación de diferencias de color en líneas simultáneas supone una mejora de la calidad. Este Perfil es el sistema de más complejidad y mejores prestaciones, diseñado para las aplicaciones más exigentes en las que la velocidad Binaria no constituye un problema.

Conjuntamente con los cinco Perfiles, se han definido cuatro niveles que corresponden al formato de imagen utilizado a la entrada. Para el Nivel Bajo el formato de entrada es igual a 352 muestras por 288 líneas. Al nivel principal corresponde al formato de imagen de Recomendación 601 (720 muestras por 576 líneas). El nivel siguiente es el llamado Alto-1440 al que corresponde una entrada de televisión de alta definición 1440 muestras por

152 líneas. El cuarto nivel es el Nivel alto al que corresponde una entrada de alta definición con 1920 muestras por 1152 líneas.

Los decodificadores para cualquier determinado nivel, pueden también utilizarse para los niveles inferiores. Sin embargo, no podría decodificar los niveles superiores a menos que, como parte de estos, exista una capa de resolución más baja. No todas las combinaciones de Niveles y Perfiles Resultan útiles o necesarias y hasta la fecha solo se ha demostrado interés por once de las 20 posibles combinaciones. Se las llama Puntos de Conformidad del MPEG 2 y cada uno puede operarse en una gama de las velocidades binarias.

En la tabla 3.1. se han representado lo Perfiles y Niveles del MPEG 2 con indicación de sus características más sobresalientes. Los once cuadros en los que se ha señalado la velocidad binaria son los puntos de conformidad. Los valores de pixeles (o muestras) y líneas se refieren al área activa de la imagen. Los valores de las líneas, indicados anteriormente, corresponden a los sistemas de 25 Hz de frecuencia de trama. Para el caso de 30 Hz, el número de líneas sería 240 para el Nivel Bajo, 480 para el Principal y 1080 para los niveles Alto-1440 y Alto.

Los sistemas MPEG 2 permiten la exploración progresiva o entrelazada a frecuencias de 50 o 60 Hz. En cada punto de conformidad existe un límite máximo de muestras de luminancia.

Perfiles Niveles	SIMPLE Sin tramás B 4:2:0	PRINCIPAL Tramás B 4:2:0	JERARQUIA RELACION S/R Tramás B 4:2:0	JERARQUIA ESPACIAL Tramás B 4:2:0	ALTO Tramás B 4:2:0
Alto 1920 pixeles 1152 líneas		80 Mbps			100 Mbps
Alto-1440 1440 pixeles 1152 líneas		60 Mbps		60 Mbps	80 Mbps
Principal 720 pixeles 576 líneas	15 Mbps	15Mbps	15 Mbps		20 Mbps
Bajo 352 pixeles 288 líneas		4 Mbps	4 Mbps		

Tabla 3.1 PERFILES Y NIVELES DEL MPEG2

3.16 APLICACIONES

Los fabricantes solo estarán dispuestos a producir receptores para los servicios que ofrezcan garantías de continuidad y aceptación por el público. En Europa solo se han interesado por el MPEG 2 nivel principal/perfil principal que será la base de los receptores de primera generación para las emisiones por satélite y los correspondientes servicios de cable.

Si se quiere adoptar en el futuro otra combinación de perfiles y niveles, los radiodifusores tendrán que anunciar planes concretos para él estableciendo de un servicio y ponerse de acuerdo con los fabricantes.

Se han evaluado las presentaciones del sistema nivel principal/perfil principal mediante métodos de simulación, llegando a las siguientes conclusiones provisionales:

Para conseguir una calidad de estudio (recomendación 601) se necesita un sistema con velocidad binaria de unos 9 Mbit/s. Para una calidad equivalente a la del PAL, se necesitaría unos 5 Mbit/s.

Para la misma velocidad binaria, los sistemas de 50Hz proporcionan mejor calidad que los de 60Hz.

Es más fácil codificar videos de películas que vídeo de cámara. En el primer caso 4 Mbit/s puede considerarse aceptable.

Con la excepción del perfil simple, los demás perfiles del MPEG 2 tienen parámetros adecuados para la Televisión de alta definición. El sistema de Gran Alianza propuesta como norma de transmisión de definición de alta

definición en los estados Unidos probablemente utilizara la combinación nivel alto/ Perfil Principal.

Volviendo a la situación de Europa existe un gran interés en las aplicaciones de los perfiles con capas jerarquizadas para las emisiones terrenales de televisión digital. Por ejemplo con el perfil de jerarquía espacial que permite dividir los datos de acuerdo con la resolución y también con relación señal/ruido, se puede crear una señal compuesta por tres elementos que conjuntamente, darían lugar a la señal de alta definición. De las tres partes de la señal, la de base utilizara jerarquía espacial para proporcionar una señal de 625 líneas. El resto de la señal se puede dividir aplicando el criterio de señal/ruido (jerarquía RSR), creando así una segunda señal que junto con la capa de base proporcionaría una señal de alta definición con una relación señal/ruido reducida. El tercer elemento de la señal, conjuntamente con los otros dos, daría una señal con la calidad total de alta definición.

Otro ejemplo podría ser un sistema de tres capas con jerarquía RSR en la misma señal de 625 líneas (recomendación 601) y con jerarquía espacial entre alta definición y 625 líneas. La señal puede considerarse compuesta por tres flujos binarios independientes que, combinados de forma adecuada en el decodificador MPEG 2, Proporcionan señales de una calidad que aumentan progresivamente.

Existen otras posibilidades, como por ejemplo, un sistema de dos capas utilizando jerarquía espacial entre un servicio de definición normal y otro de alta definición, o bien un sistema de dos capas con jerarquía RSR entre dos servicios con el mismo número de líneas.

CAPITULO 4

FUNDAMENTOS DE HDTV (TELEVISION DE ALTA DEFINICION)

TELEVISION EN PANTALLA ANCHA

$$(4/3)^2 = 16/9$$

Estamos inmersos en un profundo cambio audiovisual. Los sistemas de TV que durante varias décadas han satisfechos a espectadores y radiodifusoras (PAL, SECAM y NTSC), parecen haberse quedado obsoletos. Nuevas propuestas de sistemas aparecen por doquier. El sistema japonés MUSE de 1125 líneas (El único realmente en explotación), la norma europea HD-MAC de 1250 líneas, variadas propuestas americanas basadas en 720 o 1080 líneas. Algunas de estas normas son compatibles con los sistemas actuales. Otras son solo compatibles con los canales (no son compatibles con las normas actuales, pero se pueden radiodifundir en los mismos canales estrechos en que se emiten los programas (PAL, SECAM o NTSC). Podemos encontrar sistemas analógicos y sistemas totalmente digitales; incluso algunos híbridos.

Algunos defienden que el salto a la HDTV debería hacerse a través de un paso intermedio EDTV. Por EDTV se entienden aquellos sistemas que sin llegar a ofrecer la calidad de la imagen de Alta Definición, mejoran

sustancialmente la calidad de los sistemas actuales y ofrecen imágenes libres de intermodulaciones y artificios. Junto con sonido digital estéreo, estos sistemas pueden satisfacer el mercado audiovisual durante el periodo de tiempo necesario para que la HDTV alcance la madurez.

Si algo tienen en común todos los sistemas de EDTV y HDTV existentes o propuestos, es que todos ellos proporcionan una relación de aspecto más apaisada. Con escasas excepciones, la relación de aspecto universalmente aceptada para EDTV/HDTV es la 16/9, donde el numerador expresa la proporción de la anchura y el denominador la altura.

A continuación se expone una lista de las relaciones de aspectos utilizadas, no solo en televisión, sino también en cine, fotografía y otros medios audiovisuales y artísticos.

4.1 RELACIONES DE ASPECTO

:1	:9	Descripción
1,0	9	Formato de fotografía cuadrada tipo instamatic 126
1,22	11	Lienzos pintura (Figura)
1,33	12	Televisión actual, películas antiguas, pocket instamatic 110
1,44	13	Película IMAX

1,5	13,5	Diapositivas de 35mm. Propuesto como formato de exhibición de cine. Lienzos de Pintura (Paisaje)
1,61	14,5	Propuesta para HDTV en el sistema Faroudja Labs.
1,67	15	Propuesta inicial de la NHK. Proyección en los Cines Europeos.
1,78	16	Propuesto por la mayoría de los sistemas de HDTV
1,83	16,5	Lienzos de pintura (Marina)
1,85	17	Proyección en Cine en EEUU
2,0	18	La mayoría de las Variantes en Vitavision
2,2	20	Algunos formatos de cine de pantalla ancha
2,35	21	Cinemáscope y formatos de cine similares
2,6	23	Cinerama
2,7	24	Dimension-150, Ultra-Panavision
2,77	25	Formato de Cine 3D en pantalla ancha Dynavision
4,0	36	Polyvision

Como puede verse, encontramos formatos de todos los tipos, desde el formato Instamatic totalmente cuadrado, hasta el Polyvision que presenta una anchura cuatro veces mayor que la altura.

4.2 RAZONES DE LA RELACION DE ASPECTO ACTUAL

Cuando se desarrollo la televisión (El primer sistema apareció en Gran Bretaña en 1936), se adopto por sus ventajas tecnicos-comerciales la relación de aspecto 4:3, es decir la relación entre la anchura de la pantalla y su altura es de 4 a 3, o lo que es lo mismo, la anchura es un 33% mayor que la altura. Esta clásica relación dimensional se conoce también como "formato Edison" en Honor a Tomás Alva Edison, ya que este genial inventor eligió el formato 4:3 cuando, en 1889, desarrollo la película de cine junto con George Eastman.

En 1953 la comisión federal de Comunicaciones de los EEUU, propuso a un comité de expertos el estudio y diseño de un sistema de televisión en color, el cual debería ser compatible hacia arriba y hacia abajo con el sistema existente de blanco y negro. Por tanto, este nuevo sistema de televisión en color hereda la relación de aspecto 4:3 del viejo sistema de Blanco y Negro. Nació así el sistema NTSC. En Europa, los sistemas PAL y SECAM siguieron la misma filosofía de compatibilidad con el blanco y negro, adoptando, por tanto, el formato 4:3. Por el contrario, en cine se han utilizado diferentes formatos con el fin de atraer al publico y competir así con la televisión.

Actualmente, la Televisión comienza a ponerse al día y ofrece relaciones de aspecto más acordes con las preferencias del publico.

4.3 ELECCION DE LA RELACION DE ASPECTO PARA EDTV/HDTV

A la hora de decidir la relación de aspecto más apropiada para los futuros sistemas de EDTV/HDTV hay que considerar diversos aspectos: Factores de percepción visual, preferencias subjetivas de los espectadores, compatibilidad entre distintos formatos de TV, compatibilidad con los distintos formatos de cine y facilidad de conversión entre normás.

4.4 RAZONES DE PERCEPCION VISUAL

El hombre es un animal dotado de visión frontal estereoscópica. Dispone de dos ojos en el mismo plano frontal, separados horizontalmente unos 6,5 cm. Las retinas de ambos ojos abarcan prácticamente el mismo campo visual produciendo imágenes ligeramente distintas, que una vez procesadas en el cortex cerebral no permiten inducir la percepción de la tercera dimensión. Al estar ambos ojos en el mismo plano frontal y separados horizontalmente, el ángulo visual horizontal es mayor que el vertical. Además, tanto los micromovimientos del ojo (un tipo de movimiento del globo ocular involuntario e imperceptible) como los movimientos voluntarios, son predominantemente horizontales, ya que el entorno como nosotros mismos no movemos, sobre todo, en el plano horizontal. Así pues, queda claro que un formato de pantalla apaisado se adapta mejor al sistema de percepción visual humano.

4.5 RAZONES DE PREFERENCIA SUBJETIVA

Diversos investigadores han llevado a cabo pruebas de preferencias de relación de aspecto, con sujetos a los que mostraba material de televisión variado, con distintos tamaño de pantalla y a diferentes distancia de visionado. Entre estos investigadores hay que destacar el trabajo de la NKD(la televisión publica japonesa). Estos trabajos han demostrado que la relación de aspecto preferida varia con el contenido del programa, con la duración de la sección, con el tamaño de la pantalla y con la distancia del visionado.

4.6 RAZONES DE COMPATIBILIDAD CON EL CINE

Como se ha comentado anteriormente, el cine nació a final del siglo pasado con la relación de aspecto de 4:3(12:9). Este formato que se conoció como formato de la academia se ha venido usando de forma exclusiva hasta los años 50. En la actualidad las películas de cine se toman según el "Nuevo Formato De la Academia", cuya relación de aspecto es de 1,85:1(17:9). En este caso, el fotograma utilizado sigue teniendo la misma proporción que el antiguo (4:3), pero la ventanilla de proyector de la sala cinematográfica recorta la parte alta y baja del fotograma, proporcionando una imagen más apaisada con proporciones 1,85:1 en las salas americanas y 1,67:1(15:9) en

las europeas. La técnica normalmente empleada a efectos de lograr compatibilidad entre el fotograma 4:3 y las relaciones de aspecto de la exhibición se conoce como: Shoot-and-protect (tomar y proteger). El operador de cámara dispone de dos ventanas de referencia en el visor de la cámara, una que abarca el área total, con la relación de aspecto 12:9 y otra más pequeña y apaisada con relación 17:9, mientras se protegen las zonas altas y baja de la imagen evitando que entren en ellas objetos indeseables, como por ejemplo, cañas de sonido, aparatos de iluminación, sombras del material o del equipo de producción, etc. De esta manera el material filmado, podrá servir tanto para la exhibición en salas de cines americanas como en salas europeas e incluso TV.

Aunque el nuevo formato de la academia es la más utilizada en las salas de cines, han ido apareciendo nuevos formatos más apaisados, los cuales aparecen relacionados en la tabla 1. De los formatos con relación de aspecto superior a 18:9, tan solo el cinemáscope(2,35:1) es de uso regular, ya que los formatos aun más anchos se emplean muy poco. Incluso el cinemáscope esta cayendo en desuso. En los años 60-70, una de cada cuatro películas se rodaba en cinemáscope. En la actualidad esta relación ha bajado en una de cada 10. De todas formas, existen muchas películas en archivo de este tipo.

En lo que a compatibilidad con el cine se refiere, haciendo una media entre el formato más apaisado(2,35) y el más cuadrado(1,33) obtenemos un valor

de $2.25/1.33=1,77$. Es decir, un formato de 1,77:1 a lo que es lo mismo 16:9 sería una solución de compromiso que permitiría pasar por televisión tanto las películas rodadas en el antiguo formato de la academia como la de cinemáscope sin penalizar de forma excesiva ninguno de estos formatos. En cuanto a las películas rodadas para el nuevo formato de la academia (1,85:1), su relación de aspecto es tan parecida al formato 16:9, que la compatibilidad es inmediata.

4.7 RAZONES DE COMPATIBILIDAD CON LA TELEVISION ACTUAL

Para lograr la compatibilidad con la televisión actual, es decir para que los programas grabados en formato ancho puedan verse en los receptores actuales, no queda más remedio que recortar las partes izquierda y derecha de la imagen ancha si se quiere llenar toda la altura de la pantalla actual. Este sistema se conoce como "Pantallas Laterales"(Side-panels) y también como "Ventana"(Window). Otra alternativa consiste en mostrar toda la imagen ancha en el receptor 4:3, pero incluyendo una banda horizontal negra en la parte alta de la imagen y otra en la parte baja. Este sistema se conoce como buzón (letter-box). Ambos sistemas tienen sus partidarios y detractores. La nueva relación de aspecto debe ser suficientemente más apaisada que la actual, como para que el usuario note claramente la diferencia. Por otra parte cuanto más distinta sea mayores serán los problemas que introducirán las soluciones "paneles Laterales" o "buzón". Un

incremento de un 33% en la relación de aspecto es una buena solución de compromiso. Por tanto $1,33 \times 133\% = 1,77$.

4.8 RAZONES DE FACILIDAD DE CONVERSION

Durante el periodo de transición de la relación de aspecto actual(2,33) a la nueva relación de aspecto (1,77), el cual puede durar más de una década, muchos programas se transmitirán para ser visualizados en las dos relaciones de aspecto. Igualmente, un mismo receptor deberá poder mostrar programas tomados con las dos relaciones de aspecto. Algunos sistemas, como por ejemplo, los sistemas de la familia MAC, contemplan ya estas posibilidades e incluyen en la señal transmitida datos digitales que indican al receptor la relación de aspecto a la que debe trabajar. Para que el receptor pueda conmutar del modo 4:3 al modo 16:9 y viceversa, este emplea técnicas digitales de compresión y descompresión de la imagen. Estos procesos son mucho más sencillos cuando las dos relaciones de aspecto están ligeramente ligadas por un factor matemático sencillo. Si multiplicamos 4:3 por 4:3 obtenemos 16:9, es decir, se puede pasar de una a otra relación de aspecto de una forma simple.

Supongamos que colocamos 12 televisores del formato actual formando un videowall de 3 filas y cuatro columnas. En este caso, habremos obtenido una pantalla gigante de relación aspecto 16:9. otro ejemplo: si ubicamos una

imagen convencional(1,33) en una pantalla ancha(1,77) desplazándola totalmente hacia la izquierda en la parte derecha nos quedara espacio para colocar exactamente tres imágenes pequeñas, también de relación de aspecto convencional, una encima de otra (figura 4.1.).

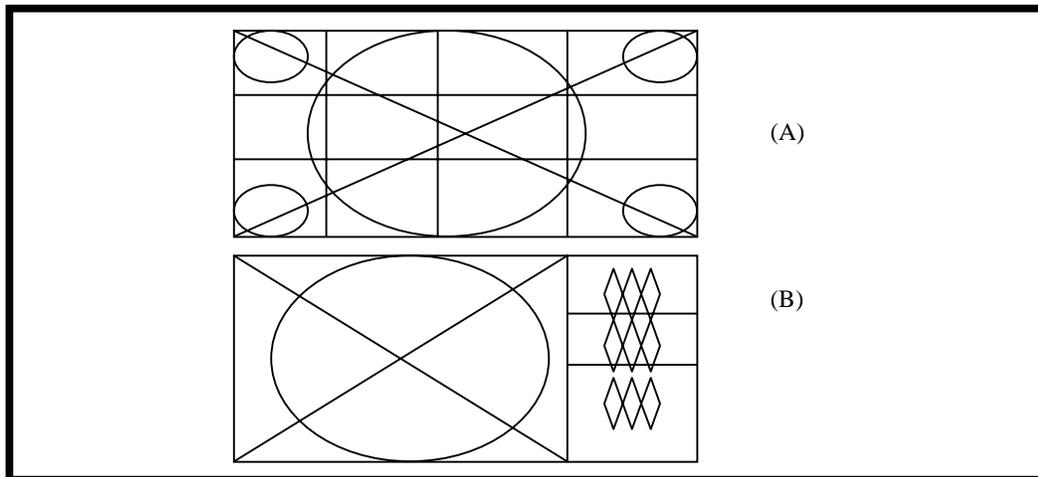


Figura 4.1 LA PROPORCION 16:9 GUARDA UNA RELACION MATEMATICA SENCILLA CON LA PROPORCION 4:3, LO QUE PERMITE COMBINACIONES COMO EL "VIDIWALL" (A) Y EL FORMATO "PIP" IMAGEN EN IMAGEN) (B).

4.9 RAZONES ESTETICAS

Resulta interesante destacar que desde la Grecia clásica los artistas diseñaban sus obras de arte (templos, ánforas, cuadros, etc.), con una relación de aspecto de 1,618:1. Esta relación que se conoce por "relación Aurea" resulta muy agradable y armoniosa para el ojo humano (figura 4.2.). La relación 16:9 es un poco superior a la relación áurea, pero esta muy cercana a ella.

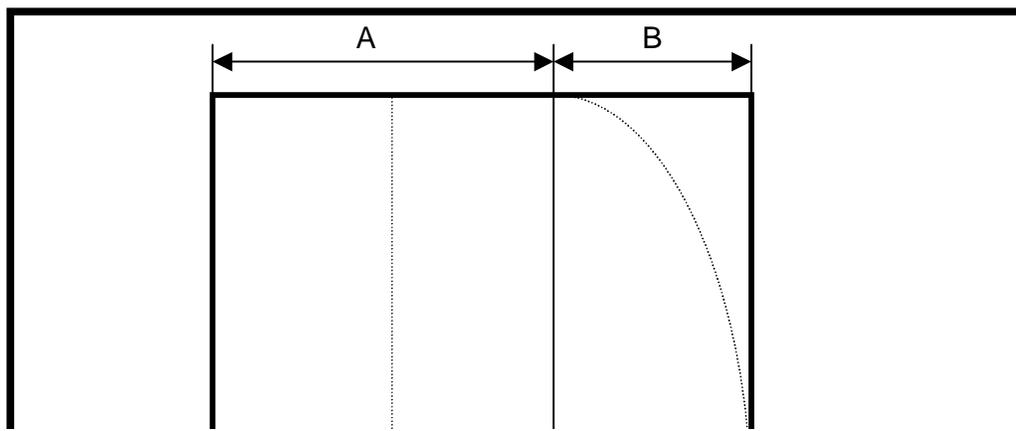


Figura 4.2 "RECTANGULO AUREO". SU RELACION DE ASPECTO (1,618:1) ESTA MUY CERCANA A LA PROPUESTA EN LOS SISTEMAS DE EDTV/HDTV (1,77:1).

Como puede verse en la figura 4.2, la sección áurea de la Grecia clásica se obtiene bisecando un cuadrado y utilizando la diagonal de una de sus unidades como radio, para ampliar el cuadrado y convertirlo en "rectángulo áureo". Se verifica la proporcionalidad: $A:B = C:A$.

4.10 CONCLUSION

Una vez analizada las distintas razones que condicionan la elección de aspecto, se hace evidente que la proporción 1,77:1 es una buena solución de compromiso. Como puede verse en la figura 4.3, la relación de aspecto 16:9(1,77:1), es, justamente la media aritmética entre la relación de aspecto más apaisada (CINEMASCOPE -2,35:1-) y la más cuadrada (Antiguo



Formato de la Academia y la TV actual -1,33:1-). Por lo tanto, además de las preferencias subjetivas de los espectadores y las razones estéticas, esta relación de aspecto resuelve bien los problemas de compatibilidad con otros formatos.

4.11 ASPECTO DE LA PRODUCCION Y COMPATIBILIDAD

La inminente llegada y progresivo crecimiento del formato de televisión en pantalla ancha y, más específicamente, del formato 16:9, preocupa a los expertos de producción en el formato 16:9 impone un cierto número de limitaciones, especialmente cuando se pretende radiodifundir el mismo programa en los dos formatos, 4:3 y 16:9.

El presente trabajo no pretende afrontar las limitaciones y soluciones teóricas, sino más bien los aspectos relacionados con la creación de la imagen y en general, los problemas de compatibilidad en el canal de televisión desde la producción a la radiodifusión de los programas.

Probablemente, la relación de aspecto 16:9 es el único parámetro en el cual existe un consenso mundial para la difusión de las futuras normas de televisión, ya sean para lo que se conoce como sistemas de definición o para los sistemas de alta definición. Este formato constituye la base en la cual los realizadores puedan comenzar ya a producir programas adelantándose a futuro.

De esta forma los programas producidos en el formato 16:9 no alcanzaran inicialmente a una gran audiencia. Se calcula que pasaran entre 10 a 15 años antes de que el numero de receptores 16:9 supere al de receptores 4:3. Las diferentes posibilidades de radiodifundir simultáneamente en ambos formatos y la fuerzas de mercado en la producción de receptores 16:9 han conducido a intensificar el estudio de los problemas de compatibilidad.

Los dos factores antes mencionados, junto con la previsión de la inminente llegada de la alta definición, están obligando a los radiodifusoras a considerar, ya en estos momentos, los problemas operacionales a que dará lugar la compatibilidad en cada uno de los eslabones de la cadena de televisión: producción, postproduccion, efectos especiales, preparación de las copias máster y transmisión.

4.12 SOLUCIONES A LA COMPATIBILIDAD

4.12.1 MOSTRAR UNA IMAGEN 16:9 EN UN RECEPTOR 4:3

Si no se procesa la imagen 16:9 (en otras palabras, si el periodo delinea permanece inalterado), esta imagen será recibida de forma comprimida, es decir, anamórficamente, y será, por tanto inútil.

Existen dos soluciones para mostrar esta imagen 16:9 de forma aceptable en un receptor 4:3:

1. Mediante la expansión horizontal de la imagen comprimida, seguida de la extracción de su sección central. La altura original de la imagen se mantiene, pero los elementos de la imagen a ambos lados se pierden.
2. Comprensión vertical. La imagen se muestra en el formato que se conoce como buzón (letter box), con bandas negras en la parte alta y baja. Esto permite conservar la totalidad del contenido de la imagen original. La figura 4.4 muestra estas 2 posibilidades. Como se verá más tarde, la expansión horizontal puede ir seguida de un movimiento panorámico de la imagen, el cual permite retener la parte más importante de ella. Esto se conoce como pan-and-scan.

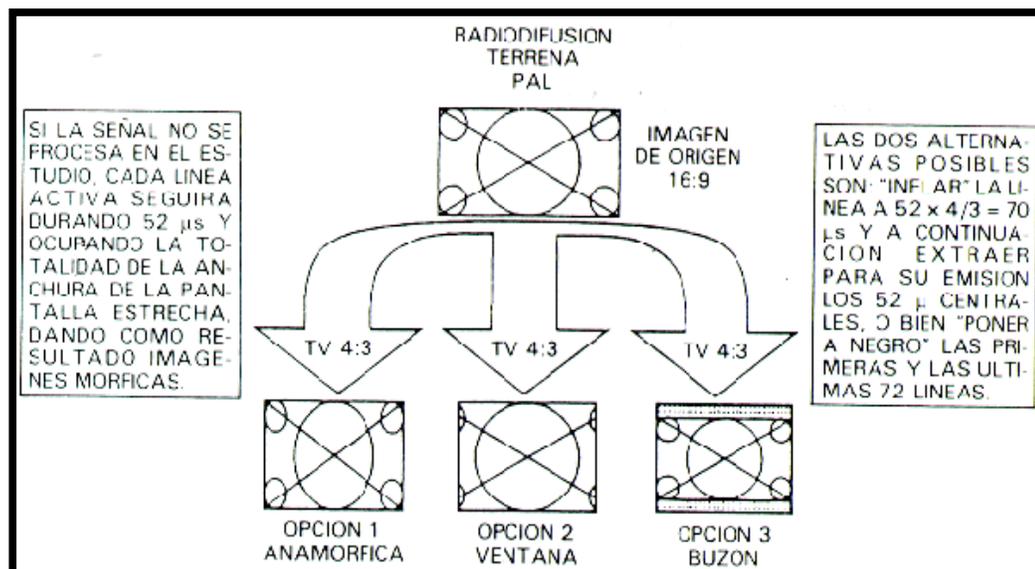


Figura 4.4 OPCIONES PARA MOSTRAR UNA IMAGEN 16:9 EN PANTALLAS 4:3.

4.12.2 MOSTRAR UNA IMAGEN 4:3 EN UN RECEPTOR 16:9

En general, la compatibilidad en los receptores 16:9 es más sencilla, al tratarse de receptores nuevos en los cuales los fabricantes pueden introducir circuitos capaces de lograr la compatibilidad con el formato convencional 4:3. También aquí la compatibilidad puede lograrse mediante diferentes formulas cuando la imagen original tiene una relación de aspecto 4:3. Para mostrar esta imagen 4:3 en los receptores 16:9 existen esencialmente tres posibilidades:

1. La imagen original se muestra en el centro de la pantalla con bandas negras verticales en ambos lados.
2. La imagen se desplaza lateralmente y deja sin utilizar una posición de la pantalla donde los fabricantes de los receptores de televisión, pueden permitir la incrustación de imágenes estáticas de otros programas.
3. La imagen 16:9 se encuadra con su formato original 4:3 manteniendo toda su anchura y llenando, por tanto, toda la pantalla en el sentido horizontal, pero cortando las partes de la imagen que corresponden a las zonas de alta y baja.

La figura 4.5. muestra estas tres posibilidades.

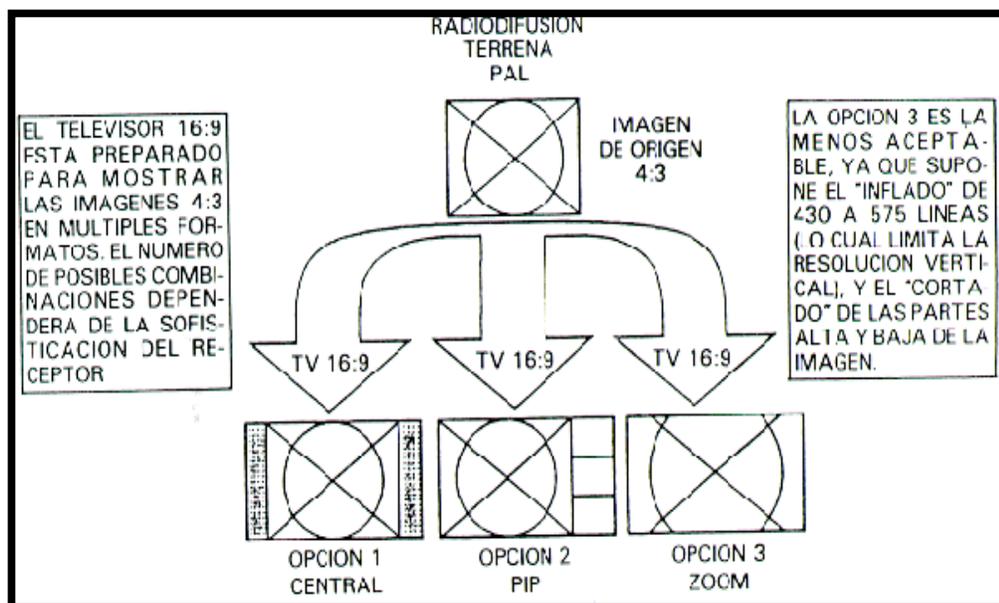


Figura 4.5 OPCIONES PARA MOSTRAR UNA IMAGEN 4:3 EN PANTALLAS 16:9

4.13 ALTERNATIVAS TECNICAS

Veamos ahora como estos métodos de exhibición pueden adaptarse al principio de la radiodifusión simultanea del mismo programa.

Consideremos tan solo el caso el cual el programa ha sido producido en el formato 16:9.

Las normás de televisión convencional (PAL, SECAM o NTSC) son inequívocas en el sentido de que la forma y la característica técnica de la

imagen transmitida son fijas y en el sentido, también, de que solo se necesita un tipo de receptor.

En la nueva norma MAC y en las normás actualmente en estudio (PAL-PLUS, HD-MAC, etc.), existen otras señales asociadas a la señal principal de la imagen, las cuales son capaces de controlar distintos dispositivos del receptor. Analizando estas señales el receptor será capaz de presentar la imagen en su pantalla de forma distinta a como era originalmente.

En otras palabras, en las normás convencionales, la imagen transmitida puede ser tan solo observada en el receptor como una imagen con relación de aspecto 4:3. Si la imagen producida originalmente es de formato 16:9, esta debe ser convertida en una imagen 4:3 en el estudio, ya sea mediante la técnica letter box o la técnica Window. No importa de que tipo de receptor se disponga, la única forma de reproducir la imagen es aquella en la que se ha transmitido.

En las nuevas normás de transmisión, la imagen transmitida será de formato 16:9, pero estará acompañada constantemente de señales y datos que permitirán al receptor 4:3 procesar esta imagen transmitida y mostrada de forma compatible con una relación de aspecto 4:3, mientras que los receptores 16:9 reproducirán la imagen original con una relación de aspecto 16:9.

Por el momento tan solo es sistema MAC, desarrollada por la difusión por satélite , posee esta posibilidad. Veamos lo que sucede en los dos casos mostrados en la parte izquierda de la figura 4.6.

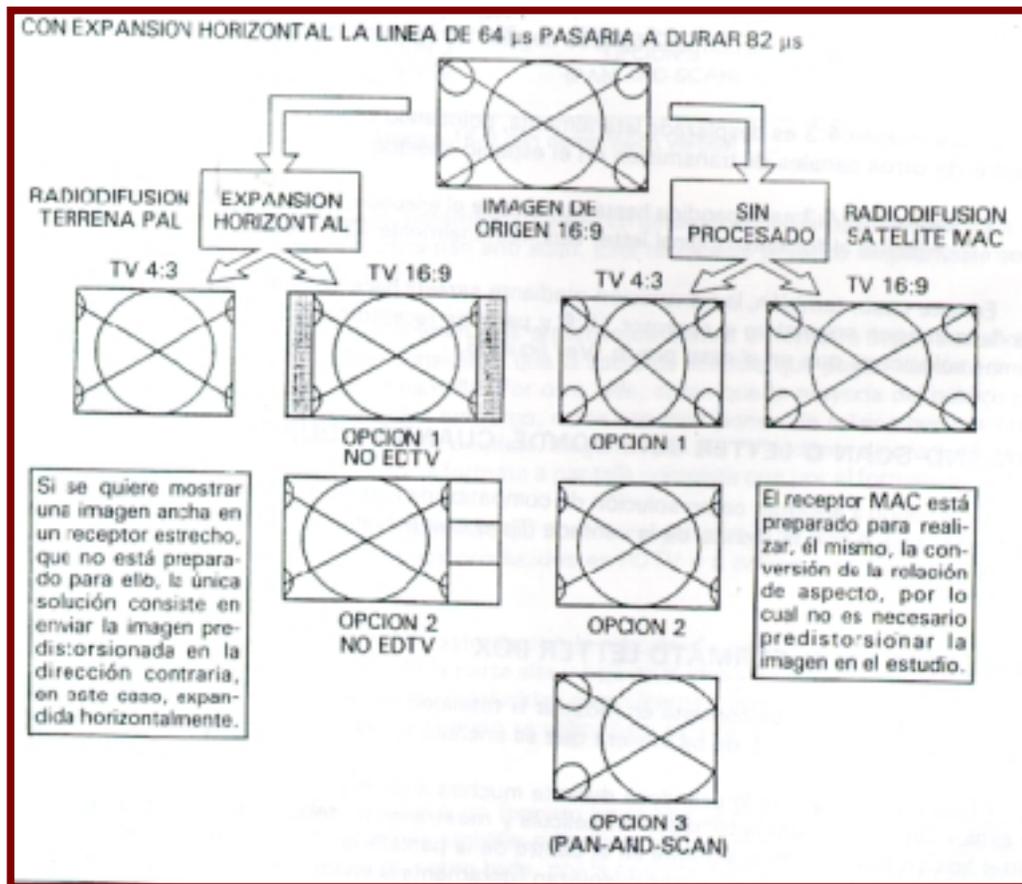


Figura 4.6 OPCIONES PARA MOSTRAR UNA IMAGEN 16:9 EXPANSION HORIZONTAL

4.13.1 EXPANSION HORIZONTAL

a) Método de expansión horizontal (figura 4.6)

La recepción terrena de la imagen 16:9 en un receptor 4:3 se efectúa la mostrando la imagen truncada sobre el total de la pantalla.

Para la recepción de la imagen truncada en un receptor 16:9 existen dos posibilidades:

1. La imagen 4:3 se muestra en el centro de la pantalla con bandas negras a cada lado.
2. La imagen 4:3 se desplaza lateralmente y se coloca información adicional en la columna que ha quedado vacía.

Estas posibilidades no parecen muy satisfactorias. Tan solo la transmisión de una señal acorde con la norma 16:9 será capaz de asegurar una imagen correctamente mostrada en el receptor 16:9.

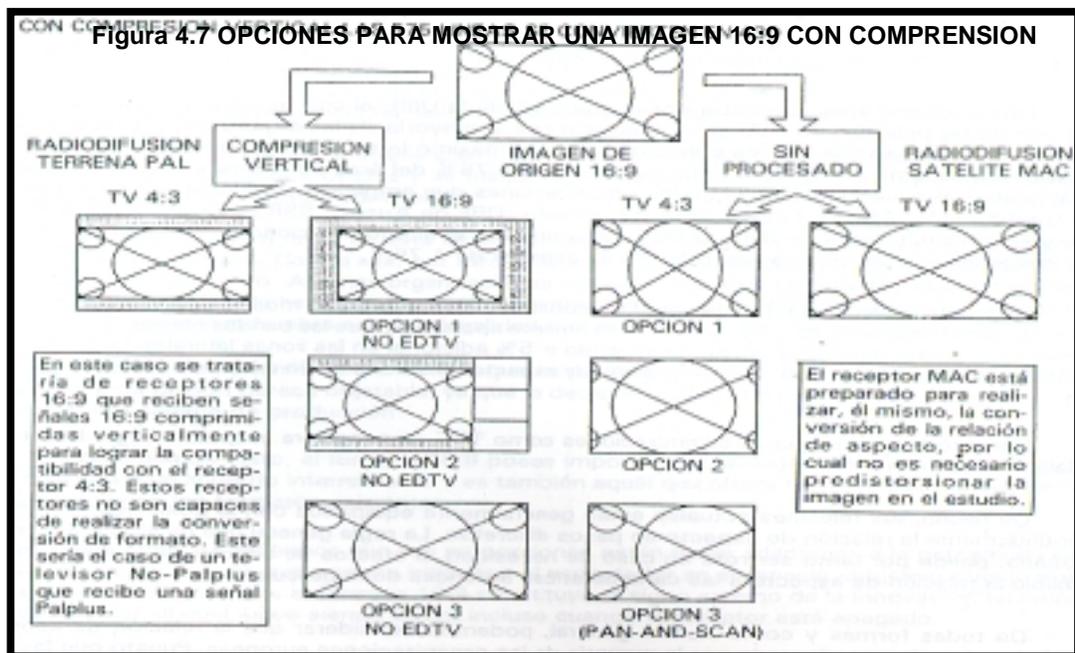
La parte de derecha de la figura 4.6 muestra la presentación de imágenes recibidas vía satélite de acuerdo con la normás MAC paquetes, las cuales proporcionan una imagen de pantalla ancha.

La transmisión mediante satélite de la imagen 16:9 hace posible reproducir la imagen completa en el receptor 16:9.

En los receptores 4:3 existen tres posibilidades diferentes:

1. imagen distorsionada (lo cual es inaceptable)

2. Una imagen con una relación de aspecto 4:3 extraída de la sección central de la imagen 16:9.
 3. Una imagen extraída de la imagen 16:9 que sigue el movimiento del centro de interés (pan-and-scan).
- b) Método de compresión vertical (figura 4.7.)



4.13.2 COMPRESION VERTICAL

Para el receptor de televisión 16:9 que recibe señal de un transmisor terreno se abren tres posibilidades desde mostrar la correspondiente imagen:

1. La imagen 4:3 se muestra tal cual es, añadiendo bandas negras a cada lado. Esta resulta finalmente en una imagen que contiene bandas negras, no solo en la parte alta y baja, sino también a cada lado.
2. La imagen 4:3 se desplaza lateralmente, colocando información adicional de imágenes estáticas de otros canales de transmisión de espacio liberado.
3. La imagen 4:3 es expandida hasta que rellena el encuadre 16:9, aunque su definición será la correspondiente al formato original letter box, nominalmente 431 líneas.

En este caso, la transmisión será mediante satélite hace posible mantener la calidad técnica de la imagen original en el receptor 16:9 y para los receptores 4:3, se pueden encontrar las mismas soluciones que en el caso previo. Ver figura 4.7.

4.14 PAN-AND-SCAN O LETTER BOX: DONDE, CUANDO Y QUIEN

La decisión a adoptar, como solución de compatibilidad, es decir, mostrar la imagen en formato letter box o con la técnica de la ventana (fija o con movimiento de panorámica) se basa en ciertos criterios.

4.15 EXHIBICION EN EL FORMATO LETTER BOX

La técnica letter box consiste en mostrar la totalidad del ancho de la imagen en un receptor 4:3 reduciendo su tamaño, de tal manera que su anchura iguale a la de la pantalla.

Esta técnica ha venido usándose durante muchos años por la radiodifusoras en la caso de la exhibición de programas tomados de película y mostrado en televisión. La imagen en formato letter box se muestra generalmente en el centro de la pantalla con bandas negras en la parte alta y baja, aunque algunos radiodifusoras reemplazan ligeramente la imagen hacia arriba a efectos de disponer de un espacio para subtítulos. El grado de utilización de esta técnica de letter box varia de una organización de televisión a otra. La BBC y la RAI, por ejemplo, no suelen utilizarla, mientras que otras cadenas Europeas la usan sistemáticamente. En general, en la Europa continental la técnica letter box es preferida a la técnica and scan. Esta técnica se practica ampliamente con la intención de respetar el trabajo original.

Los productores británicos esgrimen dos argumentos contra el formato letter box. Por un lado piensan que el público puede considerar que la cuota de licencia que pagan la deberían permitir ver la imagen llenando toda la pantalla. Por otro lado, creen que la mayoría del público considera elitista el

formato letter box. Sin embargo, otros estudios ponen de relieve que una buena parte del público prefiere ver la imagen completa. Según IBA (la televisión independiente británica) se reciben en sus oficinas más quejas por el formato a pantalla completa que por el formato letter box.

El efecto del formato letter box depende del tipo de imagen al que se aplica. Es muy diferente dependiendo de si se aplica a programas producidos de HDTV o a películas en Cinemáscope (con una relación de aspecto 2,35:1).

Cuando se aplica a una imagen mostrada con la relación de aspecto 16:9 el formato letter box supone bandas negras que ocupan la parte alta y baja de la imagen cubriendo un área de 25% de la pantalla. En el caso de las películas producidas por cinemáscope y recibida sobre una pantalla 4:3 tan solo el 58% de la zona de imagen se utiliza para este propósito, dejando el 42% ocupado por bandas negras.

Algunos radiodifusoras piensan que un formato letter box con una relación de 1,85:1 es el más apaisado que el radiodifusora puede emplear para mostrarlo en receptores con la relación de aspecto 4:3. Este límite viene impuesto, sobre todo, por la existencia de receptores de televisión pequeños, en cuyas pantallas el formato letter box supone finalmente imágenes muy pequeñas. Por tanto, en las películas filmadas en cinemáscope es práctica común cortar zonas laterales en la izquierda y la derecha de la imagen. Por

otro lado, las películas tomadas con una relación de aspecto de 1,66:1 o 1,78:1 se muestran en su formato original.

Una encuesta llevada a cabo por el grupo E3 de la UER, el cual es responsable del estudio del uso de las películas en TV, han demostrado que la mayoría de las organizaciones de la Europa continental emplean una técnica conocida como "el máximo letter box", la cual corresponde a una relación de aspecto 1,85:1. Esto significa que el 78% del área de la imagen del cinemáscopio es finalmente reproducida. Algunas de las organizaciones que emplean esta filosofía sería el canal 4 de Gran Bretaña, ADF de Francia, YLE de Finlandia, ORF de Austria, SSR de Suiza, NOB de Holanda, y el canal neerlandés de Bélgica BRT. En la práctica el último mencionado, limita generalmente las imágenes reproducidas a una relación de aspecto de 1,75:1.

De todas formas y como norma general, podemos considerar que la relación de aspecto 1,85:1 es la máxima adoptada por la mayoría de las organizaciones Europeas. Puesto que las dos excepciones (1,66:1, en el caso de la televisión danesa, y 2:1, en el caso de la TV española) están en las direcciones opuestas, esto tiene a aceptar la posición de la mayoría y, por tanto, la relación de aspecto 1,85:1.

De todas formas y como norma general, podemos considerar que la relación de aspecto 1,78:1 y, por tanto, esta muy cercano al formato 1.85:1. Puede, por tanto, considerarse que los argumentos a favor de utilizar el formato letter box es la exhibición de películas, pueden también aplicarse al formato letter box en el caso de la radiodifusión de imágenes de televisión en pantalla ancha.

El formato de la imagen 16:9 corresponde a una relación de aspecto de 1,78:1 y, por tanto esta muy cercana al formato 1,85:1. Puede por tanto, considera que los argumentos a favor de utilizar letter box en la exhibición de películas, puede también aplicarse a formato letter box en el caso de la radiodifusión de imágenes de televisión en pantalla ancha.

El público ya está acostumbrado a ver las películas con la pantalla con bandas negras en las zonas altas y bajas. Pero ¿aceptaría de la misma manera los programas diarios de televisión? Hay que hacer notar, también, que el uso frecuente del formato letter box podría terminar por marcar los receptores como consecuencia de la diferencia de desgaste de los fósforos de la pantalla en las bandas alta y baja, comparadas con el resto de la pantalla.

4.16 LA VENTANA CENTRAL

Esta técnica consiste en extraer de la sección central de la imagen 16:9 una ventana fija con relación de aspecto 4:3 que llene la altura de la pantalla.

4.17 PAN-AND-SCAN

Estrictamente hablando la técnica pan-and-scan consiste en mover una pantalla de relación de aspecto 4:3 dentro del ancho de la imagen 16:9 de tal forma que se sigue el centro de interés de la escena y se extrae de ella tan solo parte más significativa de la imagen.

Esta técnica se beneficia de una gran experiencia en la radiodifusión de películas. Es una practica común en los Estados Unidos y se utiliza a menudo en Gran Bretaña, Aunque mucho menos frecuentemente en la Europa continental.

Los argumentos a favor de esta técnica se basan en el atractivo de llenar completamente la pantalla con la imagen. Contra ella, por otro lado, estaría el incremento en la complejidad y en el costo de equipamiento. Algunas organizaciones Europeas han experimentado esta técnica durante cierto tiempo, pero lo han abandonado finalmente por las razones antes expuestas. Se tiene también una cierta incertidumbre sobre la legalidad del derecho a mutilar el trabajo original.

La norma de transmisión D2-MAC Paquetes permite incluso realizar el pan-and-scan al propio usuario. Esta opción parece objetable, y es aquel también que ofrece mejores alternativas de compatibilidad con los formatos existentes.

Como hemos visto, el formato 16:9 posee importantes cualidades: es el único parámetro en el cual existe un acuerdo internacional, y es aquel que ofrece mejores alternativas de compatibilidad con los formatos existentes.

En general, se conoce que sus proporciones son mejor adaptadas a la percepción visual que el formato 4:3, lo cual permite introducir al espectador en el espacio subjetivo creado por las imágenes. Por otro lado, el formato 16:9 constituye el signo externo de la innovación tecnológica en televisión, el cual sigue siendo obvio, incluso cuando el receptor sigue apagado.

