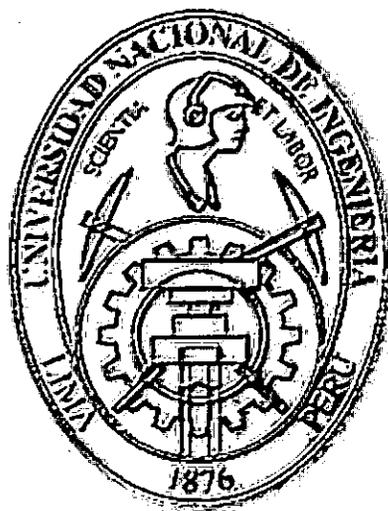


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DIGITAL
DE DISTRIBUCIÓN POR CABLE DE SEÑALES
TELEVISIVAS, PROVENIENTES DE UN SISTEMA DE
DIFUSIÓN DIRECTA POR SATÉLITE, PARA LA
LOCALIDAD DE CASMA – REGIÓN ANCASH**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

JULIÁN ROGELIO YAURI BLAS

**PROMOCIÓN
1996- II**

**LIMA – PERÚ
2010**

Digitalizado por:

**Consortio Digital del
Conocimiento MebLatam,
Hemisferio y Dalse**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DIGITAL DE DISTRIBUCIÓN POR CABLE DE
SEÑALES TELEVISIVAS, PROVENIENTES DE UN
SISTEMA DE DIFUSIÓN DIRECTA POR SATÉLITE,
PARA LA LOCALIDAD DE CASMA – REGIÓN
ANCASH**

SUMARIO

El presente proyecto tiene por objetivo diseñar e implementar un sistema de CATV, que permita brindar un servicio de televisión y video en la localidad de Casma con señales provenientes de un sistema de difusión directa por satélite (DDS), ya que el servicio que actualmente cuenta presenta limitaciones. Para las consideraciones del diseño se tendrá presente los requisitos mínimos exigidos por dispositivos y normas legales y técnicas vigentes en nuestro país así como el Plan Nacional de Atribución de Frecuencias y el cumplimiento con los estándares internacionales de calidad. Las consideraciones de diseño y cálculo se realizarán en base al análisis de la información recopilada, de los tipos de equipos e instalaciones que vienen operando en la actualidad y de la experiencia de ingenieros y técnicos que laboramos en esta disciplina, así como también en la información teórica disponible en textos e Internet. Finalmente, se hará una estimación económica del costo del proyecto.

Al Divino Creador.
A mis queridos Padres:
Julián y Victorina.
y a mis hijos:
Marcia y Leandro.

ÍNDICE

	Página
PROLOGO	1
CAPITULO I	
DIAGNOSTICO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1 Objetivos	3
1.2 Descripción del proyecto	3
1.2.1 Ubicación de la planta de recepción y generación de señales televisivas	4
1.2.2 Ubicación de la planta de recepción de señales a distribuir a los abonados finales	4
1.2.3 Área de cobertura	5
1.3 Composición de señales televisivas a difundir (Grilla de Programación)	5
1.3.1 Señales de televisión nacional	5
1.3.2 Señales de televisión internacionales	5
1.3.3 Otras señales televisivas	10
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	13
2.1 ¿Por que difusión vía satélite?	13
2.1.1 Análisis del sistema transmisión convencional	15
2.2 Satélites	16
2.2.1 Parámetros de los sistemas satelitales	18
2.2.1.1 Potencia de transmisión y energía de Bit	18
2.2.1.2 Potencia radiada isotrópica efectiva	19
2.2.1.3 Temperatura de ruido equivalente	20
2.2.1.4 Densidad de ruido	21
2.2.1.5 Relación de densidad de portadora a ruido	21
2.2.1.6 Relación de la densidad de energía de bit a ruido	22
2.2.1.7 Relación de ganancia a temperatura de ruido equivalente	23
2.3 Análisis de los elementos del Sistema	25
2.3.1 Antenas parabólicas	25
2.3.1.1 Antenas sólidas	25
2.3.1.2 Antenas de malla	25
2.3.1.3 Tipos de antenas parabólicas	26
2.3.2 Alimentador o iluminador	29

2.3.3	Convertor LNB (de baja figura de ruido)	30
2.3.4	Receptor de Satélite	31
2.3.5	Modulador	31
2.3.6	Combinador	32
2.3.7	Amplificadores	32
2.3.8	Cables	33
2.4	Puesta en Marcha del sistema	34
2.4.1	Montaje físico de las antenas	34
2.4.2	Modo de orientación	35
2.4.3	Sistema Alimentación de energía eléctrica	38
2.4.4	Puesta en marcha Eléctrica	39
2.4.5	Offset de Polarización	39
CAPITULO III		
INGENIERÍA DEL PROYECTO		42
3.1	Factores que intervienen en un enlace satelital	42
3.1.1	Ecuaciones de enlace de subida y bajada	42
3.1.1.1	Potencia isotrópica irradiada del satélite	43
3.1.1.2	Potencia isotrópica irradiada de la estación terrena	43
3.1.1.3	Pérdida de trayectoria de espacio libre	43
3.1.1.4	Factor de calidad o figura de mérito en el enlace de bajada	44
3.1.1.5	Ganancia de antena	44
3.1.1.6	Pérdida de ganancia debido a irregularidades en la superficie de la antena de recepción	45
3.1.1.7	Ancho de banda de la antena receptora	46
3.1.1.8	Potencia, temperatura de ruido y figura de ruido	46
3.1.1.9	Efecto de ancho de banda en el ruido de potencia del sistema	51
3.1.1.10	Densidad de flujo de saturación, G/T y enlace de subida	51
3.1.2	Ángulo de declinación (Montaje Soporte Polar)	54
3.1.3	Ángulos de azimut y elevación (Montaje Azimut – Elevación)	55
3.2	Cálculo de Parámetros fundamentales en el enlace satelital de subida para la ciudad de Lima (Morro Solar – Chorrillos)	57
3.3	Cálculo de enlace satelital de bajada	58
CAPITULO IV		
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA		62