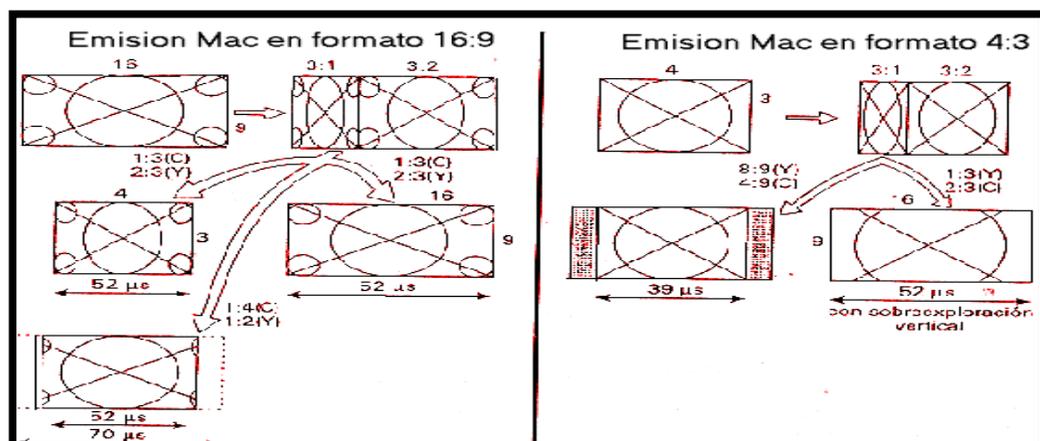
Estas ventajas están animando a que los equipos de producción de televisión a experimentar más y más activamente en el uso de este formato para distintos programás.

En la figura 4.8. y 4.9. sedan ejemplos de compatibilidad entre los formatos 4:3 y 16:9, en los sistemás MAC-Paquetes y PAL-PLUS respectivamente.

En el primer caso (MAC-Paquetes) la compatibilidad se logra cambiando los factores de descompresión de la luminaria y la crominancia. En la señal MAC-Paquetes, las señales de crominancia y luminaria son comprimidas 3:1 y 3:2 respectivamente. Si el receptor tiene el mismo formato de pantalla que la señal producida, se empleara los factores de descompresión opuestos (1:3 y 2:3). Si el receptor es diferente en diferentes proporciones, este cambiara sus factores de descompresión. El tipo de relación de aspecto se comunica al receptor mediante una señal digital en el borrado vertical.

En el caso del PAL-PLUS, las 575 líneas activas se dividen en dos grupos: la señal principal de 430 líneas y la señal de ayuda vertical formada de dos paquetes de 72 líneas cada uno. El receptor PAL convencional utiliza, tan solo, las 430 líneas centrales mostrando una imagen tipo buzón. El receptor PAL-PLUS emplea las líneas de ayuda vertical (2x72) para reconstruir un total de 575 líneas. De esta forma, el receptor PAL-PLUS llena toda la pantalla y aumenta su resolución de forma compatible.

Lo que sigue a continuación es un resumen de las opciones de un grupo de profesionales reunidos el 7 de noviembre de 1990 bajo el patrocinio de UER y que pertenece a la mayoría de los países Europeos y a Estados Unidos, Sus opciones son por tanto discutibles, pero pueden constituir un punto de



partida para la conclusión de oros profesionales. En este simposium no quedo clara la distinción entre, por un lado los problemás que plantean la producción en el formato 16:9 con respecto a la producción en el formato 4:3 y, por otro lado, aquellos que se derivan de la radiodifusión simultanea en ambos formatos.

Figura 4.8 LA COMPATIBILIDAD ENTRE LOS FORMATOS 4:3 Y 16:9 EN LOS SISTEMÁS MAC-PAQUETES SE LOGRA VARIANDO LOS FACTORES DE DESCOMPRESION EN EL RECEPTOR

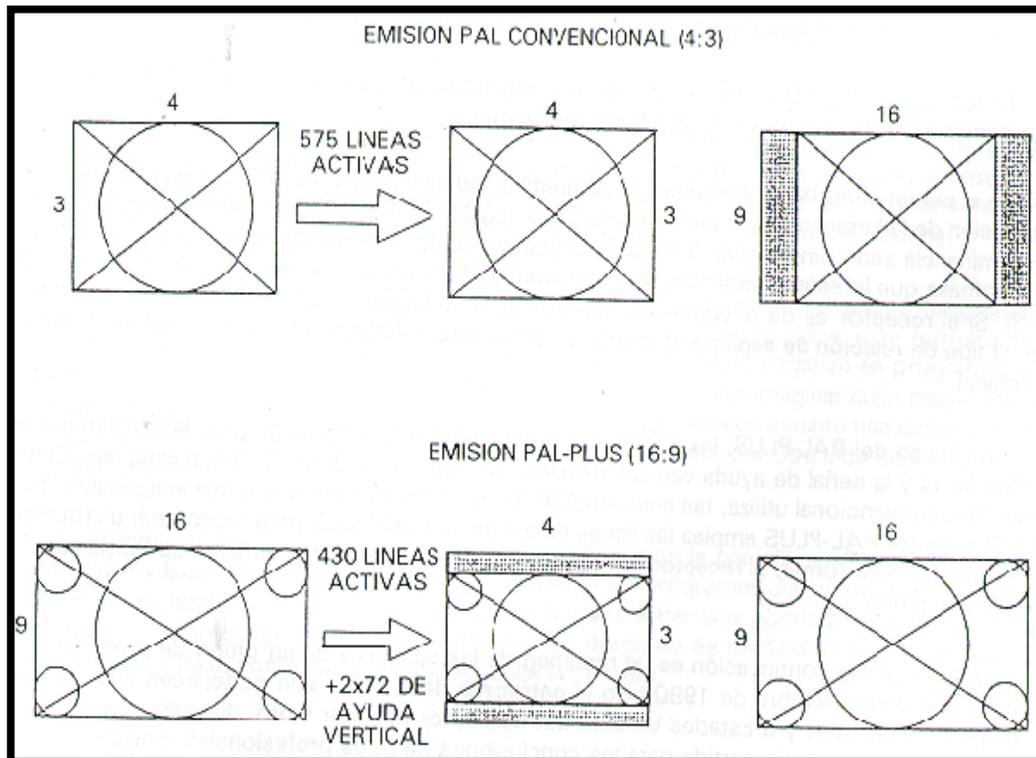


Figura 4.9. EN EL SISTEMA PLA-PLUS, LA COMPATIBILIDAD SE LOGRA DIVIDIENDO LA IMAGEN EN DOS AREAS. LA PRIMERA CONTIENE LAS 430 CENTRALES QUE FORMAN UN RECTANGULO 16:9 LA SEGUNDA, LAS ZONAS SUPERIOR E INFERIOR DE 72 LINEAS CADA UNA.

4.18 COMPOSICION DE LA IMAGEN

En los sistemas de televisión mejorada, la reproducción de la imagen 16:9 recae sobre la zona periférica de la visión y proporciona detalles que están alrededor de la zona en la cual el ojo enfoca correctamente. Esta visión periférica da mayor peso y profundidad a la imagen, un mayor realismo y un sentido de estar allí, que puede llamarse como "telepresencia".

Con el formato la composición de la imagen ya no se hará alrededor de un único centro de interés disociado de su fondo. Por ejemplo, la planificación de una secuencia de conversación entre hombre y mujer, la cual ha sido tradicionalmente filmada mediante cortes de uno a otro, con incrustaciones de una tercera persona, o de una imagen de fondo, puede ser afrontada ahora de forma muy diferente. El cine nos proporciona una cantidad de ejemplos afortunados de composición con varias personas en escena, de las cuales pueden aprenderse bastantes lecciones. Por ejemplo "Rebelde sin Causa", Dirigida por Nicolás Ray, se mostraba una secuencia en que tres jóvenes delincuentes aparecían simultáneamente en una comisaria. La gran relación de aspecto utilizada (2,35:1) hace posible mostrar a los tres delincuentes simultáneamente, tal como son interrogados por los oficiales separados por paredes de cristal. La carencia de intimidad sufrida por los participantes en esta situación, es traspasada visualmente al espectador de una forma que no sería posible en formatos más estrechos.

Finalmente otra conclusión a la que se puede llegar es que, puesto que todos los detalles que componen y realzan la escena pueden estar contenidos en el mismo plano, es de esperar que se apliquen principios distintos en el proceso de edición.

En estas condiciones ¿Sería realista imaginar que una composición de imagen pueda satisfacer tanto el formato 16:9 como el formato 4:3? De echo, cuando se hace necesario tomar las imágenes para los dos formatos las cosas resultan bastantes complicados.

Para comenzar, el primer plano ya no esta obligado en el formato 16:9 como lo era en el formato 4:3. Algunos realizadores han llamado la atención sobre lo poco adecuado que puede resultar el primer plano en los formatos de pantalla ancha. Las escasas experiencias llevadas a cabo hasta el presente, han revelado la extrema dificultad en la utilización de primeros planos. Es más, el primer plano ya no puede ser concebido, en el formato 16:9, de la misma manera que se concebía antes, ya que este aísla el centro de interés en menor grado. El elemento de primer plano ya no puede ser separado de su fondo como lo era en el formato 4:3. Por lo tanto, estrictamente hablando, ya no habría primeros planos, puesto que la imagen contiene otros detalles distintos a aquellos que aparecen en la imagen de formato estrecho.

4.19 ILUMINACION

Algunos participantes en el simposium con experiencia en la iluminación de producciones en el formato 16:9 resaltaron que la dificultad principal no estribaba en la iluminación de las escenas que han de ser tomadas con la nueva relación de aspecto, sino en iluminar correctamente el encuadre 4:3 mientras se protege los elementos situados en el encuadre 16:9. En efecto, para esta situación los lugares adecuados para colocar parte de los equipos de luz estaban, a menudo, dentro del encuadre 16:9. Por otro lado, si las luces se situaban muy cerca del borde del encuadre 16:9, los personajes eran a menudo sobreexpuestos cuando se iban al límite del encuadre 16:9, en esta situación se podría haber colocado los proyectores de luz más hacia la cámara, pero entonces las imágenes habrían quedado planas y sin contrastes ni profundidad. Además, los equipos de captación de sonido hubieran causado sombras sobre la imagen. La solución consistió en colocar ventanas opacas en los equipos de iluminación, creando así zonas de sombras en las cuales los operadores pudieron ocultar las sombras de los micrófonos.

Puesto que el formato de 16:9 cubre una área más ancha que el formato convencional, resulta más difícil colocar, las luces en el suelo en un escenario natural. Para poder formar la imagen válida para los dos formatos, se hace necesario colocar fuentes de luz más alejada de la escena que en el

formato 4:3, lo cual supone necesariamente utilizar focos de luz más potentes al estar situados más lejos. Esto supone utilizar equipamiento más pesado, no solo en cuanto a la potencia de la luz, sino también en cuanto a los sistemas de soporte.

4.20 ESCENOGRAFIA

Puesto que la imagen 16:9 cubre un campo de imagen más ancho, es evidente, que para la misma distancia focal, los elementos escénicos han de ser mayores que los empleados convencionalmente en el formato 4:3.

Por otro lado, es posible también considerar, que para ciertas tomas, el escenario no necesita ser más ancho, sino menos alto.

En cualquier caso, la necesidad de tener en cuenta la compatibilidad con el formato 4:3, obliga a las mismas precauciones que las expuestas en el apartado de composición de la imagen.

El escenario no es solo percibido en su anchura, sino también en su profundidad. Por tanto el fondo del escenario será percibido mucho más a menudo "camufladas" mediante primeros planos en el escenario 4:3, serán visibles en el caso 16:9.

El attrezzo y el maquillaje no son, en principio, afectados, por el cambio a un formato más ancho. Por otro lado, la calidad y definición de la imagen transmitida, jugaran un papel importante.

4.21 PRODUCCION

Probablemente el formato 16:9 ponga en evidencia, más que el formato 4; 3, la diferencia entre una realización pobre apoyada en la postproduccion, y una realización más rica y sugestiva, capaz de dirigir al espectador hacia una interpretación personal. En alguna medida, la producción de televisión en el formato 16:9 es una aproximación a la producción de cine.

4.22 PRODUCCION DE PROGRAMÁS DEPORTIVOS Y EN DIRECTO

En la citada reunida de la UER, un productor de la televisión noruega comento: " cada día hago producciones multicamara, muchas de ellas en directo, y me paso el 30% de tiempo evitando que ciertas cosas entre el encuadre. El formato 16:9 hace más difícil mi trabajo.

Para mantener fuera de la imagen luces u otras cámaras, el encuadre en el formato 16:9 deberá hacerse en forma más cuidadosa. En general, el concepto de "Tomar y proteger" (shoot and protect), o lo que es lo mismo el encuadre compatible es mucho más difíciles en situaciones en las cuales los

elementos que pueden aparecer en la imagen son impredecibles. El encuadre compatible con multicámara solo será afortunado si la preparación de la producción es mucho más precisa. Es necesario prever las diferentes posiciones de los actores y elementos de la escena y definir los encuadres capaces de cubrirlos en los dos formatos.

La escenografía y la iluminación deben diseñarse según el principio de "Tomar y proteger", decidido previamente. En este sentido, los problemas no son muy distintos a los que se plantean en las producciones de cine.

La colocación de los elementos de iluminación para la toma compatible el encuadre 4:3, cuando este se sitúa en el medio encuadre 16:9, resulta muy complicada y produce auténticos dolores de cabeza cuando se trabaja con varias cámaras.

Es importante, por tanto, que en las transmisiones en directo se sepa exactamente cuales serán las condiciones operacionales del programa: si este será transmitido en uno o en los dos formatos, en el sistema "Buzón" en el formato "ventana central" o con la opción pan-and-scan, a efectos de organizar la producción adecuadamente.

Estos problemas no deben inducir a pensar que el formato 16:9 no es apropiada para la cobertura de deportes o acontecimientos en directo. Al

contrario, muchos participantes en la reunión de la UER antes mencionada, opinaron que este tipo de programa adquieren una nueva espectacular dimensión cuando se encuadre en el formato 16:9. Este tipo de programa, además el aumento de espacio cubierto por la cámara permite que la acción se desarrolla libremente, limitando las operaciones de conmutación entre cámaras y la posible inducción de errores.

4.23 MONTAJE

Si se cambian los principios de composición de la imagen para hacerlos más apropiados a la utilización de los encuadres más anchos, deberán, lógicamente, revisarse los principios de la edición.

La reproducción de una imagen que es más compleja en su construcción y contenido conducirá a un estilo de montaje más lento con planos de mayor duración.

En el formato 4:3 es necesario fragmentar la acción mediante fragmentar la acción mediante cortes cruzados entre planos. En el formato 16:9 la acción puede evolucionar dentro de un mismo encuadre. Es más, la ilusión de "telepresencia" desaparece cuando se inserta un primer plano en medio de una secuencia de planos abiertos. "No es posible observar el mismo espectáculo desde dos butacas situadas en lugares radicalmente distintos".

Por tanto, podemos decir que el formato 16:9 no impone reglas montaje, sino que ofrece más flexiblemente.

4.24 SONIDO

El tema de la captación y posterior mezcla del sonido en el formato 16:9 depende de las posteriores condiciones de visionado y audición del programa. Resulta muy diferente si el programa se ve una pantalla grande de más de 1 metro de anchura rodeado de sistemas de audio estereofónico, o si por lo contrario, se ve el mismo programa en una pantalla del tamaño de las actuales con sonido mono.

Las futuras instalaciones de televisión deberán emplear sistemas de sonido de alta calidad si desean beneficiarse de la sinergia de la calidad de la imagen y la calidad del sonido.

En la televisión actual, el pequeño tamaño de la imagen mostrada al espectador no conduce. Por sí misma, a la utilización de sonidos de gran presencia. De todas formas, algunos espectadores instalan altavoces a una cierta distancia de los receptores de TV, e incluso en algunos casos, detrás de las butacas.

Si el sonido es monofónico y no se produce un cambio significativo en el tamaño de la pantalla, el formato 16:9 no tendrá mucho afecto en la forma de recibir el sonido.

Existe muchas y muy variadas formas de hacer grabaciones de sonido estéreo. Una grabación auténticamente estereofónica es más fácil de realizar en un estudio, donde las condiciones acústicas pueden ser controladas. Resulta difícil de lograr en las condiciones que se presenta durante la toma de programas dramáticas, puesto que necesita mucho tiempo para controlar las variaciones de las perspectivas entre el diálogo y los otros elementos sonoros de la toma, especialmente durante las situaciones de movimiento.

En las producciones en exteriores, exceptuando situaciones muy conocidas y probadas, como por ejemplo, partidos de fútbol, en este método queda virtualmente excluido, ya que es muy difícil coordinar al mismo tiempo el control de la dinámica del sonido en directo y la perspectiva estereofónica.

El método generalmente empleado en televisión consiste en grabar el diálogo o el sonido principal en mono y los efectos, ruido de fondo y aplausos en estéreo. Esta técnica es suficiente como para "abrir el sonido" para crear una atmósfera envolvente.

CAPITULO 5

FUNDAMENTOS DE COMUNICACIONES POR SATELITE

5.1 SATELITES GEOESTACIONARIOS

Los satélites geoestacionarios o geosincrónicos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la tierra. Consecuentemente, permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la tierra, dentro de su sombra, 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones de la tierra que tienen un camino visible a el y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja obvia es que a bordo, requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijas en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geosincrónico es de 24 h, igual que la tierra.

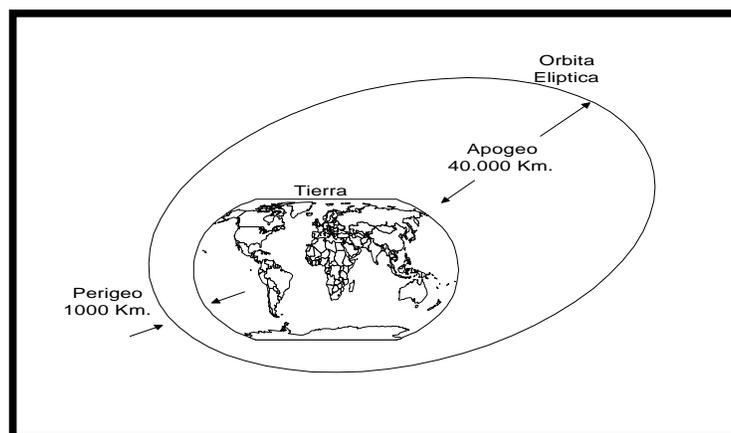


Figura 5.1. ORBITA DE UN SATÉLITE

SYNCOM I, lanzado en febrero de 1963, fue el primer intento de colocar un satélite geosincrónico en órbita. SYNCOM I se perdió durante la colocación en órbita. SYNCOM II y SYNCOM III fueron lanzados, de manera exitosa, en febrero de 1963 y agosto de 1964, respectivamente. El satélite SYNCOM III fue usada para transmitir los juegos olímpicos de 1964, desde Tokio. Los proyectos SYNCOM demostraron la posibilidad de usar satélites geosincrónicos.

Desde los proyectos SYNCOM, un numero de naciones y corporaciones privadas han lanzado, de manera exitosa, satélites que se están usando actualmente para proporcionar comunicaciones regionales y globales, así como internacionales. Hay mas de 200 sistemas de comunicaciones por satélite funcionando en el mundo, hoy en día. Proporcionan circuitos de datos y teléfono de portadora común fija mundial; televisión de cable punto a punto (CATV); distribución de televisión en red; radiodifusión de música; servicio de telefonía móvil; redes privadas para corporaciones, agencias del gobierno y aplicaciones militares.

En 1964, se estableció una red de satélite comercial global conocida como INTELSAT (ORGANIZACIÓN SATELITAL PARA TELECOMUNICACIONES INTERNACIONALES). Intelsat es propiedad y operada por un consorcio de mas de 100 países. Intelsat es manejada por las entidades de

comunicaciones designadas en sus países respectivos. El primer satélite Intelsat fue EARLY BIRD I, el cual fue lanzado en 1965 y proporcionaba 480 canales de voz. De 1966 a 1987, se lanzaron una serie de satélites designados, INTELSAT II, III, IV, V y VI. Intelsat VI tiene capacidad de 80.000 canales de voz.

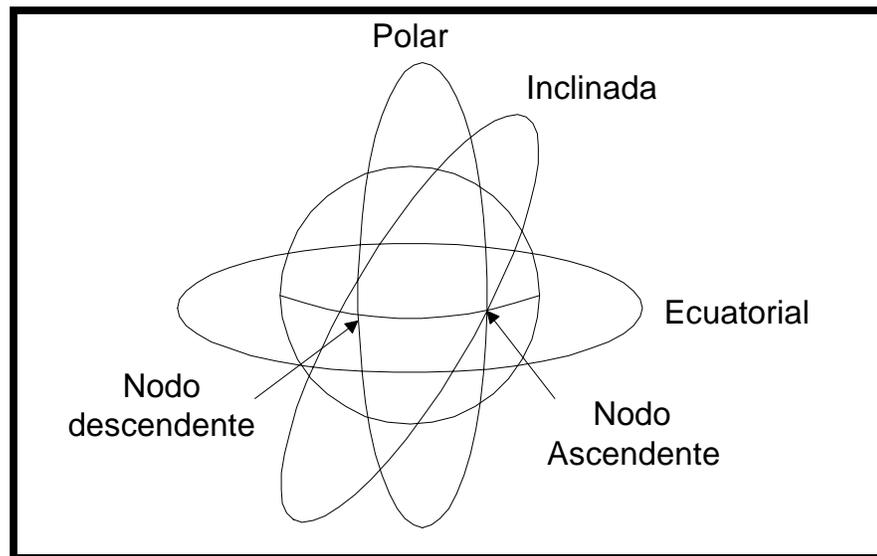


Figura 5.2 ORBITAS DEL SATÉLITE

Los satélites domésticos DOMSAT, usados para proporcionar los servicios de satélite dentro de un solo país. En Estados Unidos, todos los domsat están situados en órbita geoestacionaria. La tabla es una lista parcial de los sistemas de satélites internacionales y domésticos actuales y su principal carga útil.

	Westar	Intelsat V	SBS	Fleeti satcom	ANIK.D
Operador	Telégrafo Wester Unión	Intelsat	Sistemas de negocios satelitales	Departamento de defensa de EEUU	Telsat Canad á
Banda de Frecuencia	C	C y Ku	Ku	UHF, X	C, KU
Cobertura	Cono	Global, Zonal, Punto	Con	Global	Canad á, norte de EEUU
Numero de transponder	12	21	10	12	24
Transponder BW (Mhz)	36	36-77	43	0.005-0.5	36
EIRP (dbw)	33	23.5-29	40-43.7	26-28	36
Acceso Múltiple	FDMA,TDMA	FDMA, TDMA reúso	TDMA	FDMA	FDMA
Modulación	FM, QPSK	FDM/FM, QPSK	QPSK	FM, QPSK	FDM.F M,FM/ TVD,S CPC
Servicio	Tele fija, TTY	Tele fija, TVD	Tele fija, TVD	Militar móvil	Tele Fija

Banda-C : 3.4-6.425 Ghz

Banda-KU : 10.95-14.5 Ghz

Banda-X : 7.25-8.4 Ghz

TTY Teletipo

TVD Distribución de TV

FDMA Acceso múltiple
por división de frecuencia

TDMA Acceso múltiple
por división de tiempo

Cono Estados Unidos
Continental

Tabla 5.1 SISTEMAS DE COMUNICACIONES POR SATÉLITES

5.2 PATRONES ORBITALES

La figura 3 muestra los tres trayectos que un satélite puede tomar, conforme gira alrededor de la tierra. Cuando el satélite gira en una órbita arriba del Ecuador, se llama Orbita Ecuatorial. Cuando un satélite gira en una órbita que gira en una órbita que lo lleva arriba de los polos norte y sur, se llama Orbita Polar. Cualquier otro trayecto orbital se llama Orbita Inclinada. Un nodo

ascendente, es el punto donde la órbita cruza el plano Ecuatorial de sur a norte; un nodo descendente, es punto donde la órbita cruza el plano Ecuatorial de norte a sur. La línea que une a los nodos ascendentes y descendente, por el centro de la tierra, se llama línea de nodos.

Es interesante observar que 100% de la superficie de la tierra se puede cubrir con un solo satélite, en una órbita polar. El satélite esta girando alrededor de la tierra en una órbita longitudinal, mientras que la tierra esta girando en un eje latitudinal. Consecuentemente, el patrón de radiación del satélite es una espira diagonal, alrededor de la tierra, la cual se asemeja a un polo de barbero. Como resultado, cada sitio en la tierra cae dentro del patrón de radiación del satélite dos veces cada día.

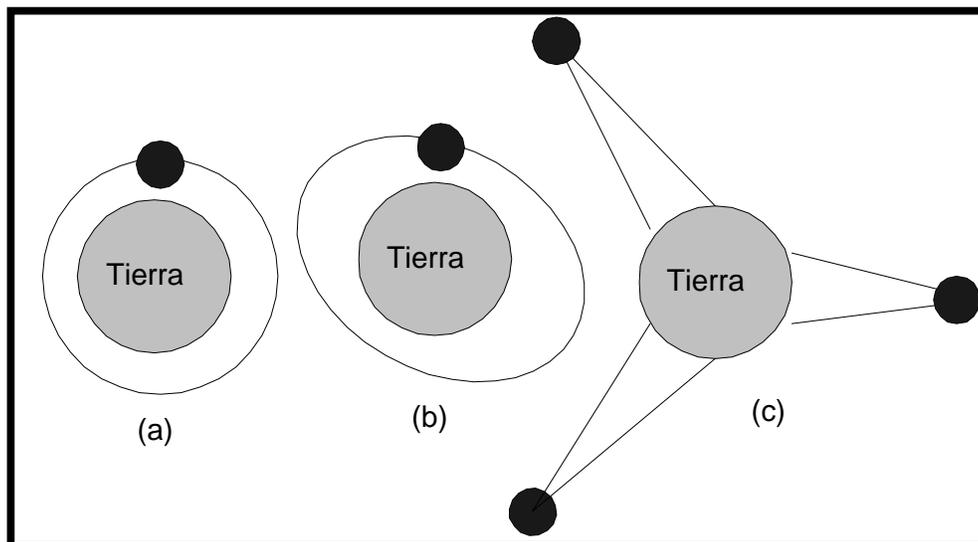


Figura 5.3 ORBITAS DEL SATÉLITE: (A) BAJA ALTITUD (ÓRBITA CIRCULAR, 100-300 MILLAS); (B) MEDIA ALTITUD (ORBITA ELÍPTICA, 6000 A 12000 MILLAS); (C) ALTA ALTITUD (ORBITA GEOSINCRÓNICO, 19000 A 25000 MILLAS)

5.3 ANGULOS DE VISTA

Para orientar una antena desde una estación terrena hacia un satélite, es necesario conocer el **ángulo de elevación y azimut** (ver figura 4). Estos se llaman ángulos de vista.

5.4 ANGULO DE ELEVACION

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada debe pasar por la atmósfera de la tierra. Como con cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la tierra sufre absorción y, también, puede contaminarse severamente por el ruido. Consecuentemente, si el ángulo de elevación es demasiado pequeño y la distancia de la onda que esta dentro de la atmósfera de la tierra es demasiada larga, la onda puede deteriorarse hasta el grado que proporcione una transmisión inadecuada. Generalmente, 5° es considerado como el mínimo ángulo de elevación aceptable. La figura 4 muestra como el ángulo de elevación afecta la intensidad de la señal de una onda propagada debida a la absorción atmosférica normal, absorción debida a la neblina pesada, y absorción debida a fuerte lluvia. Puede observarse que la banda 14/12 Ghz por la figura, es severamente mas afectada que la banda 6/4 Ghz. Esto se debe a las longitudes de onda más pequeñas asociadas con las

frecuencias más alta. Además, en ángulos de elevación menores que 5° , la atenuación se incrementa rápidamente.

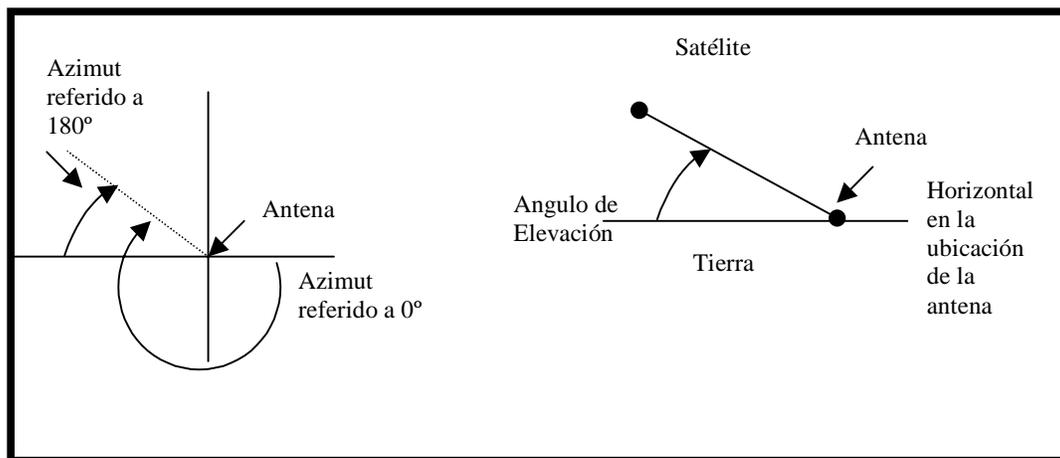
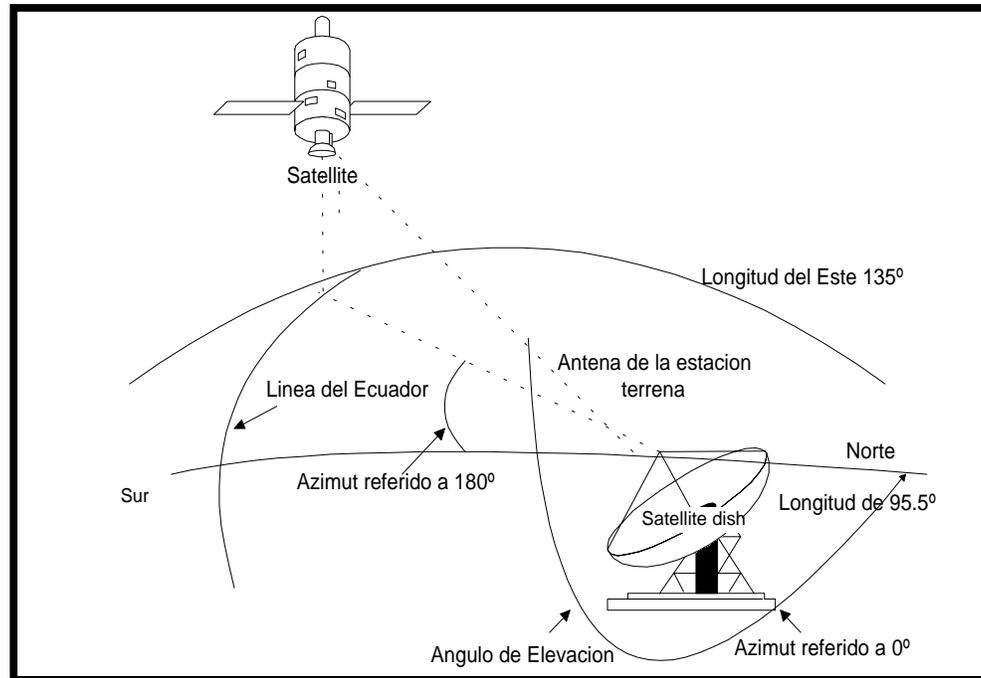


Figura 5. 4 AZIMUT Y ÁNGULO DE ELEVACIÓN, "ÁNGULOS DE VISTAS"

5.5 AZIMUT

Azimut se define como el ángulo de apuntación horizontal de una antena. Normalmente se mide en una dirección, según las manecillas del reloj, en grados del norte verdadero. El ángulo de elevación y el azimut, dependen ambos, de la latitud de la estación terrena y de la longitud de la estación terrena, así como el satélite en órbita. Para un satélite geosincrónico, en una órbita Ecuatorial, el procedimiento es el siguiente: de un buen mapa, determine la longitud y latitud de la estación terrena. De la tabla presentada, determine la longitud del satélite de interés. Calcule la diferencia en Grados (ΔL), entre la longitud del satélite y la longitud de la estación terrena. Entonces, de la figura 4 determine el azimut y ángulo de elevación para la antena. La figura es para un satélite geosincrónico en una órbita Ecuatorial.

5.6 ASIGNACIONES DE FRECUENCIA

Las frecuencias de las portadoras, más comunes, usadas para las comunicaciones por satélite, son las bandas 6/4 y 14/12 Ghz. El primer numero es la frecuencia de subida (Ascendente) (Estación terrena a transponder) y el segundo numero es la frecuencia de bajada (Descendente) (Transponder a Estación terrena). Diferentes frecuencias de subida y de bajada se usan para prevenir que ocurra repetición. Entre mas alta sea la frecuencia de la portadora, más pequeño es el diámetro de la antena para una ganancia específica. La mayoría de los satélites domésticos utilizan la banda de 6/4 Ghz.

Desdichadamente, esta banda también se usa extensamente para los sistemas de microondas terrestres. Se debe tener cuidado cuando se diseña una red satelital para evitar interferencia de, o interferencia con enlaces de microondas establecidos.

5.7 PATRONES DE RADIACION: HUELLAS

El área de la tierra cubierta por un satélite depende de la ubicación del satélite en su órbita geosincrónica, su frecuencia de portadora y la ganancia de sus antenas. Los ingenieros satelitales seleccionan la frecuencia de la portadora y la antena para un satélite, en particular, para concentrar la potencia transmitida limitada en un área específica de la superficie de la tierra. La representación geográfica del patrón de radiación de la antena de un satélite se llama Huella (ver figura 5). Las líneas de contorno representan los límites de la densidad de potencia de igual recepción.

El patrón de radiación de una antena de satélite se puede catalogar como de PUNTO, ZONAL, o TIERRA (ver figura 6). Los patrones de radiación de las antenas de cobertura de tierra tienen un ancho de haz de casi 17° e incluye la cobertura de aproximadamente un tercio de la superficie de la tierra. Los haces de puntos concentran la potencia radiada en un área geográfica muy pequeña.

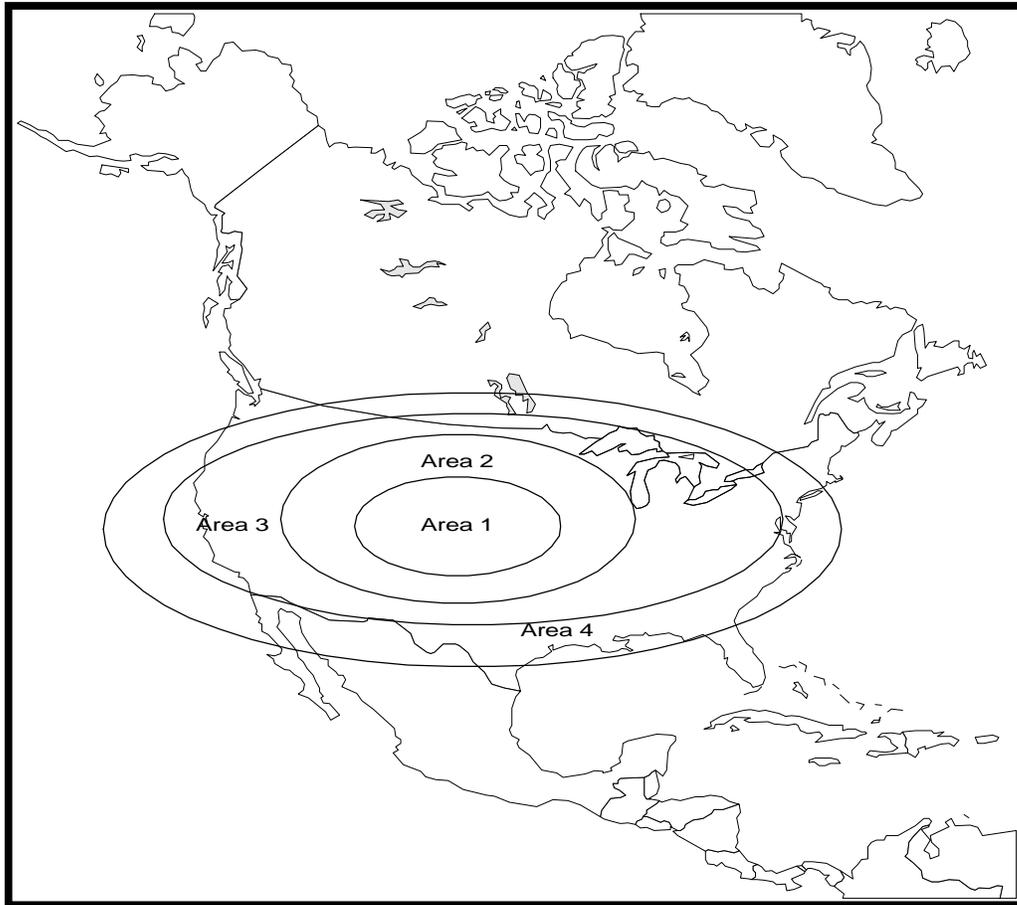


Figura 5.5 PATRONES DE RADIACIÓN DE LA ANTENA DEL SATÉLITE

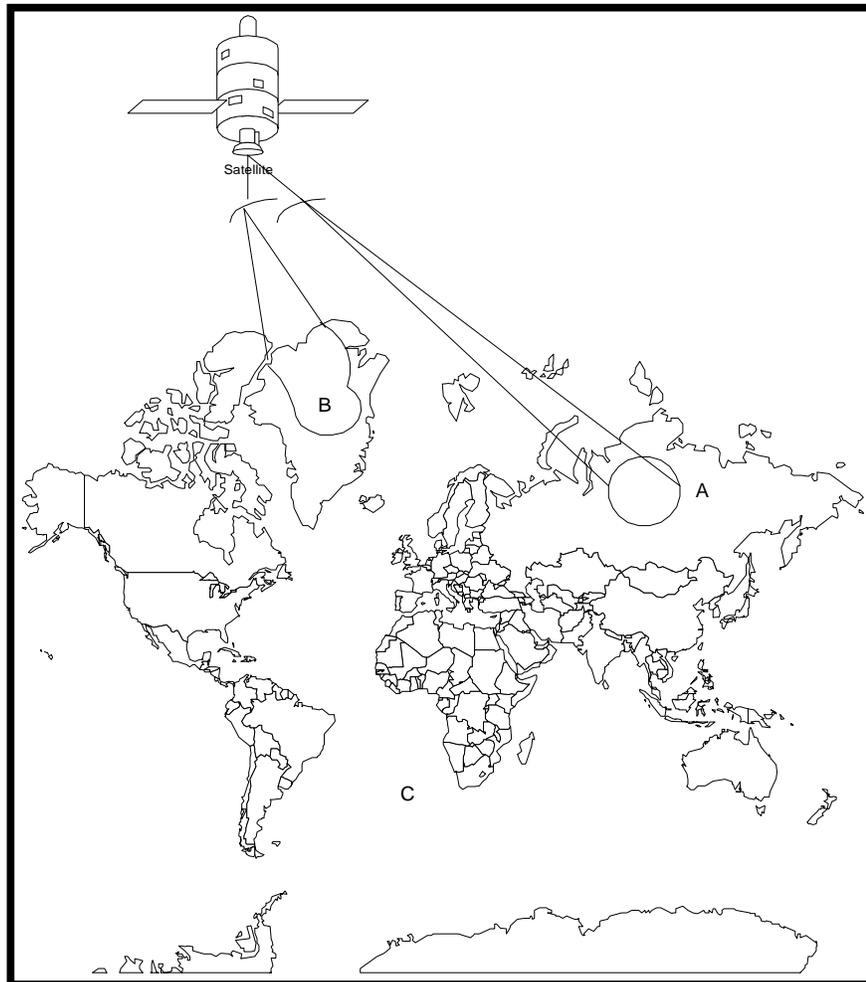


Figura 5.6 Haces A, Punto; B, Zonal; C, Tierra

5.8 REUTILIZAR

Cuando se llena una banda de frecuencia asignada, se puede lograr la capacidad adicional para reutilizar el espectro de la frecuencia. Incrementando el tamaño de una antena (Por ejemplo, incrementando la ganancia de la antena), el ancho del haz de la antena también se reduce. Por lo tanto, diferentes rayos de la misma frecuencia pueden ser dirigidos a diferentes áreas geográficas de la tierra. Esta se llama reutilizar la frecuencia. Otro método para

reutilizar la frecuencia es usar la polarización dual. Diferentes señales de información se pueden transmitir a diferentes receptores de estaciones terrestres usando la misma banda de frecuencias, simplemente orientando sus polarizaciones electromagnéticas de una manera ortogonal (90° fuera de fase). La polarización dual es menos efectiva debida a que la atmósfera de la tierra tiene una tendencia a reorientar o repolarizar una onda electromagnética conforme pasa. Reutilizar es, simplemente, otra manera de incrementar la capacidad de un ancho de banda limitado.

5.9 PARAMETROS DEL SISTEMA SATELITAL

5.9.1 POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y ENERGÍA DE BIT

Los amplificadores de alta potencia usados en los transmisores de la estación terrena y los tubos de onda progresiva, usados de material normal, en el transponder del satélite, son dispositivos no lineales; su ganancia (potencia de salida contra potencia de entrada) depende del nivel de la señal de entrada. Una curva característica típica de potencia de entrada/salida se muestra en la figura 7. Puede observarse que, conforme la potencia de entrada se reduce a 5 db, la potencia de salida se reduce a 2 db. Hay una compresión de potencia Obvia. Para reducir la cantidad de distorsión de intermodulación causada por la amplificación no lineal del HPA, la potencia de entrada debe reducirse (respaldarse) por varios db. Esto permite que el HPA funcione en una región más lineal. La cantidad de nivel de salida de respaldo de los niveles clasificados será equivalente a una pérdida y es apropiadamente llamada pérdida de respaldo (L_{bo}).

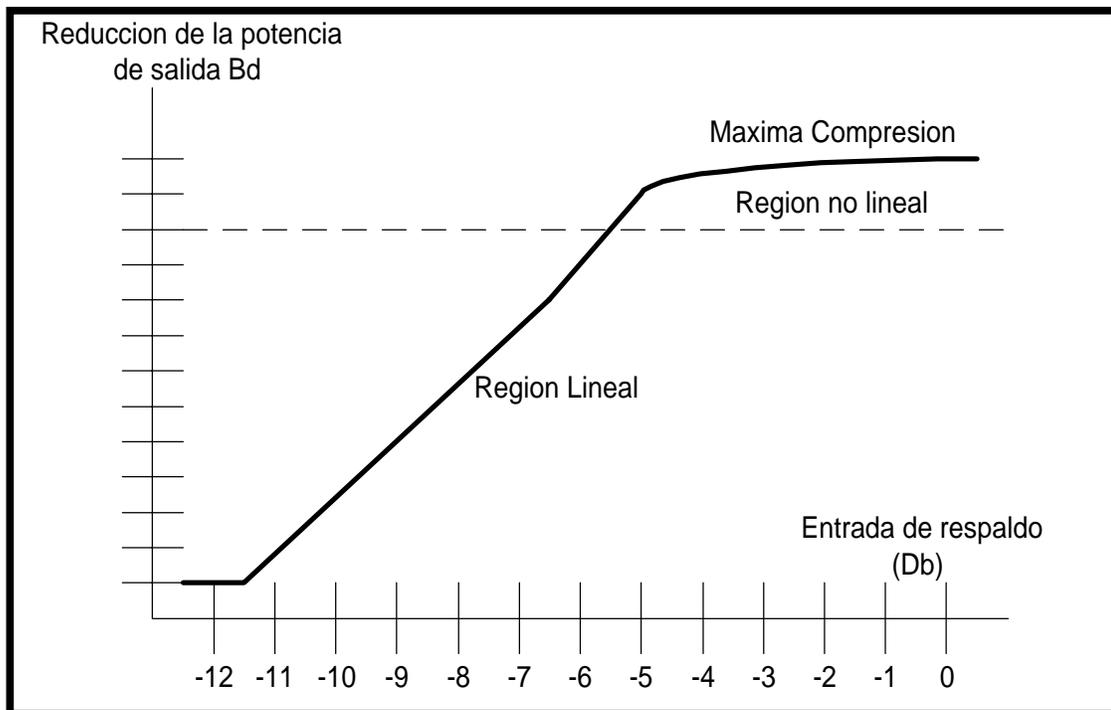


Figura 5.7 CURVA CARACTERISTICA DE ENTRADA/SALIDA DEL HPA

Para funcionar lo más eficientemente posible, debe operar un amplificador de potencia lo más cercano posible de la saturación. La potencia de salida saturada es designada P_o (sat) o simplemente P_t . La potencia de salida de un transmisor típico de estación terrena del satélite es mayor que la potencia de salida de un amplificador de potencia de microondas terrena. Consecuentemente, cuando se trata con sistemas satelitales, P_t generalmente se expresa en dbw (decibelios con respecto a 1 W) en vez de en dbm (decibelios con respecto a 1 mW).

Un parámetro más importante que la potencia de portadora es la energía por bit (E_b).

$$E_b = P_t \times T_b$$

En donde :

E_b = energía de un bit sencillo (joules por bit)

P_t = Potencia total de portadora (watts)

T_b = Tiempo de un bit sencillo (segundos)

O porque $T_b = 1/F_b$ en donde F_b es la razón de bit por segundo

$$E_b = P_t / F_b$$

5.9.2 POTENCIA RADIADA ISOTROPICA EFECTIVA

La potencia radiada isotrópica efectiva (EIRP), se define como una potencia de transmisión equivalente y se expresa matemáticamente como

$$EIRP = P_t \times A_t$$

En donde :

EIRP = potencia radiada isotrópica efectiva (watts)

P_t = Potencia total radiada de una antena (watts)

A_t = ganancia de la antena transmisora (relación sin unidades)

Expresado como logaritmo.

$$\boxed{\boxed{\text{EIRP}(\text{dbw}) = \text{Pt}(\text{dbw}) + \text{At}(\text{db})}}$$

Con respecto a la salida del transmisor

$$\boxed{\boxed{\text{Pr} = \text{Pt} - \text{Lbo} - \text{Lbf}}}$$

Por lo tanto

$$\boxed{\boxed{\text{EIRP} = \text{Pt} - \text{Lbo} - \text{Lbf} + \text{At}}}$$

En donde :

Pt = Potencia de salida real del transmisor (dbw)

Lbo = Perdida por respaldo del HPA (db)

Lbf = ramificación total y perdida del alimentador (db)

At = ganancia transmisora de la antena (db)

5.9.3 TEMPERATURA DE RUIDO EQUIVALENTE

Con los sistemas de microondas terrenas, el ruido introducido en un receptor o componente dentro de un receptor comúnmente era especificado por el parámetro de figura de ruido. En los sistemas de comunicación por satélite, es frecuentemente necesario diferenciar o medir el ruido en incrementos tan pequeños, como una décima o una centésima de un decibel. La figura de ruido, en su forma estándar es inadecuada para cálculos tan precisos. Consecuentemente, es común usar temperatura ambiente (T) y temperatura de ruido equivalente (Te) cuando se evalúa el rendimiento de un sistema satelital.

Entonces tendremos :

$$\mathbf{NF = 1 + Te/T}$$

En donde:

Te = Temperatura de ruido equivalente (grados kelvin)

NF = Figura de ruido expresada como un valor absoluto

T = Temperatura ambiente (grados kelvin)

Arreglando la ecuación tendremos

$$\mathbf{Te = T(NF - 1)}$$

Típicamente, las temperaturas de ruido equivalentes de los receptores usadas en el transponder de los satélites son de aproximadamente 1000 K. Para los receptores de las estaciones terrenas los valores Te están entre 20 y 100 K. La temperatura de ruido equivalente es generalmente mas útil cuando se expresa logaritmicamente con la unidad de dBK, de la siguiente manera:

$$\mathbf{Te(dBK) = 10 \log Te}$$

Para una temperatura de ruido equivalente de 100 K. Te(dBK) es

Te(dBK) = 10 log 100 o 20 dBK.

LA temperatura de ruido equivalente es un valor hipotético que puede calcularse pero no medirse.

Te es un parámetro muy útil cuando se evalúa el rendimiento de un sistema satelital.

5.9.4 DENSIDAD DE RUIDO

Dicho de manera sencilla, la densidad de ruido (N_o) es la potencia de ruido total normalizada a un ancho de banda de 1Hz, o la potencia de ruido presente en un ancho de banda de 1 Hz. Matemáticamente :

$$N_o = N/B \text{ o } K \times T_e$$

En donde :

N_o = Densidad de ruido (W/Hz) (No generalmente se expresa como simplemente watts; el por hertz es implicado en la definición de N_o)

N = Potencia de ruido total (watts)

B = Ancho de banda (Hertz)

K = Constante de Boltzmann (Joules por grados Kelvin)

T_e = Temperatura de ruido equivalente (grados kelvin)

Expresado como logaritmo :

$$\begin{aligned} N_o(\text{dbw/Hz}) &= 10 \text{ Log } N - 10 \text{ Log } B \\ &= 10 \text{ Log } K + 10 \text{ Log } T_e \end{aligned}$$

5.9.5 RELACIÓN DE DENSIDAD DE PORTADORA A RUIDO

C/N_o es el promedio de la relación de densidad de potencia a ruido de la portadora de banda ancha. La potencia de la portadora de banda ancha es la potencia combinada del conducto y sus bandas laterales asociadas. El ruido es el ruido térmico presente en un ancho de banda de 1 Hz normalizada. La

relación de la densidad de portadora a ruido, también se puede escribir como la función de la temperatura de ruido.

Matemáticamente :

$$C/N_0 = C/Kte$$

Expresado como logaritmo :

$$C/N_0(\text{db}) = C(\text{dbw}) - N_0(\text{dbw})$$

5.9.6 RELACIÓN DE LA DENSIDAD DE ENERGÍA DE BIT A RUIDO

E_b/N_0 es uno de los parámetros mas importantes y mas usados, cuando se evalúa un sistema de radio digital. La relación E_b/N_0 es una manera conveniente de comparar los sistemas digitales que utilizan diferentes tasas de transmisión, esquemas de modulación o técnicas de codificación.

Matemáticamente :

$$E_b/N_0 = (C/F_b)/(N/B) = (C \times B)/(N \times F_b)$$

E_b/N_0 es un termino convenientemente usado para los cálculos del sistema digital y comparaciones de rendimiento, pero en el mundo real, es mas conveniente medir la relación de la densidad de potencia a ruido de la portadora de banda ancha y convertirlo a E_b/N_0 . Arreglando, resulta la siguiente expresión :

$$E_b/N_0 = (C/N) \times (B/F_b)$$

La relación E_b/N_0 es el producto de la relación de portadora a ruido (C/N) y la relación de ancho de banda del ruido a tasa de bit (B/Fb). Expresada como Logaritmo :

$$E_b/N_0(\text{db}) = C/N(\text{db}) + B/F_b(\text{db})$$

La energía por bit (E_b) permanecerá constante, siempre y cuando la potencia de la portadora total de banda ancha (C) y la tasa de transmisión (bps) permanezca sin ningún cambio. Además, la densidad de ruido (N_0) permanecerá constante, siempre que la temperatura de ruido permanezca constante. La siguiente conclusión se puede hacer para la potencia de una portadora específica, tasa de bit y temperatura de ruido, la relación E_b/N_0 permanecerá constante, sin importar la técnica de codificación, esquema de modulación o ancho de banda usado.

La figura 8 ilustra gráficamente la relación entre una probabilidad de error esperada $P(e)$ y la mínima relación C/N requerida para lograr el $P(e)$. El C/N especificado es para el mínimo ancho de banda de Nyquist de lateral doble. La figura 9 ilustra gráficamente la relación entre un $P(e)$ esperado y la mínima relación E_b/N_0 requerida para lograr ese $P(e)$.

Un $P(e)$ de 10^{-5} ($1/10^5$) indica una probabilidad de que un bit estará en error por cada 100.000 bits transmitidos. $P(e)$ es análogo a la tasa de error de bit (BER).

5.9.7 RELACIÓN GANANCIA TEMPERATURA DE RUIDO EQUIVALENTE

Esencialmente, la relación de ganancia a temperatura de ruido equivalente (G/T_e) es una figura de mérito usada para representar la calidad de un satélite en un receptor de una estación terrena. La G/T_e de un receptor es la relación de la ganancia de la antena de recepción a la temperatura de ruido equivalente (T_e) del receptor. Debido a las potencias extremadamente pequeñas de la portadora de recepción que normalmente se experimentan con los sistemas satelitales, frecuentemente un LNA está físicamente situado en el punto de alimentación de la antena. Cuando este es el caso, G/T_e , es una relación de la ganancia de la antena receptora más la ganancia del LNA, a la temperatura de ruido equivalente, Matemáticamente :

$$G/T_e = (A_r + A(\text{LNA}))/T_e$$

Expresado en logaritmos :

$$G/T_e(\text{dBK-1}) = A_r(\text{db}) + A(\text{LNA})(\text{db}) - T_e(\text{dBK})$$

G/T_e es un parámetro muy útil para determinar las relaciones E_b/N_0 y C/N , en el transponder del satélite y receptores de la estación terrena. G/T_e es esencialmente el único parámetro requerido en un satélite o un receptor de estación terrena, cuando se completa el cálculo del enlace.

CAPITULO 6

FUNDAMENTOS DE PROPAGACION DE ONDAS

6.1 INTRODUCCION

El propósito de este capítulo es examinar los aspectos que afectan a las ondas de radio que generan los transmisores, ya que estas de acuerdo al principio de HUGGENS viajan en todas las direcciones y en forma expansiva, y pueden ser reflejadas por las superficies en las que inciden, dependiendo la calidad de reflexión de la superficie en la cual la onda haya hecho incidencia.

Así mismo analizaremos el efecto que tiene la curvatura de la tierra sobre las ondas de radio, ya que estas por naturaleza tienden a seguir la misma, tal es así que dependiendo de la frecuencia se incrementa la influencia de la curvatura de la tierra, de esta forma a medida que la frecuencia se incrementa, el efecto de la curvatura de la tierra es menos perjudicial, este efecto de la curvatura de la tierra se lo conoce también como el efecto de difracción, el cual será explicado en el desarrollo del capítulo.

También entre los efectos que inciden en las ondas de radio explicaremos el efecto de refracción, el cual se produce en la troposfera dispersándose en la atmósfera y produciendo la curvatura del rayo lo cual se lo puede considerar como un proceso estadístico.

6.2 ATENUACION DE ESPACIO LIBRE.

El campo electromagnético EH es generado por una corriente eléctrica donde el elemento traductor es la antena. Este campo al encontrarse lejos del emisor puede ser considerado como un frente de onda plano, además es perpendicular a H y ambos en la dirección de propagación.

El plano que contiene al campo E y la dirección de propagación se denomina **PLANO DE POLARIZACION** el cual puede ser Horizontal o Vertical en las aplicaciones que nos ocupan

El modelo puede formalizarse considerando a las antenas como **isotrópicas** emitiendo igual densidad de energía en todas las direcciones, de la misma forma consideraremos al medio como no dispersivo, es decir se tiene igual

velocidad de fase en función de la frecuencia, y que solo el rayo directo o casi directo une las antenas.

si la transmisión se realiza en el espacio libre de obstáculos se tiene una atenuación de espacio libre:

$$L \text{ (db)} = 92,44 + 20 \cdot \log D \text{ (Km)} + 20 \cdot \log F \text{ (Ghz)}$$

Donde L es la atenuación del espacio libre en dB, f la frecuencia del enlace Ghz y D la longitud en km. Cuando la propagación se realiza en la atmósfera se tiene variantes. La atmósfera normal (estándar) se caracteriza por tener una variación lineal decreciente del índice de refracción con el incremento de la altura. Esto se traduce en una curvatura de la onda hacia la tierra por refracción.

6.3 EFECTO DE LA REFRACCION

Por lo dicho anteriormente la refracción en la atmósfera produce la curvatura del rayo, Lo cual puede considerarse un proceso estadístico. La denominada atmósfera estándar corresponde a una curvatura hacia la tierra. Por lo tanto se puede definir un radio aparente (que permite graficar el rayo de unión en forma recta) en función del radio real de la tierra:

$$R_a = k \cdot R_r$$

; R_r (Radio de la tierra) = 6378 Km.

Es de destacar que el radio de curvatura K esta relacionado con el cambio del índice de refracción n con la altura h mediante:

$$1/p = - dn/dh$$

y

$$k = p/(p - R_r)$$

En regiones de clima tropical templado el valor de k es 1,33 y corresponde a la media anual (50% del tiempo). En regiones árticas disminuye a 1,2 y aumenta en el trópico a 1,5, en el primer caos se dice de una atmósfera subestandar y en el otro superestandar.

6.4 VALORES TIPICOS DE K

Clima tropical templado	k = 1,33	atmósfera estándar
Regiones árticas	k = 1,2	atmósfera subestandar
En el trópico	k = 1,5	atmósfera superestandar

De esta manera podemos graficar el **perfil topográfico** del terreno de tal forma que el rayo se curve hacia arriba en una tierra plana ($R_a = \text{infinito}$). O es recto en una tierra de curvatura con radio R_a ($k = 1,33$), lo cual es valido como valor medio ver figura 6.1

Sin embargo para poder trabajar en las peores condiciones se requiere conocer la estadística del valor k , en la figura 6.2. se muestra como varia k en función de la longitud del enlace para el 99% del tiempo.

Como un dato conocido se puede decir que para un clima templado tropical en un enlace de 50 Km. el valor de $k = 0,8$ es superado durante el 99% del tiempo. La propagación estándar ($k = 1,33$) esta favorecida por la baja presión creada por turbulencias y cielo cubierto. Las altas presiones favorecen en cambio la propagación no estándar.

6.5 EFECTO DE LA DIFRACCION

Una antena emite una onda en expansión de acuerdo al principio de HUGGENS establece que cada elemento del frente de onda produce un frente de onda

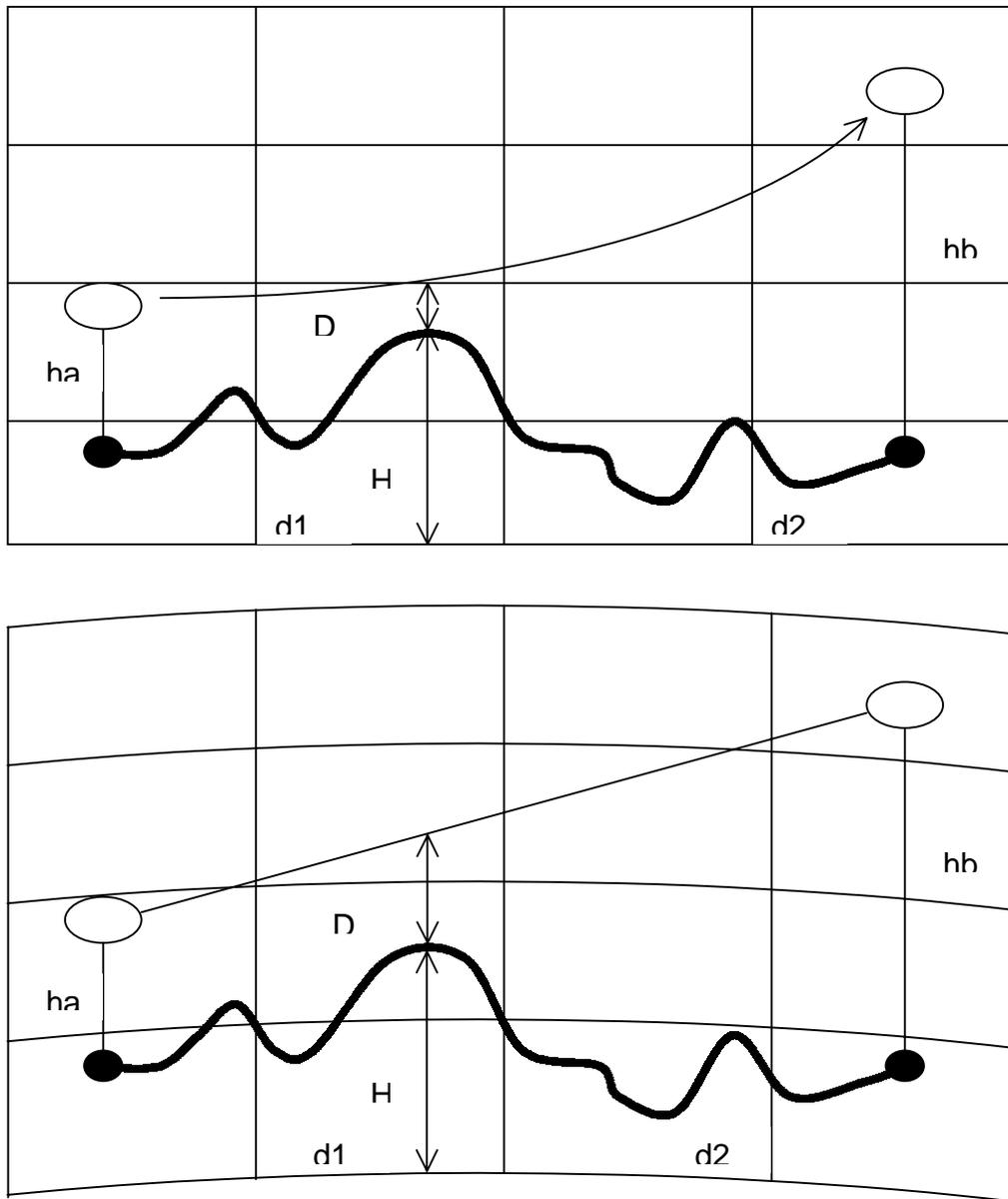


Figura 6.1 Efecto de la Curvatura de la tierra

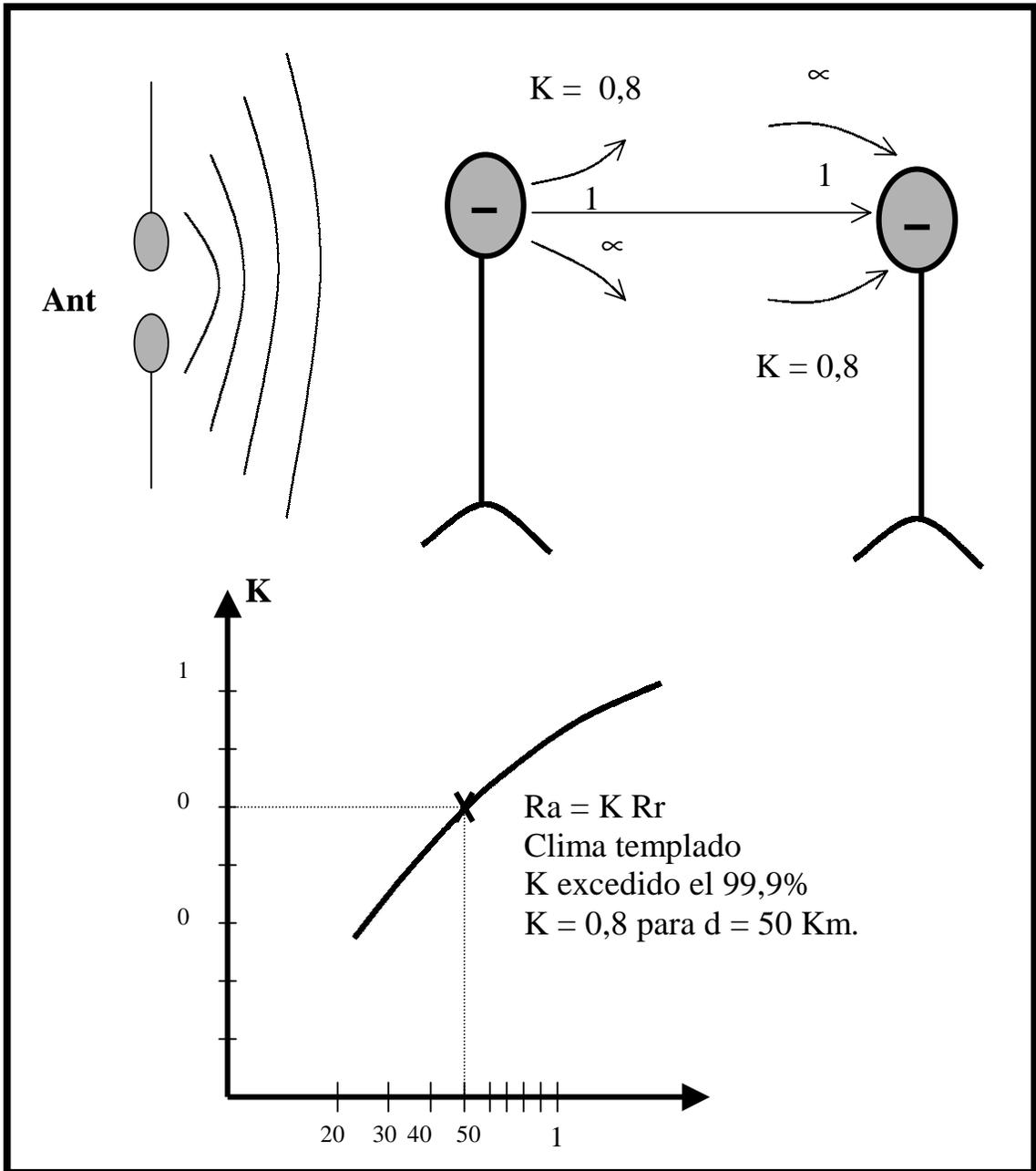


FIGURA. 6.2 PROPAGACIÓN DE LA ONDA Y EFECTO DE REFRACCIÓN

Secundario, por ello existen infinitos caminos que unen las antenas. Como los rayos difractados recorren un camino más largo llegan con un retardo que puede estar en fase produciéndose una interferencia aditiva o sustractiva.

Este efecto queda determinado en el elipsoide de Fresnel de la figura 6.3. Se denominan zonas de Fresnel a las coronas circulares concéntricas que determinan los rayos difractados en fase y contrafase en forma alternativa. Dentro de este elipsoide de revolución la primera zona de Fresnel esta caracterizada por el **radio rf** que se calcula mediante:

$$r_f = 548. \left[\frac{d_1 \cdot d_2}{d_1 + d_2} \cdot f \right]^{1/2}$$

f = la frecuencia en MHZ

r_f = radio de Fresnel de la primera zona en m

d₁, d₂ = distancia desde las antenas hasta el obstáculo en km.

Las zonas impares tienen una contribución aditiva y las pares sustractivas.

Así la potencia de recepción es la suma de todas las contribuciones, cuya amplitud disminuye con el aumento del orden.

Si D/r_f es menor que 1 se entiende que el rayo directo esta tapado por el obstáculo. Sin embargo si D/r_f se encuentra entre 0 y 1 existe un punto donde el valor de atenuación es cero; ósea el obstáculo se comporta como el espacio libre (Ver figura 6.4.).

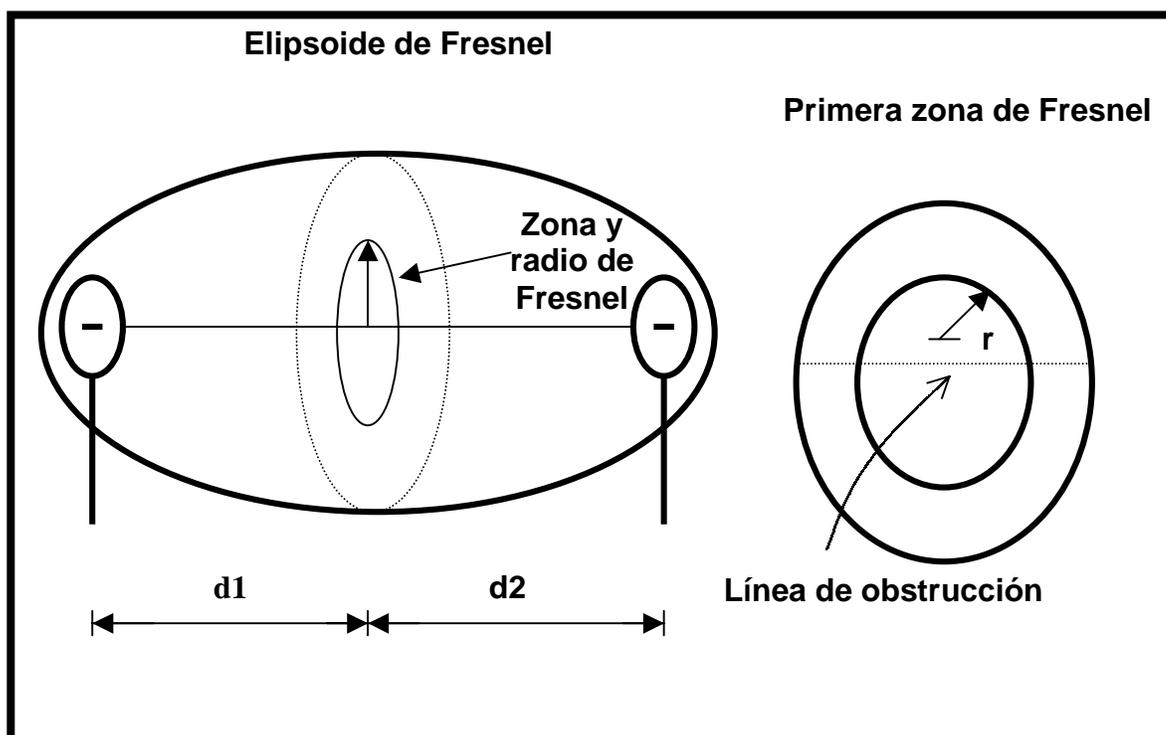


Figura 6.3 ELIPSOIDE DE FRESNEL

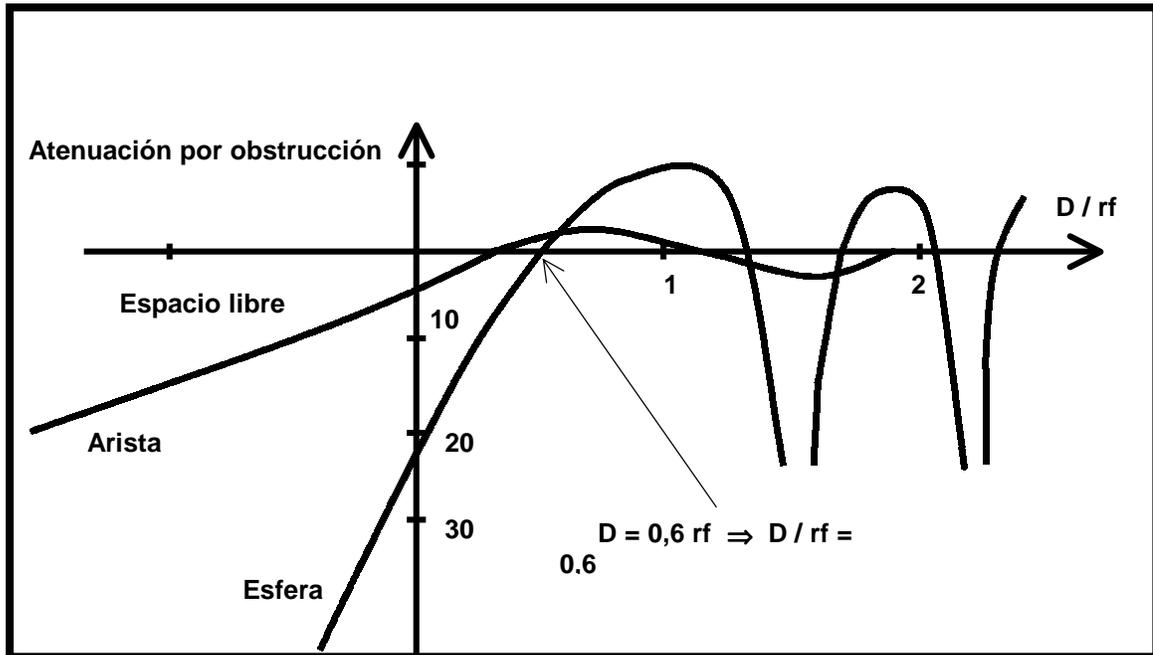


Figura 6.4 CRITERIOS DE DESPEJAMIENTO

Para aplicar la teoría de espacio libre se recurre a criterios de despejamiento, que han sido obtenidos de la experiencia práctica

6.6 CRITERIOS DE DESPEJAMIENTO.

El criterio de despejamiento es en realidad un criterio extraído de la experiencia práctica, lo que debemos tener en cuenta es que de aquí en adelante se puede considerar al rayo propagándose en el espacio libre.

6.6.1 PARA ENLACES DE UHF

Con frecuencias menores a 1000MHZ se procede a dejar un despejamiento (D)

$$D = 0,1 * rf \quad \text{considerando un } k = 0,66$$

$$K = 1,33 \quad \text{y considerando la atenuación por obstáculo.}$$

6.6.2 PARA ENLACES ENTRE 1500 Y 2000 MHZ

$$D = 0,6 * rf \quad \text{y considerando un } k = 1,33$$

$$D = 0,3 * rf \quad \text{y considerando un } k = 0,66$$

6.6.3 PARA FRECUENCIAS SUPERIORES A 2000 MHZ

$$D = 0,6 * rf \quad \text{y considerando un } k = 0,66$$

$$D = rf \quad \text{y considerando un } k = 1,33$$

en el caso de usar diversidad de espacio el despejamiento sería:

$$D = 0,6 * rf \quad \text{para } k = 1,33$$

6.7 OTRAS PERDIDAS

Perdidas en la línea de alimentación de las antenas:

Las líneas de transmisión nos permiten acoplar el equipo con la antena, ya sea en transmisión o recepción, estas pérdidas dependerán del tipo de línea de transmisión, de su longitud, y de la frecuencia de operación, en la práctica las líneas de alimentación tienen una atenuación en función de la longitud, la cual debe ser la mínima posible, ya que esta no debe reflejar la potencia que le entrega el transmisor a la antena y conociendo la longitud del trayecto desde el transmisor hacia la antena, podemos conocer la atenuación total que introduce la línea de transmisión, que en todos los casos debe ser muy pequeña comparada con la potencia de transmisión.

6.8 MARGEN DE ERROR

Cuando se realiza los cálculos de atenuaciones, es aconsejable dejar un margen de error, para el caso que la zona de fresnel se expanda por acción troposférica, este generalmente se encuentra de 2 a 4 dB, dejando para todos los sistemas de radiocomunicación 3 dB para transmisión y 3 dB para recepción.

6.9 CALCULO DEL MARGEN DE DESVANECIMIENTO

El margen de desvanecimiento (FM) es una medida de cuanta atenuación de señal el sistema pueda soportar sin caer de un nivel mínimo de BER, se interpreta como el valor diferencia entre la potencia nominal y la potencia umbral del receptor.

La potencia nominal de recepción consiste en restar a la potencia de transmisión las atenuaciones del circuito de microondas teniendo en cuenta las ganancias de las antenas y la atenuación del espacio libre.

La expresión es:

$$Prx = Ptx_1 - Afc_1 - Ag_1 + G_1 - A_{12} + G_2 - Ag_2 - Afc_2$$

Afc = atenuación de filtros y circuladores

$A_{12} = 92,44 + 20 \log f + 20 \log d$

Ag = atenuación de guías de ondas

A₁₂ = atenuación de espacio libre en dB

El valor de potencia de transmisión es variable según el equipo. Por ejemplo, corresponden a +28dBm para el CTR 190/2 y +25 dBm para el CTR 190/7

hablando en el caso de equipos de radio digitales, así mismo en el caso de transmisores de VHF y UHF.

Esta atenuación tiene en cuenta la atenuación del espacio libre solamente por lo cual se supone que hemos logrado un despejamiento de la primera zona de fresnel.

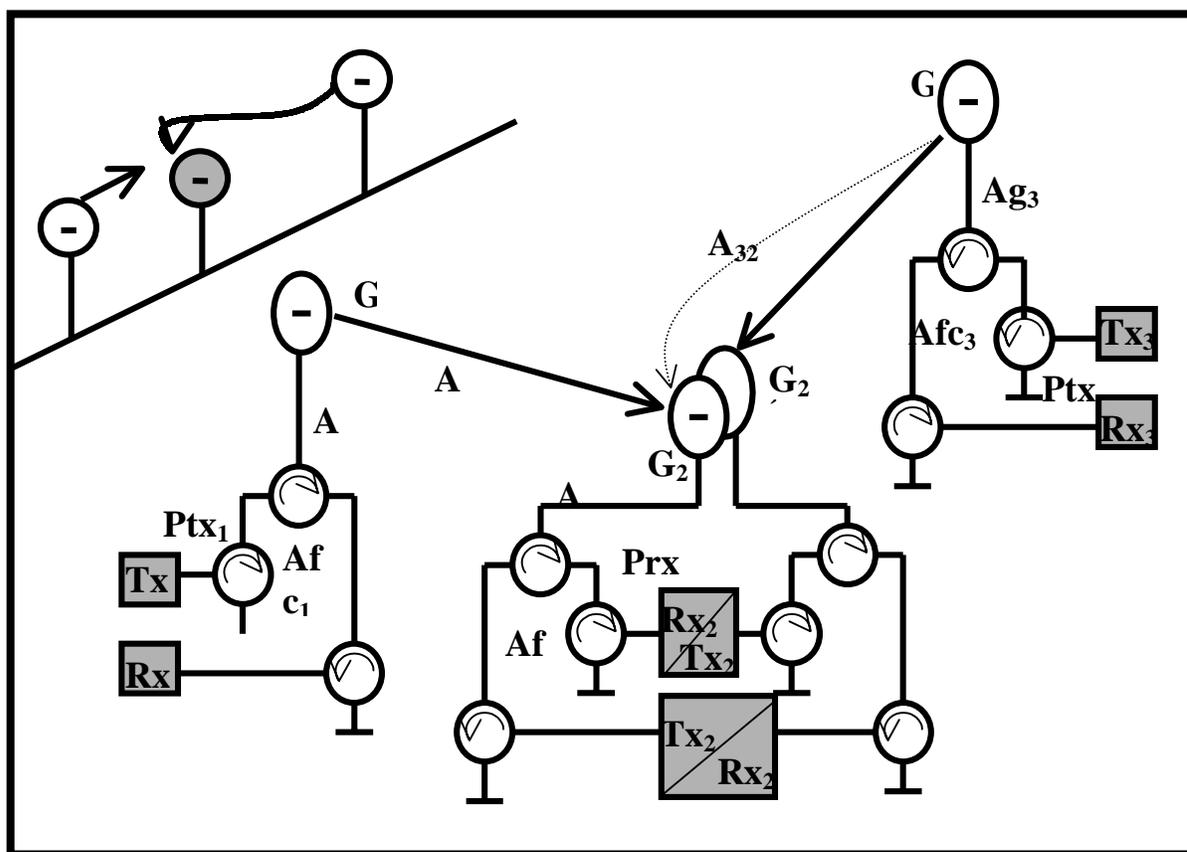


Figura 6.5 DIAGRAMA GENERAL DEL SALTO RADIOELÉCTRICO

Podemos encontrar atenuaciones adicionales en el caso de obstáculos mal despejados o por existencia de vegetación

Según el CCIR cuando la antena esta cerca de arboleda la señal se propaga dentro de ella y la perdida adicional se puede contabilizar como:

$$A = 0,187 * f^{0,284} * d^{0,588}$$

f = frec. En MHZ (válida hasta 10GHZ)

d = longitud de la arboleda en m (hasta 400m).

Por último el margen de desvanecimiento se expresa como:

$$FM = Prx - S$$

Donde:

S : sensibilidad del equipo.

6.10 NIVEL DE PORTADORA RECEPTADA:

Se lo establece como la diferencia entre las ganancias totales y las perdidas.

Nivel de portadora receptada = Gtotales – Ltotales

6.11 UMBRAL DEL RECEPTOR:

Es la mínima potencia con la que el receptor puede operar. Debe estar sobre el equilibrio para que esta no interfiera. Mientras menos es el umbral el aparato es más sensible, y puede ser calculado utilizando la siguiente expresión:

$$U_x \text{ (dBw)} = 10 \cdot \log (V_{in}^2 \text{ (V)} / Z_{in} \text{ (\Omega)})$$

6.12 CONFIABILIDAD DEL SISTEMA:

La formula para el calculo de la no-disponibilidad ND de una trayectoria dado un desvanecimiento multitrectoria es:

$$ND = a \times b \times 2,5 \times 10^{-6} \times f \times D^3 \times 10^{-(FM/10)}$$

Donde:

A = factor de clima

0,1 clima seco

0,25 clima templado

0,5 clima caliente

b : factor de terreno

0,25 montañoso

1 promedio

4 planicie

f = frecuencia en Ghz

D = longitud de la trayectoria en millas

FM = margen de desvanecimiento en dB.

Si la distancia esta en Km la formula seria:

$$ND = a \times b \times 2,5 \times 10^{-7} \times f \times D^3 \times 10^{-(FM/10)}$$

La formula para el calculo de la disponibilidad A de un enlace es :

$$A = (1 - ND) \times 100\%$$

6.13 CURVATURA DE LA TIERRA

Como ya se dijo anteriormente este factor es determinante en la propagación de las ondas de radio, y es muy significativo en transmisiones mayores de 16 Km.

Tenemos dos formas de analizar el efecto de esta curvatura, ya sea por el método geométrico , o mediante un análisis difractorio.

En un radio enlace existen tres zonas dependiendo de la relación entre el radio de la línea de vista y el radio del radioenlace Estas son:

ZONA DE CLARIDAD

$$R = 0,70 * R_0$$

ZONA SEMIOBSCURA

$$0,80 R_0 \leq r \leq 1,20 R_0$$

ZONA OBSCURA

aquí es donde se da el proceso difractorio

a continuación explicaremos cada una de estas zonas:

6.14 ZONA OBSCURA

Aquí la intensidad de campo se calcula utilizando la siguiente formula

$$E = E_0 * F$$

Donde:

E_0 : intensidad de campo en el espacio libre

F : primer termino de la serie convergente difractoria.

La intensidad de campo en el espacio libre es:

$$E_o = \frac{245 \sqrt{P \text{ (KW)} D}}{r \text{ (Km)}}$$

D : coeficiente de direccionalidad de la antena

Y la atenuación será igual a:

$$F = U(x) V(y1) V(y2)$$

Para poder obtener estos términos necesitamos normalizar las alturas de las antenas y las distancias entre las mismas las cuales serán H y L respectivamente, esto es:

$$L = (\lambda a^2 / \pi)^{1/3}$$

$$H = \frac{1}{2} (a \lambda^2 / \pi^2)^{1/3}$$

Donde :

a : radio de la tierra

λ : longitud de onda

para normalizar estos valores tenemos los siguientes parámetros:

$$X = r / L$$

$$Y1 = h1 / H$$

$$Y2 = h2 / H$$

Todos estos valores obtenidos de las curvas se encuentran en dB y para obtener F habrá que sumarlos de la siguiente forma:

$$F (dB) = U(x) (dB) + V(y1) (dB) + V(y2) (dB)$$

6.15 ZONA SEMIOBSCURA

En esta zona se calcula la intensidad del campo eléctrico E de la siguiente forma:

$$E = E_o * F$$

Donde:

$$E_o = \frac{245 \sqrt{P \text{ (KW)} D}}{r \text{ (Km)}}$$

Y la atenuación en este caso se calcula así:

$$F = r_o / L (F (Y1, Y2))$$

O lo que es lo mismo:

$$F \text{ (dB)} = 20 \log (r_o/L) + F (Y1, Y2)$$

Como en el caso anterior el término F(Y1,Y2) se obtiene de igual manera que en caso anterior.

6.16 ZONA DE CLARIDAD

En esta zona si podemos aplicar los principios de la óptica geométrica y se calcula la tenuacion de la siguiente forma:

$$E = E_0 F$$

$$E_0 = \frac{245 \sqrt{P \text{ (KW) } D}}{r \text{ (Km)}}$$

$$F = (4 \pi m h_1 h_2 / \lambda r) \quad (\varphi = 180 ; R = 1)$$

CAPITULO 7

TECNOLOGIAS DE ESTACIONES TERRENAS

A continuación discutiremos las características técnicas de las antenas usadas en los sistemas de INTELSAT.

7.1 CONFIGURACION DE ANTENAS

Una antena con un alimentador en el centro de la parábola (asimétrica) representa una configuración simple de antena que es potencialmente capaz de satisfacer con las especificaciones para aplicaciones en estaciones terrenas, la mayor ventaja de esta antena es que mecánicamente es relativamente simple, razonablemente compacta, y generalmente poco costosa.

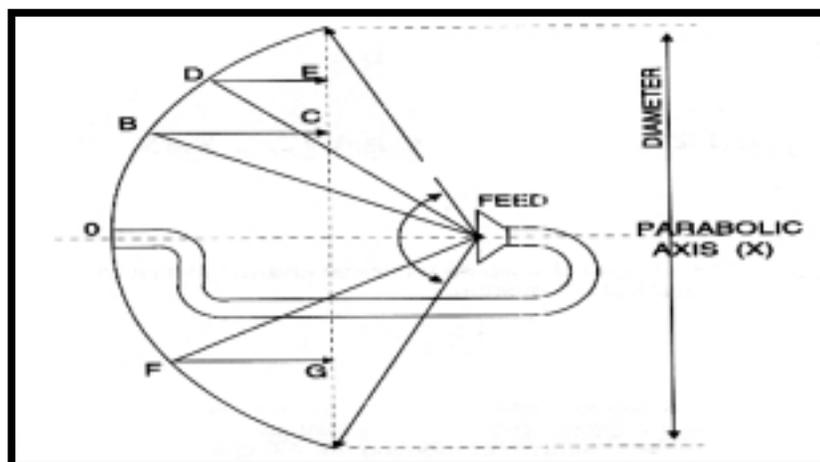


Figura 7.1 ANTENA CON ALIMENTACION CENTRAL

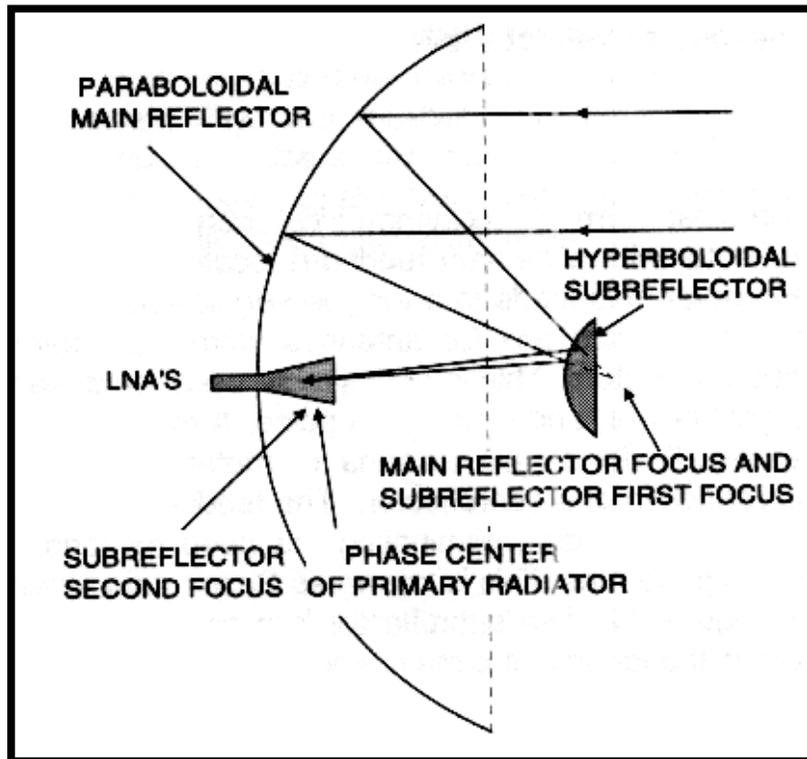


Figura 7.2 GEOMETRIA BASICA DE UNA ANTENA CASSEGRAIN

7.2 ALIMENTADOR CENTRAL DE LAS ANTENAS

La forma más simple de una configuración asimétrica es un reflector parabólico con un alimentador primario localizado en el foco (ver figura 7.1.). Así como podemos observar la guía de onda recorre desde la superficie de la parábola hasta llegar al alimentador, esto es un efecto no deseado porque permite la reducción de la potencia de la señal e incrementa el ruido, el diámetro de estas antenas está en el orden de 3 mt.

Una configuración mas compacta, especialmente en antenas con diámetros mayores puede ser realizado mediante la introducción de un subreflector (Ina) el cual esta localizado en la parte trasera de la antena, eliminando la necesidad de utilizar un tramo de guía de onda, asi esta antena se la conoce como antena Cassegrain y se la muestra en la figura 7.2. De todos modos el subreflector afecta mínimamente a la eficiencia de la antena, asi tenemos típicamente para una configuración Cassegrain un decremento en la ganancia pico de 0,1dB a 0,5dB esto es debido a que el subreflector no intercepta todos los rayos radiados desde el alimentador primario. A continuación también mostramos diferentes sistemas alimentadores para antenas comunes.

7.3 MONTAJE DE ANTENAS

Una antena en una estación terrena típicamente requiere una estructura rígida de acero acompañado con una superficie de disco preciso, esta estructura también debe ser capaz de resistir condiciones extremas de clima como el calor excesivo, el frío y los huracanes.

Existen res tipos de montajes para antenas comunes y son:

- Montaje X – Y
- Montaje AZ/EL
- Montaje polar

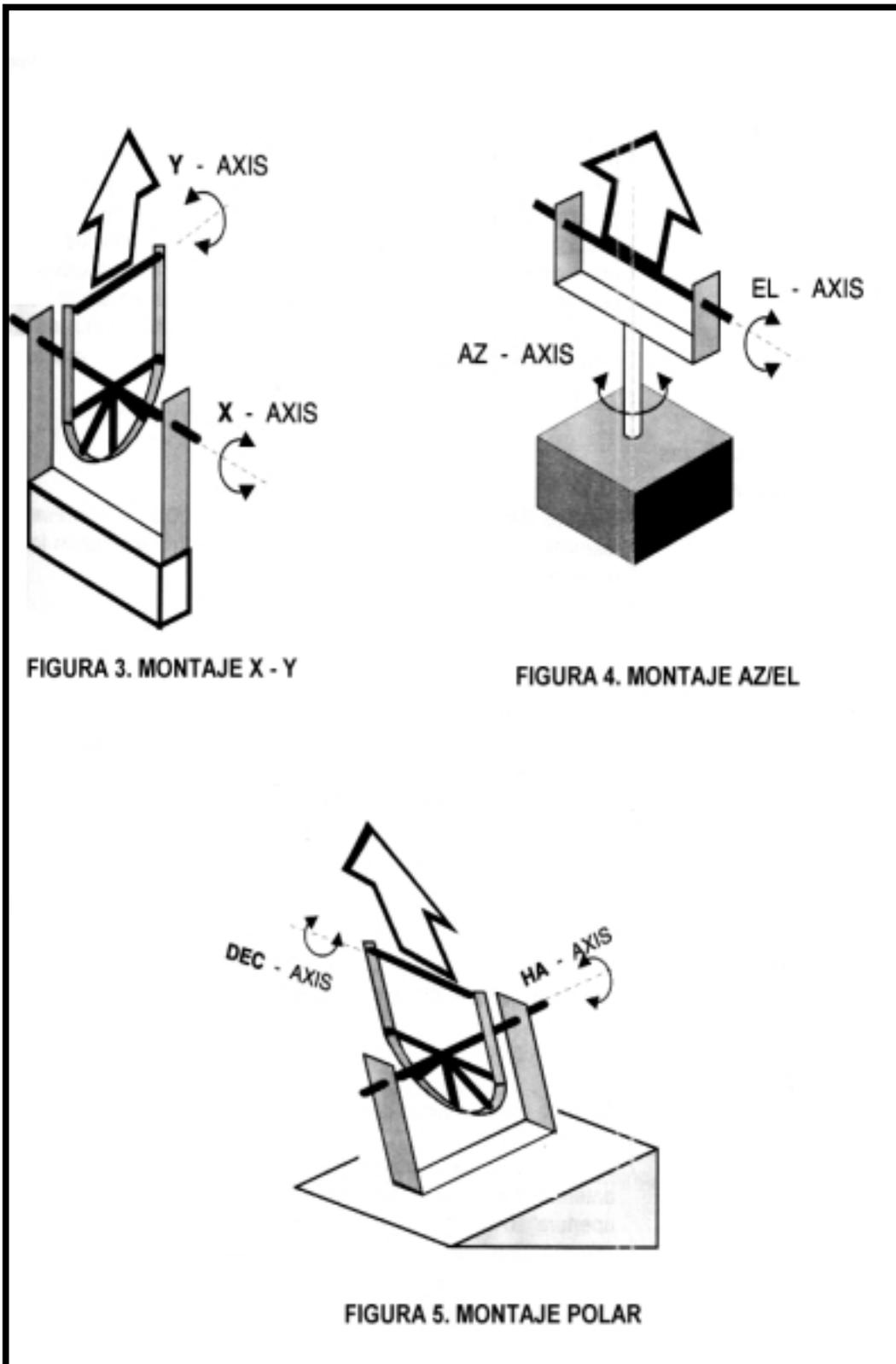


Figura 7.3 MONTAJE DE XY; Figura 7.4 MONTAJE DE AZ/EL; Figura 7.5 MONTAJE POLAR

7.3.1 MONTAJE X – Y

Este montaje es usado para antenas de mediano tamaño (aproximadamente entre 10 – 13 mt) la figura 7.3 muestra el montaje X – Y, en este montaje el eje X es el más bajo y es paralelo a la tierra, la rotación en torno a este eje mueve la antena para su inclinación. El eje Y está localizado en un plano vertical y es perpendicular al eje X, la posición de este eje depende de la rotación del eje X. Este es el tipo de montaje más simple, pero es un montaje de cobertura limitada, provee una cobertura arriba de los 90° en el eje X, pero en algunos casos solos ± 5 grados en el eje Y.