4.1	Sub sistema de recepción de señales televisivas a irradiar mediante el sistema de difusión directa por satélite (DDS)	62
4.1.1	Satélites de señales a irradiar mediante el Sistema de DDS	62
4.1.2	Orientación de las antenas parabólicas receptoras	63
4.1.3	Diámetros necesarios de las antenas parabólicas de recepción	64
4.1.3.1	Determinación de las relaciones C/N	64
4.1.3.2	Determinación de la relación G/Tsys	66
4.1.3.3	Diámetros de las antenas parabólicas a usar	68
4.1.4	Descripción del equipamiento a emplear	70
4.2	Sub sistema de transmisión de enlace de subida al sistema DDS	74
4.2.1	Satélite de distribución	74
4.2.2	Orientación de la antena parabólica de Transmisión	74
4.2.3	Diámetro necesario de la antena parabólica de transmisión	74
4.2.3.1	Determinación Densidad de Flujo de Saturación (Ψ)	75
4.2.3.2	Diámetro de la antena parabólica de transmisión a usar	75
4.2.4	Descripción del equipamiento a emplear	75
4.3	Sub sistema de recepción de señales a distribuir a usuarios finales	77
4.3.1	Orientación de la antena parabólica receptora	77
4.3.2	Diámetro necesario de la antena parabólica de recepción	78
4.3.2.1	Determinación de la relación C/N	78
4.3.2.2	Determinación de la relación G/Tsys	79
4.3.2.3	Diámetro de la antena parabólica de recepción	79
4.3.3	Descripción del equipamiento a emplear	80
4.4	Red de distribución	83
4.4.1	Descripción del equipamiento a emplear	83
CAPITULO V		
DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA		87
5.1	Equipamiento de cabecera	87
5.2	Sistemas troncales	90
5.3	Sistema de distribución	92
5.4	Baja a los abonados	93
5.5	Costos del proyecto	95
5.5.1	Costos de equipamiento	95
5.5.2	Costos de dirección técnica y mano de obra calificada	96

5.5.3	Costos totales	97
CAPITULO VI:		
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		98
CONCLUSIONES		99
ANEXO A		
CARACTERÍSTICAS DEL SATÉLITE AMAZONAS		
ANEXO B		
ANTENAS PARABÓLICAS		
ANEXO C		
LNB's		
ANEXO D		
RECEPTORES SATELITALES		
ANEXO E		
TRANSMISOR DE POTENCIA (HPA)		
BIBLIOGRAFÍA		

PROLOGO

La presente tesis tiene el propósito diseñar e implementar un sistema de CATV, a fin de contribuir a la difusión de señales televisivas con contenidos educativos, culturales y de entretenimiento en la localidad de Casma en forma eficiente contribuyendo así al desarrollo local y nacional.

La ciudad de Casma es la capital de la Provincia del mismo nombre y se encuentra ubicada en la zona costa de la Región Ancash.

Uno de los principales obstáculos que ha contribuido a nuestro sub desarrollo ha sido la diversidad geográfica de nuestro país. Este trabajo también está orientado a demostrar que con un sistema de comunicación satelital la diversidad geográfica será superada dando lugar a que miles de televidentes del territorio nacional tengan acceso a los servicios de televisión nacional e internacional mediante los sistemas de difusión directa por satélite DDS. Asimismo se demostrará que es posible llevar señales televisivas en forma óptima dentro del marco legal y con los parámetros apropiados a abonados tanto en la ciudad de Casma como en otras ciudades.

Esencialmente se desarrollan los conceptos técnicos de funcionamiento de los sistemas DDS y de las redes de distribución de CATV y su aplicación.

En la ingeniería del proyecto se verá los cálculos teóricos de las condiciones técnicas de los enlaces descendentes y ascendentes del sistema de difusión directa por satélite y así como también los cálculos de los valores apropiados del sistema de recepción de las señales a distribuir y de la red de distribución, este proyecto ha contemplado el estudio solamente para la localidad de Casma, pero de igual forma se podría diseñar e implementar el sistema para otras localidades, independientemente de su ubicación geográfica dentro del país.

Para su ejecución, la presente tesis se organizó en 5 capítulos y 5 Anexos. En Capítulo I se realizará el diagnóstico y planteamiento del problema; en el Capítulo II se verá el marco teórico que respalda el proyecto; en el Capítulo III se hará los cálculos que fundamenten la ingeniería del proyecto; en el Capítulo IV se planteará

el diseño e implementación del sistema y en el capítulo VI se hará el análisis de los resultados.

Finalmente, expreso mi agradecimiento a los profesores que han participado y contribuido con su vasta experiencia en la elaboración de la presente tesis.

CAPITULO I DIAGNOSTICO Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en algunas zonas de la localidad de Casma solamente se reciben las señales televisivas de canales peruanos tales como Panamericana Televisión, América TV, ATV y TV Perú, ya que no existe servicio de televisión por cable limitando así la recepción por parte de la ciudadanía, tanto en cantidad como en calidad de canales de televisión, ya sean nacionales o internacionales, además donde existe el servicio de televisión por cable, este presenta limitaciones.

1.1 Objetivos

El objetivo de proyecto es la difusión de una programación diversificada, consistente en programas informativos, de entretenimiento y de formación cultural; asimismo lograr que las emisiones a ser recibidas por los abonados se den con los niveles de calidad y estándares que fijan las normas técnicas del servicio; así mismo, se brindará la protección y las seguridades correspondientes en la red terminal del abonado, en los ambientes de la CABECERA y en la red de distribución.

Desde el punto de vista técnico tiene por objetivo determinar las características de radiodifusión vía satélite y el dimensionar los componentes de los sistemas a emplearse.

1.2 Descripción del Proyecto

El proyecto constará en diseñar e implementar un sistema de distribución de señales televisivas por cable tomadas de un sistema de difusión directa por satélite, para la localidad de Casma, con la finalidad de llevar un paquete de señales televisivas de producción nacional e internacional.

Por las facilidades que ofrecen los sistemas DDS, es que, como conocedores de nuestra geografía, sabemos que uno de los obstáculos principales que ha contribuido a nuestro sub desarrollo ha sido la diversidad geográfica de nuestro país. Por lo tanto, para el caso de los sistemas de comunicación y específicamente de los servicios de TV por satélite, la diversidad geográfica será superada, dando lugar a que miles de televidentes del territorio nacional podrán tener acceso a los

servicios de la televisión internacional, implementando un sistema de distribución similar al del presente proyecto en la localidad que se requiera.