7.3.2 MONTAJE AZ/EL

La localización en un punto en la tierra puede ser descrito usando un sistema coordenado azimuth – elevación. El azimuth está definido como un ángulo producido por la rotación en torno a un eje el cual es perpendicular al plano horizontal, el eje de elevación rota en el plano horizontal local. Un cambio en el ángulo de elevación causará la rotación de la antena en el plano vertical. La instalación de un montaje AZ/EL es relativamente fácil y se muestra en la figura 7.4. Este tipo de montaje tiene una cobertura de elevación total y ± 180 en el azimuth.

7.3.3 MONTAJE POLAR

Un montaje polar tiene dos ejes de rotación como se muestra en la figura 7.5, el primero se lo conoce como el eje del ángulo horario el cual es paralelo al eje de la tierra, este está inclinado en la dirección norte – sur, pero de todos modos este ángulo es paralelo a la tierra, al ecuador, y es perpendicular a la tierra en los polos norte y sur.

El segundo ángulo es el ángulo de declinación, la distancia al satélite, la distancia a la estación terrena y la latitud determinan el levantamiento del ángulo de inclinación requerido.

7.4 GEOMETRIA DE ANTENAS

Los discos de las antenas usadas en estaciones terrenas son de 0,5 a 30 mt de diámetro. El contorno de la superficie del disco está basado en la ecuación para una parábola:

$$Y^2 = 4fx$$

Donde f es la longitud del foco, y x es la coordenada a largo del eje de la parábola.

La superficie de la parábola satisface los requerimientos para todos los rayos radiados, dicho en otras palabras la longitud de todos los rayos que se reflejan en la superficie de la parábola son iguales (ver figura 7.6.).

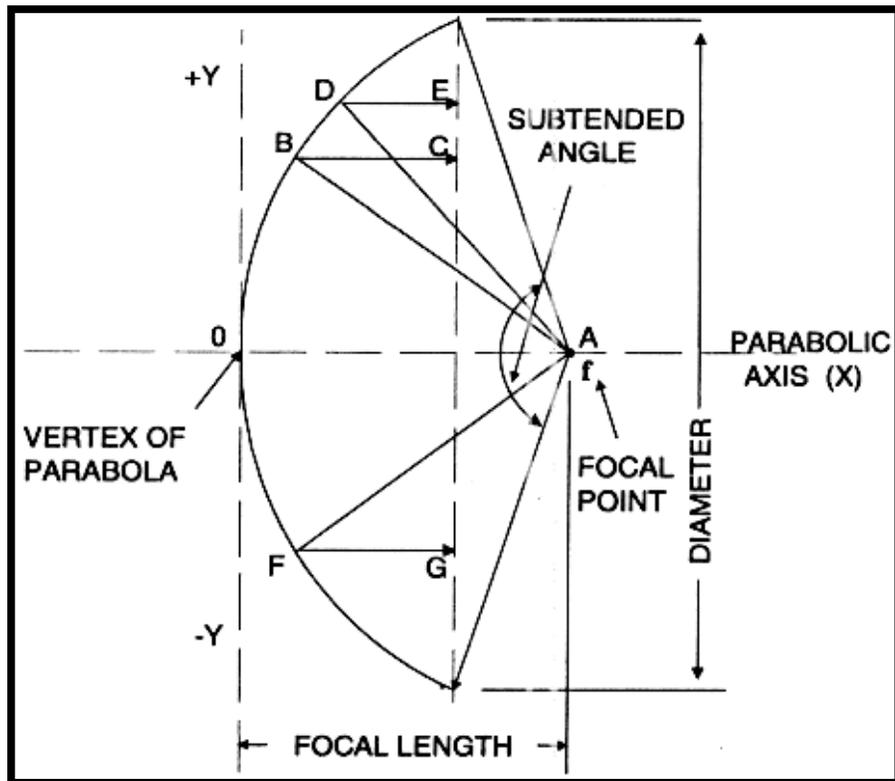


Figura 7.6 GEOMETRIA DE UNA PARABOLICA

7.5 PARAMETROS DE LAS ANTENAS

Los parámetros más importantes de una antena son la ganancia el ancho el haz, y el parámetro intrínseco SIDELOBES (lóbulos laterales).

7.5.1 GANANCIA DE LA ANTENA

La ganancia de la antena esta definida como sigue:

Cuando una onda de radio llega desde una fuente distante choca en la antena, esta recoge la potencia contenida en esta apertura efectiva **Ae**. Si la antena fuera perfecta el área efectiva Ae al área A proyectada. Para una apertura circular la apertura proyectada es:

$$A = \pi d^2 / 4$$

Y el área efectiva Ae = A (para una antena ideal).

Donde d es el diámetro de la antena.

Tomando en cuenta las pérdidas y la no-uniformidad de las leyes de la iluminación de la apertura, el área efectiva es en la práctica:

$$Ae = \eta A$$

$$Ae = \eta \pi (d/2)^2$$

Donde η es la eficiencia de la antena y $\eta < 1$.

La eficiencia es un factor importante en el diseño de las antenas, tal es así que técnicas especiales son usadas para optimizar la eficiencia de las antenas de estaciones terrenas.

La eficiencia de las antenas se ve afectada por:

- El subreflector y la estructura de soporte
- La desviación de la superficie del reflector principal
- La eficiencia de la iluminación la cual es tomada en cuenta para la no-uniformidad de la misma, la distribución de fase a través de la superficie de la antena, y la potencia radiada en los lóbulos laterales (sidelobes).
- La potencia que es radiada en los sidelobes.

La eficiencia de la apertura se encuentra típicamente entre 55 y 75 por ciento. Entonces la ganancia en el eje de la antena (relativo a un radiador isotópico) esta dada por :

$$G = 4\pi A_e / \lambda^2$$

Donde λ es la longitud de onda en el espacio libre

A_e = apertura efectiva de la antena.

Sustituyendo por A_e en la ganancia G tenemos:

$$G = \eta (\pi d / \lambda)^2$$

O expresada en decibelios:

$$G_{\text{dbi}} = 10 \log \eta + 20 \log \pi + 20 \log d - 20 \log$$

$$G_{\text{dbi}} = 10 \log \eta + 20 \log f + 20 \log d + 20,4 \text{ dB}$$

Donde:

η : es la eficiencia de la antena.

d : diámetro de la antena en m

f : frecuencia de operación en Ghz

20,4 dB=Constante resultado de $10 \log (1E9 * \pi/c)$

7.5.2 ANCHO DEL HAZ

El ancho del haz es una medida del ángulo sobre el cual la mayoría de la ganancia ocurre, es típicamente definido con respecto a la potencia media del ancho del haz (HPBW) o en el punto ubicado – 3 dB abajo del lóbulo principal en el patrón de radiación de la antena (ver figura 7.7.), y esta dado

$$\text{HPBW} = \frac{\lambda}{d \sqrt{\eta}} \times 57,29$$

por:

Donde:

η : eficiencia de la antena

d : diámetro de la antena en m

λ : longitud de onda, c / f

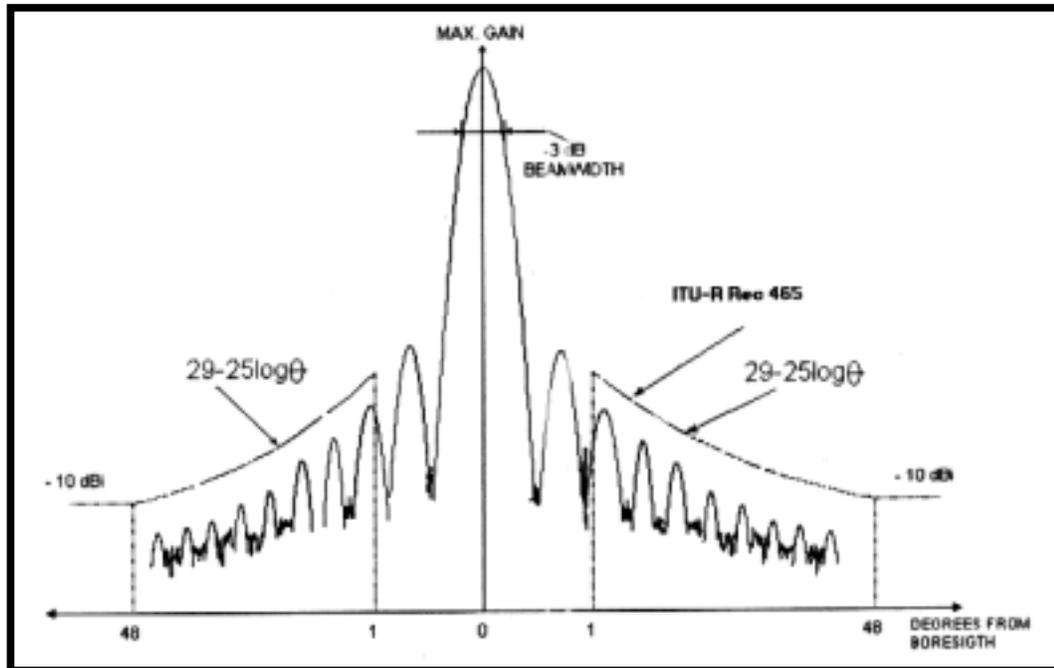


Figura 7.7 ANCHO DE BANDA Y DIAGRAMA DE LA RADIACION DE UNA ANTENA

7.5.3 LOBULOS LATERALES (SIDELOBES)

Mientras la mayoría de la potencia radiada esta contenida en el lóbulo principal una cierta cantidad de potencia puede ser transmitida o recibida en direcciones fuera de este eje. Asi se puede decir que sidelobes es un parámetro intrínseco de la radiación de la antena y no puede ser eliminado totalmente.

De cualquier forma este también es debido a defectos en las antenas que pueden ser minimizados con un diseño apropiado. El ITU – R Record 580 – 1, modulo 1 define los sidelobes deseados para diferentes tipos de antenas, estos son:

A) Para antenas instaladas después de 1988, con una relación $d/\lambda > 150$ debe satisfacer las siguientes características:

$$G = 29 - 25 \log \theta \quad \text{dBi}$$

Donde $1^\circ \leq \theta \leq 20^\circ$

d es el diámetro de la antena m

λ Es la longitud de onda en m para la frecuencia de operación.

B) Para antenas más pequeñas con d/λ entre 35 y 100

(1,75m a 5m para banda C y 75 cm a 2,1 m para banda Ku)

$$G = 52 - 10 \log d/\lambda - 25 \log \theta$$

Para $(100 \lambda/d)^\circ \leq \theta \leq d/5\lambda^\circ$

El diámetro, la frecuencia de operación, y la eficiencia de apertura afectan los parámetros de las antenas; pero la característica sidelobe es uno de los factores principales en determinar el espaciamiento mínimo entre los satélites, y por consiguiente la órbita y la eficiencia del espectro. La figura

7.8. muestra un gráfico de la ganancia de la antena como función del diámetro.

7.5.4 ANCHO DE BANDA

Las antenas de disco tienen un ancho de banda. Como se puede ver de la ecuación de ganancia para un diámetro dado, la ganancia de una antena incrementará con el incremento de la frecuencia de operación. De cualquier forma si la antena fuera de la frecuencia de operación para la cual ha sido diseñada se obtendrá una eficiencia deteriorada de la misma.

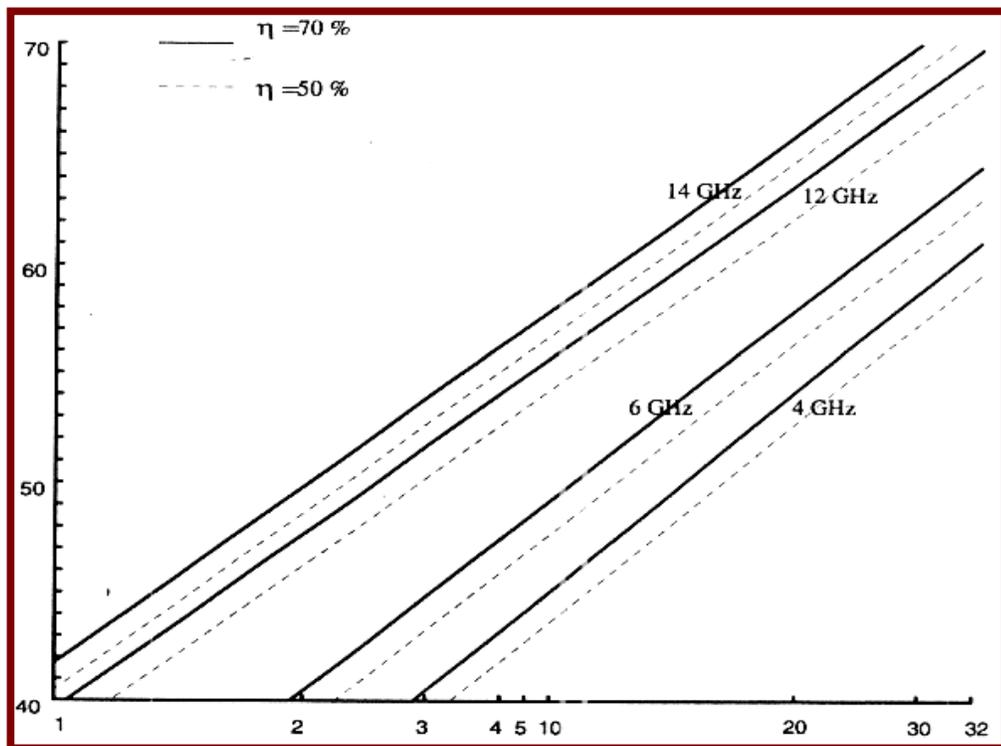


Figura 7.8 GANANCIA DE LA ANTENA VS. DIAMETRO

7.6 ESTANDARES DE LAS ANTENAS

Desde 1965 varios estándares de antenas han sido aprobados para uso con el sistema de INTELSAT, estos estándares se encuentran clasificados mediante los siguientes parámetros básicos.

1. Diámetro de la antena
2. Frecuencia de operación en el espectro de RF
3. Figura de mérito (ganancia/temperatura de ruido del sistema)
4. Modo de operación

La tabla 7.1. muestra un sumario de los parámetros básicos para diferentes estándares de antenas

STANDARD TYPE	FREQUENCY BAND (GHz)	G/T (dB/K)	DIAMETER (M)	SERVICES USED FOR	INTELSAT DOCUMENT
A	6/4	35.0	15 - 20	ALL	<i>IESS 207</i>
B	6/4	31.7	10 - 13	ALL	<i>IESS 207</i>
C	14/11; 14/12	37.0	11 - 15	IDR/IBS	<i>IESS 208</i>
E1	14/11; 14/12	25.0	2.4 - 3.5	IBS	<i>IESS 208</i>
E2	14/11; 14/12	29.0	3.7 - 4.5	IDR	
E3	14/11; 14/12	34.0	6.1	IBS, IDR	
F1	6/4	22.7	4.5 - 6.0	IBS	<i>IESS 207</i>
F2	6/4	27.0	7.0 - 8.0	IBS, IDR	
F3	6/4	29.0	9.0 - 10	IBS, IDR,	
H2	6/4	15.1	1.5 to 1.8	DAMA	<i>IESS 207</i>
H3	6/4	18.3	2.4 to 2.7	DAMA	
H4	6/4	22.1	3.5 to 4.2	DAMA	
K2	14/11; 14/12	19.8	1.2	VSAT IBS	<i>IESS 208</i>
K3	14/11; 14/12	23.3	1.8	VSAT IBS	
G	6/4C or 14/11; 14/12	-	All sizes	LEASED SERVICES*	<i>IESS 601</i>

Tabla 7.1 SUMARIO DE ESTANDARES DE INTELSAT DE ESTACIONES TERRENAS.

7.6.1 ESTANDAR A

Este es comúnmente conocido como de *disco largo* en estaciones terrenas y ha estado en uso desde 1965 (INTELSAT I – EARLY BIRD). En años recientes las especificaciones de este estándar han sido revisadas para obtener ventajas de las potencias más altas de la nueva generación de satélites.

A continuación presentamos algunas conclusiones producto de la revisión efectuada:

1. El diámetro del disco para el estándar A fue de aproximadamente 30 m, pero las especificaciones revisadas dicen entre 13 – 20 m}
2. Opera en la banda de 6/4 Ghz, pero puede ser retroalimentada en algunos casos para operar en la banda 11/14 Ghz.
3. Para el antiguo estándar A la figura de mérito fue 40,7 dB/°K de acuerdo a la revisión es 35 dB/°K.

Este estándar puede ser usado para todos los servicios.

7.6.2 ESTANDAR B

Este tipo de estación terrenas fue inicialmente introducido como una alternativa más económica al estándar A para uso en sistemas *thin Route* con requerimientos de poca capacidad de tráfico.

7.6.3 ESTANDAR C

Con la venida de los satélites INTELSAT V los cuales operan en banda Ku y banda C este estándar fue introducido. En años recientes esta especificación también ha sido mejorada.

Estas estaciones pueden ser equipadas para operar en algunos de los servicios utilizables en banda Ku. Ellas pueden operar con cualquier otra estación utilizando la banda Ku y con estaciones en banda C vía cross – connected.

7.6.4 ESTANDAR D

Este estándar esta discontinuado.

7.6.5 ESTANDAR E

Este estándar fue introducido inicialmente para ser usado en los INTELSAT BUSINESS SERVICE (IBS) operando en banda Ku los dos discos más grandes en este estándar los dos discos más largos en este estándar están autorizados para uso en los servicios de velocidades de datos intermedia IDR.

La elección de la estación depende de los requerimientos del usuario.

7.6.6 ESTANDAR F

Como con el estándar E, este estándar fue inicialmente diseñado para uso con IBS, pero ha sido autorizado para uso con IDR (excepto para F1).

7.6.7 ESTANDAR G

Este estándar fue introducido para las portadoras internacionales con estaciones terrenas no conformes con los estándares arriba mencionados. Estas estaciones pueden operar en banda C o en banda Ku.

No hay un tamaño específico de la antena, figura de mérito, y tipo de modulación, pero ellos deben elegir estos parámetros conforme a requerimientos tales como la ganancia, sidelobe, etc.

7.6.8 ESTANDAR H

Este estándar ha sido introducido para proveer el servicio INTELSAT DAMA en la banda 6/4 GHZ.

7.6.9 ESTANDAR K

Este estándar es demandado por el INTELSAT VSAT Busines Service operando en la banda de 14/11 Ghz y 14/12 Ghz.

7.7 PARAMETROS DE LAS ESTACIONES TERRENAS

Las comunicaciones de hoy toman gran parte de los satélites operando en órbitas geoestacionarias, la cual es una órbita circular que coincide con el plano ecuatorial de la tierra, y cuyo periodo de rotación es igual al de la tierra, así para un observador en cualquier lugar de esta le parecerá que el satélite está estacionario. De cualquier forma los satélites no tienen órbita precisamente geoestacionaria, porque la tierra está constantemente sujeta a fuerzas como la atracción gravitacional del sol y la luna, la fuerza de radiación de la luz solar. Todas estas influencias impulsan al satélite de su posición nominal (norte – sur ; este – oeste) hacia una posición incorrecta, haciendo que el plano de inclinación orbital incremente en un promedio de 0,86 grados por año con respecto al ecuador (ver figura 7.9.).

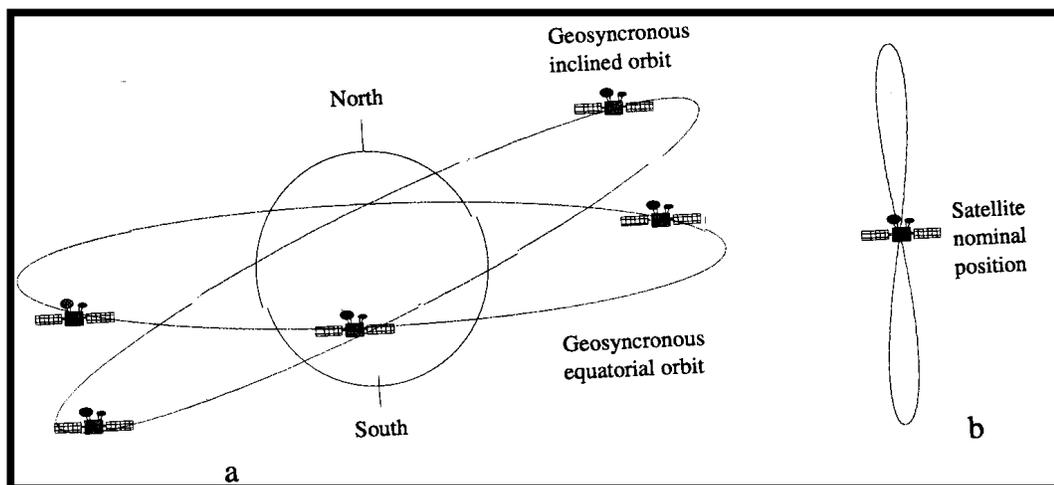


Figura 7.9 ORBITAS GEOESTACIONARIAS(a) E INCLINADAS(b).

7.8 IMPACTO DE LAS ORBITAS INCLINADAS

El impacto de los satélites de órbita inclinada en las estaciones terrenas equipadas con sistemas de ajuste debe ser mínimo, pero las estaciones con antenas más pequeñas y sin sistemas de ajuste quizás experimenten degradación en sus servicios, así como reducción de la ganancia de la antena en la dirección del satélite causado por el impulso del satélite.

Con pequeñas inclinaciones, el movimiento del satélite tiene una forma elíptica, a medida que esta inclinación incrementa esta elipse llega a ser como la figura de un 8 dependiendo de la ubicación geográfica de la estación terrena con respecto al satélite y el ángulo de inclinación del satélite.

7.9 COBERTURA DEL HAZ

Con un satélite operando en una órbita inclinada se tiene que la variación en la cobertura del haz que ocurre como resultado del movimiento del día (24 horas) causa una contracción del área de cobertura de los haces esto será significativo para los pequeños haces de banda Ku.

7.10 BLOQUEO HORIZONTAL

La variación en el ángulo de elevación de las estaciones terrenas que ocurrirían con el movimiento del satélite, quizás causen el declive de este

ángulo debajo de 5 grados en banda C, o 10 grados en banda Ku en él limite de operación nominal, causando la degradación del servicio debido al exceso de absorción atmosférica.

7.11 ESTABILIDAD DE LA EIRP

Un error de puntero (pointing error) en una antena de una estación terrena es definido como el ángulo entre la dirección del haz principal de la antena y la dirección actual del satélite. A medida que este error de puntero se hace mayor la ganancia efectiva de la antena se ve reducida. A continuación en la figura 7.10 a la figura 7.12 se muestra la reducción de la ganancia para varios tipos de antenas como función offset del ángulo.

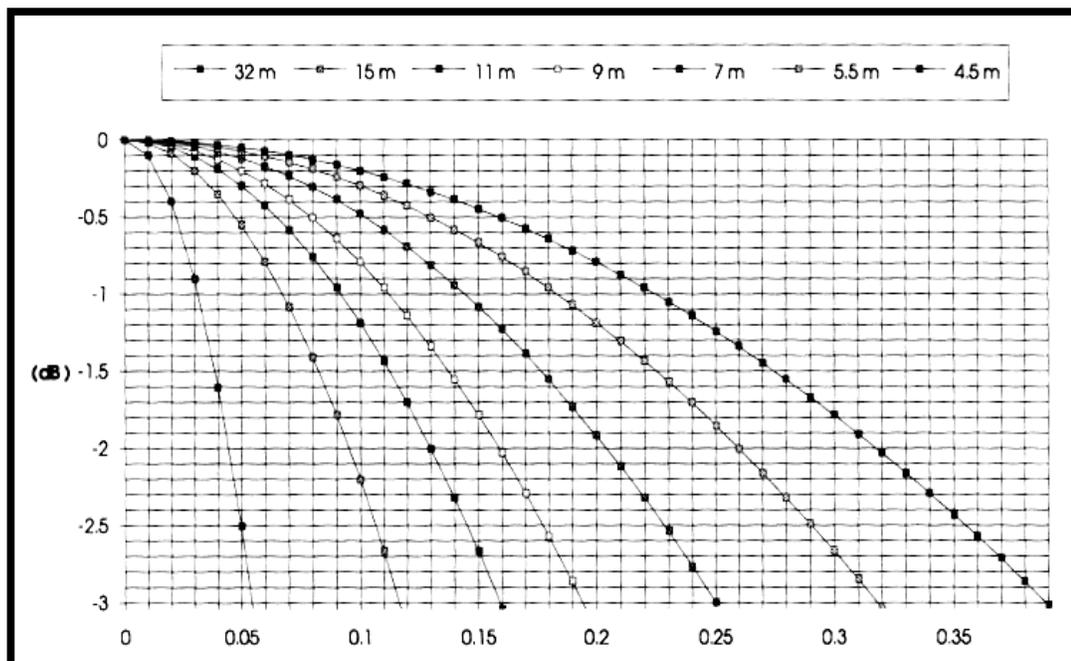


Figura 7.10 GANANCIA DE UNA ANTENA DE 6GHZ, VS ANGULO DE OFFSET

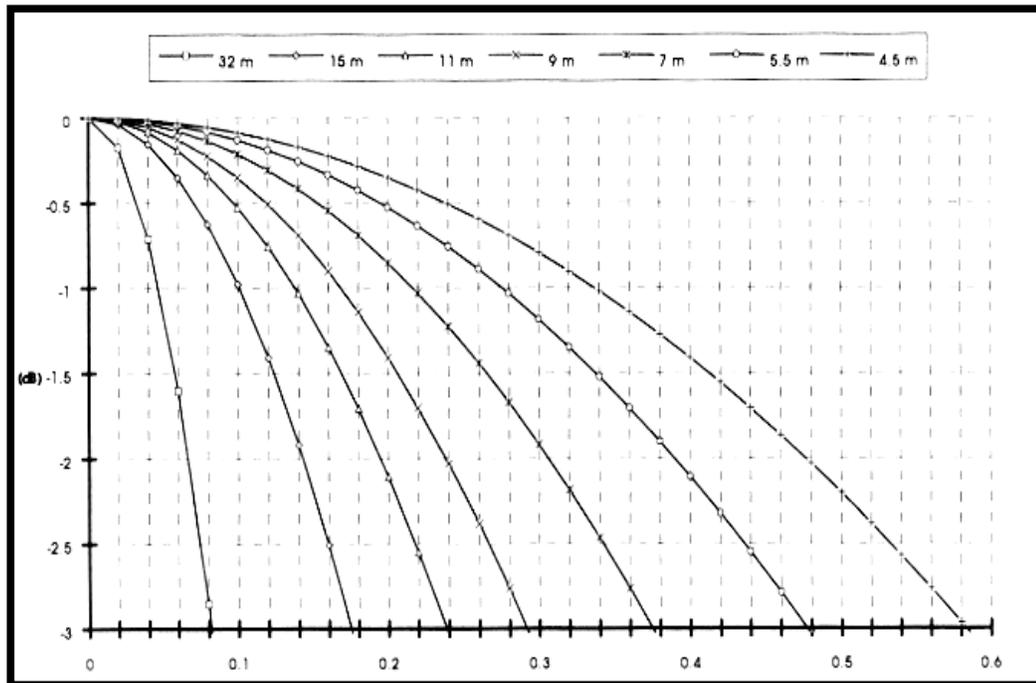


Figura 7.11 GANANCIA DE UNA ANTENA DE 4GHZ VS ANGULO DE OFFSET

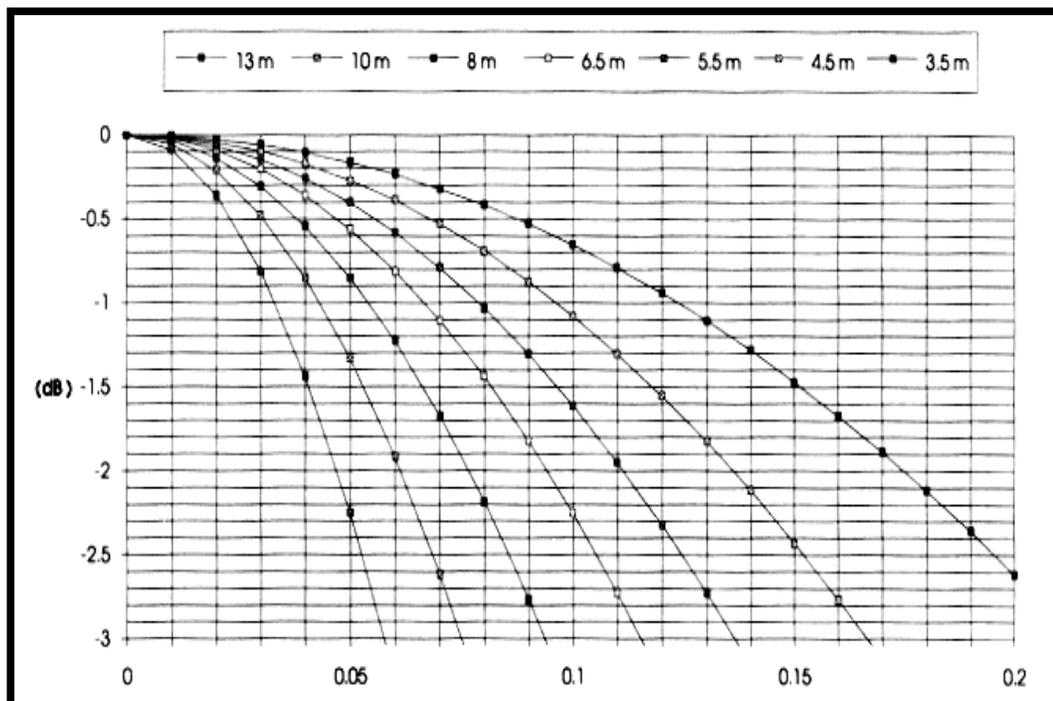


Figura 7.12 GANANCIA DE UNA ANTENA DE 12GHZ. VS ANGULO DE OFFSET

7.12 DISTANCIA A EL SATELITE

La distancia entre la estación terrena y el satélite geoestacionario se la puede calcular de la siguiente forma:

$$D^2 = R^2 + R_o^2 - 2RR_o \cos \alpha$$

donde :

d : distancia de la E/S al satélite

R : distancia del satélite al centro de la tierra = 42.164 Km.

R_o : radio de la tierra = 6.378 Km.

$\alpha = \arccos(\cos \Delta w \cos \varphi)$

φ = latitud de la estación terrena

Δw = diferencia en longitud entre E/S y el satélite

7.13 ANGULO DE ELEVACION

Se define de la siguiente ecuación:

$$EL = \arctan \left[\frac{\arctan \cos \alpha - 0,15127}{\text{Sen } \alpha} \right]$$

7.14 ANGULO DE AZIMUTH

El ángulo de azimuth depende de la posición relativa de la estación terrena al ecuador y al satélite, y esta definido en la siguiente ecuación:

$$AZ = \arctan \left[- \frac{\tan \Delta W}{\text{sen } \alpha} \right] + 180 \quad \text{Para hemisferio norte}$$

$$AZ = \arctan \left[- \frac{\tan \Delta W}{\text{sen } \alpha} \right] + 180 \quad \text{Para hemisferio sur}$$

En la figura 7.13 que se muestra a continuación podemos observar los parámetro que se involucran en las ecuaciones.

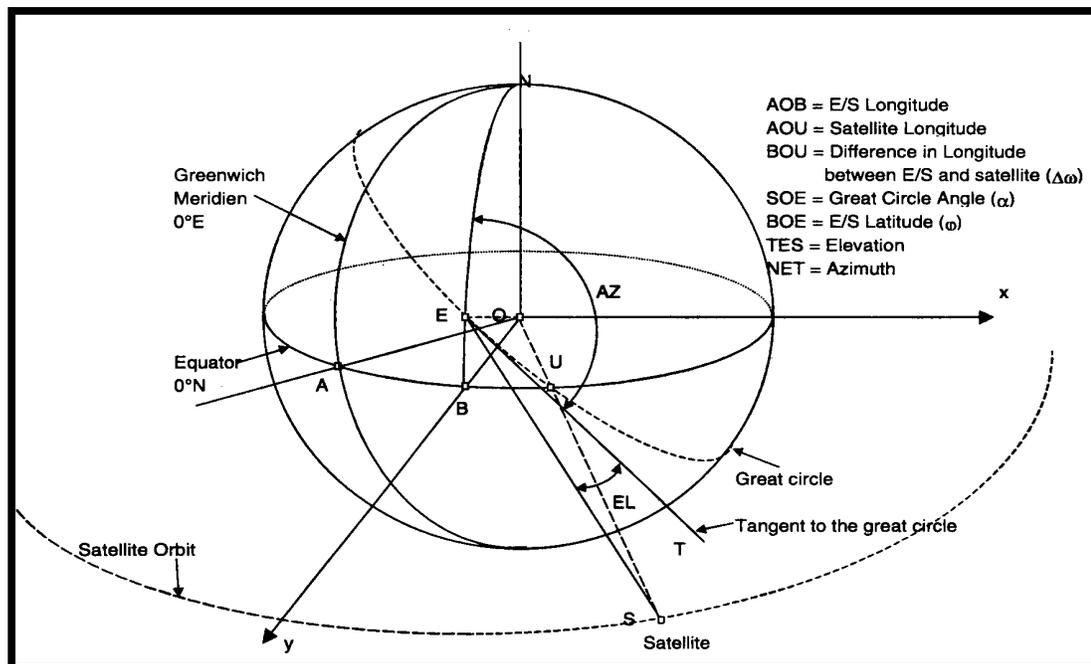


Figura 7.13 GEOMETRIA DE LA ORBITA DE UN SATELITE GEOESTACIONARIO

7.15 AMPLIFICADORES DE POTENCIA

La función básica de un amplificador de potencia en una estación terrena es de amplificar los bajos niveles de RF provistos por el transmisor a un nivel de potencia elevado que asegure que una correcta EIRP por portadores es radiada al satélite.

7.16 CAPACIDAD DE POTENCIA

La tasa o la capacidad de los amplificadores de potencia usados en estaciones terrenas de INTELSAT para tráfico internacional puede variar entre unos pocos vatios a algunos kilovatios. Para sistemas que usan un segmento de espacio dedicado de INTELSAT los amplificadores de potencia pueden ser desde 50 W o menos para capacidad de tráfico bajo. En algunos casos los SSPAs con potencias desde 1 W hasta los 10 W serán usados en pequeños anchos de banda o aplicaciones VSAT.

7.17 TIPOS DE AMPLIFICADORES DE POTENCIA

Los tipos más comunes de amplificadores de potencia encontrados en las estaciones terrenas son los amplificadores de potencial KLYSTRON (KPA), los amplificadores de tubo TWTA, y los amplificadores de estado sólido SSPA.

Los usuarios deben conocer las diferencias entre los diferentes tipos de amplificadores de potencia, para seleccionar correctamente sobre la base del tipo y la capacidad para satisfacer los requerimientos de una transmisión particular.

En años recientes los SSPAs se han ganado un lugar, especialmente para aplicaciones en que se requiere de una potencia baja o media, tales como VSATs , o en estaciones con trafico liviano, o también en las antenas del viejo estándar A donde la alta ganancia de la antena habilita el uso de pequeños amplificadores.

Con la aparición de los SSPAs se puede aconsejar utilizar arriba de 800 W en banda C, y 400 W en banda Ku.

7.17.1 AMPLIFICADORES DE POTENCIA KLYSTRON

La figura 7.14 muestra los rasgos básicos de un típico KLYSTRON multicavidad (5 cavidades típicas para obtener 3Kw),y la figura 7.15. muestran un diagrama de bloque típico de un KPA.

Los electrones emitidos por la pistola de electrones (electrón gun) pasa a través de las aberturas de la cavidad en cada uno de los resonadores y a

través de tubos metálicos cilíndricos (llamados “drift tubes”) localizado entre las aberturas de las cavidades como se puede observar en al figura 7.14. En un amplificador Klystron un nivel bajo de una señal RF de entrada es acoplada al primer resonador el cual es conocido como cavidad agrupadora (buncher cavity). La señal de RF de entrada excita a la corriente en las paredes de la cavidad, la cual genera un campo eléctrico el cual modula la velocidad de los electrones creando grupos de electrones.

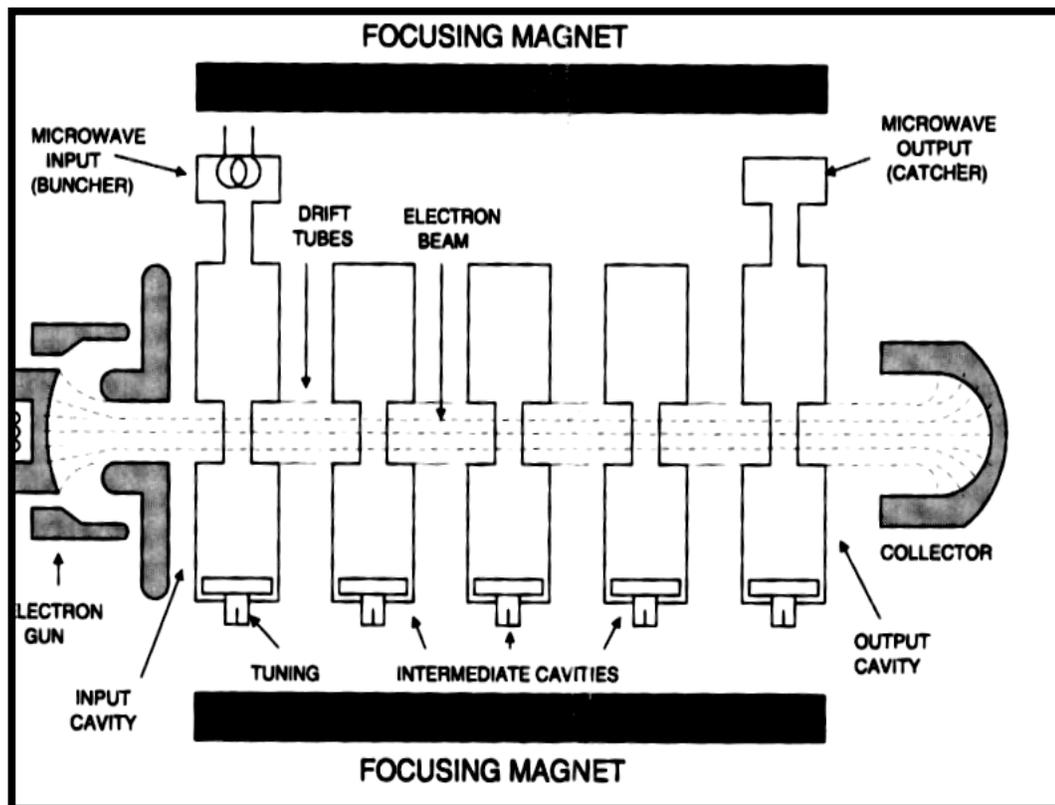


Figura 7.14 AMPLIFICADOR KLYSTRON

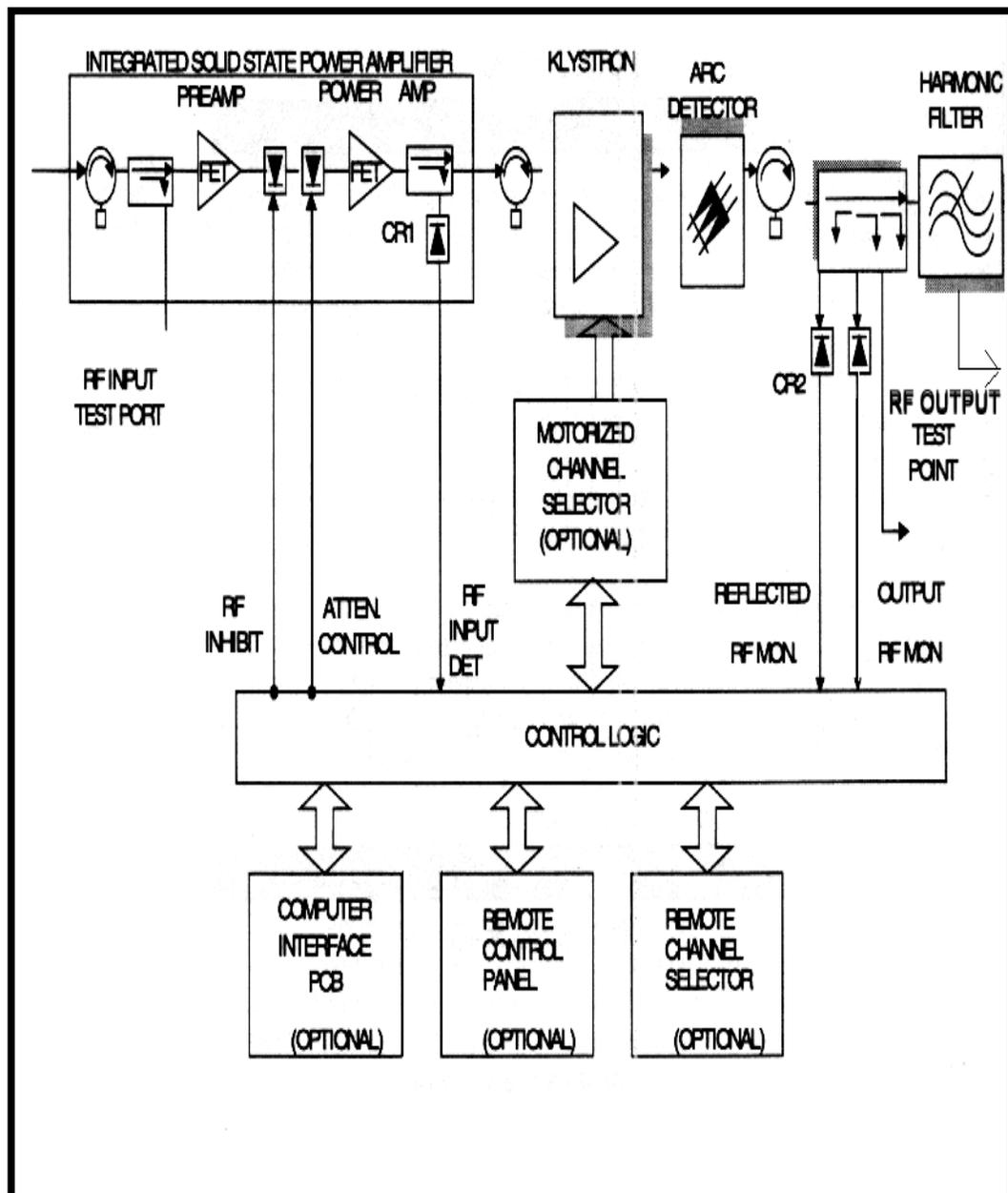


Figura 7.15 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL AMPLIFICADOR DEL KLYSTRON

Después que los electrones abandonan el primer resonador, los electrones se dirigen hacia el colector, pasando a través de los resonadores intermedios,

y llegando a la cavidad de salida, si esta cavidad es de tamaño correcto, es decir esta sintonizada a la frecuencia apropiada se genera la corriente oscilante en esta cavidad, lo cual resulta en una RF de salida.

Para adquirir una alta ganancia y el nivel de potencia saturada requerida, cavidades intermedias, tales como una segunda y tercera cavidad .

7.17.2 AMPLIFICADORES DE TUBOS DE ONDA VIAJERA TWTA

Un TWTA es un amplificador de banda ancha con una ganancia de potencia típica de 25 a 50 dB, la eficiencia en general es una función del ancho de banda y se encuentra entre un 20% a un 40% siendo 20% una figura típica.

7.18 OPERACIÓN DE UN TWTA

Un TWTA usa un haz de electrones enfocados magnéticamente y una estructura de guía tal como una espira, la velocidad del haz de electrones es ajustada para ser aproximadamente igual a la velocidad de fase de una onda electromagnética propagándose entre las espiras

Una estructura de onda lenta esta localizada entre la pistola de electrones y el potencial positivo del colector, esta talvez tome varias formas una de ellas

se muestra en la figura 7.16, estas estructuras deben estar protegidas contra los bombardeos que producen las altas intensidades de los haces de los electrones, de cualquier forma el enfoque es esencial y este esta definido por un mínimo de corriente, típicamente 2mA para 20 Watt TWTA.

A continuación enumeramos los elementos básicos de un TWTA.

- Pistola de electrones (electrón gun)
- Cátodo
- Calentador
- Electrodo de enfoque
- Anodo
- Estructura de onda lenta (slow wave).

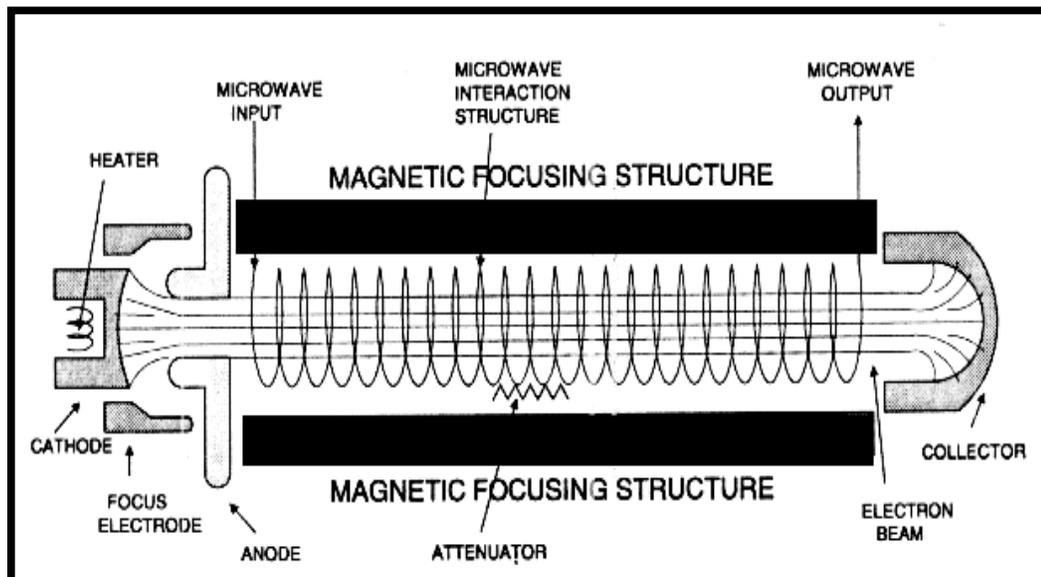


Figura 7.16. TUBO DE ONDA VIAJERA

7.19 AMPLIFICADORES DE ESTADO SOLIDO SSPA

Avances en el campo de los transistores de efecto de campo FET, particularmente con los FETs de galio y arsénico tienen un significativo impacto en las comunicaciones por satélite. Los SSPAs son utilizados hoy para reemplazar a los TWTAs en las estaciones terrenas y en las nuevas generaciones de los satélites. Los SSPAs ofrecen las siguientes ventajas sobre los TWTAs:

- Distorsión por intermodulación de tercer orden más bajas
- Alta confiabilidad
- Costos de mantenimiento más bajos
- Vida de operación mayor comparado con los TWTA
- Seguridad personal mayor (sin peligro por los altos voltajes)
- Bajo consumo de potencia

El GaAs es el sustrato de material para formar los FETS, este semiconductor presenta las siguientes rasgos:

- En el GaAs, la conducción de electrones tiene 6 veces más movilidad y doble velocidad de pico que en el silicio, esto resulta en una resistencia parásita más baja, y tiempo de tránsito de electrones más cortos.
- Presenta capacitancias parásitas muy bajas y tiene una resistividad mucho mayor que $10^7 \text{ ohm} \cdot \text{cm}$

Estas características y un diseño adecuado permiten a los amplificadores exhibir altas frecuencias, potencias altamente confiables, y un bajo ruido. Los SSPAs tienen una intermodulación de tercer orden mucho mejor que la de los TWTA y los KLYSTRON. La intermodulación de tercer orden para un SSPA de 20 Watt se muestra en la figura 7.17, la peor relación portadora - intermodulación es de 14 dB sobre la banda de frecuencia entera. Esta relación portadora – intermodulación para los SSPA Es aproximadamente 5 dB mejor que para los TWTA, por esta razón pueden operar típicamente con 20 a 40 dB de salida sobre una operación multiportadora, por el contrario los TWTA debe ser mayor de 7dB.