La planta de recepción y generación de señales deberá ser de buena confiabilidad, teniendo en cuenta la diversidad de abonados y que una falla del sistema redundaría en la calidad del servicio de todos los abonados.

Las señales se originarán en Centro de Gestión del sistema. Entendiéndose por "Centro de Gestión" como el lugar donde se toman las señales televisivas procedente de los satélites y señales locales las cuales son distribuidos a través del sistema DDS.

La idea consiste en la difusión de 50 canales de Televisión, las cuales serán podrán ser recepcionadas a lo largo de todo el país.

El presente proyecto se ejecutará cumpliendo estrictamente con los requisitos mínimos exigidos por dispositivos y normas legales y técnicas vigentes en la República del Perú.

1.2.1 Ubicación de la Planta de recepción y generación de señales televisivas

Para la ubicación del Centro de Gestión se tendrá en cuenta que la recepción de las señales recepcionadas desde los satélites y las señales locales sea óptima, es decir, una buena relación señal a ruido, libre de interferencias y fantasmas.

Teniendo en cuenta las facilidades y por las condiciones técnicas antes mencionadas el centro de gestión estará ubicada en el morro solar de Chorrillos como se muestra en la Fig. 1.1, cuyos datos generales se muestran a continuación:

- Lugar : Morro Solar.
- Ciudad : Lima.
- Distrito : Chorrillos.
- Provincia : Lima.
- Región : Lima.
- Coordenadas : L.O.: 77° 01' 32"; L.S.: 12° 10' 56"

1.2.2 Ubicación de la planta de recepción de las señales a distribuir a los abonados finales

Al igual que en el punto anterior se tendrá en cuenta las facilidades y condiciones técnicas para la ubicación de la planta de recepción local. La Fig. 1.2 muestra dicha ubicación y los datos generales se muestran a continuación:

- Dirección : Av. Perú N° 1263.

- Ciudad : Casma.
- Distrito : Casma.
- Provincia : Casma.
- Región : Ancash.
- Coordenadas : L.O.: 78° 17' 51.62"; L.S.: 9° 28' 17.39"

1.2.3 Área de cobertura

Se definirá como área de cobertura del servicio la localidad de Casma pudiendo ser extensivo al territorio de la república del Perú, ya que la difusión de este servicio es vía satélite y para el satélite no existen obstáculos geográficos; solo será necesario implementar un sistema de recepción y distribución local en el lugar donde se requiera.

1.3 Composición de señales televisivas a difundir (Grilla de Programación)

1.3.1 Señales de televisión nacional

Se difundirá 9 canales nacionales dentro de su parrilla de programación, mostrados en la **Tabla 1.1**, las cuales serán bajadas directamente de los satélites en la cabecera, por el sistema de recepción.

1.3.2 Señales de televisión internacionales

Se difundirá 38 canales internacionales dentro de su parrilla de programación, mostrados en la **Tabla 1.2**, las cuales serán bajadas directamente de los satélites en la cabecera, por el sistema de recepción.

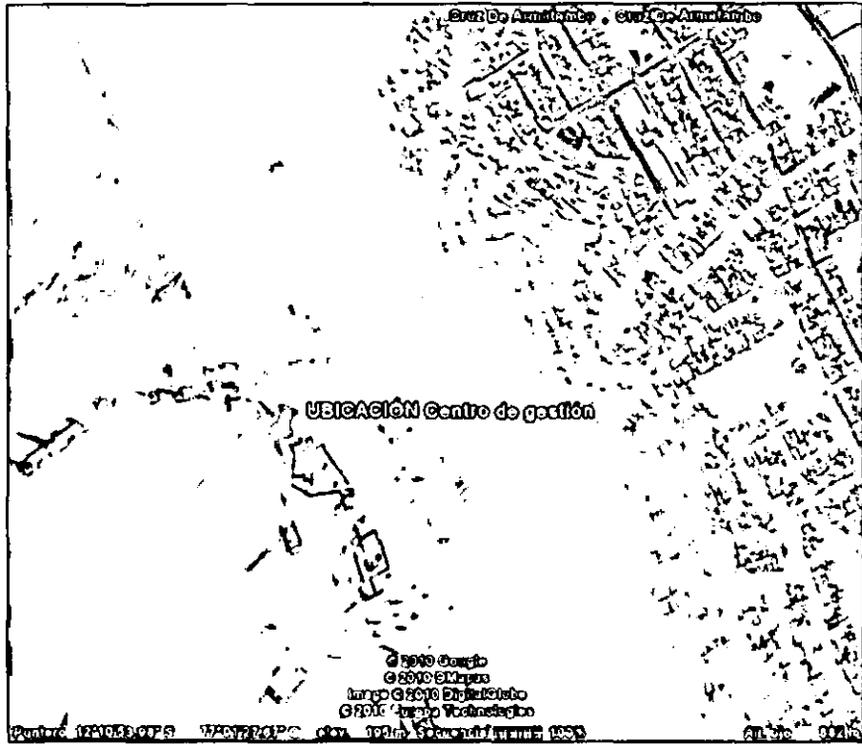


Fig. 1.1 Morro solar de Chorrillos.



Fig. 1.2 Planta de recepción local – Casma.

Tabla 1.1 Canales nacionales.

Nº	Logo	Canal	Satélite
1		Frecuencia Latina.	Intelsat 805
2		Panamericana TV.	Intelsat 805
3		Andina de Televisión.	Intelsat 805
4		Red Global.	Intelsat 805
5		Perú TV.	Intelsat 805
6		TV Perú.	Intelsat 14
7		América Televisión.	NSS 806
8		Bethel TV.	Intelsat 9

Tabla 1.2 Canales internacionales.

Nº	Logo	Canal	Satélite
1		Cartoon Network.	Intelsat 11
2		CNN.	Intelsat 11
3		CNN en español.	Intelsat 11
4		TNT.	Intelsat 11
5		TCM.	Intelsat 11
6	INFINITO	Infinito.	Intelsat 11
7		Boomerang.	Intelsat 11
8		HTV.	Intelsat 11
9		TRU TV.	Intelsat 11
10		Fashion TV.	Intelsat 11
11		Fox Sports.	Intelsat 9
12		Discovery Channel.	Intelsat 11
13		Discovery Kids.	Intelsat 11
14		Animal Planet.	Intelsat 11
15		Discovery Home & Health.	Intelsat 11
16		TL Novelas.	Intelsat 11

17		Canal de las Estrellas.	Intelsat 11
18		De Película.	Intelsat 11
19		Golden.	Intelsat 11
20		History.	Intelsat 11
21		ESPN.	Intelsat 11
22		ESPN+.	Intelsat 11
23		Red Chile.	Intelsat 705
24		Telecanal.	Intelsat 705
25		Antena Latina.	Intelsat 14
26		Tele Amiga.	NSS 806
27		Canal 9 México.	Intelsat 805
28		Canal 13 Colombia.	NSS 806
29		TEN Televisión Educativa Nacional Canal 10 Honduras.	Intelsat 14
30		Teleamazonas.	Intelsat 805
31		Trace TV.	Telstar 12
32		Cubavisión.	Hispasat 1D
33		Telecadena 7&4.	Intelsat 14

34	 señalcolombia	Señal Colombia.	NSS 806
35	 TELEFUTURO	Telefuturo.	Intelsat 14
36	 telesur	Telesur.	NSS 806
37		Nuevo Tiempo.	NSS 806
38	 enlace	Enlace.	Intelsat 9

1.3.3 Otras señales televisivas

Se difundirá 3 Señales de producción local propia, cuyos contenidos se detallan a continuación.

El objetivo de la programación es atraer una considerable tele audiencia del País, con la programación debidamente estructurada, con lo que se conseguirá que los espacios sean patrocinados por auspiciadores que financien la operación de la televisora con la colocación y difusión de avisos publicitarios, o con horarios rentados cuyo costo cubrirá los gastos de funcionamiento de la estación radiodifusora.

Con la finalidad de facilitar la participación del público televidente se diseñará diversos mecanismos para que hagan llegar sus aportes en beneficio de la radiodifusora como también sus quejas en caso de haberlas, la programación que se lanzará al aire es de contenido variado de acuerdo al horario de difusión; se consultará permanentemente a profesionales en comportamiento de masas, psicólogos, docentes y representantes de las diversas congregaciones religiosas, para dar pluralidad a nuestra programación.

Los responsable del Proyecto serán Profesionales en las especialidades de Periodismo, Sociología, Psicología ó Ciencias de la Comunicación con estudios en comportamiento de masas, para producir programas que despierten el interés de cada segmento socioeconómico de la población, la programación se hará en horarios adecuados y espacios para el entretenimiento familiar, estimulando los valores culturales de la región, también se programarán espacios noticiosos que mantendrán informados a nuestros televidentes.

- **Canal local deportivo**

En el Canal Deportivo podrás encontrar todos los partidos de **Fútbol** como el descentralizado profesional, segunda división, copa Perú, fútbol internacional; **Baloncesto, Tenis, vóley, boxeo**, los grandes premios de **MotoGP y Fórmula 1**, resúmenes audiovisuales, resultados, clasificaciones, noticias de actualidad y un amplio archivo con los mejores eventos deportivos en video de alta definición.

Además se contará con los mejores periodistas del medio para el comentario y análisis de los eventos a transmitir.

- **Canal de local de noticias**

El canal de noticias será un medio de expresión que publicará informaciones, noticias y opiniones locales y nacionales, tomará y recibirá noticias de personas o agencias de noticias u oficinas de prensa de instituciones públicas y privadas; hará sus propias notas, artículos, crónicas o reportajes o los recibe de quienes en forma consciente, libre, espontánea y voluntaria han querido ser forjadores de libertad democrática de la expresión, información y pensamiento; permitiendo en conjunto a los televidentes a formarse un criterio sobre su contenido.

No tendrá compromisos con ideologías, políticas, tendencias o credos, sociedad civil o ciudadanos del común; por lo tanto, será y procurará ser un espacio abierto a la información y opinión en el ámbito periodístico con proyección internacional a través de Internet.

Con la finalidad de mantener bien informado a la teleaudiencia se brindará las 24 horas del día en forma ininterrumpida los acontecimientos nacionales e internacionales.

- **Canal local cultural**

Este canal tendrá la ambición de ocupar un lugar definitivo en el terreno de la información cultural, será una marca que ofrecerá información puntual de la cultura de nacional a través de sus creadores y de cara a sus audiencias; es decir, ajeno a las versiones burocráticas de la cultura, se ocupará del cine, de las salas donde se exhibe, los lugares donde se rueda, los espectadores que lo ven...y también de los libros, la música, el teatro, la danza y las artes plásticas; del videoarte y la video creación, de los graffitis, del arte callejero y de cuantas manifestaciones individuales o colectivas expresen la riqueza cultural nacional.

El término **cultura** se entiende no solo como la muestra de las manifestaciones más tradicionalmente entendidas como tales y que son objeto de las actuales industrias

culturales, sino que también considera su vertiente más popular, incluyendo aspectos antropológicos y etno-folclóricos. Las culturas originarias y sus descendientes, la forma de vida y sus costumbres, son también piezas claves para entender la actualidad cultural en muchos pueblos iberoamericanos. Por ello, la información cultural atenderá tanto lo local, como lo regional o nacional.

Con este canal la teleaudiencia dará un viaje por lo mejor de nuestra gastronomía, nuestra música, nuestra cultura. Lugares fascinantes y programación variada para toda la familia, la **Tabla 1.3** muestra los tres canales de producción local.

Tabla 1.3 Canales locales.

Nº	Logo	Canal
1	<p style="text-align: center;">D Canal Local Deportivo</p>	Canal Local Deportivo
2	<p style="text-align: center;">N Canal Local de Noticias</p>	Canal Local de Noticias
3	<p style="text-align: center;">C Canal Local Cultural</p>	Canal Local Cultural

CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Por que difusión vía satélite?

Las transmisiones de televisión tanto las captadas por antena, como las que llegan por medio de un cable en la modalidad de Video-Cable, tienen sus portadoras situadas en las bandas VHF o UHF. La utilización de estas frecuencias permite la recepción en óptimas condiciones, hasta distancias que no superen el horizonte óptico, tal cual se divisaría desde la antena transmisora. En consecuencia, la recepción de programas televisivos fuera de los límites expresados, se caracteriza por dificultades técnicas y, en ciertos casos, por la inseguridad de lograrla en la oportunidad deseada.