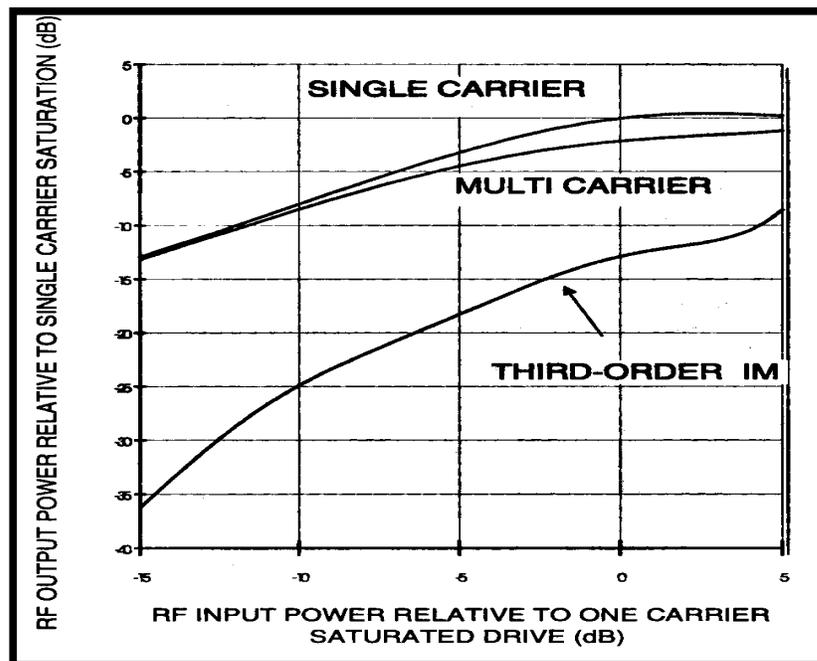


Figura 7.17 OPERACIÓN TÍPICA DE UN SSPA DE UN IM DE TERCER ORDEN

La potencia de salida máxima de los FET de GaAs es inversamente proporcional al cuadrado de la frecuencia, así un típico FET de GaAs que ofrece 10 watt a los 6 Ghz entregara aproximadamente 2 Watt a los 14 Ghz. Es posible incrementar las potencia de salida mediante FETS de GaAs en paralelo como se observa en la figura 7.18, o incorporando estaciones amplificadoras adicionales .

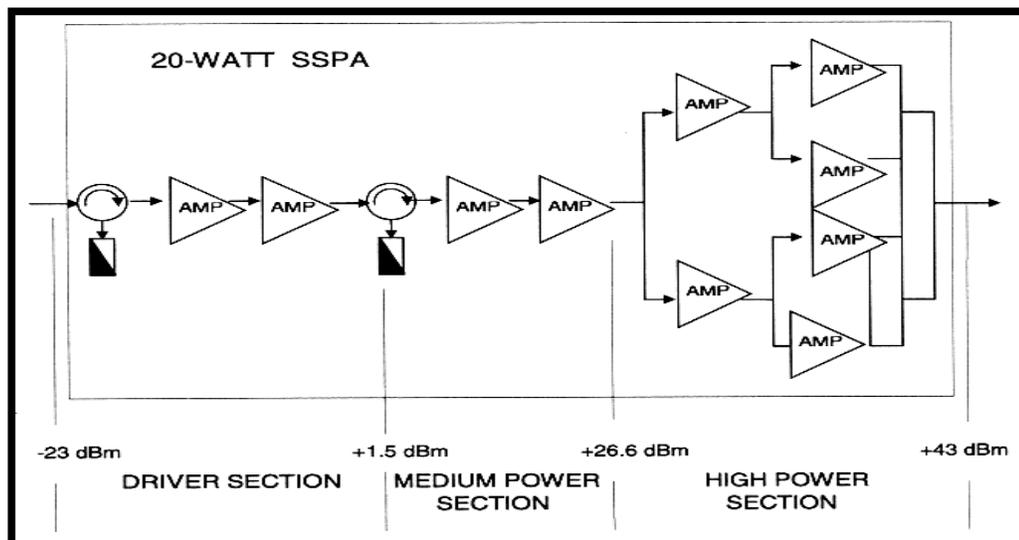


Figura 7.18 ETAPAS DE LA AMPLIFICACION DE UN SSPA.

7.20 SSPA VERSUS TWTA

Aquí explicaremos la principal ventaja de los SSPAs para las estaciones terrenas como es la característica de intermodulación.

7.20.1 INTERMODULACION

Los productos de intermodulación de tercer orden IM3 están generalmente localizados cerca de la frecuencia de la señal deseada, y no puede ser fácilmente filtrada, para minimizar la generación de productos de IM3 el amplificador opera a menor capacidad de la que está diseñado.

La capacidad de potencia para los TWTA es la potencia saturada del amplificador.

Los TWTA están restringidos por la potencia de salida de sus propios tubos, esta potencia no es utilizable en el amplificador de salida y es usualmente 0,7 dB más alta que la capacidad nominal.

En conclusión, para obtener la capacidad de potencia para los TWTA y los SSPAs es necesario sustraer 0,7 dB de la potencia aconsejada.

La figura 7.19. muestra la típica IM3 versus OBO (output backoff), relacionando los dos amplificadores de potencia: los TWTA y los SSPA. Para conservar el nivel de IM3 debajo de -26 dBc, los TWTA deben tener una salida backoff de aproximadamente 7 dB, mientras que los SSPA generan el mismo nivel de IM3 a los 2,2 dB OBO. Esto da a los SSPA una ventaja de eficiencia de 4,8 dB, en otras palabras un SSPA es equivalente a un TWTA con 4,8 dB de ventaja, o con una capacidad de potencia más alta.

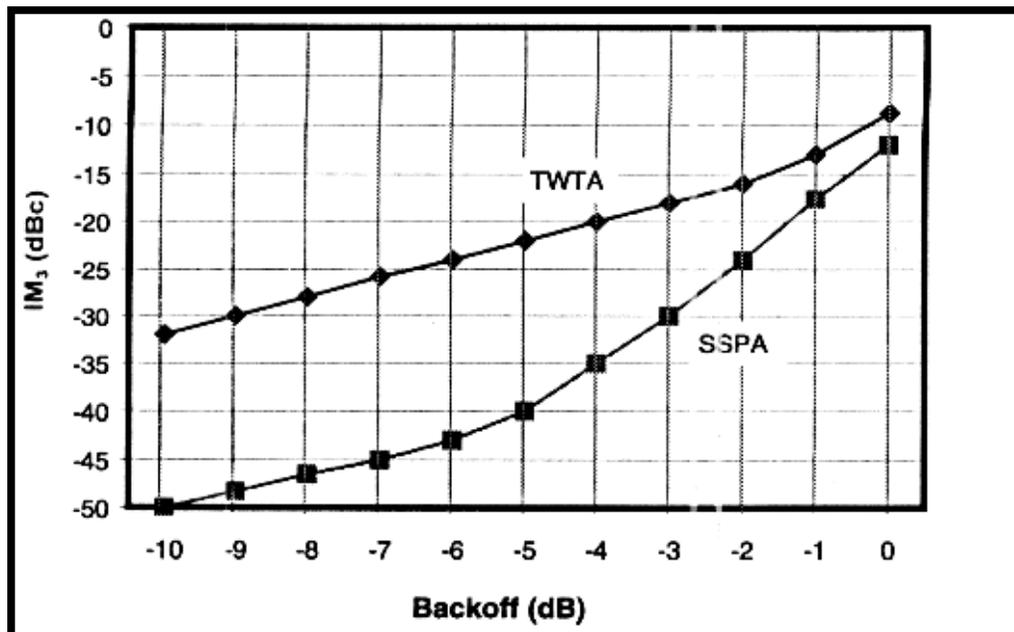


Figura 7.19 DISTORSION INTERMODULACION VS BACKOFF DE SALIDA DE PODER

7.21 AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO (LNA)

Los amplificadores de bajo ruido LNAs como su nombre lo dice son amplificadores que tienen una muy buena relación señal ruido con un ancho de banda amplio, esto lo hace esencial para uso con una primera estación en la estación receptora.

El movimiento aleatorio de electrones causa el ruido térmico, utilizando semiconductores este ruido puede ser minimizado reduciendo la temperatura de ruido de los LNA.

La figura de mérito (G/T) para una estación terrena es virtualmente determinada por la figura de ruido F y la ganancia el LNA junto con la ganancia de la antena.

El LNA es generalmente montado tan cerca del alimentador de la antena como sea posible así las pérdidas en la línea de transmisión serán las mínimas posibles.

7.22 RUIDO

El cuadrado del voltaje que aparece en los terminales de un resistor fue descubierto por Nyquist y dice:

$$V_n^2 = 4KTRB \dots V_{rms}^2$$

Donde K = constante de Boltzman = $1,374 \times 10^{-23}$ W / K /Hz

T = temperatura del instrumento en K

R = impedancia en ohmios

B = ancho de banda en Hz

Aplicando el teorema para la máxima transferencia de potencia la potencia de ruido esta definida como:

$$N = KTB \dots \text{Watt}$$

La temperatura de ruido para algún equipo esta definida como la temperatura en grados kelvin a la cual un resistor debe ser calentado para generar en un equipo sin ruido la misma potencia de ruido generada por el equipo actual.

La relación entre la temperatura de ruido y la figura de ruido es:

$$F = 1 + T_e / T_o \quad \text{y} \quad T_e = (F - 1) T_o$$

Donde:

T_e : es la temperatura de ruido equivalente (K)

T_o : es la temperatura ambiente (290 K)

La temperatura de ruido equivalente esta referida a la entrada del equipo.

A continuación mostramos el diagrama de bloques de un típico LNA usando cuatro estaciones de amplificación con la primera estación

termodinamicamente enfiada a -40 C, así se produce una Temperatura de ruido que esta entre 55 K y 80 K con una ganancia total de 60 Db. Un tipico diagrama de bloques para tal configuración se presenta en la figura 7.20.

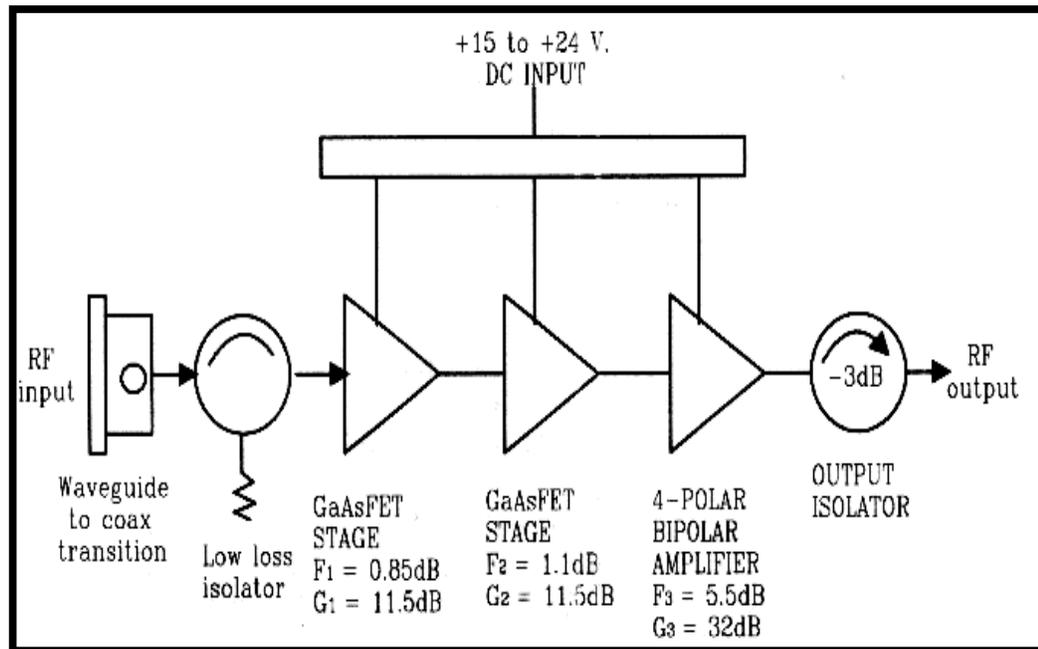


Figura 7.20 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN TIPICO GaAsFET

7.23 CONVERTIDORES DE FRECUENCIA

En las partes anteriores se comento sobre los amplificadores de potencia, los amplificadores de bajo ruido, y los requerimientos para mantener una potencia constante EIRP al satélite. La habilidad para mantener la frecuencia correcta como la permitida por INTELSAT debe también tener su comentario. La estabilidad de la frecuencia es un requerimiento obligatorio y varia para

cada servicio en particular, por ejemplo para las portadoras IDR se requiere mantener con un margen de tolerancia de 3.5 KHz de la frecuencia permitida. Para alcanzar estos limites el UP CONVERTER en la transmisión y el DOWN CONVERTER son mas importantes. Este capitulo discute los principios de los UP/DOWN CONVERTER.

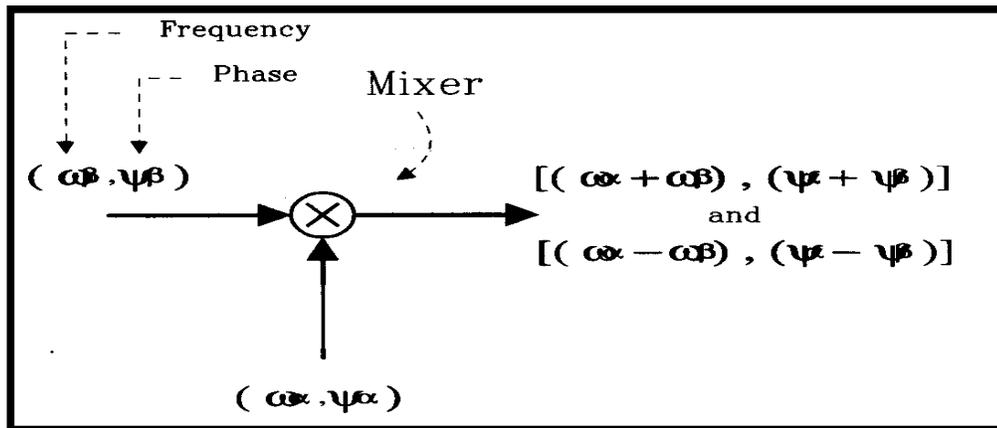


Figura 7.21 PRINCIPIO DEL MEXCLADOR

7.24 PRINCIPIOS DE CONVERSION DE FRECUENCIA

La clave para la conversión de frecuencia es el mezclador, que genera frecuencias que son sumadas y restadas de dos frecuencias de entrada como se observa en la figura 7.21. La no-linealidad produce señales de frecuencias deseadas, pero estas también producen otras señales que podrían causar problemas.

7.25 UP CONVERTER

Usando los principios descritos, los UP CONVERTER trasladan la frecuencia Intermedia (IF) a una señal de Radiofrecuencia (RF). Ejemplo en la banda de los 6 Ghz y de los 14Ghz. Por los contrario, los DOWN converter Trasladan la señal de Radiofrecuencia (RF), ya sea de la banda de 4Ghz o 11/12Ghz a una señal de frecuencia intermedia (IF), como lo muestra la figura 6.22.

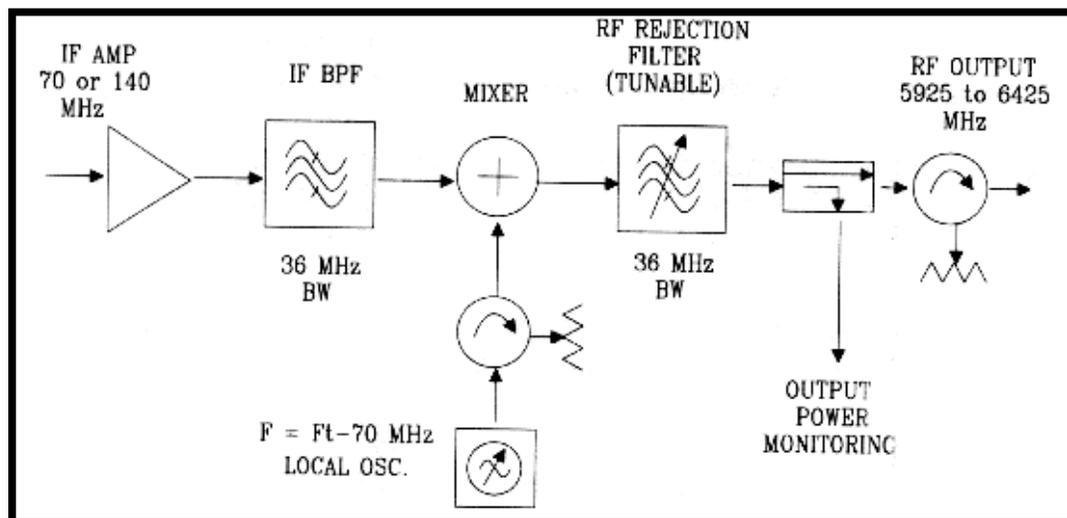


Figura 7.22 CONVERSION SIMPLE DEL UP-CONVERTER

Como un ejemplo en una técnica simple de mezcla para la conversión tenemos :

$F_1 = 70 \text{ Mhz (IF)}$

$F_2 = 6250 \text{ Mhz (frecuencia mezclada)}$

$F_3 = 6320 \text{ Mhz (Frecuencia de salida requerida)}$

Por la mezcla de F1 y F2, se producirá :

$6250 \text{ Mhz} + 70 \text{ Mhz} = 6320 \text{ Mhz}$, pero también:

$6250 \text{ Mhz} - 70 \text{ Mhz} = 6180 \text{ Mhz}$.

La frecuencia deseada es 6320 Mhz. Pero nosotros también tenemos 6180 Mhz , esta frecuencias son llamadas Banda lateral Superior o Banda lateral inferior. Un buen filtro pasabanda es necesario para remover las bandas laterales no deseadas. El uso de un filtro pasabajo en la salida del UP CONVERTER es la principal desventaja de los convertidores sencillos.

7.26 DOWN CONVERTER

Si el proceso de mezcla es usado en un DOWN CONVERTER como se muestra en la figura 7.23, el proceso mezclara una frecuencia no deseada en la banda y producirá dos salidas.

F3 = 4150 Mhz Frecuencia requerida por el DOWN CONVERTER

F2 = 4010 Mhz Frecuencia imagen

F1 = 4080 Mhz Frecuencia mezclada

La frecuencia de 4150 Mhz Mezclada con la de 4080 Mhz, dan 70 Mhz y también la frecuencia de 4010 Mhz mezclada con 4080 Mhz, dan 70 Mhz.

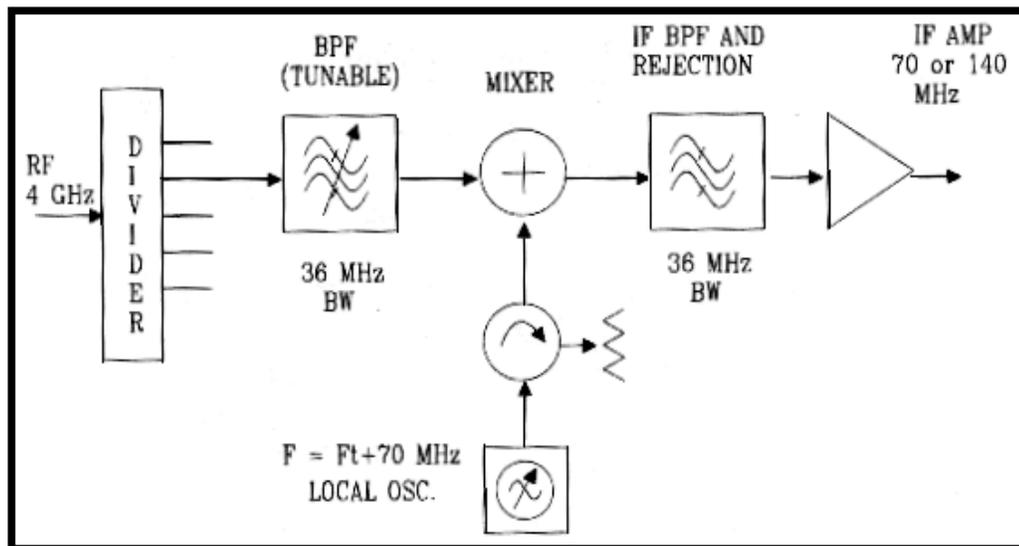


Figura 7.23 CONVERSION SIMPLE DEL DOWN-CONVERTER

Esto muestra como llegan tanto 4150 Mhz como 4010 Mhz a dar la misma salida de 70 Mhz. De todos modos un filtro pasabanda debe ser insertado a la entrada de la señal de 4080 Mhz, para no permitir que dos frecuencias den una misma IF.

En conclusión los UP CONVERTER y DOWN CONVERTER estan usualmente compuestos por :

- Un filtro de RF
- Dos mezcladores en cascadas
- Dos osciladores Locales (Uno de frecuencia fija y otro de frecuencia variable)

- Amplificadores de If posiblemente con control automático de ganancia (AGC)
- Filtros IF
- Ecuilibradores de retardo de grupo.

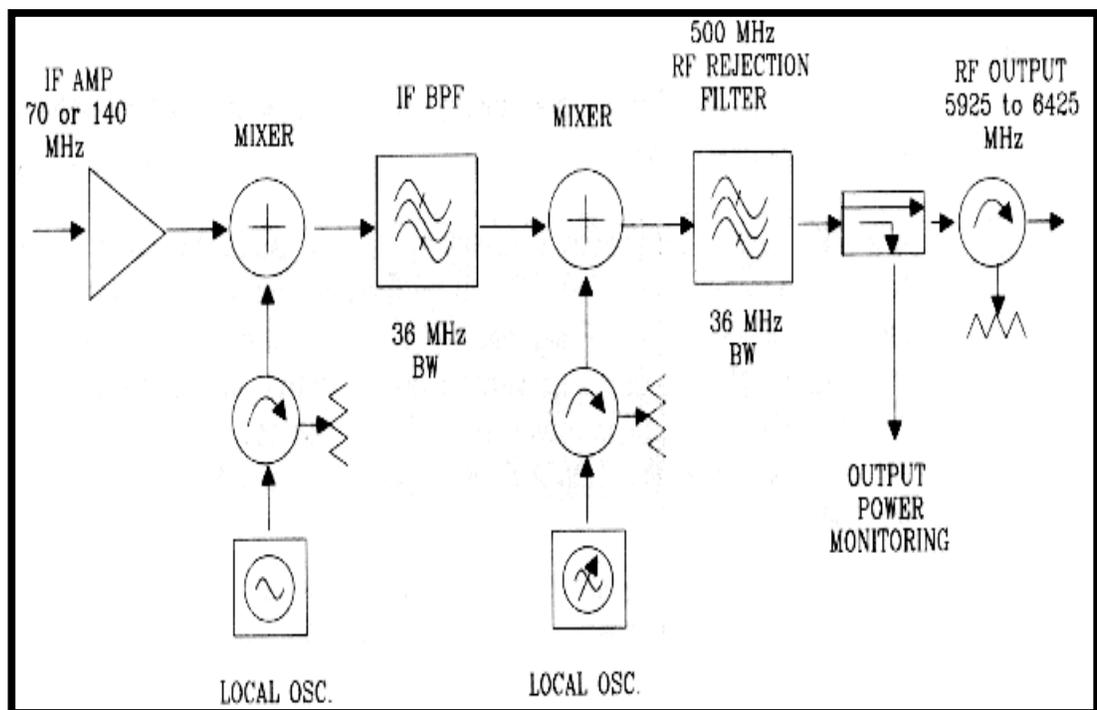


Figura 7.24 CONVERSION DOBLE DEL UP-CONVERTER

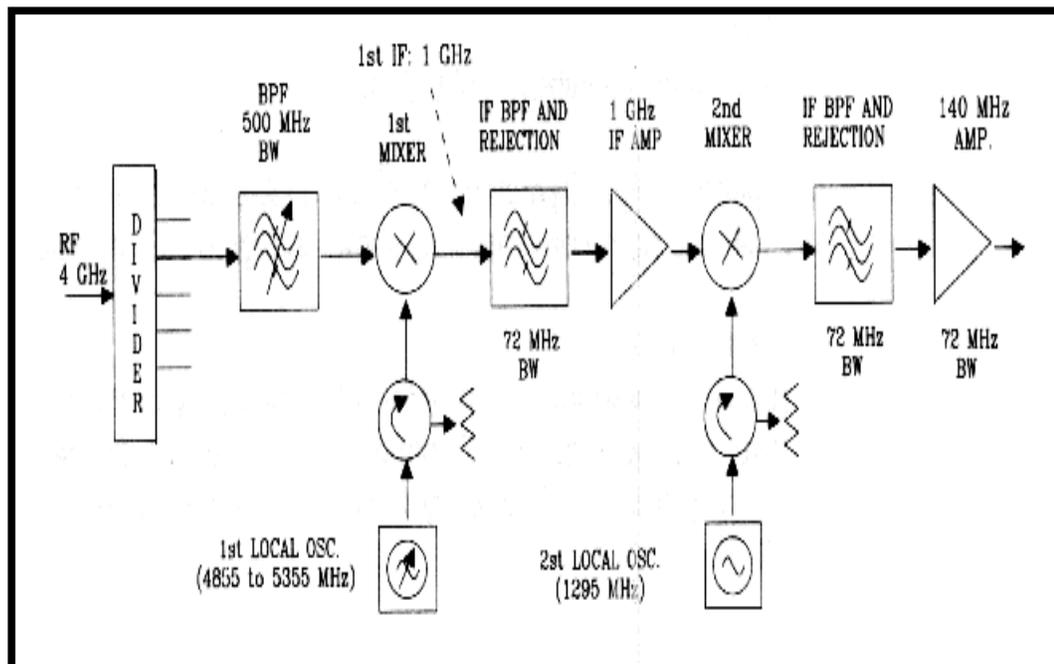


Figura 7.25 CONVERSION DOBLE DEL DOWN-CONVERTER

Las características principales (VENTAJAS) de los UP CONVERTER DOBLE como se muestra en la figura 7.24 y los DOWN CONVERTER DOBLES como se muestra en la figura 7.25, Son:

- Ancho de banda
- Agilidad de frecuencia
- Ecuación
- Linealidad
- Tolerancia en la frecuencia de la portadora

CAPITULO 8

DISEÑO DEL PROYECTO

8.1 OBJETIVO DEL PROYECTO

Transmitir a través de la Estación Terrena Guayaquil una portadora multicanal para televisión y audio digital, utilizando la infraestructura existente que PACIFICTEL dispone en la actualidad, así como también parte del segmento espacial que tiene libre en el **INTELSAT VII 709 (310 °E)**, e incorporando nuevos equipos que permitan transmitir dicha señal hacia la provincia de Galápagos, con la finalidad de permitir a sus pobladores el acceso a canales locales de televisión.

Este equipamiento deberá cumplir con las recomendaciones de los principales organismos regulatorios como son **INTELSAT**, la **ITU-T**, y otros organismos que establecen las normativas de operación y funcionamiento de estos servicios.

8.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA A INSTALARSE

8.2.1 TRANSMISION

Para la transmisión satelital de las señales de audio y vídeo las emisoras de televisión, y las radiodifusoras interesadas en recibir estas facilidades deberán llevar su señal analógica, hasta la Estación Terrena Guayaquil, ubicada en el Km 23 de la vía a Chongon .

Estas señales ingresaran a un codificador de audio y vídeo, el cual debe cumplir con la norma MPEG-2 y DVB en configuración 2+2, donde se realizan las etapas de conversión analógico – digital, compresión, y multiplexación. Para la codificación hemos considerado el equipamiento para una portadora multicanal (MCPC), sin embargo el equipo codificador a utilizarse nos brinda la facilidad de utilizarlo para una portadora simple (SCPC), es decir para una sola emisora de televisión o radiodifusora, otra punto importante que debe ser tomada en cuenta es que las entradas de audio y vídeo también puede ser digitales.

La tasa de compresión es seteada por el usuario mediante un panel de control y esta en el caso de una portadora multicanal entre 1 a 70 Mbps, y para el caso de una portadora simple entre 1 a 25 Mbps, lo cual nos permite

fijar una velocidad de acuerdo a la capacidad con la que contamos en el transponder antes mencionado, y de acuerdo a la calidad de la señal que pretendamos brindar, Las señales serán multiplexadas de acuerdo al formato **MPEG-2** y combinadas en un solo tren de bits de velocidad fija, este flujo esta optimizado de acuerdo a la aplicación nuestra, ya que en estas condiciones se producen errores.

Para la protección de redundancia utilizaremos el switch TRS1, el cual recibe los dos flujos multiplexados (MCPC), y en caso de falla automáticamente se cambia al flujo que esta desocupado en un tiempo menor a 100 ms, este switch es compatible con los codificadores TE 3000 que utilizaremos, los cuales detallaremos con mayor precisión en el siguiente capitulo.

El modulador deberá cumplir la norma DVB (Digital Vídeo Broadcasting) es decir debe cumplir con los siguientes parámetros :

- Modulación QPSK
- Concatenación de código convolucional
- Codificación de errores Reed Solomon

En nuestro caso utilizaremos el modulador SDM2020M, el cual cumple con todos los parámetros antes mencionados. El equipo recibe el flujo de transporte multiplexado y lo traslada a una IF de 70 Mhz, aunque también nos permite setearlo para una IF de 140 Mhz, es importante también decir que la velocidad del equipo es programable y esta en el rango de 1,5 a 100 Mbps, además permite las configuraciones 8PSK y 16QAM. En este ramal también hemos planificado instalar un switch de protección de redundancia en caso de falla de uno de los módem, el equipo es el SMS 301, el cual es un switch programable, y totalmente compatible con los módem a utilizarse, este equipo lógicamente trabaja en forma automática, aunque también nos permite el switcheo manual en el caso que el ingeniero a cargo de los equipos necesite realizar un mantenimiento a los modems.

La siguiente etapa lo constituye el up converter, para lo cual es importante saber en que banda trabajaremos, en nuestro caso debido a que el transponder que utilizaremos trabaja en banda C utilizaremos el convertidor UT 4505 que trabaja en el rango de 5845 a 6425 Mhz , este equipo esta listo para recibir cualquiera de las IF que entrega el modulador (70 o 140 Mhz), y trasladarla a una RF con un nivel de ganancia mínimo de 35 dB, debiendo decir que aun esta señal no esta lista para ser enviada al satélite, ya que debido a las perdidas que esta sufre al recorrer la atmósfera necesita ser previamente amplificada.

Por lo anteriormente dicho necesitaremos un amplificador de potencia, el cual debido a las recomendaciones de los nuevos estándares de INTELSAT , y como en nuestro caso la tasa de transmisión es relativamente baja, nos recomienda utilizar un SSPA (Solid State Power Amplifier), el cual presenta muchas ventajas respecto de los TWTA, que serán mencionadas en el capítulo de descripción de los equipos. Así el equipo que utilizaremos es el CPA 350 que trabaja en banda C, el cual nos garantiza una potencia de salida de 350 W , esto es equivalente a tener un TWT de 1000 W de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, y una ganancia mínima de 70 dBm, con lo cual garantizamos una recepción óptima de la señal en el satélite, para que posteriormente sea retransmitida por el mismo y receptada ya en la provincia de Galápagos (Cerro Croker), para su posterior procesamiento y difusión lo cual explicaremos a continuación.

La antena que utilizaremos en transmisión, es la antena de 15,2 metros que actualmente esta apuntando al satélite, en la cual realizaremos un acoplamiento a la guía de onda existente añadiendo una nueva guía elíptica Helix (Guía ANDREW EWP52).

Cabe recalcar que toda la red de transmisión que hemos descrito estará ubicada en la Estación Terrena de Guayaquil, ya que luego de analizar todos

los pro y contra hemos considerado el lugar más óptimo para la instalación de los equipos de transmisión.

8.2.2 RECEPCION

8.2.2 LOCALIZACION ESTRATEGICA DE LOS EQUIPOS

Los equipos de recepción los ubicaremos en el cerro Crocker, el cual se encuentra ubicado en la Isla Santa Cruz, ya que debido a su ubicación geográfica esta en el centro de todas las islas desde el cual tenemos línea de vista directa hacia las demás puntos debido a que ningún obstáculo la obstruye, haciendo mucho más fácil a las emisoras de televisión la difusión de sus señales.

Además debido a que la red de recepción es totalmente nueva, ya que la estación terrena de Galápagos no esta adecuada para recibir portadoras digitales de vídeo, hemos decidido explotar este sitio estratégico, en el cual solo una empresa de telecomunicaciones tiene hasta el momento instalados sus equipos.

8.2.3 UBICACIÓN GEOGRAFICA

Latitud sur	Longitud oeste	Altura
00°38'47"	90°19'11"	890 m

Tabla 8.1 UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL CERRO CROCKER

Establecido el lugar donde se va a bajar la señal digital describiremos el proceso de recepción:

La señal será receptada en una antena de 3,7 metros de diámetro, la cual opera en banda C , X, y la banda Ku y tiene una ganancia promedio de 47 dBi, esta antena será de la marca ANDREW la cual cumple con los estándares E -2 / E - 1 de INTELSAT. Debido a que la transmisión es enteramente digital, y los equipos cumplen la norma DVB, establecemos relaciones de FEC de $\frac{1}{2}$ o $\frac{3}{4}$ lo cual nos permite minimizar el tamaño de la antena receptora, y proponer el uso de la antena antes mencionada.

Esta señal luego pasa al LNA (low noise amplifier), el cual se encontrara ubicado en la misma antena (o lo más próximo a ella), debido a que este equipo recibe una señal atenuada su misión es amplificarla sin introducir

atenuación adicional, el LNA que utilizaremos trabaja en banda C y es de la marca COMTECH EF DATA modelo CLA .

La siguiente etapa la realiza el Down Converter, el cual recibe la señal RF proveniente del satélite y amplificada, así el down converter que utilizaremos es el DT4503 trabaja en el rango entre 3625 a 4200 Mhz (banda C), el nivel de RF de entrada es -45 dBm y la IF de salida esta en el rango entre 52 a 88 Mhz, y entre 104 a 176 Mhz, es decir como en los casos anteriores permite las dos IF sea 70 o 140 Mhz, este mismo equipo se lo puede utilizar además para SCPC, TDMA, DAMA, Y HDTV.

Ahora esta señal esta lista para ser demodulada, para lo cual utilizaremos el demodulador SDM 2020D, que esta de acuerdo a la norma DVB, y es totalmente compatible para la aplicación nuestra, así mismo la velocidad de salida es programable y se encuentra entre 1,5 a 100 Mbps, así el usuario puede fácilmente setear la velocidad de símbolo, presenta entradas para las dos IF (70 o 140 Mhz) y una entrada adicional para banda L.

Una vez demodulada la señal, obtenemos nuevamente la trama de transporte, y es aquí donde se realizan las posibles correcciones de errores, obteniéndose una salida prácticamente libre de errores, con un BER de aproximadamente $1 \text{ E}-10$. una ventaja más que presenta tanto el módem

como el demodem, es que en caso de pérdida de energía, estos almacenan su configuración en una memoria no volátil, es decir no se desconfiguran mientras permanecen apagados, así cuando retorne la energía eléctrica, no será necesario volverlos a configurar.

Una vez obtenida la trama de transporte, la etapa final es la decodificación de la portadora multicanal que ha sido transmitida desde la estación terrena Guayaquil, para lo cual utilizaremos el IRD (Integrated Receiver Decoder) TDR78, que decodifica la señal de vídeo a una velocidad programable entre 2 a 45 Mbps, además provee dos salidas de vídeo, ya sea en los formatos NTSC o PAL, y dos salidas estéreas de audio, de la misma forma que el codificador, este equipo cumple con los estándares MPEG – 2 y DVB.

El sistema Decodificador incluye el demultiplexor MPEG-2, del cual se obtienen las tramas de Audio y vídeo digital comprimido que luego pasan al decodificador MPEG-2 obteniéndose nuevamente las señales de Audio y vídeo analógicas listas para ser tomadas por las estaciones de TV para su difusión.

El estudio de propagación de las señales de televisión lo explicaremos conforme vayamos avanzando en el diseño de nuestro proyecto.

En nuestro caso hemos decidido enviar solo dos canales de televisión locales, debido al ancho de banda disponible en el satélite a utilizar, sin embargo cabe recalcar que este sistema esta diseñado para transportar más de dos canales de televisión, por lo que esto no constituye un problema en nuestro diseño. También podemos utilizar el mismo ancho de banda, y enviar un mayor numero de canales, afectando un poco la calidad de la imagen, o dividiendo el segmento espacial en forma estratégica de acuerdo a el tipo de programación de cada una de las emisoras, para que la calidad de imagen no se vea afectada.

8.3 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL DISEÑO

8.3.1 RED DE TRANSMISION

Los equipos de transmisión los ubicaremos en la estación Terrena de Guayaquil, en base a esto hemos realizado el diagrama esquemático de transmisión.

En forma de resumen presentaremos los equipos que constituyen la cadena transmisora:

- Sistema codificador de audio y vídeo en configuración 2+2 (compuesto por 4 codec TE3000)
- Switch de protección de redundancia TRS1
- Sistema modulador en configuración 1+1 (compuesto por 2 módem SDM 2020M)
- Swith de protección de redundancia SMS 301
- Up Converter UT – 4505
- Amplificador de potencia (SSPA) CPA 350
- Antena VERTEX de 15,2 mt ya instalada en estación terrena Guayaquil.
- Guía de onda ANDREW EWP52

8.3.2 FUNDAMENTOS DE DISEÑO

De acuerdo con los estándares de INTELSAT las velocidades que se recomiendan para los diferentes tipos de aplicaciones son:

APLICACIÓN	TASA DE TRANSMISION
PPV filmes / noticias	< 1,5 Mbps
Filmes / Broadcast	3,5 Mbps
Deportes	4,6 Mbps
Estudios de calidad	6 – 8,064 Mbps
Audio	24 – 56 Kbps (Mono) 128 Kbps (Estéreo) 256 – 512 Kbps (Multicanal)

Tabla 8.2 VELOCIDAD DE ACUERDO AL TIPO DE PROGRAMACION

Tomando como referencia estos parámetros hemos elegido una tasa promedio para representar las fuentes de audio y vídeo emitidas por las estaciones de televisión, y obtener una calidad igual o mejor a la de las señales analógicas.

Dicho esto entonces ajustaremos la velocidad programable de cada codificador de acuerdo con el siguiente esquema:

CODEC 1	Vídeo	6 Mbps
Canal 1	Audio estéreo	0,512 Mbps
CODEC 2	Vídeo	6 Mbps
Canal 2	Audio estéreo	0,512 Mbps
Servicio de control	2 x 0,03072 Mbps	0,06144 Mbps
Subtotal		13,085 Mbps
Overhead	2 %	0,2617 Mbps
TOTAL		13, 347 Mbps

Tabla 8.3 CALCULO DE LA TASA DE INFORMACION DE LA MCPC

Con lo cual ocupamos todo el ancho de banda satelital que disponemos en el INTELSAT VII 709 (14 Mhz), y transmitimos una portadora multicanal la cual lleva la información de las dos emisoras de televisión (canal 1, canal 2). La trama de transporte sale ya multiplexada de los codificadores EF DATA TE 3000, a una velocidad de 14 Mbps de acuerdo a lo explicado en la tabla anterior, y esta trama entra al switch de protección de redundancia TIERNAN TRS1 para ocupar la primera entrada, la otra entrada es ocupada por un flujo equivalente al primero, el cual viene de la otra cadena de codificadores TE3000, y esta listo para ser ocupado en caso que este switch detecte una falla.

La salida de este switch esta conectada a los moduladores EF DATA SDM 2020M, estos reciben el flujo de 14 Mbps, y realizan la codificación convolucional con decodificación viterbi, el proceso de aleatorización, y la codificación para corrección de errores Reed Solomon. Estos procesos son indispensables en todo codificador que cumpla la norma DVB.

La aleatorización debe ser usada, a fin de reducir la densidad máxima del flujo de potencia según con la recomendación Rec. 358 – 3 del CCIR, y cumplir con los criterios de densidad de la PIRE según la Rec. 524 – 3 del CCIR, además como es lógico aquí se introduce la señal de reloj que después será recuperada en el receptor. El proceso de codificación externa Red Solomon (204,188, T =8) nos permitirá obtener una FEC de $\frac{3}{4}$ para asegurar un BER optimo ($BER < 1 \times 10^{-10}$), y nos da una capacidad de corrección de hasta 8 errores aleatorios, su ubicación es después de el scrambler en el equipo modulador.

Por ultimo esta salida será mapeada mediante la constelación QPSK a una IF de 70 Mhz como lo explicamos en el siguiente esquema:

8.3.3 VERIFICACION DEL SEGMENTO OCUPADO EN EL SATELITE



Figura 8.2 DVB Modem EF DATA SDM 2020M

$$W_{min} = \pm F_b / (\text{Log}_2 n)$$

$$W_{min} = \pm (14 \text{ Mbps}) / (\text{Log}_2 4)$$

$$W_{min} = \pm 7 \text{ Mhz}$$

Graficando tendríamos lo siguiente:

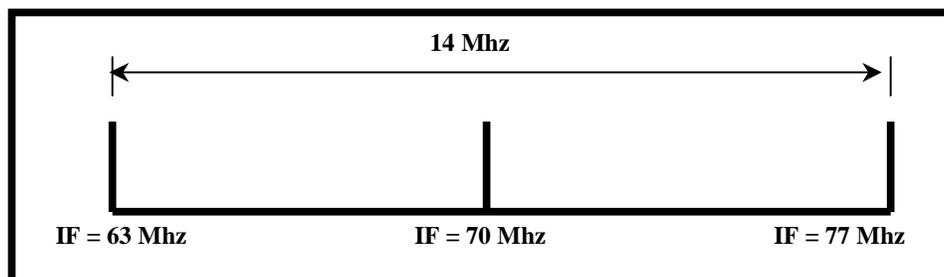


Figura 8.3 ANCHO DE BANDA OCUPADO POR LA MCPC

La salida de los módem estarán conectadas a otro switch de protección, el EF DATA SMS 301, el cual da el backup en el caso de falla de cualquiera de los moduladores, o en caso de necesitar hacer un switcheo manual por diferentes razones que se presenten, a continuación esta salida pasa a ser conectada a la entrada del convertidor de frecuencia (Up Converter), el cual

ha sido elegido de acuerdo con la banda de frecuencia en que trabajaremos es decir la banda C, el equipo que hemos seleccionado es también de la marca EF DATA, modelo UT 4505, el cual trabaja en la banda de 5845 a 6425 Mhz, y entrega una salida de RF con una ganancia estándar de 35 dBm. Cabe recalcar que este equipo a más de utilizarlo para una portadora multicanal MCPC como lo es en nuestro caso, también puede ser utilizado en otras aplicaciones, las cuales se detallan en el siguiente capítulo, y es totalmente compatible con la salida del módem.

Esta salida de RF aun no esta lista para ser enviada al satélite, debido a que tiene que atravesar una larga trayectoria en la atmósfera deberá ser lo suficiente amplificada para que llegue hasta el INTELSAT VII 709 con un nivel de potencia optimo. A continuación presentamos el calculo que nos permite dimensionar el HPA (high power amplifier) a utilizar en la estación terrena de Guayaquil:

8.3.4 DIMENSIONAMIENTO DEL HPA

La potencia requerida por el HPA puede ser expresada utilizando la siguiente ecuación (tomada del manual de Earth Station Technology de INTESAT) :

$$P_{\text{HPA}} = \text{EIRP} - G_{\text{TX}} + L_{\text{feed}}$$

La EIRP de la estación terrena es la calculada en el enlace de subida, la cual se presenta en detalle más adelante.

$$EIRP = 84,5 \text{ dBw}$$

GTX es la ganancia de la antena transmisora de 15,2 mt marca VERTEX modelo 15,2 KPC/KPC instalada en estación terrena Guayaquil, y que apunta al satélite en estudio.

$$GTX = 59,5 \text{ dB} \quad (\text{tomada del manual de VERTEX communication Corporation})$$

L_{feed} representa la pérdida en el alimentador de la antena antes mencionada

$$L_{\text{feed}} = 2 \text{ dB} \quad (\text{tomada del manual de VERTEX communication corporation}).$$

Así la potencia requerida por el HPA será:

$$P_{\text{HPA}} = 84,5 - 59,5 + 2$$

$$P_{\text{HPA}} = 26,5 \text{ dB}$$

O lo que es lo mismo

$$P_{\text{HPA}} = 10^{(26,5 / 10)} = 447 \text{ Watt}$$

Tomando en consideración que nuestro sistema se puede expandir a futuro, y transmitamos más de dos emisoras hemos decidido adquirir un amplificador de estado sólido SSPA de 350 watt, el cual es equivalente a tener un TWTA de 1000 watt, es decir más del doble que el calculado.

El equipo será de la marca EF DATA modelo CPA 350, que trabaja en banda C.

En este momento la señal ya esta lista para enviarla por la antena hacia su punto de destino. A continuación seleccionaremos la guía de onda que utilizaremos en nuestro proyecto.

8.3.5 SELECCIÓN DE LA GUIA DE ONDA

La guía de onda la hemos seleccionado tomando en cuenta como primer punto la frecuencia a que queremos transmitir, y tomando en cuenta las recomendaciones que nos da el catalogo 38 de ANDREW CORPORATION, la cual es una marca aprobada por INTELSAT.

De acuerdo a esto mostramos los tipos de guías que podemos utilizar.