En áreas alejadas de las grandes ciudades, para la recepción de la señal se debió instalar antenas muy elaboradas y de altos costos. Con esto se logró mejorar, hasta donde fuera posible la calidad de recepción. Este sector de televidentes se verá ahora beneficiado con la televisión por satélite. Podrá ver imágenes dotadas de la misma calidad y acompañadas por el mismo sonido irreprochable que caracteriza a las que son captadas por televisores instalados dentro del área de servicio óptimo de transmisores.

Los satélites de transmisión son especialmente convenientes para regiones en las cuales escasea una buena red de comunicación o están lejos de los grandes sistemas urbanos, además contribuyen en el desarrollo de países donde los programas tienen que ser transmitidos a grandes distancias. Esto invierte la situación donde la variedad de programas es limitada por la escasez de frecuencias para transmisores o donde la transmisor convencional en redes no esta siendo suficientemente introducidas.

Esta técnica se fundamenta en transmitir, desde el lugar de origen del programa, a un satélite de comunicación. Este esta equipado con receptores y por cierto, con transmisores capaces de volver a dirigir a la tierra a la misma transmisión. Un satélite de transmisión directa permite al usuario recibir directamente señales para

su retransmisión. Esta clase de satélites poseen una antena que debe quedar apuntando a una área determinada todo el tiempo y las técnicas deben ser más sofisticadas. Sin embargo, el satélite solo tiene una cantidad limitada de energía eléctrica a su disposición. Así, la dimensión de la región sobre la tierra cubierta por la antena de transmisión es más pequeña que de la región que abarca todos los países en la C.E.E. (Comunidad Económica Europea). Esta recepción puede ser posible, a través del área con la ayuda de discos parabólicos de aprox. 90 cm. de diámetro.

- **Características técnicas de las estaciones de TV**

Un sistema de comunicaciones vía satélite está formado por una o más estaciones terrestres encargadas de enviar la señal de TV a un satélite operacional que se encuentra en órbita geostacionaria, lo cual constituye el enlace ascendente.

A su vez el satélite enviará la señal de nuevo a la tierra, formando el enlace descendente. Esta señal puede ser recibida por estaciones individuales de solo recepción o de tele distribución. Para evitar interferencias entre los dos haces las frecuencias de ambos son distintas.

Estaciones Transmisoras

El número de canales de televisión transmitidos por una estación, dependen del diseño electrónico del satélite. Los primeros podrían transmitir hasta doce canales de TV simultáneamente. Actualmente se manejan muchos más canales.

Las señales transmitidas por satélites pueden ser modificadas para impedir su recepción en forma utilizable por quienes no estén expresadamente autorizados para ello. Por efecto quien carezca de los medios que permitan descifrarla no podrán aprovecharlas (tanto la imagen como el sonido). Se debe tener en cuenta, que en la mayoría de los casos, lo que interesa a los canales de TV es llegar a la mayor cantidad de audiencia. Por lo cual la técnica que utilizan para dicho procedimiento de transmisión se denomina **scrambled o de forma encriptada**, como se suele decir. Esta técnica "revuelve", en el sentido de mezclar la información, lo cual pierde así todo su valor. De esa manera, se mantiene la privacidad de sus programas.

Estaciones Receptoras

Las señales de TV vía satélite pueden transmitirse en combinación con programas por aire, video cassette, juegos de video o incluso con mensajes de TV en circuitos

cerrados. No existen límites a las posibilidades de diseño una vez que se ha captado y procesado una señal de satélite potente.

Las configuraciones más complejas de equipo para recepción de satélites se componen de unidades básicas: antena, alimentador, LNA (amplificador de bajo ruido), convertidor descendente, cable, receptores y televisores. Estos componentes se combinan con separadores, amplificadores de línea, atenuadores, terminadores, barreras de corriente continua, conmutadores A/B, combinadores y reveladores coaxiales para crear cualquier combinación.

Con una antena grande de plato se recoge la señal y se la refleja hacia su foco. Un concentrador o alimentador, ubicado precisamente en dicho foco, canaliza la radiación reflejada y concentrada por el plato hacia el LNA, que es aquí el primer elemento activo. Un corto tramo de cable revela estas señales hacia un dispositivo llamado conversor, el cual baja la gama de frecuencias. Después de la sub conversión, el mensaje es enviado a un receptor de video para ser convertido en una forma comprensible para la TV.

2.1.1 Análisis del sistema transmisión convencional

• **Las ventajas y desventajas de la transmisión vía satélite más relevantes sobre la transmisión convencional son las siguientes:**

La transmisión vía satélite por presentar una cobertura territorial muy amplia genera serios problemas de seguridad, ya que cualquier estación puede captarlos con solo sintonizar la frecuencia del satélite. Para evitarlo se adicionan medidas de seguridad: cifrado y encriptado de transmisiones.

Debido a que la transmisión vía satélite trabaja en bandas de frecuencias muy altas, cada satélite es capaz de soportar el tráfico de mucha información. Por ejemplo, un satélite moderno puede estar formado por diez transponder y cada uno con capacidad de 48 Mbps.

Las condiciones meteorológicas adversas pueden afectar la señal en la transmisión satelital durante su camino entre la estación terrena y el satélite.

Otra desventaja es la del retardo que puede originar problemas, ya que la señal recorre 36,000 Km. de subida y otros tantos de retorno a la Tierra.

Periódicamente el sol, el satélite y la estación terrena quedan alineados provocando una elevación del ruido térmico que supera la intensidad de la señal. En las grandes ciudades existe actualmente congestión de microondas; se instalaron tantas antenas de microondas que se interfieren unas a otras y las ondas en el aire están

saturadas. Esto obliga a buscar un medio de transmisión alternativo como los enlaces vía satélite. Pero, una desventaja con respecto al satélite, propiamente dicho, es que resulta muy costosa la construcción, lanzamiento y mantenimiento del mismo.

- **Las ventajas mas relevantes para el caso de una Sistema de Difusión Directa por Satélite (DDS), son las siguientes:**

Más elección: DDS ofrece competitividad, elemento muy importante en el mundo de la televisión de pago. Esto no se produce en el cable, donde su monopolio no incentiva la adición de nuevas ofertas. Así, en EE.UU., por ejemplo, hay varios proveedores de DDS.