Banda de frecuencia (Ghz)	Guía de onda elíptica HELIAX	Guía de onda rectangular HELIAX	Guía de onda circular HELIAX
5,6 – 6.425	EW 52, EWP 52	WR 159, WR 137	—
5.925 – 6.425	EW 52, EWP 52 & EWP52S	— WR 159, WR137	WC 281, WC 166

Tabla 8.4 SELECCIÓN DE LA GUIA DE ONDA

Así hemos elegido la guía de onda elíptica EWP52, la cual trabaja en un rango máximo de 4,6 a 6,425 Ghz, con atenuaciones desde 5,34 dB / 100mt a 3,80 dB/ 100mt. Para realizar un acoplamiento a la guía de onda existente en estación terrena Guayaquil instalada con al antena de 15,2 m disponemos de los siguientes conectores:

152DE – 152DET – 152 DEP-1

252DC – 252 DCT

252DE – 252DET – 252DEP –252DEMP – 252DEMT

los cuales forman parte del kit que viene con la guía de onda. En el siguiente capítulo describiremos detalladamente estos equipos.

Así mismo el conector CPR 137G que necesitamos para acoplar la guía de onda EWP52 al CPA 350 será de la marca ANDREW.

Con esto hemos diseñado la red de transmisión, la cual es completamente digital, y estará ubicada en la estación terrena de Guayaquil. A continuación describiremos el diseño de la red de recepción, siendo esta mucho menos compleja que la anterior, lo cual se ve directamente reflejado en el costo de los equipos a instalarse.

8.4 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL DISEÑO

8.4.1 RED DE RECEPCION

Los equipos de recepción los ubicaremos en el cerro Crocker ubicado en la isla Santa Cruz, en base a esto hemos realizado el diagrama esquemático de recepción.

En forma de resumen presentaremos los equipos que constituyen la cadena receptora:

- Antena de 3,7 m banda C ANDREW
- LNA modelo CLA COMTECH EF DATA
- Down Converter UT – 4503
- Sistema demodulador en configuración 1+1 (compuesto por 2 demodem SDM 2020M)
- Swith de protección de redundancia SMS 301
- Sistema decodificador de audio y vídeo (compuesto por 2 decodec TDR 78)

8.4.2 FUNDAMENTOS DEL DISEÑO

Como anteriormente hemos dicho colocaremos los equipos de recepción en la Isla Santa Cruz (Cerro Crocker). A partir de aquí realizaremos nuestro análisis.

La señal será receptada por la antena de 3,7 m ANDREW la cual trabaja en banda C, además permite mediante un Switchero cambiar de polarización circular a lineal, esto es conveniente en nuestro diseño ya que el INTELSAT VII transmite en banda C una onda polarizada circularmente, siguiendo la regla de la mano derecha.

La antena en cuestión cumple con los estándares E2 / E1 de INTELSAT, y presenta dos puertos en banda C.

A continuación realizaremos el calculo propio de una antena de estación terrena siguiendo las recomendaciones que nos provee INTELSAT

8.4.3 CALCULO DEL ANGULO DE ELEVACION

Para calcular el ángulo de elevación de la antena necesitamos conocer los parámetros de el INTELSAT VII 709, y la longitud y latitud de la estación

terrena, para aplicar las ecuaciones que nos permitan obtener de forma manual dicho ángulo de elevación. Así

Angulo de elevación

$EL = \arctan ((\cos\alpha - 0,15127) / \sen \alpha)$; tomada del manual Earth Station

Technology of INTELSAT.

$\alpha = \arccos (\cos\Delta w \cos \varphi)$

donde:

Δw = diferencia de longitud entre la estación terrena y el satélite

φ = latitud de la estación terrena.

INTELSAT VII 709

Orbita : 310° E

CERRO CROCKER

latitud : 00° 38' 47''

Longitud : 90° 19' 11''

$\Delta w = 90^\circ 19' 11'' - 310^\circ$

$\Delta w = - 219^\circ 40'$

$\varphi = 00^\circ 38' 47''$

$\alpha = \arccos ((\cos (-219^\circ 40') \cos (00^\circ 38' 47''))$

$\alpha = 140^\circ 19'$

entonces como parte final calculamos EL:

$$EL = \arctan ((\cos (140^\circ 19') - 0,15127) / \text{sen} (140^\circ 19'))$$

$$EL = 55^\circ 15' 41''$$

8.4.4 CALCULO DEL ANGULO DE AZIMUTH

El ángulo de azimuth depende de la posición relativa de la estación terrena a el Ecuador (0° N) y al satélite.

En nuestro caso el ECUADOR se encuentra casi totalmente en el hemisferio sur, lo cual lo podemos observar en un mapamundi, estando el punto de interés (cerro Crocker) en el hemisferio sur, asi mostraremos las ecuaciones que el manual de INTELSAT nos da para los dos hemisferios:

Angulo de azimuth

$$AZ = \arctan (- (\tan \Delta w) / \text{sen} \alpha) + 180^\circ \quad \text{para hemisferio Norte}$$

$$\mathbf{AZ = \arctan (- (\tan \Delta w) / \text{sen} \alpha) \quad \text{para hemisferio Sur}}$$

Asi procedemos a realizar el calculo del azimuth tomando los datos de el satélite y el cerro antes descritos:

$$AZ = \arctan (- \tan (-219^\circ 40') / \text{sen} (140^\circ 19'))$$

$$AZ = 52^\circ 24' 8''$$

Entonces ahora ya disponemos de criterios para realizar el montaje de la antena en el cerro Crocker, la cual estará ubicada en una base de hormigón apuntando al INTELSAT VII de acuerdo a los parámetros antes calculados.

La siguiente etapa la constituye el amplificador de bajo ruido LNA, el cual constituye una parte importante en todo sistema de recepción satelital, ya que es el primer amplificador que se encarga de recibir la señal atenuada por la atmósfera y amplificarla sin introducir ruido adicional. Así de acuerdo a la antena a utilizar presentamos el LNA óptimo para nuestro sistema.

A continuación presentamos la temperatura de ruido en función del ángulo de inclinación para la antena ANDREW de 3,7 m tomado del catálogo 38 de Andrew Corporation:

ELEVACION	KELVIN (BANDA C)
10°	43
30°	38
50°	36

Tabla 8.5 ANGULOS DE ELEVACION PARA LA ANTENA ANDREW DE 3,7 M

Y de acuerdo a la temperatura que presenta para cada ángulo de elevación nos recomienda utilizar los siguientes LNA:

LNA TEMPERATURA DE RUIDO	LNA 43 K	LNA 38 K	LNA 36 K
G / T (dB / K)	22,3	23,2	24,0

Tabla 8.6 LNA RECOMENDADOS PARA LA ANTENA ANDREW DE 3,7M

Como podemos observar a 50° de inclinación nos recomienda utilizar un LNA 36 K, el cual lo hemos tomado para nuestro caso, ya que el ángulo de elevación se encuentra muy próximo al descrito en la tabla anterior, y así utilizaremos el LNA de COMTECH EF DATA modelo CLA que trabaja en el rango de frecuencia entre 3,62 a 4,2 Ghz o 4,5 a 4,8 Ghz, y presenta una temperatura de ruido entre 31 – 50 K, por lo cual estamos seguro que a 55° de inclinación trabajara en forma optima.

El conector de entrada CPR 229 lo distribuye ANDREW CORPORATION, así como el conector de salida el cual es tipo N o SMA.

Para la interface LNA Down converter el cable a utilizar es el coaxial HELIAX LDF4.5 – 50 que presenta una impedancia de entrada de 50 ohmios, trabaja en el rango de 0,5 Mhz a 6,1 Ghz, acoplándose a la entrada del

downconverter. En el siguiente capítulo presentaremos en detalle estos accesorios.

A continuación esta señal que ha sido amplificada por el LNA pasa a la entrada del Down Converter, el cual será de la marca EF DATA modelo DT 4503 trabaja en la banda de 3625 a 4200 Mhz, y presenta las dos IF de salida, en nuestro caso sería de 70 Mhz con una ganancia estándar de 45 dBm. Este equipo es versátil, por lo cual puede ser utilizado en las mismas aplicaciones del Up converter adicionales.

Continuando con el proceso de recepción la siguiente etapa la constituye el demodulador que recibe la IF de 70 Mhz, y nos entrega nuevamente la trama de transporte en banda base, el equipo a utilizarse es de la marca EF DATA modelo SDM2020M, el cual presenta las mismas características que el modulador citado en transmisión, con la única diferencia que presenta una entrada opcional en banda L.

Este equipo estará en configuración 1+1, con lo cual proveemos la protección de redundancia a la cadena receptora, para lo cual utilizaremos el switch de protección EF DATA SMS 301, el cual switchea automáticamente y de forma independiente ya sea IF o datos en caso de detectar la falla de uno de los demodem.

La etapa final la constituye el decodificador, el cual recibe el flujo de transporte o lo que es lo mismo la portadora multicanal (MCPC) de el demodulador, y se encarga de realizar la descompresión de los datos y la conversión digital analógica con lo cual hemos obtenido nuevamente las emisoras analógicas de televisión pero ya en la provincia de Galápagos para su posterior difusión.

El equipo que utilizaremos será de la misma que el coder TIERNAN modelo TDR78 el cual decodifica la señal de televisión a velocidades entre 2 a 45 Mbps, presenta dos salidas de vídeo para los formatos NTSC y PAL, y dos salidas de audio estéreo. Así mismo este equipo es totalmente compatible con el coder utilizado en transmisión ya que cumple con la normás MPEG –2 y DVB.

En este momento los canales de televisión tienen toda la libertad para recibir cada uno su señal analógica de televisión insertarla a un transmisor de VHF / UHF e irradiar la señal hacia las principales islas de Galápagos.

En nuestro diseño hemos realizado el estudio de propagación para las emisoras de TV y así dimensionar los equipos a utilizar, lo cual nos permitirá dar recomendaciones a nuestros futuros clientes con el objetivo de hacer más apetecible nuestro proyecto.

A continuación antes de realizar el estudio de propagación, primeramente mostraremos el calculo satelital para nuestro proyecto, con el objetivo de darle un orden secuencial al mismo.

8.5 CALCULO DEL ENLACE SATELITAL

8.5.1 CARACTERISTICAS DEL ENLACE SATELITAL: Tx / Rx

Enlace satelital:

Ciudad – País (Tx) : Guayaquil – Ecuador (E.T de Guayaquil)

Ciudad – País (Rx) : Guayaquil – Ecuador (Cerro Crocker)

Datos del satélite

Satélite : INTELSAT VII 709

Ubicación del satélite : 310° E

Polarización : circular (banda C)

PIRE (banda C) : haz global : 26,0 a 34,4 dBw

haz hemi : 32,3 a 40,2 dBw

haz zonal : 32,7 a 40,1 dBw

G / T (banda C) : haz global : -12,0 a 6,6 dB/K

Haz hemi : -8,7 a -1,2 dB/k

Haz zonal : -9,2 a +1,7 dB/k

Haz c – spot : -5,0 a +3,3 dB/k
Rango SFD : banda C –87,0 a –73,0 dBw/m²

Características de las portadoras

Banda de frecuencia : C
Banda de transmisión : 5845 a 6425 MHZ
Banda de recepción : 3625 a 4200 MHZ
Numero de portadoras : 1 (MCPC)
Velocidad de transmisión : 14 Mbps
Modulación : QPSK
FEC : $\frac{3}{4}$
BER típico : 1×10^{-10}
Ancho de banda requerido : 14 Mhz

Estación terrena No 1

Dirección de la estación terrena : Km 23 vía Chongon
Diámetro de la antena : 15,2 m Norma : A
Tipo de polarización : Circular
Angulo de elevación : 86,20°
Ganancia de la antena : 59,5 dBi
Potencia Tx : 30 dBw

Latitud (N) : 2° 10' 48"

Longitud (E) : 80° 4' 58"

Altura sobre el nivel del mar : 30 m

Estación terrena No 2

Dirección de la estación terrena : isla Santa Cruz (cerro Crocker)

Diámetro de la antena : 3,7 m

Norma : E2

Tipo de polarización : Circular

Ganancia de la antena : 42,7 dBi

Latitud (N) : 00°38'47"

Longitud (E) : 90°19'11"

Altura sobre el nivel del mar : 890 m

8.5.2 Enlace de subida:

- *EIRP de la estación terrena Guayaquil*

$$\text{EIRP (estación terrena)} = P_t + A_t - L_{bo} - L_{bf}$$

$$L_{bo} = \text{perdidas de respaldo del HPA} = 3 \text{ dB}$$

$$L_{bf} = \text{perdidas en alimentador de E.T} = 2 \text{ dB}$$

$$\text{EIRP (E.T)} = 30 + 59,5 - 3 - 2 = 84,5 \text{ dBw}$$

- *Perdidas en el espacio libre*

$$L_p = 183,5 + 20 \cdot \log f \text{ (Ghz)}$$

$$L_p = 183,5 + 20 \cdot \log (6) = 199,063 \text{ dB}$$

- *Perdidas atmosféricas adicionales*
 - debido a la absorción atmosférica normal
 - absorción debida a la fuerte neblina
 - absorción debida a la lluvia

Recurrimos a las recomendaciones de INTELSAT, en la siguiente tabla:

Perdidas atmosféricas	Frecuencia en Ghz
0,25	$2 < f < 5$
0,33	$5 < f < 10$
0,53	$10 < f < 13$
0,73	$f > 13$

Tabla 8.7 PERDIDAS ATMOSFERICAS DE ACUERDO A LA FRECUENCIA

Así :

$$L_u = 0,33 \text{ dB}$$

- *Relación de densidad de portadora a ruido en el satélite*

$$C / N_o = \text{EIRP}(\text{dBw}) - L_p(\text{dB}) + G/\text{Te}(\text{dBK}^{-1}) - L_u(\text{dB}) - K(\text{dBwK})$$

$$C / N_o = 10\log A_t P_r - 20\log(4\pi D/\lambda) + 10\log(G / \text{Te}) - 10\log L_u - 10\log K$$

$$C' = \text{EIRP (E.T)} - L_p - L_u$$

$$C' = 84,5 - 199,063 - 0,33$$

$$C' = -114,893 \text{ dBw}$$

Ahora:

$$C / N_o = C' * G / \text{Te} * 1 / K$$

$$C / No \text{ (dB)} = C'(\text{dBw}) + G / Te(\text{dBK}^{-1}) - 10\log(1,38 \times 10^{-23})$$

$$C / No = -114,893 + (-4,95 \text{ dBK}^{-1}) - (-228,6 \text{ dBwK})$$

$$C / No = 108,757 \text{ dB}$$

Por lo tanto:

$$Eb / No = C / No \text{ (dB)} - 10 \log f_b$$

$$Eb / No = 108,757 - 10\log(14 \times 10^6)$$

$$Eb / No = 37,296 \text{ dB}$$

8.5.2 Enlace de bajada

- *EIRP del transponder del satélite*

EIRP (transponder) = 40,2 dBw ; tomado de las características del satélite

- *Relación de densidad de portadora a ruido en el receptor de la E.T*

$$C / No = \text{EIRP}(\text{sat}) - L_p(\text{dB}) + G/Te(\text{dBK}^{-1}) - L_d(\text{dB}) - K(\text{dBwK})$$

$$C / No = 10\log A_t P_r - 20\log(4\pi D/\lambda) + 10\log(G / Te) - 10\log L_d - 10\log K$$

$$C' = \text{EIRP}(\text{sat}) - L_p - L_d$$

$$C' = 40,2 \text{ dBw} - 199,063 \text{ dB} - 0,33 \text{ dB}$$

$$C' = -159,193 \text{ dBw}$$

Ahora:

$$C / N_o = C' * G / T_e * 1 / K$$

$$C / N_o \text{ (dB)} = C'(\text{dBw}) + G / T_e(\text{dBK}^{-1}) - 10\log(1,38 \times 10^{-23})$$

$$C / N_o \text{ (dB)} = -159,193 + 71,7 - (-228,6)$$

En este caso calculamos el G / T_e de la estación terrena:

$$G / T_e(\text{dBK}^{-1}) = A_r(\text{Db}) + A(\text{LNA}) - T_e(\text{dBk})$$

$$G / T_e(\text{dBK}^{-1}) = 42,7 + 65 - 36$$

$$G / T_e(\text{dBK}^{-1}) = 71,7$$

$$C / N_o \text{ (dB)} = 141,107$$

$$E_b / N_o = 141,107 - 10\log(14 \times 10^{-6})$$

$$E_b / N_o = 69,646$$

Mediante un análisis cuidadoso, y utilizando los conocimientos de álgebra, se puede demostrar que la energía total de bit a ruido (E_b / N_o), que incluye los efectos combinados de la relación de subida y bajada es un producto estándar sobre la relación suma y se expresa como sigue:

$$E_b / N_o_{\text{total}} = ((E_b/N_o)_s * (E_b/N_o)_b) / ((E_b/N_o)_s + (E_b/N_o)_b)$$

$$E_b / N_o \text{ (total)} = 5365,273$$

Expresado en dB

$$Eb / No \text{ (total)} = 10\log (5365,273)$$

$$Eb / No \text{ (total)} = 37,286 \text{ dB}$$

Con esta relación Eb / No obtenemos una probabilidad de error mucho mejor que 1E-10 ya que excede a la mínima que determina INTELSAT en el apéndice D en el IESS – 308 (Rev. 6B) pagina D-2 para portadoras IDR con FEC de relación $\frac{3}{4}$ para el INTELSAT VII 709.

A continuación ahora realizaremos el estudio de propagación para una emisora de televisión, y así mismo haremos un análisis de cobertura del sistema, lo cual demostrara como parte final todos los beneficios de nuestro proyecto.

8.6 ANALISIS DE PROPAGACION DEL PROYECTO

El estudio de propagación lo hemos realizado tomando en consideración una frecuencia en la banda de VHF alto (174 – 210 Mhz) para cada tramo, es decir para cualquier canal del 7 al 13, lo cual es importante para el dimensionamiento de los posterior de los equipos.

Estación Transmisora	Estación Repetidora	Distancia (KM)	Frecuencia (GHZ)	Altura (TX)	Altura (RX)
C. Crocker	San Cristobal	97,5 Km	0.200	20	20
C. Crocker	Santa María	72.5 Km	0.200	20	20
C. Crocker	Isabela	75 Km	0.200	20	20

Tabla 8.8 DISTANCIAS Y ENLACES DEL SISTEMA

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altura (M)
C. Crocker	00° 38 47"	90° 19 11"	890
San Cristóbal	00° 53 30"	89° 30 00"	10
Santa María	01° 16 50"	90° 29 01"	10
Isabela	00° 56 10"	91° 00 00"	270

Tabla 8.9 POSICION GEOGRAFICA Y ALTURA DE LAS ESTACIONES

8.6.1 CALCULO DE AZIMUTS

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL (CERRO SAN JOAQUIN)

	Latitud Sur (Φ)	Longitud Oeste (λ)
Cerro Crocker	00° 38' 47"	90° 19' 11"
Isla San Cristóbal	00° 53' 30"	89° 30' 00"
	00° 14' 43"	00° 49' 11"

$$\Delta\Phi \text{ (Latitud)} = 00^\circ 14' 43'' = 883 \text{ seg.}$$

$$\Delta\lambda \text{ (Longitud)} = 00^\circ 49' 11'' = 2951 \text{ seg.}$$

$$\Phi_m = \Phi \text{ menor} + \Delta\Phi/2(\text{seg.})$$

$$\Phi_m = 00^\circ 38' 47'' + 883/2$$

$$\Phi_m = 00^\circ 46' 08'' = 0.76889 \text{ seg.}$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.002946 + \text{LOG}(\text{COS } \Phi_m) + \text{LOG}(\Delta\lambda(\text{seg.})) - \text{LOG}(\Delta\Phi(\text{seg.}))$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.002946 + \text{LOG}(\text{COS } 0.76889) + \text{LOG}(2951) - \text{LOG}(883)$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.52696$$

$$\text{CTG } (\omega) = 3.36479$$

$$1/\text{TG } (\omega) = 3.36479$$

$$TG(\omega) = 1/3.36479$$

$$\omega = TG^{-1}(0.2972)$$

$$\omega = 16^{\circ} 33' 6.2''$$

$$C = \Delta\lambda/2 \times \text{sen}(\Phi_m)$$

$$C = 0.40989 \times \text{SEN}(0.76889)$$

$$C = 0.0055^{\circ}$$

$$\text{AZIMUT ESTE} = 270 + \omega - C = 286^{\circ} 32'$$

$$\text{AZIMUT OESTE} = 270 + \omega - C = 106^{\circ} 33'$$

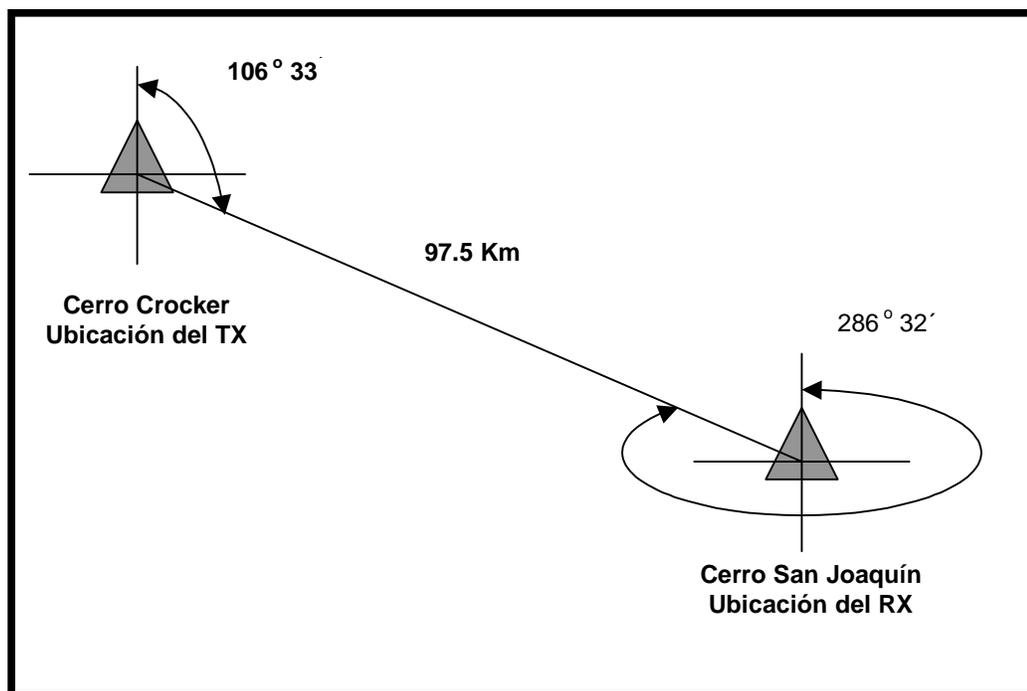


Figura 8.5 TRAYECTO CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL

8.6.2 CALCULO DEL PUNTO DE REFLEXION

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL (CERRO SAN JOAQUIN)

DATOS

H_{tx} = 20m (Altura de la torre en la estación transmisora)

H_{rx} = 20m (Altura de la torre en la estación receptora)

H₁ = 910m (Altura sobre el nivel del mar de la estación transmisora)

H₂ = 120m (Altura sobre el nivel del mar de la estación receptora)

K = 4/3 (Factor de curvatura de la tierra)

D = 97.5Km (Distancia entre estación transmisora y receptora)

CALCULO DE LOS PARAMETRO r, t, φ

$$r = 6.37 \times K/4 \times D \times (H_2 - H_1)$$

$$r = -163549.34$$

$$t = d^2/12 + (8.5 \times K/4 \times (H_2 - H_1)) = 3710$$

$$\phi = \cos^{-1} (r / t^{3/2}) = 136.36^\circ$$

$$D_3 = 2 \times t^{1/2} \times \cos (\phi/3 + 240)$$

$$D_3 = 32.45 \text{ Km.}$$

$$D_1 = D/2 + D_3 = 81.21 \text{ Km.}$$

$$D_2 = D - D_1 = 16.29 \text{ Km.}$$

8.6.3 ZONA DE FRESNEL

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL (CERRO SAN JOAQUIN)

$$R_f = 72.1 \times ((D_1 \times D_2) / (F \times D))^{1/2}$$

$$D = \text{Distancia del trayecto} = 97.5 \text{ Km}$$

$$F = \text{Frecuencia} = 0.200 \text{ Ghz.}$$

En el Punto de reflexión:

$$D_1 = \text{Distancia del TX al Punto de Reflexión} = 81.21 \text{ Km}$$

$$D_2 = \text{Distancia del RX al Punto de Reflexión} = 16.29 \text{ Km}$$

$$R_f = 72.1 \times ((81.21 \times 16.29) / (0.2 \times 97.5))^{1/2}$$

$$RF = 593.85$$

8.6.4 PERDIDAS DEL ENLACE

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL (CERRO SAN JOAQUIN)

$$\text{Distancia} : 97.5 \text{ Km}$$

$$\text{Frecuencia} : 0.200 \text{ Ghz.}$$

Perdidas en el espacio Libre

$$L \text{ (dB)} = 92.44 + 20 \text{ Log } D(\text{Km}) + 20 \text{ Log } F(\text{Ghz})$$

$$L \text{ (dB)} = 92.44 + 20 \text{ Log } (97.5) + 20 \text{ Log } (0.2)$$

$$L \text{ (dB)} = 118.241$$

Perdidas en las líneas de Transmisión

El cable a utilizar para la línea de alimentación de las antenas es:

CABLE COAXIAL HELIAX MARCA ANDREW MODELO LDF12-50

El cual presenta una atenuación a 200 Mhz de 0.829 por cada 100 m

En nuestro caso la distancia es de 20 m (Torre) por lo que la atenuación tanto en recepción como en Transmisión será:

Transmisión	$0.829/5 = 0.1658 \text{ dB}$
-------------	-------------------------------

Recepción	$0.829/5 = 0.1658 \text{ dB}$
-----------	-------------------------------

Perdidas de Fresnel

Como no existe ningún tipo de interferencia en el trayecto:

$$\text{Perdidas de Fresnel (PF)} = 0.00 \text{ dB}$$

Ya que la Primera Zona de Fresnel no esta interceptada por ningún obstáculo.

Perdidas de seguridad

Para el caso de que la Zona de Fresnel se expanda por acción troposférica, estas pérdidas deben estar entre 2 y 4 dB. Para un radio enlace se deja 3 dB tanto en Tx como en RX.

Transmisión (Seguridad TX) = 3.0 dB

Recepción (Seguridad RX) = 3.0 dB

Perdidas por difracción

$R_f = 72.1 \times ((D_1 \times D_2)/(F \times D))^{1/2}$ Primera Zona de Fresnel

$D/R_f = 0,6$ (mínimo)

$D/R_f \gg 0.6$ Para que la primera Zona de Fresnel este libre de errores

L (difracción) = 0.00 dB.

PERDIDAS TOTALES

Perdidas Totales (PT) = Perdidas en el espacio libre + Perdidas en las líneas de transmisión + Perdidas de Seguridad

Perdidas Totales (PT) = 118.241 dB + 0.3316 dB + 6 dB = 124.57 dB.

8.6.5 GANANCIAS DEL SISTEMA

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL (CERRO SAN JOAQUIN)

Potencia de Transmisión

$$P_{tx} = 1000 \text{ W}$$

$$G_{tx} = 10 \text{ Log} (1000) = 30 \text{ dBw}$$

Ganancia de Antenas

$$\text{Transmisión (Gat)} = 20 \text{ dB}$$

$$\text{Recepción (Gar)} = 20 \text{ dB}$$

GANANCIAS TOTALES

$$\text{Ganancias Totales (GT)} = P_{tx} + G_{at} + G_{ar} \text{ (dBw)}$$

$$GT = 30 + 20 + 20$$

$$\mathbf{GT = 70 \text{ dBw}}$$

NIVEL DE PORTADORA RECEPTADA

Nivel de Portadora Receptada = Ganancias Totales – Perdidas Totales (dBw)

Nivel de Portadora Receptada (NPR) = GT – PT (dBw)

$$\mathbf{NPR = 70 - 124.57 = - 54,57dBw}$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO

MD = NPR (Nivel de portadora receptada) – S (Sensibilidad)

$$MD = - 54,57 - (-90)$$

$$\mathbf{MD = 35,43 dB}$$

8.6.6 CALCULO DE AZIMUTS

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SANTA MARIA (PUERTO VELASCO IBARRA)

	Latitud Sur (Φ)	Longitud Oeste (λ)
Cerro Crocker	00° 38' 47"	90° 19' 11"
Isla Santa María	01° 16' 50"	90° 29' 01"
	00° 38' 03"	00° 09' 50"

$$\Delta\Phi \text{ (Latitud)} = 00^\circ 38' 03'' = 2283 \text{ seg.}$$

$$\Delta\lambda \text{ (Longitud)} = 00^\circ 09' 50'' = 590 \text{ seg.}$$

$$\Phi_m = \Phi \text{ menor} + \Delta\Phi/2(\text{seg.})$$

$$\Phi_m = 00^\circ 38' 47'' + 2283/2$$

$$\Phi_m = 00^\circ 57' 48'' = 0.9633 \text{ seg.}$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.002946 + \text{LOG}(\text{COS } \Phi_m) + \text{LOG}(\Delta\lambda(\text{seg.})) - \text{LOG}(\Delta\Phi(\text{seg.}))$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.002946 + \text{LOG}(\text{COS } 0.9633) + \text{LOG}(590) - \text{LOG}(2283)$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = -0.5847$$

$$\text{CTG } (\omega) = 0.2602$$

$$1/\text{TG } (\omega) = 0.2602$$

$$TG(\omega) = 1/0.2602$$

$$\omega = TG^{-1}(0.2972)$$

$$\omega = 75^{\circ} 24' 54''$$

$$C = \Delta\lambda/2 \times \text{sen}(\Phi_m)$$

$$C = 0.68194 \times \text{SEN}(0.9633)$$

$$C = 0.00137^{\circ}$$

$$\text{AZIMUT ESTE} = 270 - \omega - C = 194^{\circ} 35' 1''$$

$$\text{AZIMUT OESTE} = 270 - \omega - C = 14^{\circ} 35' 10''$$

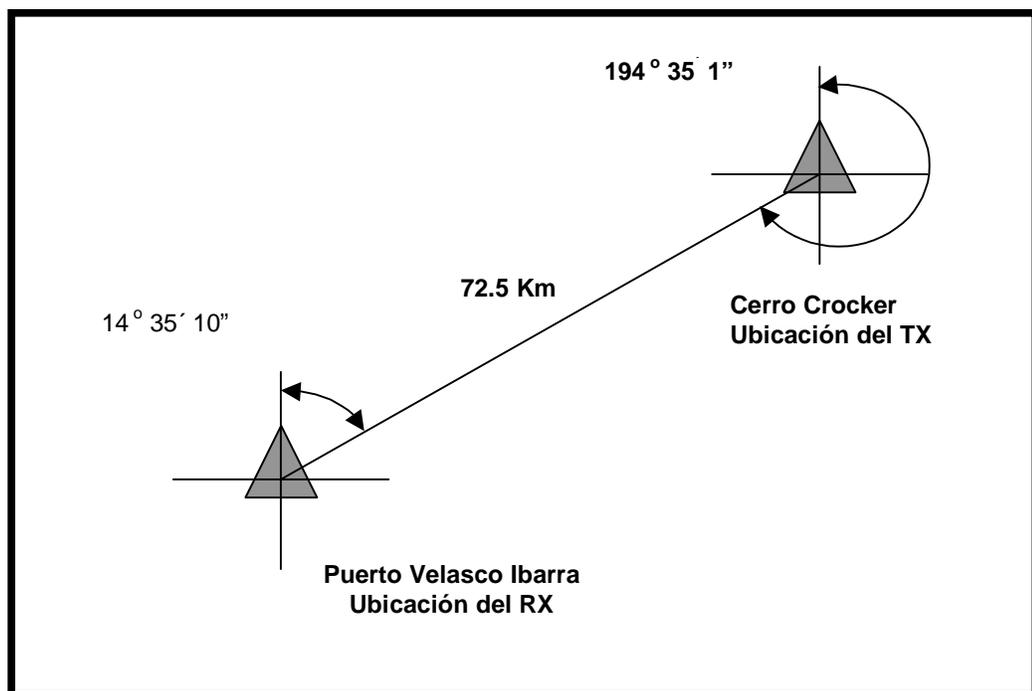


Figura 8.7 TRAYECTO CERRO CROCKER – ISLA SANTA MARIA

8.6.7 CALCULO DEL PUNTO DE REFLEXION

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SANTA MARIA (PUERTO VELASCO IBARRA)

$H_{tx} = 20\text{m}$ (Altura de la torre en la estación transmisora)

$H_{rx} = 20\text{m}$ (Altura de la torre en la estación receptora)

$H_1 = 910\text{m}$ (Altura sobre el nivel del mar de la estación transmisora)

$H_2 = 30\text{m}$ (Altura sobre el nivel del mar de la estación receptora)

$K = 4/3$ (Factor de curvatura de la tierra)

$D = 72.5\text{Km}$ (Distancia entre estación transmisora y receptora)

CALCULO DE LOS PARAMETRO r, t, ϕ

$$r = 6.37 \times K/4 \times D \times (H_2 - H_1)$$

$$r = -135468.66$$

$$t = d^2/12 + (8.5 \times K/4 \times (H_2 - H_1)) = 3101.35$$

$$\phi = \cos^{-1} (r / t^{3/2}) = 141.66^\circ$$

$$D_3 = 2 \times t^{1/2} \times \cos (\phi/3 + 240)$$

$$D_3 = 32.97 \text{ Km.}$$

$$D_1 = D/2 + D_3 = 69.22 \text{ Km.}$$

$$D_2 = D - D_1 = 3.27 \text{ Km.}$$

8.6.8 ZONA DE FRESNEL

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SANTA MARIA (PUERTO VELASCO IBARRA)

$$R_f = 72.1 \times ((D_1 \times D_2)/(F \times D))^{1/2}$$

$$D = \text{Distancia del trayecto} = 72.5 \text{ Km}$$

$$F = \text{Frecuencia} = 0.200 \text{ Ghz.}$$

En el Punto de reflexión:

$$D_1 = \text{Distancia del TX al Punto de Reflexión} = 69.22 \text{ Km}$$

$$D_2 = \text{Distancia del RX al Punto de Reflexión} = 3.27 \text{ Km}$$

$$R_f = 72.1 \times ((69.22 \times 3.27)/(0.2 \times 72.5))^{1/2}$$

$$RF = 284.86$$

8.6.9 PERDIDAS DEL ENLACE

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SANTA MARIA (PUERTO VELASCO IBARRA)

$$\text{Distancia} : 72.5 \text{ Km}$$

$$\text{Frecuencia} : 0.200 \text{ Ghz.}$$

Perdidas en el espacio Libre

$$L \text{ (dB)} = 92.44 + 20 \text{ Log } D(\text{Km}) + 20 \text{ Log } F(\text{Ghz})$$

$$L \text{ (dB)} = 92.44 + 20 \text{ Log } (72.5) + 20 \text{ Log } (0.2)$$

$$L \text{ (dB)} = 115.66$$

Perdidas en las líneas de Transmisión

El cable a utilizar para la línea de alimentación de las antenas es:

CABLE COAXIAL HELIAX MARCA ANDREW MODELO LDF12-50

El cual presenta una atenuación a 200 Mhz de 0.829 por cada 100 m

En nuestro caso la distancia es de 20 m (Torre) por lo que la atenuación tanto en recepción como en Transmisión será:

Transmisión	$0.829/5 = 0.1658 \text{ dB}$
-------------	-------------------------------

Recepción	$0.829/5 = 0.1658 \text{ dB}$
-----------	-------------------------------

Perdidas de Fresnel

Como no existe ningún tipo de interferencia en el trayecto:

$$\text{Perdidas de Fresnel (PF)} = 0.00 \text{ dB}$$

Ya que la Primera Zona de Fresnel no esta interceptada por ningún obstáculo.

Perdidas de seguridad

Para el caso de que la Zona de Fresnel se expanda por acción troposfera, estas perdidas deben estar entre 2 y 4 dB. Para un radio enlace se deja 3 dB tanto en Tx como en RX.

Transmisión (Seguridad TX) = 3.0 dB

Recepción (Seguridad RX) = 3.0 dB

Perdidas por difracción

$R_f = 72.1 \times ((D_1 \times D_2)/(F \times D))^{1/2}$ Primera Zona de Fresnel

$D/R_f = 0,6$ (mínimo)

$D/R_f \gg 0.6$ Para que la primera Zona de Fresnel este libre de errores

L (difracción) = 0.00 dB.

PERDIDAS TOTALES

Perdidas Totales (PT) = Perdidas en el espacio libre + Perdidas en las líneas de transmisión + Perdidas de Seguridad

Perdidas Totales (PT) = 115.66 dB + 0.3316 dB + 6 dB = 121.99 dB.

8.6.10 GANANCIAS DEL SISTEMA

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA SANTA MARIA (PUERTO VELASCO IBARRA)

Potencia de Transmisión

$$P_{tx} = 1000 \text{ W}$$

$$G_{tx} = 10 \text{ Log} (1000) = 30 \text{ dBw}$$

Ganancia de Antenas

$$\text{Transmisión (Gat)} = 20 \text{ dB}$$

$$\text{Recepción (Gar)} = 20 \text{ dB}$$

GANANCIAS TOTALES

$$\text{Ganancias Totales (GT)} = G_{tx} + G_{at} + G_{ar} \text{ (dBw)}$$

$$GT = 30 + 20 + 20$$

$$\mathbf{GT = 70 \text{ dBw}}$$

NIVEL DE PORTADORA RECEPTADA

Nivel de Portadora Receptada = Ganancias Totales – Perdidas Totales (dBw)

Nivel de Portadora Receptada (NPR) = GT – PT (dBw)

$$\mathbf{NPR = 70 - 121.99 = - 51,99 \text{ dB}}$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO

MD = NPR (Nivel de portadora receptada) – S (Sensibilidad)

$$\text{MD} = - 51,99 - (-90)$$

$$\mathbf{MD = 38,01 \text{ dB}}$$

8.6.11 CALCULO DE AZIMUTS

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA ISABELA (PUERTO VILLAMIL)

	Latitud Sur (Φ)	Longitud Oeste (λ)
Cerro Crocker	00° 38' 47"	90° 19' 11"
Isla Santa María	00° 56' 10"	91° 00' 00"
	<hr/>	
	00° 17' 23"	00° 40' 49"

$$\Delta\Phi \text{ (Latitud)} = 00^{\circ} 17' 23'' = 1043 \text{ seg.}$$

$$\Delta\lambda \text{ (Longitud)} = 00^{\circ} 40' 49'' = 2449 \text{ seg.}$$

$$\Phi_m = \Phi \text{ menor} + \Delta\Phi/2(\text{seg.})$$

$$\Phi_m = 00^{\circ} 38' 47'' + 1043/2$$

$$\Phi_m = 00^{\circ} 47' 28'' = 0.7911 \text{ seg.}$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.002946 + \text{LOG}(\text{COS } \Phi_m) + \text{LOG}(\Delta\lambda(\text{seg.})) - \text{LOG}(\Delta\Phi(\text{seg.}))$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.002946 + \text{LOG}(\text{COS } 0.7911) + \text{LOG}(2449) - \text{LOG}(1043)$$

$$\text{LOG}(\text{CTG } \omega) = 0.37365$$

$$\text{CTG } (\omega) = 2.3640$$

$$1/\text{TG}(\omega) = 2.3640$$

$$\text{TG}(\omega) = 1/2.3640$$

$$\omega = \text{TG}^{-1}(0.42301)$$

$$\omega = 22^{\circ} 55' 43''$$

$$C = \Delta\lambda/2 \times \text{sen}(\Phi_m)$$

$$C = 0.68194 \times \text{SEN}(0.7911)$$

$$C = 0.00469^{\circ}$$

$$\text{AZIMUT ESTE} = 270 - \omega - C = 274^{\circ} 4'$$

$$\text{AZIMUT OESTE} = 270 - \omega + C = 67^{\circ} 4' 35''$$

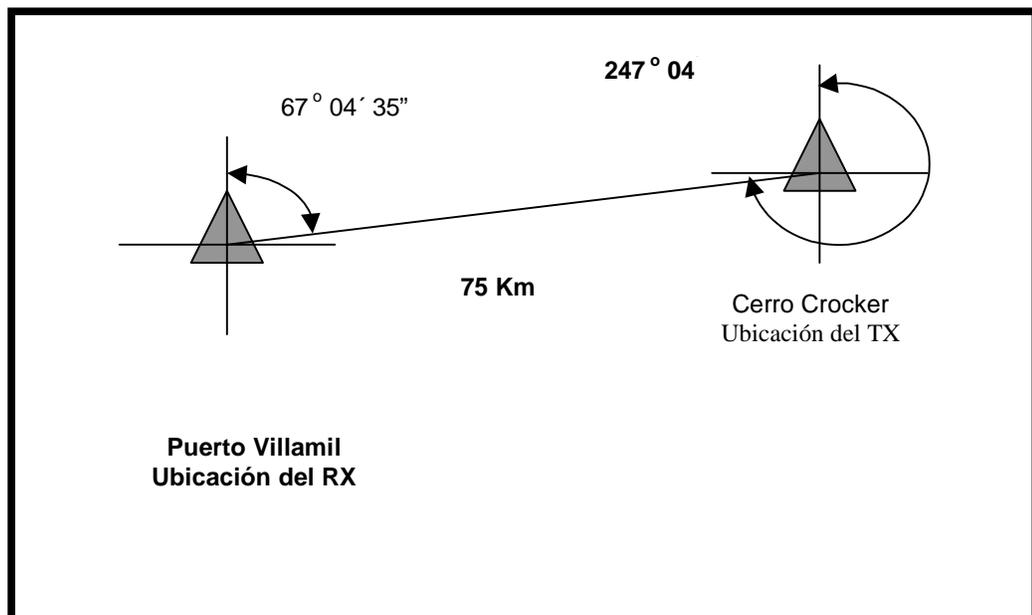


Figura 8.9 TRAYECTO CERRO CROCKER – ISLA ISABELA

8.6.12 CALCULO DEL PUNTO DE REFLEXION

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA ISABELA (PUERTO VILLAMIL)

DATOS

H_{tx} = 20m (Altura de la torre en la estación transmisora)

H_{rx} = 20m (Altura de la torre en la estación receptora)

H₁ = 910m (Altura sobre el nivel del mar de la estación transmisora)

H₂ = 290m (Altura sobre el nivel del mar de la estación receptora)

K = 4/3 (Factor de curvatura de la tierra)

D = 75Km (Distancia entre estación transmisora y receptora)

CALCULO DE LOS PARAMETRO r, t, φ

$$r = 6.37 \times K/4 \times D \times (H_2 - H_1)$$

$$r = -98735$$

$$t = d^2/12 + (8.5 \times K/4 \times (H_2 - H_1)) = 3868.75$$

$$\varphi = \cos^{-1} (r / t^{3/2}) = 114.22^\circ$$

$$D_3 = 2 \times t^{1/2} \times \cos (\varphi/3 + 240)$$

$$D_3 = 17.47 \text{ Km.}$$

$$D_1 = D/2 + D_3 = 54.97 \text{ Km.}$$

$$D_2 = D - D_1 = 20.02 \text{ Km.}$$

8.6.13 ZONA DE FRESNEL

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA ISABELA (PUERTO VILLAMIL)

$$R_f = 72.1 \times ((D_1 \times D_2)/(F \times D))^{1/2}$$

$$D = \text{Distancia del trayecto} = 75 \text{ Km}$$

$$F = \text{Frecuencia} = 0.200 \text{ Ghz.}$$

En el Punto de reflexión:

$$D_1 = \text{Distancia del TX al Punto de Reflexión} = 54.97 \text{ Km}$$

$$D_2 = \text{Distancia del RX al Punto de Reflexión} = 20.02 \text{ Km}$$

$$R_f = 72.1 \times ((54.97 \times 20.02)/(0.2 \times 75))^{1/2}$$

$$RF = 617.56$$

8.6.14 PERDIDAS DEL ENLACE

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA ISABELA (PUERTO VILLAMIL)

$$\text{Distancia} : 75 \text{ Km}$$

$$\text{Frecuencia} : 0.200 \text{ Ghz.}$$

Perdidas en el espacio Libre

$$L \text{ (dB)} = 92.44 + 20 \text{ Log } D(\text{Km}) + 20 \text{ Log } F(\text{Ghz})$$

$$L \text{ (dB)} = 92.44 + 20 \text{ Log } (75) + 20 \text{ Log } (0.2)$$

$$L \text{ (dB)} = 115.96$$

Perdidas en las líneas de Transmisión

El cable a utilizar para la línea de alimentación de las antenas es:

CABLE COAXIAL HELIAX MARCA ANDREW MODELO LDF12-50

El cual presenta una atenuación a 200 Mhz de 0.829 por cada 100 m

En nuestro caso la distancia es de 20 m (Torre) por lo que la atenuación tanto en recepción como en Transmisión será:

Transmisión	$0.829/5 = 0.1658 \text{ dB}$
-------------	-------------------------------

Recepción	$0.829/5 = 0.1658 \text{ dB}$
-----------	-------------------------------

Perdidas de Fresnel

Como no existe ningún tipo de interferencia en el trayecto:

Perdidas de Fresnel (PF) = 0.00 dB

Ya que la Primera Zona de Fresnel no esta interceptada por ningún obstáculo.

Perdidas de seguridad

Para el caso de que la Zona de Fresnel se expanda por acción troposfera, estas perdidas deben estar entre 2 y 4 dB. Para un radio enlace se deja 3 dB tanto en Tx como en RX.

Transmisión (Seguridad TX) = 3.0 dB

Recepción (Seguridad RX) = 3.0 dB

Perdidas por difracción

$R_f = 72.1 \times ((D_1 \times D_2)/(F \times D))^{1/2}$ Primera Zona de Fresnel

$D/R_f = 0,6$ (mínimo)

$D/R_f \gg 0.6$ Para que la primera Zona de Fresnel este libre de errores

L (difracción) = 0.00 dB.

PERDIDAS TOTALES

Perdidas Totales (PT) = Perdidas en el espacio libre + Perdidas en las líneas de transmisión + Perdidas de Seguridad

Perdidas Totales (PT) = 115.96 dB + 0.3316 dB + 6 dB = 122.29 dB.