Acceso rural: En algunas zonas rurales las redes de cable no están disponibles, mientras que el DDS al ser un servicio por satélite puede alcanzar estas zonas.

Servicio fiable: El servicio de cable depende de que no haya caídas en la red o de que no se rompa algún cable. El servicio DDS sólo puede verse afectado por un tiempo meteorológico muy severo o por interferencias solares durante los equinoccios, lo cual es raro.

- **Ventajas de la difusión por cable:**

Canales locales: Las redes de CATV ofrecen una buena recepción de los canales locales. Esto para los proveedores de DDS es una tarea muy difícil ya que para ello cada difusor tendría que tener un enlace uplink al satélite. Sin embargo en EE.UU., proveedores como Echostar ya empieza a difundir canales locales.

Equipo más sencillo: Para la recepción de cable sólo hace falta un cable-modem, mientras que para recibir los servicios DDS hace falta una antena exterior con la adecuada orientación y un receptor/decodificador por cada televisor.

2.2 Satélites.

Un satélite es un cuerpo que gira alrededor de otro. La Tierra tiene un satélite natural y 9,000 satélites artificiales Aproximadamente.

Con estos artefactos de percepción remota se puede observar una gran extensión de terreno, pues están muy por encima de donde circulan normalmente los aviones. Estos permiten fotografiar toda la cordillera del Himalaya o de los Andes; conocer el curso de las aguas, desde una pequeña corriente hasta su gran desembocadura en el océano; o explorar y mostrar áreas inaccesibles, como las heladas regiones de los polos y las profundidades marinas, sólo por dar algunos ejemplos. Veamos el

Cuadro 2.1, que muestra los tipos de satélites según su función y la órbita en que utilizan.

Cuadro N° 2.1 Satélites según su función y su órbita.

Tipos De órbita	Altura sobre el nivel del mar (Km.)	Velocidad del satélite (Km/hr.)	Función del satélite	Ventajas
Órbita baja	250 a 1 500	25 000 a 28 000	Comunicaciones y observación de la Tierra.	Poco retraso en las comunicaciones. Se requiere menor potencia.
Órbita polar	500 a 800 sobre el eje polar	26 600 a 27 300	Clima. Navegación.	Están perpendiculares sobre la línea del Ecuador, por lo que pueden observar distintas regiones de la Tierra.
Órbita geo-estacionaria	35 786 sobre el Ecuador	11 000	Comunicaciones. Clima. GPS.	Al dar la vuelta a la Tierra a su misma velocidad, siempre observa el mismo territorio
Órbita elíptica	200 a 1 000 Perigeo (*) 39 000 Aprox. Apogeo (**)	34 200 Aprox. 5 400 Aprox.	Comunicaciones	Servicios a grandes latitudes.

(*) Perigeo (cuando está más cerca de la Tierra)

(**) Apogeo (cuando está más lejos).

2.2.1 Parámetros de los sistemas satelitales

2.2.1.1 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 manera normal, en el transponder del satélite, son dispositivos no lineales. Su ganancia (potencia de salida contra potencia de entrada) depende del nivel de señal de entrada. Una curva característica típica de potencia de entrada/salida se muestra en la Fig. 2.1. Puede observarse que conforme la potencia de entrada se reduce a 5 dB, la potencia de salida se reduce solo 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 aproximadamente llamada *pérdida de respaldo* (L_{bo}).

Para funcionar lo mas eficientemente posible debe operar un amplificador de potencia lo mas cercano posible a la saturación. La *potencia de salida saturada* es designada o simplemente 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 terrenas. Consecuentemente, cuando se trata con sistemas satelitales, P_t generalmente se expresa en dBW (decibeles con respecto a 1 W.) en ves de dBm (decibeles con respecto a 1 mW.).

La mayoría de sistemas satelitales modernos usan transmisión por desplazamiento de fase (PSK), o modulación de amplitud en cuadratura (QMA), en ves de modulación en frecuencia convencional (FM). Con PSK o QMA, la banda base de entrada generalmente es de señal PCM codificada con multicanalización por división de tiempo, la cual es digital por naturaleza, Además, con PSK o QAM, se pueden codificar varios bits en un solo elemento de señalización de transmisión. Consecuentemente, un parámetro mas importante que la potencia de portado es la energía *bit* (E_b). Matemáticamente, E_b es:

$$E_b = P_t T_b \quad (2.1)$$

En donde:

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

P_t = potencia total de la 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.

$$E_b = P_r/f_b \quad (2.2)$$

2.2.1.2 Potencia radiada isotrópica efectiva

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

$$\text{PIRE(dBW)} = P_r A_t \quad (2.3)$$

En donde:

PIRE = *potencia radiada isotrópica*.

P_r = potencia total radiada de una antena.

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

Expresado como logaritmo,

$$\text{PIRE (dBW)} = P_r \text{ (dBW)} + A_t \text{ (dB)}$$

Con respecto a la salida del transmisor,

$$P_r = P_t - L_{bo} - L_{bf}$$

Por lo tanto

$$\text{PIRE} = P_t - L_{bo} - L_{bf} + A_t \quad (2.4)$$

En donde:

P_t = *potencia de salida real del transmisor (dBW)*

L_{bo} = *pérdidas por respaldo de HPA (dB)*

L_{bf} = *ramificación total y pérdida de alimentador (dB)*

A_t = *ganancia transmisora de la antena (dB)*

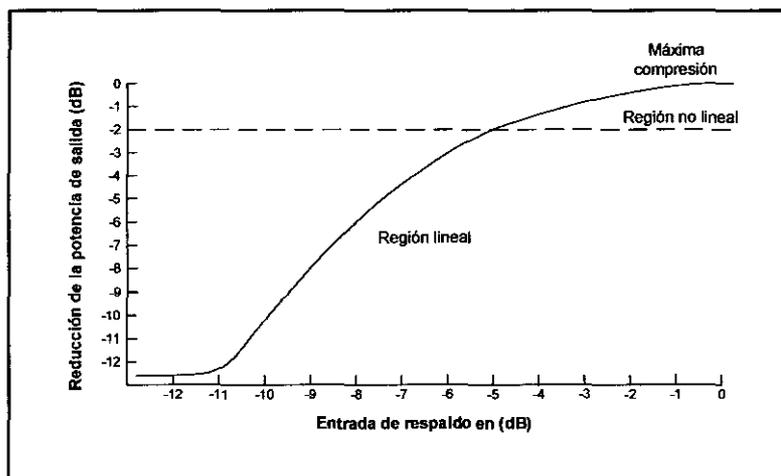


Fig. 2.1 Curva característica de entrada/salida del HPA

2.2.1.3 Temperatura de ruido equivalente

Con los sistemas de microondas terrenas, el ruido introducido en un receptor o un 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* (T_e) cuando se evalúa el rendimiento de un sistema satelital. La potencia total de ruido matemáticamente se expresa como:

$$N = KTB \quad (2.5)$$

Re arreglando y resolviendo para T nos da:

$$T = \frac{N}{KB} \quad (2.6)$$

En donde:

N = potencia total de ruido (Watts)

K = Constante de Boltzmann (Joules por grado Kelvin)

B = Ancho de banda (Hertz)

T = temperatura de ambiente (grados Kelvin)

También podemos expresar la Figura de ruido como función de la Temperatura, tal como sigue:

$$NF = 1 + \frac{T_e}{T} \quad (2.7)$$

En donde:

T_e = temperatura de ruido equivalente (grados Kelvin).

NF = figura de ruido expresada como un valor absoluto.

T = temperatura ambiente (grados Kelvin).

Re arreglando la formula (2.7) tenemos:

$$T_e = T(NF - 1)$$

Típicamente, las temperaturas de ruido equivalentes de los receptores usados en el transponder de los satélites son aproximadamente 1000 K. Para los receptores de las estaciones terrenas los valores de T , están entre 20 y 1000 K. La temperatura de ruido equivalente es generalmente más útil cuando se expresan logarítmicamente con la unidad dBk, de la siguiente manera:

$$T_e(\text{dBK}) = 10\log(T_e)$$

Para una temperatura de ruido equivalente de 100 K, $T_e(\text{dBK})$ es:

$$T_e(\text{dBK}) = 10\log(100)$$

$$T_e(\text{dBK}) = 20 \text{ dBK}$$

La temperatura de ruido es un valor hipotético que puede calcularse, pero no puede medirse. La temperatura de ruido equivalente frecuentemente se usa en vez de la figura de ruido, por que es un método más exacto para expresar el ruido aportado por un dispositivo o un receptor cuando se evalúa su rendimiento. Esencialmente, la temperatura de ruido equivalente (T_e) representa la potencia de ruido presente a la entrada de un dispositivo más el ruido agregado internamente por este dispositivo. Esto nos permite analizar las características del ruido de un dispositivo simplemente evaluando una temperatura de ruido equivalente de entrada. T_e es un parámetro muy útil cuando se evalúa el rendimiento de un sistema satelital.

2.2.1.4 Densidad de ruido

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

$$N_o = \frac{N}{B} = KT_e \quad (2.8)$$

En donde:

N_o = densidad de ruido (W/Hz) (N_o 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 (Joule por grados Kelvin)

T_e = temperatura de ruido equivalente (grados Kelvin)

Expresado como logaritmo,

$$N_o(\text{dBW/Hz}) = 10\log(N) - 10\log(B)$$

$$N_o(\text{dBW/Hz}) = 10\log(K) - 10\log(T_e)$$

2.2.1.5 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 un ruido térmico presente en un ancho de banda de 1 Hz normalizado. La relación densidad de portadora a ruido, también se puede escribir como una función de la temperatura de ruido, Matemáticamente, C/N_o es:

$$\frac{C}{N_o} = \frac{C}{KT_e} \quad (2.9)$$

Expresándolo como logaritmo,

$$\frac{C}{N_o} \text{ (dB)} = C\text{(dBW)} - N_o\text{(dBW)}$$

2.2.1.6 Relación de la densidad de energía de bit a ruido

E_b/N_o es uno de los parámetros mas importantes y más usados, cuando se evalúa un sistema de radio digital, La relación de E_b/N_o 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_o es.

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{C/f_b}{N/B} = \frac{CB}{Nf_b} \quad (2.10)$$

E_b/N_o es un término 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_o . Re arreglando (2.10), resulta en la siguiente expresión:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{C}{N} \times \frac{B}{f_b} \quad (2.11)$$

La relación E_b/N_o es el producto de la relación de portadora a ruido (C/N) y la relación de ancho de banda del ruido a tasa de bits (B/f_b), expresada como logaritmo,

$$\frac{E_b}{N_o} \text{ (dB)} = \frac{C}{N} \text{ (dB)} + \frac{B}{f_b} \text{ (dB)} \quad (2.12)$$

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) permanezcan sin ningún cambio. Además la densidad de ruido (N_o) 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_o permanecerá constante, sin importar la técnica de codificación, esquema de modulación o ancho de banda usado.

La Fig. 2.2 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 Fig. 2.3, ilustra

gráficamente la relación entre un $P_{(e)}$ esperado y la mínima relación E_b/N_o requerida para lograr ese $P_{(e)}$.

Un $P_{(e)}$ de 10^{-5} ($1/10^5$) indica una probabilidad de que 1 bit estará en error por cada 100,000 bits transmitidos. $P_{(e)}$ es análogo a la tasa de error de bit (BER).

2.2.1.7 Relación de ganancia a temperatura de ruido equivalente

Esencialmente, la relación de *ganancia a temperatura 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 ganancia de la antena receptora mas la ganancia del LNA, a la temperatura de ruido equivalente. Matemáticamente. La relación de ganancia a temperatura de ruido equivalente es:

$$\frac{G}{T_e} = \frac{A_r + A(LNA)}{T_e} \quad (2.13)$$

Expresado en logaritmos:

$$\frac{G}{T_e} (\text{dBK}^{-1}) = A_r(\text{dB}) + A(\text{LNA}) - T_e(\text{dBK}) \quad (2.14)$$

G/T_e es un parámetro muy útil para determinar las relaciones E_b/N_o 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 de enlace.