8.6.15 GANANCIAS DEL SISTEMA

Trayecto :

CERRO CROCKER – ISLA ISABELA (PUERTO VILLAMIL)

Potencia de Transmisión

$P_{tx} = 1000 \text{ W}$

$G_{tx} = 10 \text{ Log}(1000) = 30 \text{ dBw}$

Ganancia de Antenas

Transmisión (Gat) = 20 dB

Recepción (Gar) = 20 dB

GANANCIAS TOTALES

Ganancias Totales (GT) = $G_{tx} + G_{at} + G_{ar}$ (dBw)

$$GT = 30 + 20 + 20$$

$$GT = 70 \text{ dBw}$$

NIVEL DE PORTADORA RECEPTADA

Nivel de Portadora Receptada = Ganancias Totales – Perdidas Totales (dBw)

Nivel de Portadora Receptada (NPR) = $GT - PT$ (dBw)

$$NPR = 70 - 122.29$$

$$NPR = - 52,29 \text{ dBw}$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO

MD = NPR (Nivel de portadora receptada) – S (Sensibilidad)

$$MD = - 52,29 - (-90)$$

$$MD = 37,71 \text{ dB}$$

8.7 COBERTURA DEL SISTEMA

Nuestro sistema dará cobertura a las principales islas de la provincia de Galápagos como son: Isla Santa Cruz (Puerto Ayora), isla San Cristóbal (Puerto Baquerizo Moreno), Isla Santa María (Puerto Velasco Ibarra),e Isla Isabela (Puerto Villamil) con lo cual cubrimos más del 90% de la población actual de Galápagos.

Para los trayectos de propagación entre islas hemos considerado enlaces en el rango de VHF alto de 200 Mhz con el centro de transmisión ubicado en la Isla Santa Cruz específicamente en el cerro Crocker, y los puntos de repetición ubicados de acuerdo a la siguiente tabla:

8.7.1 ANALISIS DE LA COBERTURA DEL SISTEMA

CANAL	FRECUENCIA	GRADO A	GRADO B	GRADO LOCAL
2 – 6 (VHF Bajo)	54 – 88 MHZ	63 bu	48 bu	64 bu
7 – 13 (VHF alto)	174 – 210 MHZ	71 bu	55 bu	77dBu
14 – 69 (UHF)	470 – 80G MHZ	74 bu	64 bu	80 bu

Tabla 8.11 GRADO DE SERVICIO DE TELEVISIÓN

El grado de servicio, dependerá de cuanta potencia será necesaria irradiar, para cubrir el área a la cual se quiera dar servicio.

La tabla 1 presenta la potencia, para dar servicio, dependiendo de la frecuencia y el área de cobertura. Así el grado A se usa para ciudades pequeñas, el grado B se usa para poblaciones rurales y el grado Local, para ciudades industriales y de gran tamaño.

Para el desarrollo de nuestro diseño, Usaremos el grado A, y nuestro enlace será de VFH alto, a una frecuencia de 200 Mhz.

Hay que tomar en cuenta que la propuesta que presentamos a continuación, es para una sola emisora de televisión, y será presentada a manera de ejemplo.

ESTACION TRANSMISORA EN LA ISLA SANTA CRUZ

Isla Santa Cruz cerro **CROCKER**.

UBICACIÓN GEOGRAFICA

Latitud sur	Longitud oeste	Altura
00°38'47"	90°19'11"	890m

De esta manera facilitaremos a las estaciones de Televisión la radiodifusión de su señal, ya que estas solo necesitaran de un transmisor y cuatro repetidores (trasladadores), para poder dar servicio a las ciudades más pobladas del archipiélago de Galápagos.

8.7.2 ISLA SAN CRISTOBAL

UBICACION Y AREA DE COBERTURA

En el cerro SAN JOAQUIN, se propone la instalación de un repetidor, con el cual se dará servicio a PUERTO BAQUERIZO MORENO, EL PROGRESO y las zonas aledañas en las cuales se concentra la mayoría de la población.

8.7.2.1 CALCULO DE LA POTENCIA DE TRANSMISION

Area de cobertura	D = 12 Km.
Ganancia de la Antena	A = 12 dB.
Campo eléctrico mínimo	E = 5mv/m ; para calidad aceptable

$$\text{EIRP} = (E \times D)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^3)^2/30 = 120 \text{ W}$$

$$\text{Ptx} = \text{EIRP}/A = 120/12 = 10\text{W}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN ISLA SAN CRISTOBAL = 10W

8.7.2.2 CALCULO DEL CAMPO ELECTRICO

	Acimut Magnético	Distancia del Transmisor (D")
El Progreso	15°	5 Km.
Pto. Baquerizo	0°	10 Km.

El EIRP en cada radial para un alcance máximo es:

$$\text{A } 15^\circ \quad \text{EIRP} = (ex)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 8.5 \times 10^3)^2/30 = 60.2 \text{ W.}$$

Siendo D = 8.5 Km.

$$\text{A } 0^\circ \quad \text{EIRP} = (ex)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 12 \times 10^3)^2/30 = 120 \text{ W.}$$

Siendo D = 12 Km.

La intensidad de Campo que vamos a tener en estas dos poblaciones es:

PARA EL PROGRESO

$$E = (30 \times \text{EIRP})^{1/2} / D''$$

$$E = (30 \times 60.2)^{1/2} / 5 \times 10^3 = 8.5 \text{ Mb/m}$$

PARA PUERTO BAQUERIZO MORENO

$$E = (30 \times \text{EIRP})^{1/2} / D''$$

$$E = (30 \times 120)^{1/2} / 10 \times 10^3 = 6 \text{ Mb/m}$$

8.7.3 ISLA SANTA CRUZ

UBICACION Y AREA DE COBERTURA

En Puerto Ayora, vía a Bellavista, se propone la instalación de un repetidor, con el cual se dará servicio a PUERTO AYORA, BELLAVISTA y las zonas aledañas en las cuales se concentra la mayoría de la población.

8.7.3.1 CALCULO DE LA POTENCIA DE TRANSMISION

Area de cobertura	D = 11 Km.
Ganancia de la Antena	A = 10 dB.
Campo eléctrico mínimo	E = 5mv/m; para calidad aceptable

$$\text{EIRP} = (E \times D)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 11 \times 10^3)^2/30 = 100.83 \text{ W}$$

$$\text{Ptx} = \text{EIRP}/A = 100.83/10 = 10.083\text{W}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN ISLA SANTA CRUZ = 10W

8.7.3.2 CALCULO DEL CAMPO ELECTRICO

	Acimut Magnético	Distancia del Transmisor (D")
Bellavista	180°	1 Km.
Bahía Academy	0°	6.5 Km .

El EIRP en cada radial para un alcance máximo es:

$$\text{A } 180^\circ \quad \text{EIRP} = (Ex)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 2.5 \times 10^3)^2/30 = 5.21 \text{ W.}$$

Siendo D = 2.5 Km.

$$\text{A } 0^\circ \quad \text{EIRP} = (Ex)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 8.5 \times 10^3)^2/30 = 60.20 \text{ W.}$$

Siendo D = 8.5 Km.

La intensidad de Campo que vamos a tener en estas dos poblaciones es:

PARA BELLAVISTA

$$E = (30 \times \text{EIRP})^{1/2} / D''$$

$$E = (30 \times 5.21)^{1/2} / 1 \times 10^3 = 12.5 \text{ Mb/m}$$

PARA BAHIA ACADEMY

$$E = (30 \times \text{EIRP})^{1/2} / D''$$

$$E = (30 \times 60.20)^{1/2} / 6.5 \times 10^3 = 6.54 \text{ Mb/m}$$

8.7.4 ISLA ISABELA

UBICACION Y AREA DE COBERTURA

En Puerto VILLAMIL, se propone la instalación de un repetidor, con el cual se dará servicio a PUERTO VILLAMIL hasta el límite urbano de la población.

8.7.4.1 CALCULO DE LA POTENCIA DE TRANSMISION

Area de cobertura D = 10 Km.

Ganancia de la Antena A = 8.3 dB.

Campo eléctrico mínimo E = 5mv/m

$$\text{EIRP} = (E \times D)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3)^2/30 = 83.33 \text{ W}$$

$$\text{Ptx} = \text{EIRP}/A = 83.33/8.3 = 10.04 \text{ W}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN ISLA ISABELA = 10W

8.7.4.2 CALCULO DEL CAMPO ELECTRICO

Acimut Magnético Distancia del Transmisor (D")

Puerto Villamil 0° 5 Km.

El EIRP en cada radial para un alcance máximo es:

$$A 0^\circ \quad \text{EIRP} = (\text{Ex})^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3)^2/30 = 83.33 \text{ W.}$$

Siendo $D = 10 \text{ Km.}$

La intensidad de Campo que vamos a tener en esta población será:

PARA PUERTO VILLAMIL

$$E = (30 \times \text{EIRP})^{1/2} / D$$

$$E = (30 \times 83.33)^{1/2} / 10 = 10 \text{ Mb/m}$$

8.7.5 ISLA SANTA MARIA

UBICACION Y AREA DE COBERTURA

En Puerto Velasco Ibarra, se propone la instalación de un repetidor, con el cual se dará servicio a la Zona Poblada de la ISLA SANTA MARIA hasta el limite urbano de la población.

8.7.5.1 CALCULO DE LA POTENCIA DE TRANSMISION

Area de cobertura $D = 2 \text{ Km.}$

Ganancia de la Antena $A = 4.5 \text{ dB.}$

Campo eléctrico mínimo $E = 5 \text{ Mb/m}$

$$\text{EIRP} = (E \times D)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3)^2/30 = 3.33 \text{ W.}$$

$$P_{tx} = \text{EIRP}/A = 3.33/4.5 = 0.75 \text{ W.}$$

POTENCIA DE TRANSMISIÓN EN ISLA STA. MARIA = 1 W

8.7.5.2 CALCULO DEL CAMPO ELECTRICO

Acimut Magnético Distancia del Transmisor (D")

Zona Poblada 0° 1 Km.

El EIRP en cada radial para un alcance máximo es:

$$\text{A } 0^\circ \quad \text{EIRP} = (E \times D)^2/30 = (5 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3)^2/30 = 3.33 \text{ W.}$$

Siendo $D = 2 \text{ Km.}$

La intensidad de Campo que vamos a tener en esta población será:

PARA LA ZONA POBLADA

$$E = (30 \times \text{EIRP})^{1/2} / D''$$

$$E = (30 \times 3.33)^{1/2} / 1 \times 10^3 = 10 \text{ Mb/m}$$

8.8 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA

El sistema consta de los siguientes elementos:

En SAN CRISTOBAL

Traslador

MARCA	:	TELECOM
MODELO	:	RP44R5
Potencia de Salida	:	2.5 a 10 W (10W)
Banda de Operación	:	174 a 230 Mhz VHF banda III
Tipo de Conector	:	N (Hembra)
Consumo de Potencia	:	140 VA

Antena

Ganancia	:	12dB
Impedancia	:	50 ohm
Polarización	:	Horizontal o Vertical

En ISABELA

Traslador

MARCA	:	TELECOM
MODELO	:	RP44R5
Potencia de Salida	:	2.5 a 10 W (10W)
Banda de Operación	:	174 a 230 Mhz VHF banda III
Tipo de Conector	:	N (Hembra)
Consumo de Potencia	:	140 VA

Antena

Ganancia	:	8.3dB
Impedancia	:	50 ohm
Polarización	:	Horizontal o Vertical

En SANTA MARIA**Traslador**

MARCA	:	TELECOM
MODELO	:	RP11RB2
Potencia de Salida	:	0.5 a 2 W (1W)
Banda de Operación	:	174 a 230 Mhz VHF banda III
Tipo de Conector	:	N (Hembra)
Consumo de Potencia	:	140 VA

Antena

Ganancia	:	4.5 dB
Impedancia	:	50 ohm
Polarización	:	Horizontal o Vertical

LÍNEA DE TRANSMISION

Para nuestro diseño utilizaremos líneas coaxiales de transmisión, cuyas características son:

Tipo : LDF 1250 HELIAX

Frecuencia : 200 Mhz

Impedancia : 50 ohm

Atenuación : 0,829 dB/100p

RECEPCION

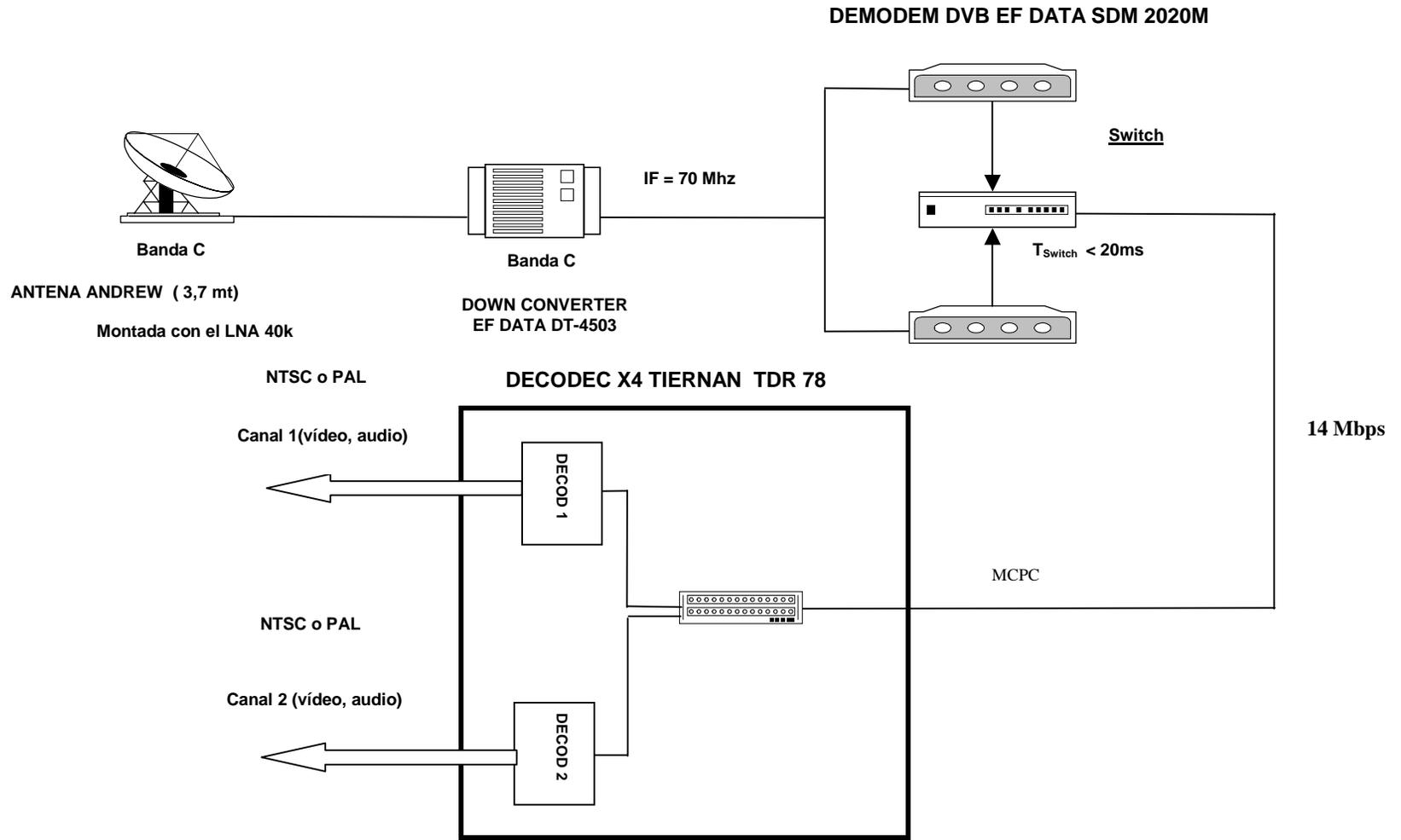


Figura 8.4 RED DE RECEPCION UBICADA EN LA ISLA SANTA CRUZ (CERRO CROCKER)

TRANSMISION

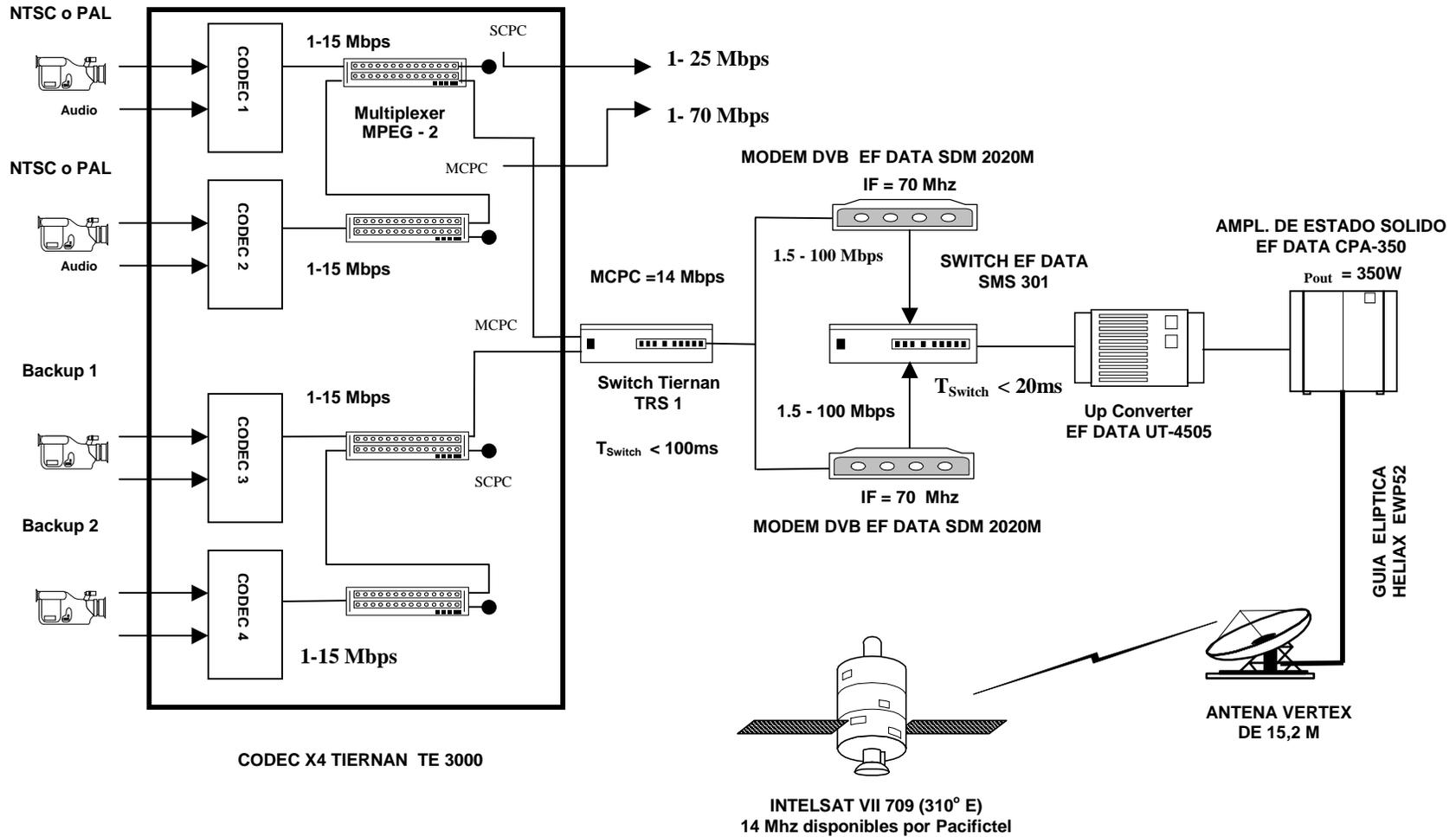


Figura 8.1 RED DE TRANSMISION UBICADA EN ESTACION TERRENA GUAYAQUIL

CAPITULO 9

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

9.1 ENCODER DE VIDEO Y AUDIO DIGITAL TE3000 MARCA TIERNAN



Figura 9.1 ENCODER DE AUDIO Y VIDEO

El TE3000 es un encoder de audio y Vídeo que cumple la norma MPEG-2 para la digitalización de señales simples o multicanales. Las entradas de vídeo son de composición analógica (PAL o NTSC) o de composición digital. Hay dos entradas de estéreo analógicas y dos entradas seriales de audio digital. A la salida del equipo obtenemos la trama de transporte. La cual para la aplicación que nos concierne es la mas optima.

La compresión de vídeo es ejecutada usando codificación bidireccional predictiva y estimación de movimiento. Los cuatro canales estéreo u ocho

canales de audio monofonicos, son comprimidos usando el estándar de audio MPEG Capa II. Los dos canales auxiliares de datos soportan formatos seriales sincrónicos o asincrónicos. El control y status del sistema esta dado mediante botones en el panel frontal con una pantalla de cristal liquido y Leds indicadores.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ENTRADA DE VIDEO

Formatos PAL (625) o NTSC (525)

ANALOGICO

SMPTE 170M NTSC o ITU-R BT.470-6 PAL-I/B/D, Conector BNC

DIGITAL SERIAL

SMPTE 259M SDI @ 270 Mbps, Conector BNC.

PROCESAMIENTO DE VIDEO

MPEG-2 4:2:0

Resoluciones Horizontales: 720, 704, 544, 480, y 352 pixeles

Resoluciones Verticales: 480 (NTSC) o 576 (PAL)

Velocidad de información de Vídeo: MPEG-2 4:2:0 (1.0 a 15 Mbps)

ENTRADAS DE AUDIO

Dos o cuatro canales analógicos monoestereos independientes con conectores XLR

Dos pares digitales AES/EBU estéreo con conectores XLR.

PROCESAMIENTO DE AUDIO

MPEG Layer II

Velocidades de muestreo: 32, 44.1, y 48 kbps

Velocidades de salida: 64 a 384 kbps

DATA AUXILIAR

Dos puertos auxiliares programables independientes con conectores DB-9

Asincronos: 1200 a 38400 bps, Niveles EIA-232 y EIA-422.

Sincronos: 1 a 4096 kbps, resolución 1 bps, Niveles EIA-422

LATENCIA

Normal: 180 a 720 ms (Depende de la Velocidad de Transporte)

Retraso: 180 ms

CRONOMETRO

Reloj de referencia Programable (PCR) en la Capa de Transporte.

SALIDA DE TRANSPORTE

MPEG-2 DVB ® - compatible con la capa de transporte

Dos Salidas DVB ® ASI (Conector 75 W BNC)

Trama de transporte programable simple (SPTS) 1 a 25 Mbps

Trama de transporte Multiprogramable (MPTS) 1 a 70 Mbps

ENTRADA DE TRANSPORTE

Entrada de transporte DVB ® ASI (conector 75 W BNC) por encadenamiento de encoders para crear una trama de transporte Multiprogramable (MPTS)

SALIDA DEL MODULADOR

Compatible con QPSK, DVB ®

Velocidad Símbolo: 1 a 20 Mbps

Frecuencia IF: 52 a 88 Mhz

Salida de Poder: 20 a -5 dBm, en pasos de 0.1 dBm

CONTROL REMOTO

EIA-232-D con un Conector DB-9, DTE o DCE configurable, Comandos ASCII.

IEEE 802.3 10baseT (Ethernet) con un Conector RJ-45, Comandos ASCII.

FUENTE DE PODER

100 a 120 VAC y 200 a 240 VAC

Frecuencia: 50/60 Hz ,Tipicamente 100 watts

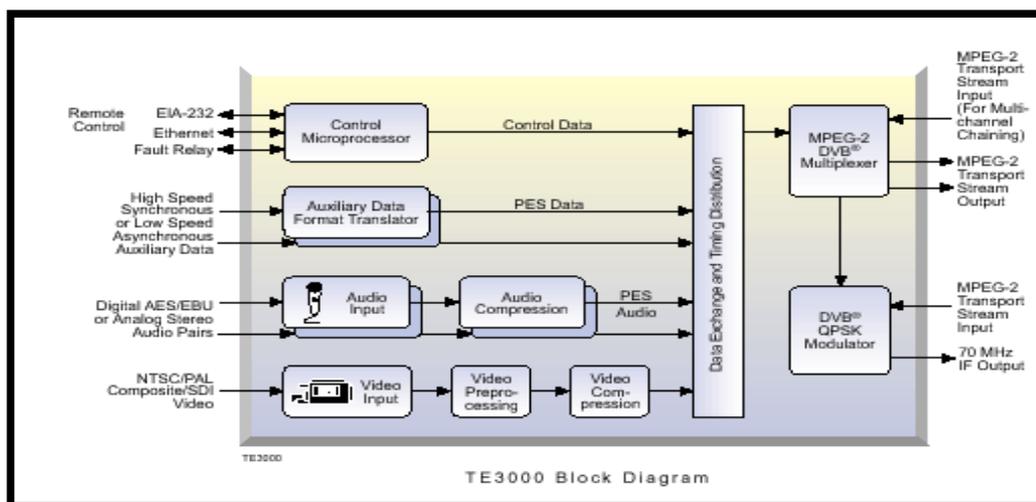


Figura 9.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL ENCODER DE AUDIO Y VIDEO

9.2 SWITCH DE PROTECCION DE ENCODER TRS1 MARCA TIERNAN

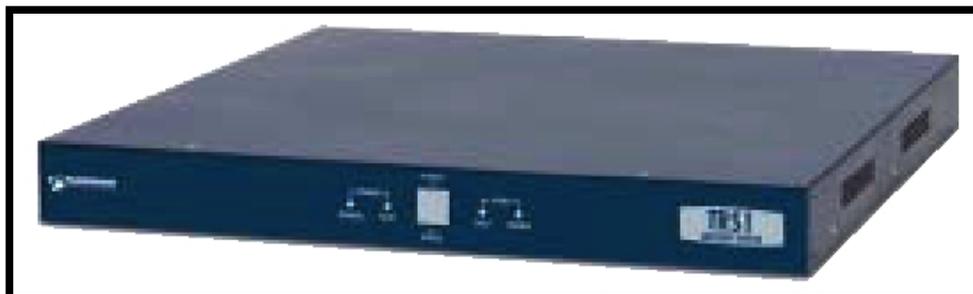


Figura 9.3 SWITCH DE PROTECCIÓN DE ENCODER

El TRS1 es un Switch de protección de redundancia, de dos entradas a una salida, que monitorea el estado de los codificadores (CODEC TE-3000).

Cuándo es usado en la configuración de multicanal, el TSR1 Actúa como un Switch de redundancia, protegiendo la ultima cadena de transporte multiplexada (MCPC). La conmutación se realiza en la entrada, sin la intervención del microprocesador residente en el Switch.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ENTRADAS

DC-270 Mhz IF a través de 2 conectores BNC

SALIDAS

DC-270 Mhz IF a través de un conector BNC

CONMUTACION DE ENTRADA

<100 ms

INTERFACE DE RED

Fabricado con DB-44

CONTROL REMOTO

EIA-232-D con conector DB-9,DCE, comandos ASCII

IEEE 802.3 10baseT Ethernet con conector RJ-45, comandos ASCII.

FISICO

4.6cm alto,48.3 cm ancho,48.5 cm profundidad (1.8"x19"x19.1")

Pesa menos de 3.2kg (7 lbs)

FUENTE DE PODER

Ajustable de 85 a 240 VAC

50/60 ($\pm 5\%$) fuente de poder universal

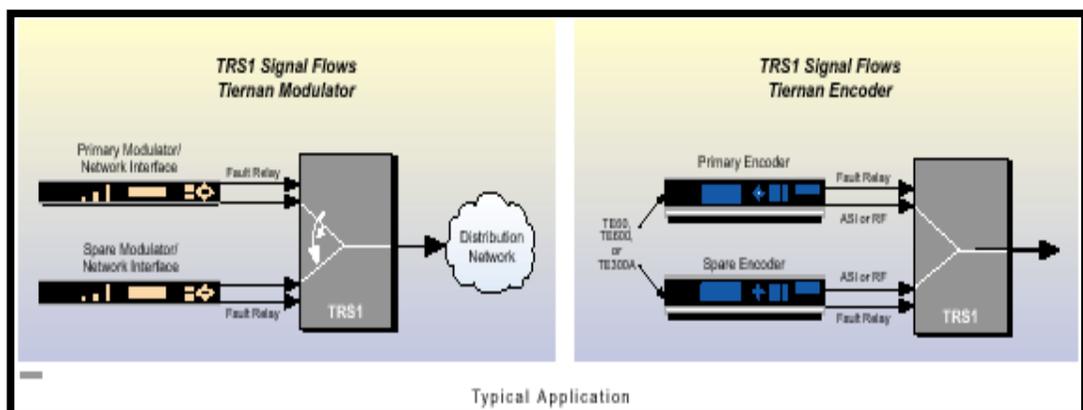


Figura 9.4 APLICACION TIPICA DEL SWITCH DE PROTECCION DE ENCODER

9.3 MODULADOR DE VIDEO Y AUDIO DIGITAL SDM-2020M MARCA COMTECH EF DATA



Figura 9.5 MODULADOR DE AUDIO Y VIDEO

El Modulador de vídeo SDM-2020M es una unidad diseñada para las transmisiones satelitales a altas velocidades. Es ideal para:

- Transmisión digital de Vídeo (Broadcast)
- Transmisiones primarias por:
 - Contribución
 - Distribución
 - ATSC (HDTV)
 - Direct to home (DTH)

El SDM-2020M también es excelente en

- Distribución de datos a altas velocidades
- Internet

Este Modulador soporta adaptaciones de canales de televisión para aplicaciones DVB. Traslada la trama de información (datos) de un multiplexor MPEG-2 a un canal IF satelital, como el definido por EN 300 421 (QPSK) y EN 301 210 (8QPSK y 16QAM):

- Aleatorización de Energía dispersa (descrambling)
- Codificación Externa, Reed Solomon EIA (214, 188, T=8)
- Convolución de entrelazado (profundidad $l=12$)
- Codificación Interna QPSK, proporciones 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, y 7/8
- Codificación Interna 8QPSK, 2/3, 5/6, 8/9
- Codificación Interna 16QAM, 3/4 y 7/8
- Filtración pasabanda y Modulación

Las interfaces que el SDM-2020M incluyen son:

- Interface de Datos Serie/Paralelo EIA-422/530
- Interface de Datos Serie/Paralelo LVDS
- ASI/LVDS
- Interface de Datos Serial ECL-HSSI
- G.703
- Interface de Datos Serial SMPTE 310M (SSI-DVB)

Al utilizar Modulación 8QPSK y 16QAM, se incrementa la velocidad de datos a través del transponder del satélite, comparándolo con QPSK. El ejemplo abajo es para un transponder de 36 Mhz:

8QPSK 5/6: 1 portadora a 68 Mbps (1 Módem)

16 QAM 7/8: 2 portadoras a 34.36 Mbps (2 Modems)

Resultados similares están disponibles usando transponders con diferentes anchos de banda.

La concatenación de códigos usada por el SDM-2020M reduce el EB/NO necesitado para producir un BER optimo. Esta combinación de Codificación Interna combinada con la Codificación Externa REED SOLOMON, produce un gran Rendimiento, lo que nos permite a la vez utilizar antenas receptoras de dimensiones pequeñas. El modulador SDM-2020M mantiene la configuración de la Unidad, en una memoria no volátil. Así cuando la energía eléctrica se restaura, la unidad mantiene la configuración que se había programado.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

FRECUENCIA DE OPERACIÓN

50 a 90, 100 a 180 Mhz

TAMAÑO DE PASO

2.5 Khz

SALIDA DE PODER

-20.0 a +5.0 dBm, en pasos de 0.1 dB

ESTABILIDAD DE FREC. TX

± 10 PPM

ESPURIAS DE SALIDA/ARMÓNICAS

-55 dBm medidos en un ancho de banda de 4 Khz

PERDIDAS DE SALIDA DE RETORNO

18 dB mínimo

MINIMA VELOCIDAD DE DATOS

1.5 Mbit/s QPSK, 8PSK, 16QAM, Todas las velocidades de código

Max. Velocidad de datos, Mbit/s	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	8/9
QPSK (188 bytes)	34.56	46.08	51.84	57.60	60.48	
8PSK (188 bytes)		69.12		86.39		92.15
16QAM (188 bytes)			92.15		92.15	

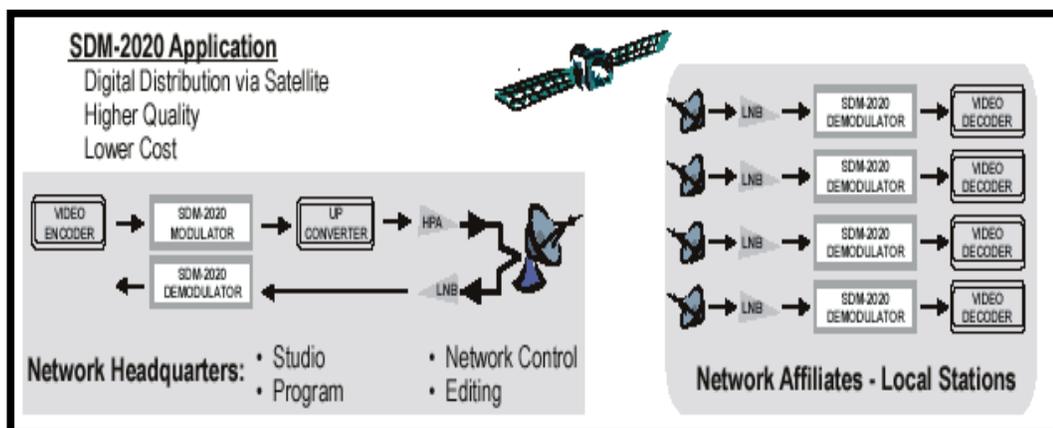


Figura 9.6 APLICACIÓN TÍPICA DELMODULADOR DE AUDIO Y VIDEO

9.4 SWITCH DE PROTECCION DE MODEM SMS-301 MARCA COMTECH EF DATA



Figura 9.7 SWITCH DE PROTECCION DE MODEM

El SMS-301 es un Switch de protección 1:1 completamente programable y permite conexiones en cascada. El Switch SMS-301 está diseñado para operar con los Modems EFData satelitales SDM-2020M, y es un reemplazo directo del Switch SMS-651B de 70/140 Mhz.

El SMS-301 simultáneamente puede conmutar datos y patrones de IF, Cada uno independiente o dependientemente. El tipo de conmutación que se requiera es seleccionable a través de un panel de control o por medio de un puerto remoto, dando de esta manera la flexibilidad al usuario para setear manualmente el equipo, con el objetivo de realizar un mantenimiento preventivo al mismo.

Cuando una falla es detectada en el modulador o Demodulador en línea, se conmuta al módem de reserva, si es que no esta en condiciones de falla.

La transmisión de datos es enviada hacia el moden de reserva por el Switch, para prevenir fallas en la transmisión. Dicha operación, puede tardar por debajo de los 20ms.

En su panel indicador de LEDs, indica cual modulador y Demodulador (primario o de reserva) esta en línea. Además estos LEDs indican:

- Si hay alguna falla activa dentro del modulador o Demodulador.
- El estado de la fuente de poder de reserva del SMS-301
- El modo de conmutación (Automático o Manual).

ESPECIFICACIONES TECNICAS

SISTEMA

Interface de Datos	EIA-232, V.35, EIA-422, G.703, y MIL-STD-188-114
Velocidad de Datos	20 Mbit/s (máximo)
Impedancia de la Interface de IF	75 BNC (50 opcional)
Frecuencia de IF	50 a 180 Mhz
Modos de Operación	Auto/manual, local/remoto
Poder	90 a 264 VAC, 47 a 63 Hz,30W Max.

Tamaño	19 pulgadas Ancho x 15.2 pulgadas de profundidad x 1.75 pulgadas de alto (1 RU) (48.2 x 38.6 x 4.4 cm)
Peso	9 lbs. (Max.) (4.0 Kg)

CONTROLES

Conmutación	Remota/local
Modulador	Seleccionando A/B en línea o auto
Demodulador	Seleccionando A/B en línea o auto

INDICADORES

Fuente de Poder	1, 2 encendida
Modo	Automático o manual
Modulador	A/B en línea
Demodulador	A/B en línea
Fallas	Transmisión, recepción, sistema, y almacenamiento.

CONECTORES Y TERMINALES

Monitoreo Remoto y	Conector D de 9-pines
Control	EIA-232 o EIA-485 (2- o 4-cables), seleccionable en el panel frontal

MONITOREO Y CONTROL

Interface serial	EIA-232 o EIA-485, programable
Velocidad Baudio	150 to 19200 bit/s, programable
Parámetros Controlados	Start/stop, paridad, data bits

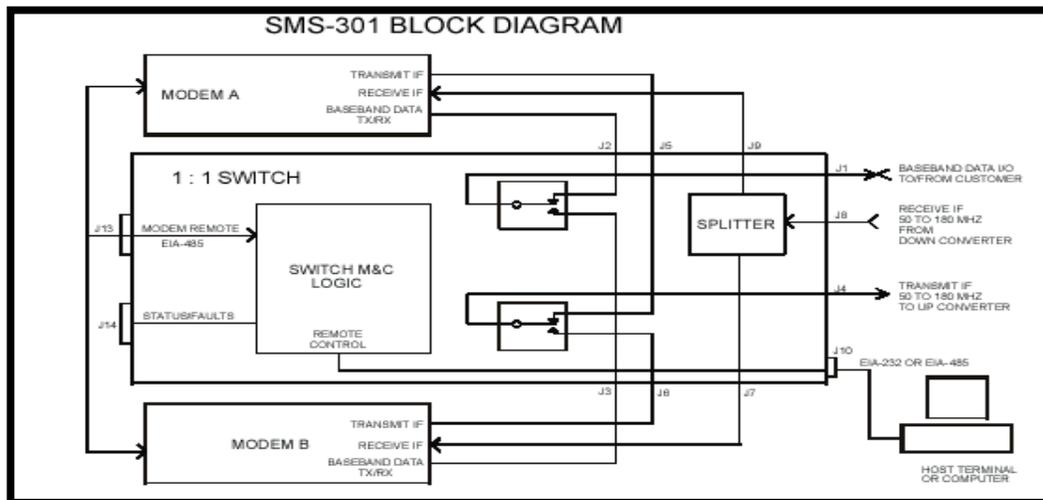


Figura 9.8 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SWITCH DE PROTECCION DE MODEM

9.5 UP CONVERTER UT- 4505 MARCA TIERNAN



Figura 9.9 UP CONVERTER

EL UP converter UT-4505 puede ser usado para los siguientes sistemas SCPC, MCPC, DAMA y TDMA, así como en transponder de HDTV y TV analógica.

El equipo posee una alta ganancia, ya que tiene un nivel de salida mínimo de +17 dbm. Esta capacidad permite poner cables más largos en el RACK.

El modulo incluye dos tipos de conectores, un conector tipo N para RF y conectores BNC a 50 o 75 Ω para IF.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

RANGO DE FRECUENCIA

UT-4505	5845 a 6425 Mhz
UT-4505/E	6725 a 7025 Mhz

UT-4505/F	6425 a 6725 Mhz
UT-4505/G	5925 a 6725 Mhz
UT-4505/H	5850 a 6650 Mhz
Conversión	Dual, Sin Inversión
Tamaño de paso	125 Khz
Canales presentes	32 Frecuencias y ganancias
Estabilidad de sobre tiempo	$\pm 1 \times 10^{-9}$ /Días
Estabilidad de Sobre temperatura	$\pm 1 \times 10^{-8}$ 0 a 50°C (32 a 122°F)

ENTRADA IF

Nivel de entrada	-35 dBm típicamente
Perdida de Retorno	23 dB Mínimo con modulo IO o modulo de SWITCH
Impedancia	50 Ohm
Figura de ruido	12 dB Máximo con una atenuación de 0 dB

SALIDA RF

Nivel	+17 dBm a 1 dB de Compresión
Espurias sin portadora	-80 dBm
Espurias con portadora	-65 dBm a +0 dBm de Salida
Intermodulacion	-50 dBm para 2 portadoras a 0 dBm de salida
Impedancia	50 Ohm
Perdida de Retorno	20 dB Mínimo con Modulo IO 18 dB Mínimo con Modulo de Switch

TRANSFERENCIA

Ganancia	35 dB \pm 2 dB
Ganancia Ajustable	0 a 25 en pasos de 0.25 dB
Ganancia de Estabilidad	\pm 0.25 dB/Días
Onda	\pm 0.25 dB
Pendiente	0.05 dB/Mhz
Grupo de retraso lineal	0.03 ns/Mhz
Retraso Parabólico	0.01 ns/MHz ²
Grupo de retraso de Onda	1 ns pico a pico
Referencia Externa	5 o 10 Mhz, +3 dBm Nominal

RUIDO DE FASE	LIMITE	TIPICAMENTE
100 Hz	-80 dBm/Hz	-83 dBm/Hz
1 KHz	-89 dBm/Hz	-92 dBm/Hz
10 KHz	-95 dBm/Hz	-97 dBm/Hz
100 KHz	-105 dBm/Hz	-109 dBm/Hz
1 Mhz	-120 dBm/Hz	-124 dBm/Hz

INDICADORES

Encendido	LED Verde
Silencio	LED Amarillo
Remoto	LED Amarillo
Referencia	LED Amarillo
Falla	LED Rojo

PODER

Voltaje	90 a 250 VAC ajustable, opcional –48 VDC
Frecuencia	47 a 63 Hz
Disipación	60 Watts

AMBIENTE

Temperatura	0 a 50°C (32 a 122°F)
Altitud	10,000 Pies sobre el nivel del mar
Humedad	0 a 95 % Relativa

FISICO

Ancho	19 pulgadas	48.30 cm
Altura	1.75 pulgadas	4.45 cm
Profundidad	22 pulgadas	55.90 cm
Peso	15 Libras	7.00 kg.

OPCIONES

- 1 Modulo IO
- 2 Switch RF/IF
- 3 Switch IF

9.6 AMPLIFICADOR DE PODER DE ESTADO SOLIDO (SSPA) CPA-350

MARCA COMTECH EF DATA



Figura 9.10 AMPLIFICADOR DE PODER DE ESTADO SOLIDO

El equipo CPA-350 es un amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) que libera 350 Watts garantizados, con lo cual obtenemos un nivel de recepción óptimo en el satélite y en la actualidad reemplaza a los antiguos amplificadores de Tubos TWT.

Esta construido con FETS de GaAs y una de las principales ventajas con respecto a los TWT, es que la componente de intermodulación de tercer orden es de 4 a 6 decibeles mucho mejores que en los TWT, por lo cual no se necesita un nivel de potencia excesivo para enviar la señal al satélite.

También posee un tiempo medio entre fallas (MTBF) que es 4 0 5 veces mayor que en un TWT típico.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

SALIDA

Frecuencia	5.850 to 6.425 Ghz
Poder	53.0 dBm min, 53.5 típico a un 1 dB de compresión 53.5 dBm min saturado Silencio a 60 dB
Impedancia	50 Ohm
VSWR	1.25:1 Máximo
Conector	CPR-137G Guía de onda

GANANCIA

Lineal	63 dB min, 67 dB típico
Ajuste	20 dB en pasos 0.25 dB
Banda completa	± 0.75 dB
Para 40 Mhz	± 0.25 dB
0 a +50°C	± 0.50 dB @ centro de frecuencia ± 1.00 dB banda completa

TERCER ORDEN DE INTERMODULACION

Intercepción	+62.0 dBm mínimo, 63.5 típico
--------------	-------------------------------

Productos -32 dBm típico, -25dBm máximo

CONVERSION DE AM A PM

1.0 ° típico, 2.5 máximo a la velocidad de salida

RETARDO DE GRUPO (PARA 40 MHZ)

Lineal	± 0.03 ns/Mhz
Parabólico	± 0.003 ns/MHz ²
Onda	1.0 ns Pico a Pico

ESPURIAS

Segunda Armónica -60 dBm máximo

ENTRADA

Impedancia	50 Ohm
Figura de Ruido	8 dB típicamente, 15 dB máximo
VSWR	1.25:1 Máximo
Conector	Tipo N

PANEL FRONTAL

Pantalla	20 x 2 LCD
Muestreo de Entrada	Tipo N, 50 Ohm, -40 dBm
Muestreo de Salida	Tipo N, 50 Ohm, -20 dBm

CONTROL REMOTO

Puerto Com	EIA-485 o EIA-232
Protocolo	Comtech EFData ASCII o Modo de Emulación

LEDS

Encendido	Verde
Fallas	Rojo
TX encendido	Amarillo
En línea	Amarillo
Remoto	Amarillo

FISICO

Dimensiones	19 Ancho x 10.5 Alto x 24 Profundidad (pulgadas) 48 Ancho x 27 Alto x 61 Profundidad (cm)
-------------	--

AMBIENTE

Temperatura	0 a 50°C (32 a 122°F) Operación
Humedad	10 to 95% En Operación de no-condensación

REQUERIMIENTOS DE PODER

90 a 135 o 180 a 270 VAC,
47 a 63 Hz, 1600W (Auto Selectivo)

9.7 AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA) MODELO CLA MARCA COMTECH



Figura 9.11 AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO

El amplificador de Bajo ruido, es de dimensiones pequeñas, por lo que se nos facilita la ubicación del mismo en la antena receptora.

Este Equipo Cumple con las recomendaciones de la ISO 9000

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Frecuencia de entrada	3.625 - 4 Ghz o 4.5 – 4.8Ghz
Temperatura de Ruido	31 - 50K
Ganancia Típica	60 dB
Ganancia vs Temperatura	± 1dB, Banda 1,2,3 ± 2dB, Ancho Banda

Estabilidad	± 1 dB a banda completa
Nivel a 1dB de Comp.	+10 Dbm
Tercer orden de Intercep.	+20 dB
Conversion AM-PM	0.5°/dB a -5dBm
Retardo lineal de grupo	0.01ns/Mhz
Retardo de grupo parabolico	0.001 ns/Mhz
VSWR Entrada/salida	1.25:1 Max
Guia de onda de entrada	CPR229
Conector de Salida	Tipo N o SMA
Temperatura de operación	-40 a +60 °C
Potencia de entrada	+12 a +24 VDC a 120ma
Conector de Potencia	PTA02A-9-4P
Frecuencia de Salida	3.625 – 4 Ghz

9.8 ANTENA DE RECEPCION EN BANDA C MARCA ANDREW DE 3.7M

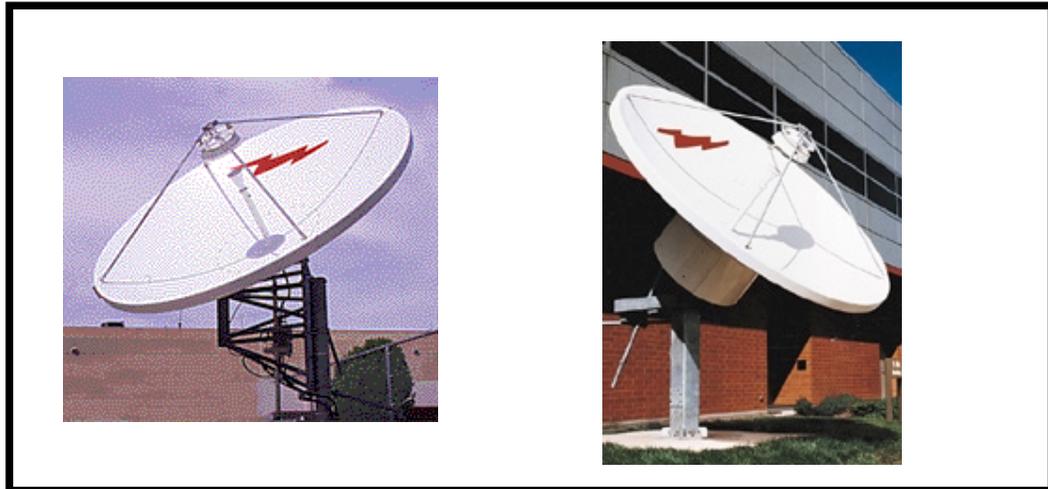


Figura 9.12 ANTENA DE RECEPCION

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CARACTERISTICA ELECTRICAS	Banda C
Tamaño de la antena	3.7M
Frecuencia de Operación (Ghz) de recepción	3.4 - 4.2
Frecuencia de Operación (Ghz) de transmisión	5.850 – 6.725
Ganancia de media banda (+0.5dB)	47.9 dBi
Temperatura de ruido de la antena	
10° de elevación	43 K
30° de elevación	38 K
50° de elevación	36 K

Polarización	Circular o lineal
VSWR	1.3:1 Max

CARACTERISTICAS MECANICAS

Tipo de alimentador	Reflector Dual Gregoriana
Material de Reflector	Aluminio
Tipo de montaje	EL o AZ
Elevación	0 a 90°
Azimuth	180° (120°)
Polarización	180 o 360°

9.9 DOWN CONVERTER EN BANDA-C DT- 4503 MARCA COMTECH EF DATA



Figura 9.13 Down Converter

EL Down converter DT-4503 puede ser usado para los siguientes sistemas SCPC, MCPC,DAMA y TDMA, así como en transponder de HDTV y TV analógica.

El equipo posee una alta ganancia, ya que tiene un nivel de salida mínimo de +15 dbm, con un nivel de ganancia estándar de 45 dB. Esta capacidad permite poner cables más largos en el RACK.

El modulo incluye dos tipos de conectores, un conector tipo N para RF y conectores BNC a 50 o 75 Ω para IF.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

RANGO DE FRECUENCIA

DT-4503

3625 a 4200 Mhz

DT-4503/C	3400 a 4200 Mhz
DT-4503/D	3400 a 3700 Mhz
Conversión	Dual, Sin Inversión
Tamaño de paso	125 Khz
Canales presentes	32 Frecuencias y ganancias
Estabilidad de sobre tiempo	$\pm 1 \times 10^{-9}$ /Días
Estabilidad de Sobre temperatura	$\pm 1 \times 10^{-8}$ 0 a 50°C (32 a 122°F)

ENTRADA RF

Nivel de entrada	-45 dBm Típicamente
Perdida de Retorno	20 dB Mínimo con modulo de conector RF/IF 18 dB Mínimo con modulo de SWITCH
Impedancia	50 Ohm
Figura de ruido	11 dB Máximo con una atenuación de 0 dB

SALIDA IF

Nivel	+15 dBm a 1 dB de Compresión
Rango	52 a 88 o 104 a 176 Mhz
Espurias sin portadora	-80 dBm
Espurias con portadora	-65 dBm a +3 dBm de Salida
Intermodulacion	-58 dBm para 2 portadoras a 0 dBm de salida
Impedancia	50 o 75 Ohm
Perdida de Retorno	23 dB Mínimo con conector RF/IF o Modulo SWITCH

TRANSFERENCIA

Ganancia	45 dB \pm 2 dB
Ganancia	Ajustable de 0 a 20 en pasos de 0.25 dB
Estabilidad de Ganancia	\pm 0.25 dB/Días
Onda	\pm 0.25 dB
Pendiente	0.05 dB/Mhz
Rechazo de Imagen	-80 dB en banda
AM a PM	0.1°/dB por salida
Grupo de retraso lineal	0.03 ns/Mhz
Retraso Parabólico	0.01 ns/MHz ²
Grupo de retraso de Onda	1 ns pico a pico
Referencia Externa	5 o 10 Mhz, +3 dBm Nominal

RUIDO DE FASE	LIMITE	TIPICAMENTE
100 Hz	-80 dBm/Hz	-83 dBm/Hz
1 Khz	-89 dBm/Hz	-92 dBm/Hz
10 Khz	-95 dBm/Hz	-97 dBm/Hz
100 Khz	-105 dBm/Hz	-109 dBm/Hz
1 Mhz	-120 dBm/Hz	-124 dBm/Hz

INDICADORES

Encendido	LED Verde
Silencio	LED Amarillo
Remoto	LED Amarillo

Referencia LED Amarillo

Falla LED Rojo

PODER

Voltaje 90 a 250 VAC ajustable, opcional –48 VDC

Frecuencia 47 a 63 Hz

Disipación 60 Watts

AMBIENTE

Temperatura 0 a 50°C (32 a 122°F)

Altitud 10,000 Pies sobre el nivel del mar

Humedad 0 a 95 % Relativa

FISICO

Ancho 19 pulgadas 48.30 cm

Altura 1.75 pulgadas 4.45 cm

Profundidad 22 pulgadas 55.90 cm

Peso 15 Libras 7.00 kg.

MTBF 49,740 hrs (calculado)

> 100,000 hrs. (por experiencia de campo)

OPCIONES

- 1 Modulo de conector RF/IF
- 2 Modulo de Switch transmisor
- 3 Modulo de Switch receptor
- 4 Modulo de Switch de Polaridad

9.10 DEMODEM DE VIDEO DIGITAL SDM-2020D MARCA COMTECH EF DATA



Figura 9.14 Demodulador digital de Audio y Video

Posee las mismas cualidades y ventajas que el del MODEM SDM-2020M, con la diferencia que este equipo posee una entrada adicional en banda L, a mas de la entrada de IF.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ENTRADA	70/140 Mhz (1-In)
Rango de Frecuencia	50 a 90 Mhz 100 a 180 Mhz
Tamaño de Paso	2.5 Khz
Rango AGC	30 dB mínimo
Rango de Adquisición (Programable)	Superior a ± 60 Khz
Impedancia de Entrada	75 (50 optimo)
Perdida por retorno	18 dB típicamente

Velocidad de datos mínimo, Mbit/s	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	8/9
QPSK (188 bytes)	1.38	1.84	2.07	2.30	2.42	
8PSK (188 bytes)		2.76		3.45		3.69
16QAM (188 bytes)			4.14		4.84	

Velocidad de datos máxima , Mbit/s	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	8/9
QPSK (188 bytes)	34.5 6	45.0	45.0	57.60	45.0	
8PSK (188 bytes)		69.12		86.39		92.15
16QAM (188 bytes)			92.15		92.15	

E b /N0 para un BER = 10⁻¹⁰	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	8/9
QPSK (Todas las velocidades)	4.3	4.9	5.6	6.2	6.7	
8PSK <=30 Msym/s		6.9		8.8		9.4
8PSK >=30 Msym/s		6.9		8.8		9.8
16QAM (188 bytes)			8.9		10.6	

9.11 DECODIFICADOR DE VIDEO TDR78 MARCA TIERNAN

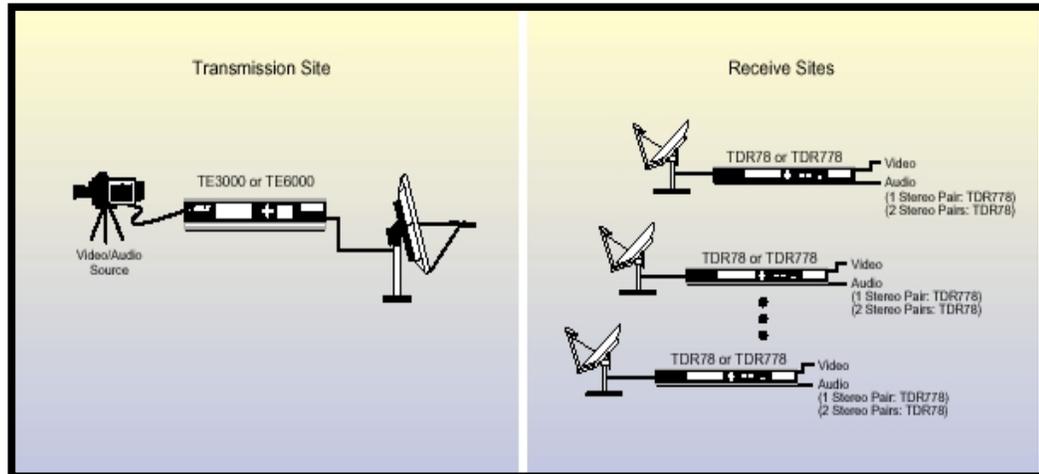


Figura 9.15 Decodificador digital de Audio y video

Las aplicaciones para el TDR78 incluyen negocios de redes de televisión, aprendizaje a distancia, teleconferencia, monitoreo de broadcast y televisión industrial.

El TDR78 recibe y decodifica las señales de vídeo en velocidades programables de 2 a 45 Mbps. Las salidas pueden ser en formato NTSC o PAL. El equipo provee de dos canales estéreos analógicos y también soporta DVB teletex. Son simples de operar usando un teclado por medio de un panel control, y una pantalla de cristal liquido. Posee un gran rango de operación y puede ser colocado en un RACK.

Este equipo es totalmente compatible con los estándares MPEG-2 y DVB, los cuales según recomendaciones de los organismos normativos, como es Intelsat, deben ser cumplidos.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

ENTRADA

950-2150 Mhz, Conector-H (Hembra)

Señal QPSK de velocidad variable, hasta los 45Mbps.

NIVELES DE ENTRADA

-65 a -25 dBm

PROCESADOR DE VIDEO

MPEG-2 (ISO/IEC 13818-2)

Velocidades de compresión de 1-15 Mbps

Resoluciones horizontales: 720, 704, 544, 480, y 352

Resoluciones Verticales: 480/240 (NTSC) y 576/288 (PAL)

Filtro Horizontal y vertical por expansión SIF a ITU-R

Recomendación BT-601

Radio de aspecto 4:3

Teletexto DVB (Solo el TDR78)

SALIDA DE VIDEO

Composición analógica NTSC (525) o PAL (625), Conectores BNC.

PROCESAMIENTO DE AUDIO

MPEG capa I o II

Velocidades de Muestreo de 32, 44.1, y 48 Khz

Velocidades de compresión de audio de 64-384 kbps

SALIDA DE AUDIO

Dos pares balanceados de estéreo analógico, Conectores XLR.

Cada canal de audio puede ser usado en mono estéreo o como dos canales mono independientes.

CONTROL REMOTO

Conector EIA-232-D o DB-9, comandos ASCII

MONITOREO DE FALLAS

A través de un Relay de contacto en condiciones de alarma programables.

PANEL DE CONTROL FRONTAL

Pulsadores, Pantalla de cristal liquido, LED indicador

DESCRIPCION FISICA

1U – 4.4 cm de alto, 48 cm de ancho, 30 cm de profundidad. (1.8" x 19" x 12")

Pesa menos de 2.5 kg (5 lbs)

FUENTE DE PODER

Autosensible, autorango de 100 a 240 VAC

50 a 60 Hz, 50 watts máximo

CONDICIONES DE OPERACIÓN

Temperatura Ambiente: 0° a 45°

9.12 CABLES COAXIALES Y CONECTORES

9.12.1 coaxial LDF 4,5 – 50

este cable coaxial lo utilizaremos para conectar la salida del LNA con el down converter, a continuación mostramos las características mas relevantes:

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Impedancia	50 ± 1 ohm
Frecuencia máxima	6,1 Ghz
Capacitancia Pf/ft (m)	23,2 (76,1)
Inductancia Uh/ft (m)	0,057 (0,187)
Resistencia DC	Interior : 0,49 ohm/1000m Exterior : 1,37 ohm/100m

CARACTERISTICAS MECANICAS

Conductor exterior	cobre
Conductor interior	cobre con revestimiento de aluminio
Diámetro del conductor exterior	19,74 mm
Diámetro del conductor interior	7,04 mm
Peso del cable (kg/m)	0,22
Resistencia de tensión (kg)	363

9.12.2 coaxial LDF 12 – 50

Este cable coaxial lo utilizaremos en las líneas de alimentación de las antenas, a continuación mostramos las características mas relevantes:

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Impedancia	50 ± 1 ohm
Frecuencia máxima	2,2 Ghz
Capacitancia Pf/ft (m)	22,7 (74,6)
Inductancia Uh/ft (m)	0,058 (0,189)
Resistencia DC	Interior : 0,68 ohm/1000m Exterior : 0,29 ohm/100m

CARACTERISTICAS MECANICAS

Conductor exterior	cobre
Conductor interior	tubo de cobre
Diámetro del conductor exterior	55,9 mm
Diámetro del conductor interior	21,2 mm
Peso del cable (kg/m)	1,82
Resistencia de tensión (kg)	681

9.12.3 GUIA DE ONDA ELIPTICA EWP52 HELIAX

esta guia de onda la utilizaremos para realizar un acoplamiento en la guia de onda existente en la estacion terrena de Guayaquil, y de esa forma utilizar la antena de 15,2 mt en nuestro proyecto. Las características mas relevantes son:

CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Rango maximo de frecuencia en Ghz	4,6 – 6,425
Frecuencia de corte del modo TE ₁₁ en Ghz	3,65
Delay a 6,2 Ghz ns/100 m	408
Potencia pico a 6,2 Ghz en Kw	153

CARACTERISTICAS MECANICAS

Doblez mínima :	Plano E	200 mm
	Plano H	560 mm
Dimensiones incluyendo recubrimiento en mm	56,1 x 32,0	
Peso en Kg/m	0,88	

ATENUACION, POTENCIA PROMEDIO, VELOCIDAD DE GRUPO

FRECUENCIA Ghz	ATENUACION (dB /100m)	POT. PROM (Kw)	VEL. DE GRUPO %
4,6	5,34	4,40	60,9
4,8	4,92	4,75	64,9
5,0	4,63	5,06	68,3
5,2	4,42	5,31	71,2
5,4	4,26	5,51	73,7
5,6	4,13	5,69	75,8
5,8	4,02	5,84	77,7
5,85	4,00	5,87	78,1
5,925	3,96	5,92	78,8
6,0	3,93	5,96	79,4
6,2	3,86	6,07	80,8
6,4	3,80	6,17	82,1
6,425	3,80	6,18	83,2

9.12.4 Conector Andrew CPR 137 G

este conector será utilizado para acoplar la salida del CPA 350 (amplificador de potencia) a la guía de onda EWP52. Las dimensiones del mismo son: 68,3 x 49,3 mm, presenta una atenuación menor de 1dB cada 100 metros.

9.12.5 Conector Andrew CPR 229

este conector será utilizado en la interface LNA – Down Converter, las dimensiones del mismo son : 98,6 x 69,9 mm, así mismo presenta muy baja atenuación.

CAPITULO 10

ANALISIS ECONOMICO DEL PROYECTO

10.1 COSTO DEL PROYECTO

A continuación detallaremos el costo de los equipos utilizados en nuestro proyecto:

TRANSMISION

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNITARIO USD \$	COSTO TOTAL USD \$
4	Codificadores de audio vídeo MPEG -2 con multiplexer incorporados TIERNAN	50.000	200,000
1	switch de protección de redundancia para los codec EF DATA TRS1	10.000	10,000
2	DVB módem EF DATA SDM 2020M	10,000	20,000
1	switch de protección de redundancia para los módem EF DATA SMS 301	5,000	5,000
1	Up converter EF DATA 4505	20,000	20,000
1	Amplificador de estado sólido EF DATA CPA 350	25,000	25,000
1	Bobina de 304 m de guía de onda ANDREW EWP52	1500	1500
1	Conector CPR 137 G	100	100
TOTAL			281,600

Tabla 10.1 Costo del proyecto - transmisión

RECEPCION

CANTIDAD	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO USD \$	COSTO TOTAL USD \$
1	Antena de 3,7 m ANDREW	2,500	2,500
2	Amplificador de bajo ruido LNA 40K COMTECH EF DATA	1200	1,200
1	Down converter EF DATA DT-4503	20,000	20,000
2	Demodulador EF DATA SDM 2020D	10,000	20,000
1	switch de protección de redundancia para los módem EF DATA SMS 301	5,000	5,000
2	Decodificador de audio y vídeo (IRD) EF DATA TDR 778	20,000	40,000
1	Bobina de 304 m de cable HELIAX LDF 12 - 50	1000	1000
1	Bobina de 304 m de cable Heliax LDF 4,5 - 50	1000	1000
1	Conector CPR229 ANDREW	100	100
4	Torres de 20 metros	500	2000
	TOTAL		92,800

Tabla 10.2 Costo del proyecto - recepción

COSTO TOTAL DEL PROYECTO

Equipos de transmisión	281,600
Equipos de recepción	92,800
Integración del sistema (5% del proyecto)	18,720
Montaje, instalación, y puesta en funcionamiento (10 % del proyecto)	37,440
Entrenamiento del personal y repuestos (15 % del proyecto)	56,160
TOTAL DEL PROYECTO	486,720

Tabla 10.3 Costo Total del proyecto

Este presupuesto ha sido elaborado tomando la información proporcionada en Internet por las marcas distribuidoras de los equipos, así mismo tomando en consideración los datos proporcionados por las empresas INTELSAT, DIGITEC, y por la empresa GLOBE COMM SYSTEM INC a PACIFICTEL S.A y entregados a nosotros.

Se debe tener en cuenta que este presupuesto no incluye el costo de transporte internacional y local de los equipos, así como tampoco la mano de obra.

Adicionalmente hemos considerado necesario la implementación a futuro de una portadora de vídeo comprimida para la transmisión desde la provincia de Galápagos hacia el continente, debido a la importancia ecológica y de turismo que el archipiélago de Colon representa para la humanidad. El costo aproximado para esta implementación es de 105,000 dólares.

Así mismo siendo visionario **PACIFICTEL S.A** debería aprovechar esta infraestructura para proveer la interconexión a **INTERNET**, en cualquier lugar del país, lo cual lo podríamos lograr con la implementación de un equipo administrador de ancho de banda (**NEWBRIGDE**) para extraer los canales de datos. Es decir podríamos utilizar la misma red para enviar audio, vídeo, y datos, luego el equipo en mención se encargaría de separar los canales de datos de los de audio y vídeo, esto representaría un costo adicional para el proyecto de aproximadamente 60,000 dólares, pero la recuperación del capital invertido sería mucho más rápida, debido a que ahora el sistema implementado brinda otros servicios adicionales.

En caso que se quiera equipar una estación del sistema DOMSAT (24 estaciones remotas que PACIFICTEL S.A tiene instaladas en su área de cobertura), para recibir la señal de vídeo, audio y datos, el presupuesto referencial que tendría que invertirse es de 30,000 dólares.

10.2 DETERMINACION DE LAS TARIFAS DE SERVICIO

Una vez determinado el costo total de nuestro proyecto, debemos justificar su implementación, y hacerlo atractivo para nuestros futuros clientes.

Para definir una tarifa de servicio hay que tomar en cuenta los siguientes puntos:

- El monto de inversión
- Costos fijos
- Depreciación
- Competencia
- En base a estos puntos determinamos la rentabilidad necesaria para recuperar el capital invertido en un tiempo fijo.

Además debemos considerar que una de las principales compañías que ofrece servicios satelitales para el mundo entero como es INTELSAT presenta una tarifa de 290,000 dólares anuales por digitalizar un canal de televisión utilizando

su infraestructura, dando total libertad a la emisora para transmitir su programación. Haciendo un análisis podríamos notar que este costo representa aproximadamente el 60 % del costo total de nuestro proyecto, por lo que tentativamente podríamos decir que el capital invertido sería recuperado en un año y medio.

A continuación para realizar un cálculo más real de la tarifa de servicio, definiremos primero :

10.2.1 Días hábiles de programación.-

si observamos la programación diaria que ofrecen las emisoras de televisión, podremos notar que la transmisión empieza de 6 AM a 24 PM, así podemos contabilizar un total de 19 horas diarias de programación por emisora, y tomando como referencia un mes de 30 días hábiles, entonces mensualmente tendríamos un total de 570 horas, las cuales se repartirán entre los diferentes tipos de aplicación (programación). A continuación detallamos lo anteriormente dicho.

10.2.2 Tipo de programación.-

Haciendo un análisis de la programación diaria de las emisoras de televisión, hemos realizado un promedio en cuanto al tiempo que ocupa cada uno de los programas en el aire. Así:

Tipo de programación	Duración promedio x día (horas)
Noticieros	4
Deportes	2
Telenovelas	5
Resto de programación	8

10.2.3 Tarifa a cobrar

Para determinar una tarifa justa, debemos tener en cuenta que las tarifas internacionales de los enlaces satelitales punto a punto esta en el orden de los 400 a 500 dólares la hora. Además las tarifas que cobran las carriers locales por arrendar un canal de datos de 34 Mbps entre Guayaquil y Quito son de aproximadamente 300,000 dólares mensuales, lo cual resulta en una tarifa por hora mas cara que la que ofrece el servicio satelital.

La tabla siguiente puede determinar los valores que se obtendrán de forma mensual por un contrato de servicio, para todas las aplicaciones que dispongan las emisoras ecuatorianas.

Arrendatario	Horas mensuales de servicio	Tiempo en que retornaría el capital	Tarifa a cobrar por mes	Subtotal al termino del año y medio
Emisora 1	570 horas	18 meses	14,000	252,000
Emisora 2	570 horas	18 meses	14,000	252,000
			TOTAL	504,000

Tabla 10.4 Determinación de la tarifa de servicio

Como podrá analizar por ser este proyecto de gran interés sociocultural, para el Ecuador, se ha fijado una tarifa mínima por mes, tal es así que representa cerca del 10% de la tarifa que cualquier compañía le cobraría por prestarles el mismo servicio, de esta forma recuperaríamos el capital invertido en un año y medio, luego de lo cual se obtendrían las ganancias. En esta tarifa mínima ya ha sido incluido el costo de operación, y mantenimiento por el personal a cargo de los equipos.

A continuación definiremos el último de los puntos que determinan una tarifa de servicio.

10.2.4 COMPETENCIA.-

El único canal que llegaba a la provincia de Galápagos era canal 12, el cual pagaba en su época por un servicio igual al que ofrecemos 50,000 dólares mensuales, lo cual confirma que la tarifa que hemos decidido cobrar es mínima.

En la actualidad ninguna empresa ofrece el servicio que este proyecto propone, es decir en el archipiélago de Colon existe un déficit total de televisión Ecuatoriana, la cual ha sido reemplazada por la señal que emiten las emisoras Peruanas, es por esta razón que este proyecto debería ser de interés nacional, con lo cual se fomentaría el civismo y el amor a la Patria a sus pobladores haciendo que se sientan mas ecuatorianos.

A continuación haremos un calculo del tiempo estimativa que implicaría ejecutar este proyecto.

10.3 Cronograma de ejecución

el proyecto lo implementaremos de acuerdo a los siguientes pasos:

INSTALACION	TIEMPO DE EJECUCION (DIAS)
Tiempo de fabricación	100
Tiempo de desaduanización	40
Codecs en E.T GYE	4
Switches, y moduladores	4
Up converter	2
Amplificador de estado sólido	1
Guía de onda	1
IRD (decodificadores) en GALAPAGOS	4
Switch y demodulador	3
Down converter	2
Antena de recepción	3
Torres o mástiles (islas de Galápagos)	14
Pasado del cable coaxial a utilizar	2
Configuración de los equipos	14
Pruebas totales	15

Tabla 10.5 Cronograma de Ejecución

Por lo que se estima terminar de implementar el proyecto en 209 días.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El objetivo principal de nuestro proyecto fue difundir las emisoras ecuatorianas en la provincia de Galápagos, para lo cual hemos diseñado una red completamente digital que se encargara tanto de transportar las señales, como de recibirlas, para su posterior esparcimiento, tratando en lo posible de utilizar la infraestructura existente de la empresa de telecomunicaciones del país PACIFICTEL S.A.

Se puede concluir mediante el análisis económico realizado en el capítulo 10 que para la implementación de este proyecto, se requiere una fuerte inversión inicial, pero hay que tener en cuenta que se estará implementando una red para dar servicios no solo de televisión, como en nuestra aplicación, sino que también esta apta para dar servicios de Internet , y de radiodifusión. Además cabe recalcar que esta red es casi en su totalidad nueva, y para su diseño acogiéndonos a los nuevos estándares de INTELSAT y recomendaciones de PACIFICTEL S.A hemos elegido los equipos óptimos para este tipo de aplicación.

La inversión hecha se recuperara en aproximadamente un año y medio, para lo cual hemos fijado una tarifa mínima, dándoles la facilidad a los medios de comunicación de optar por nuestro servicio, el cual les generara nuevas rentabilidades, ya que señal estará ahora dispersa en un nuevo poblado.

Como conclusión final diremos que este proyecto contribuirá al desarrollo del país , alimentando el civismo y el amor a la Patria en los pobladores de Galápagos, los cuales ya tienen la opción de sintonizar las emisoras ecuatorianas, y no tener como única alternativa la de observar emisoras peruanas. Ahora ya podrán entonar las sagradas notas de nuestro himno nacional todas las mañanas, vibrar con los goles de nuestra selección.

RECOMENDACIONES

Se recomienda implementar primero la red de transmisión, que es la mas compleja, y costosa, asi mismo se debería empezar dando servicio a las islas San Cristobal y Santa Cruz ya que estas representan casi el 70 % de la población de Galápagos, para ir obteniendo rentabilidad en el transcurso de la implementación.

Para una futura expansión de la red, se debe considerar que se tienen dos codificadores en stand by, los que se los podría aprovechar para dar servicio a dos emisoras mas que deseen adquirir nuestros servicios.

En un posible caso que nuestra red se expanda en gran medida Pacifictel S.A maneja la posibilidad de alquilar un nuevo transponder, con lo cual se saciaría todas las necesidades de nuestros clientes, y sobraría aun espacio satelital.

DATOS	TRAYECTO: CERRO CROCKER - ISLA SAN CRISTOBAL	TRAYECTO: CERRO CROCKER - ISLA SANTA CRUZ	TRAYECTO: CERRO CROCKER - ISLA ISABELA
Distancia (Km)	97.5	72.5	75
Frecuencia (Ghz)	0.200	0.200	0.200
P. Espacio Libre (dB)	118.241	115.66	115.96
P. Alimentadores (dB)	0.316	0.316	0.316
P. Fresnel (dB)	0.00	0.00	0.00
P. Difraccion (dB)	0.00	0.00	0.00
P. Adicionales (dB)	6.00	6.00	6.00
Potencia de Transmisión (dBw)	30.00	30.00	30.00
Gan. Ant. Transmisora (dB)	20	20	20
Gan. Ant. Receptora (dB)	20	20	20
Nivel de Portadora Receptada (Dbw)	-84.17	-81.59	-81.89
Perdidas Totales (dB)	124.57	121.99	122.29
Ganancias Totales (dBw)	40.4	40.4	40.4
Margen de Desvanecimiento (dB)	35.43	38.01	37.71

Tabla 8.10 CARACTERISTICAS TECNICAS DEL RADIOENLACE

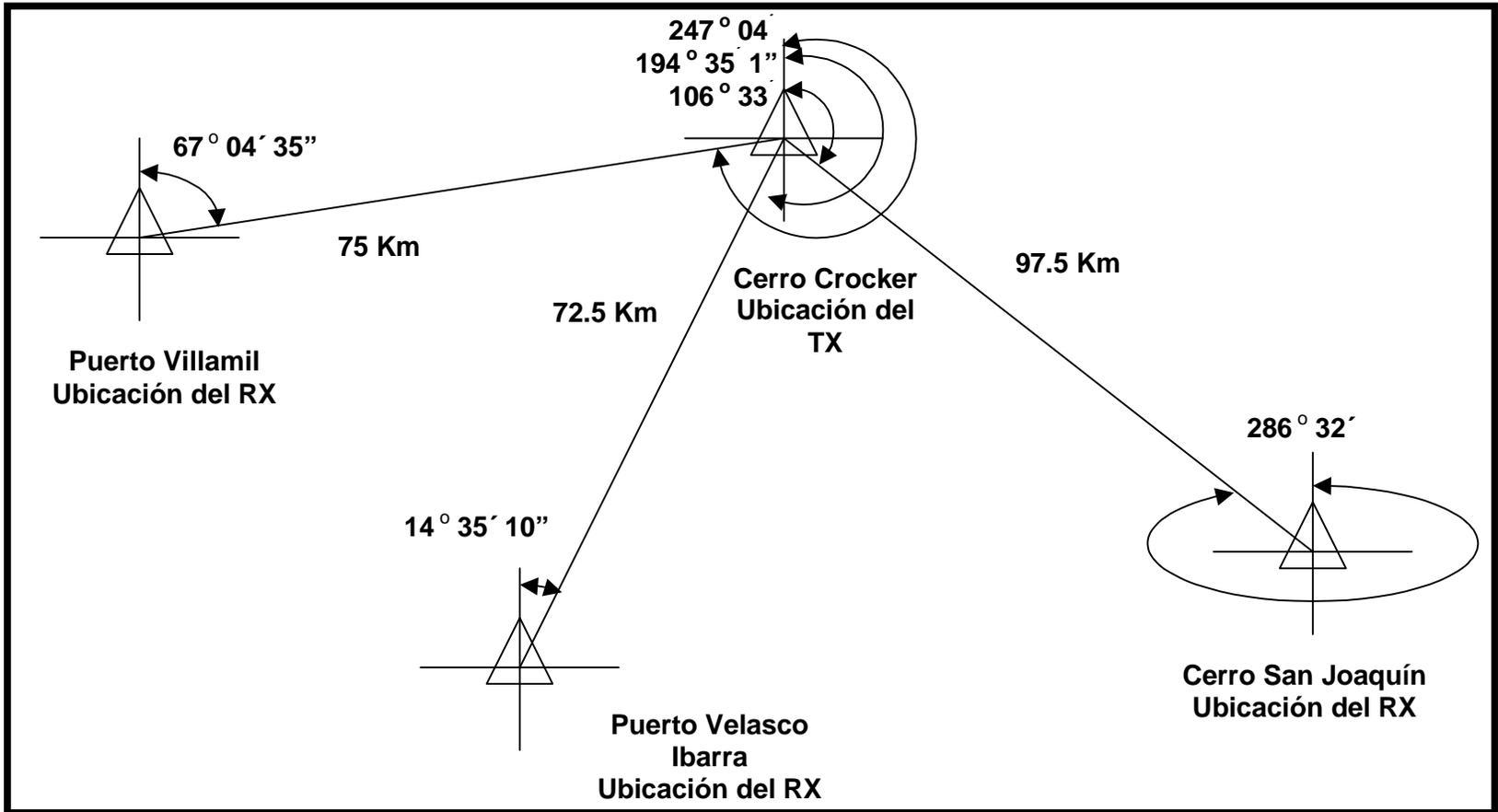


Figura 8.11 REPRESENTACION GRAFICA DE LOS AZIMUTH DE TODOS LOS TRAYECTOS

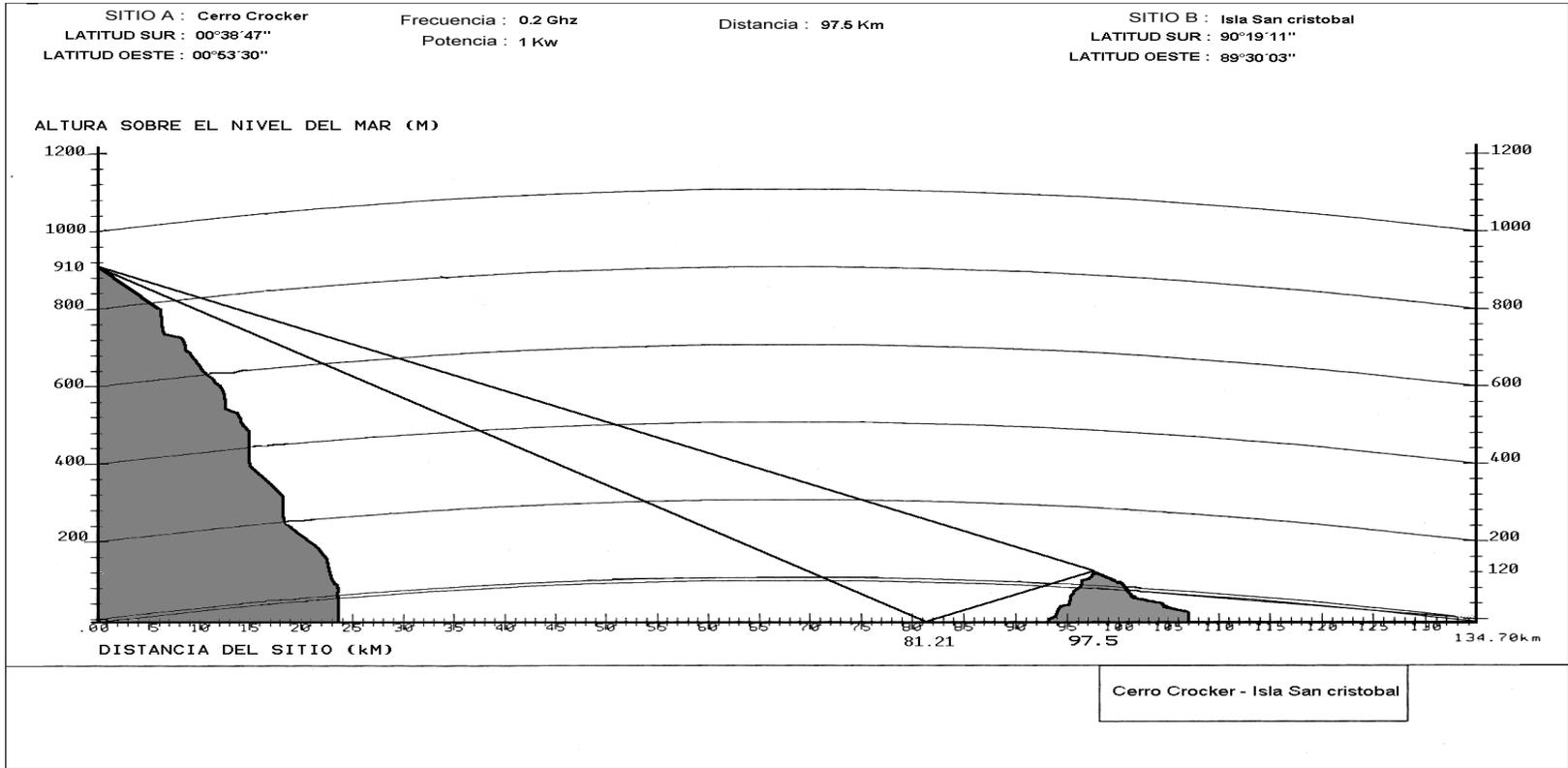


Figura 8.6 PUNTO DE REFLEXION TRAYECTO CERRO CROCKER – ISLA SAN CRISTOBAL

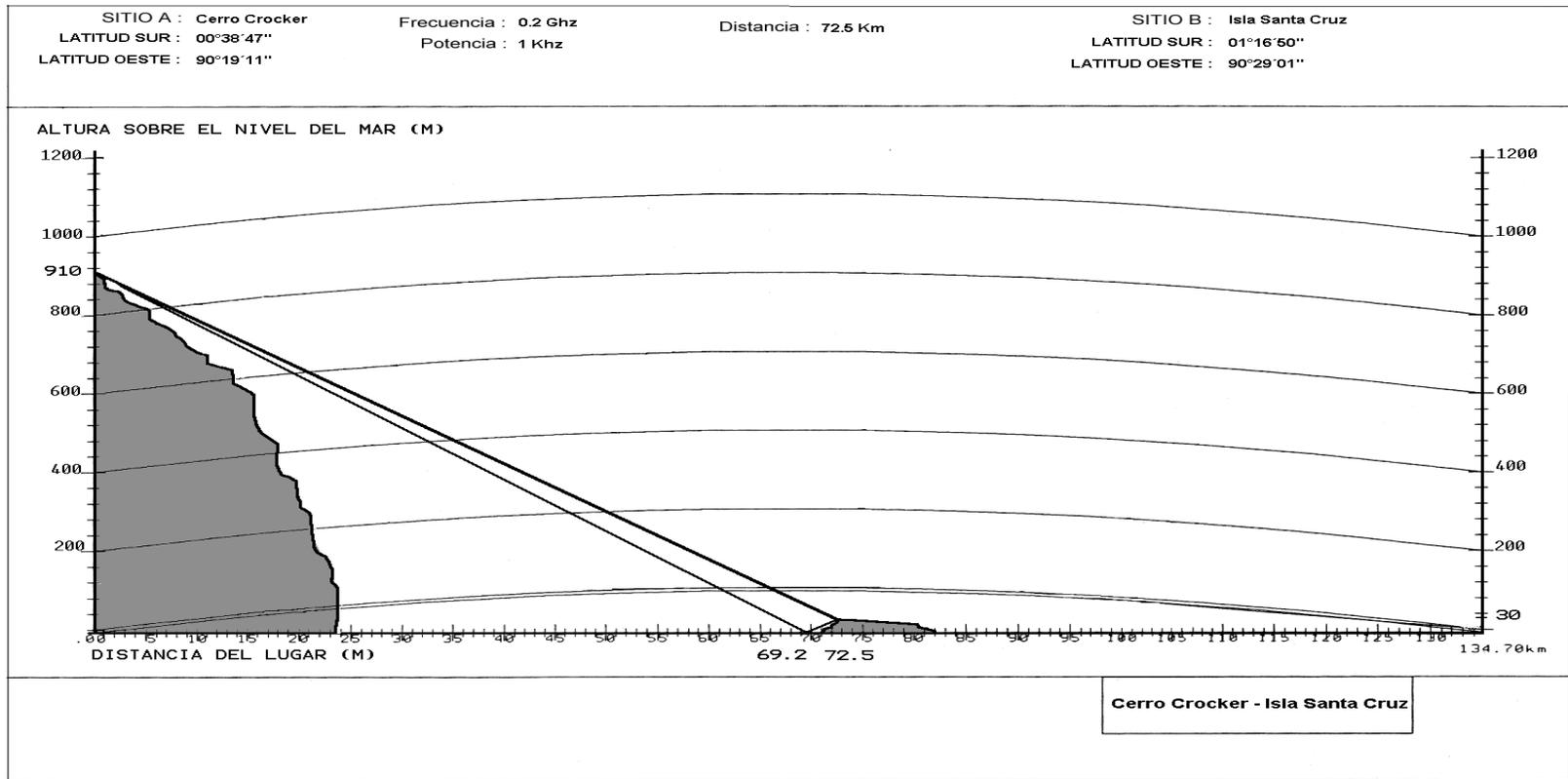


Figura 8.8 PUNTO DE REFLEXION TRAYECTO CERRO CROCKER – ISLA SANTA CRUZ

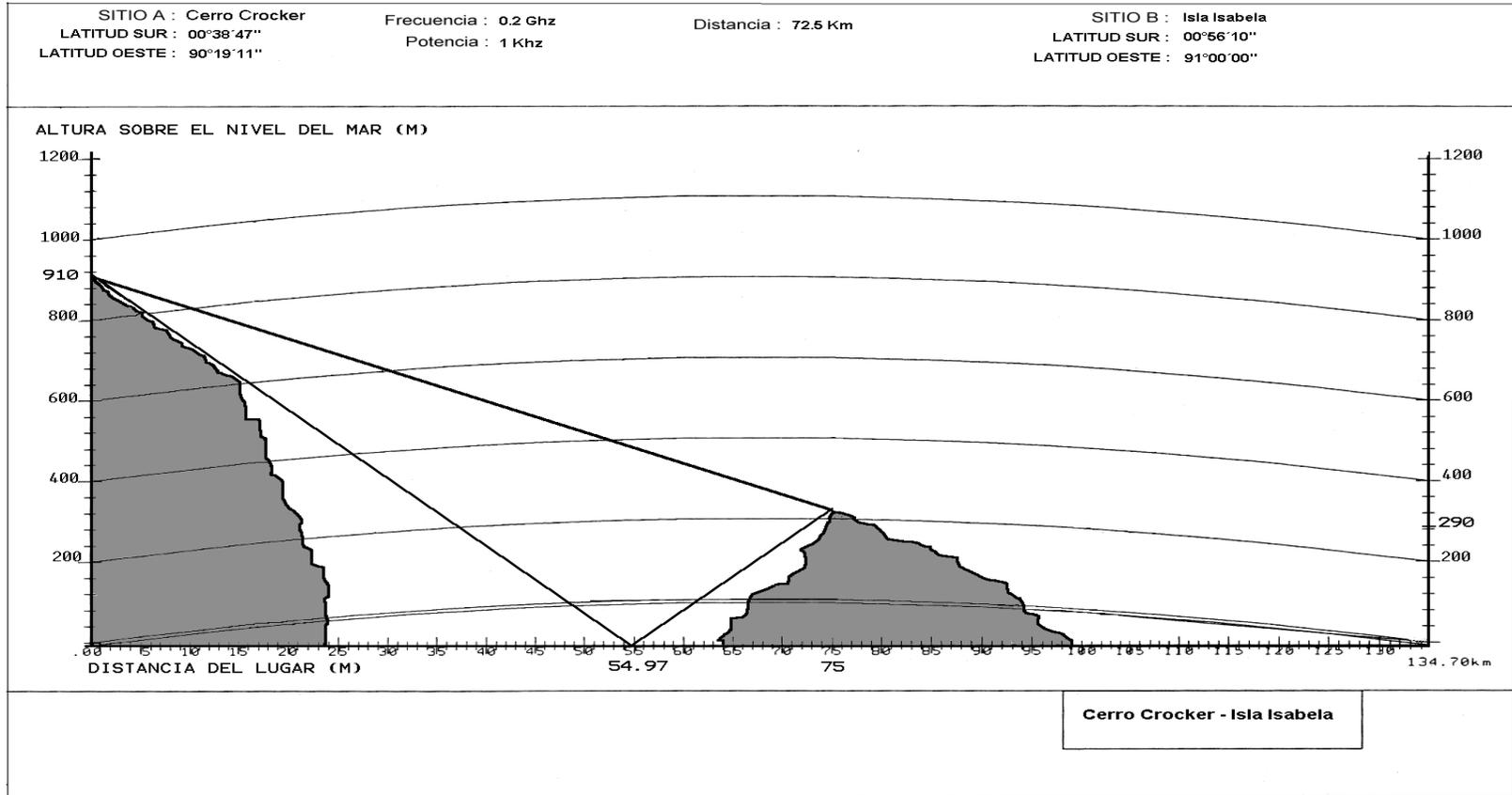
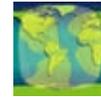
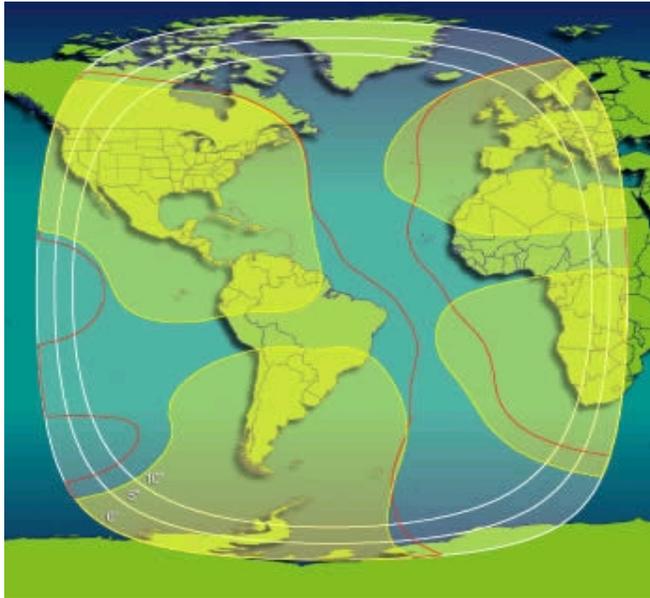


Figura 8.10 PUNTO DE REFLEXION TRAYECTO CERRO CROCKER – ISLA ISABELA

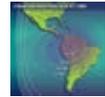
APENDICE

APENDICE 1

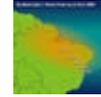
INTELSAT 709 – 310°E



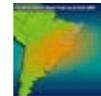
GLOBAL



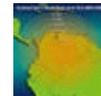
C - BAND



SPOT1



SPOT2



SPOT3



GLOBAL



HEMI



ZONE

Key Parameters Total Transponders

C-Band: 42 (in equiv. 36 MHz units)

Polarization

C-Band: Circular – Right Hand or Left Hand

e.i.r.p. (C-Band)

(Beam Edge to Beam Peak)

Global Beam: 26.0 up to 34.4 dBW

Hemi Beam: 32.3 up to 40.2 dBW

Zone Beam: 32.7 up to 40.1 dBW

Uplink Frequency

C-Band: 5925 to 6425 MHz

Downlink Frequency

C-Band: 3700 to 4200 MHz

G/T (C-Band)

(Beam Edge to Beam Peak)

Global Beam: -12.0 up to -6.6 dB/K

Hemi Beam: -8.7 up to -1.2 dB/K

Zone Beam: -9.2 up to +1.7 dB/K

C-Spot Beam: -5.0 up to +3.3 dB/K

SFD Range

(Beam Edge)

C-Band: -87.0 to -73.0 dBW/m²

This satellite is currently located at 310°E and it will be relocated to 178°E and then to 157°E in 2003. Coverages may change at that location.

APENDICE 2

ANALISIS DE PROPAGACION DE LA SEÑAL DE TV EN LAS ISLAS GALAPAGOS

BIBLIOGRAFÍA

1. INTELSAT, NORMAS PARA LAS ESTACIONES TERRENAS DE INTELSAT (IESS) , DOCUMENTO IESS-301
2. INTELSAT, INTELSAT EARTH STATION TECHNOLOGY, REVISION 5, JUNE 1999
3. ANDREW CORPORATION, MANUAL DE ANTENAS W CORPORATION, CATALOGO 38, 2001
4. ING. ROBERTO ARES, SISTEMAS DE RADIO ENLACES DIGITALES, EQUIPOS, MEDICIONES Y CALCULO, SIEMENS TELECOMUNICAZIONI S.P.A, SEPTIEMBRE DE 1989
5. WAYNE TOMASI, LIBRO DE COMUNICACIONES, PRENTICE HALL DISPANAMERICANA S.A, 1996
6. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC), SITUACIÓN ACTUAL DE GALAPAGOS, FEBRERO DE 1999
7. TELEVISIÓN DIGITAL DE ALTA DEFINICIÓN (HDTV)
8. MPEG2 PIEZA CLAVE DE COMPRESIÓN DIGITAL
9. APUNTES DEL PROFESOR
10. SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT, TELECOMUNICACION DIGITAL, BERLIN Y MUNICH & MARCOMBO S.A, 1988
11. DIRECCIONES DE INTERNET

www.intelsat.int

www.efdata.com

www.comtech.com

www.tiernan.com

www.andrew.com

www.tekotelecom.com/products/tv/rp25.htm

http://helios.etsi.upv.es/asig/5%BA/tel_esp/