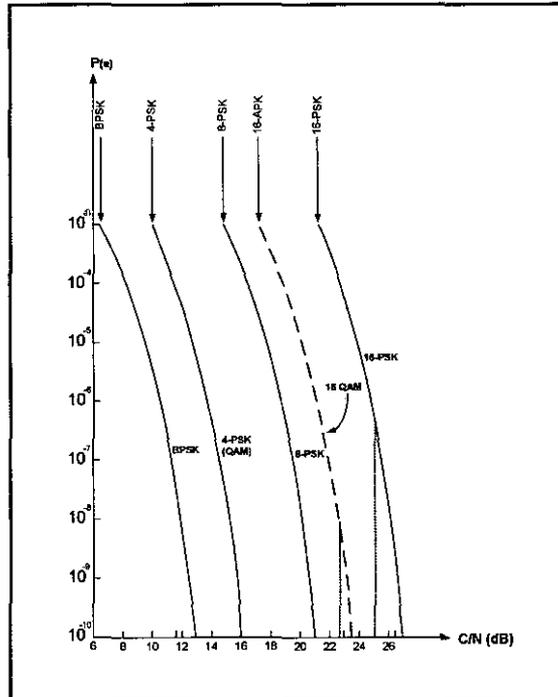


Fig. 2.2 Rendimiento $P(e)$ de M-ary PSK, QAM, QPR y sistema coherente M-ary APK. El C/N rms se especifica en el ancho de banda de Nyquist de doble banda lateral.

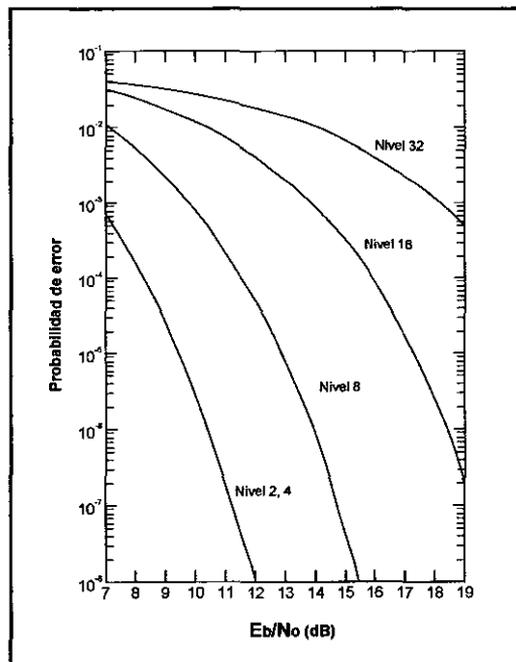


Fig. 2.3 Probabilidad de error $P(e)$ contra la relación E_b/N_0 para varios esquemas de modulación digital.

2.3 Análisis de los elementos del Sistema

2.3.1 Antenas Parabólicas

Las antenas parabólicas tienen como función la radiación o la recepción de **ondas electromagnéticas**, su elemento reflector parabólico concentra la energía en el **punto focal** obteniendo, así, su característica de transmisión o recepción unidireccional según sea su aplicación.

Por su construcción pueden ser sólidas o de malla.

2.3.1.1 Antenas sólidas

Características principales de estas antenas son las siguientes:

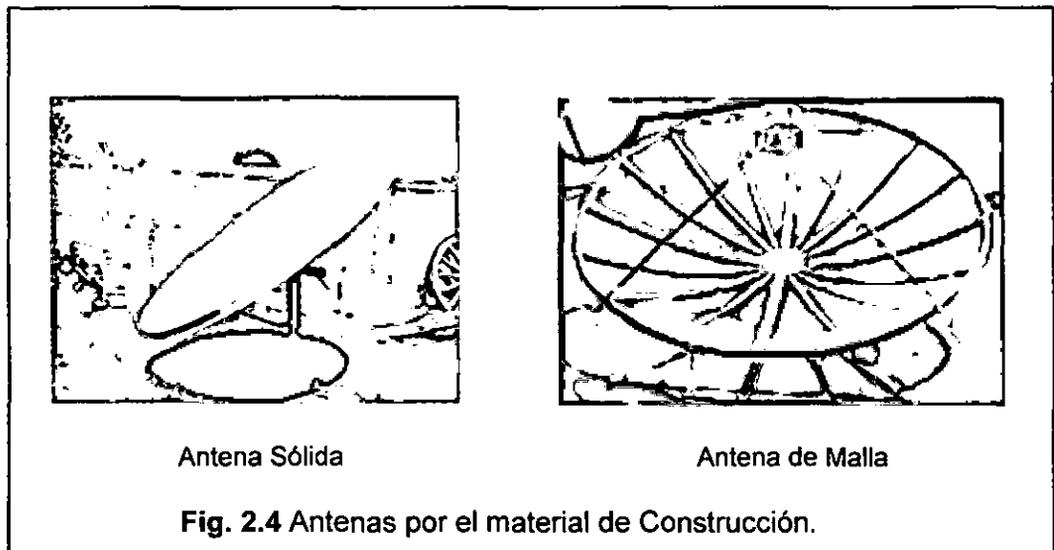
- Para su fabricación se puede emplear la hoja de lámina o la fibra de vidrio, lo que permite reducir los costos de manufactura.
- Proporciona una mayor reflexión de energía hacia el punto focal desde la superficie de la misma.
- La energía concentrada o reflejada es mayor que en una antena de malla, debido a que su superficie es completamente cerrada, mejorando en forma directa la calidad de recepción de la señal.
- Este tipo de antena requiere de un mayor cuidado, ya que el material empleado tiende a corroerse (dependiendo del clima en el lugar donde se instala) de forma más rápida.

2.3.1.2 Antenas de malla

Características principales de las antenas de malla son las siguientes:

- Básicamente el plato está hecho de aluminio y las bases y soportes se hacen con herrería.
- La reflexión de señales en las antenas de malla es menor que las de tipo sólido, debido a la consistencia que posee la malla al permitir el paso de las ondas electromagnéticas; sin embargo, este problema se compensa al aumentar el diámetro del plato reflector.
- La calidad de recepción de la antena de malla se basa en los diámetros. A mayor diámetro empleado, mejor calidad.

Presenta una mayor resistencia a la intemperie, sin embargo hay que dar mantenimiento principalmente a la herrería y tornillería empleada. La **Fig. 2.4**, muestra las antenas por su material de construcción.



2.3.1.3 Tipos de antenas parabólicas.- Las más importantes son:

Antena parabólica de foco primario

Este tipo de antena tiene la característica fundamental de que las ondas que inciden en la superficie de la antena, dentro de un ángulo determinado, se reflejan e inciden en un punto denominado Foco (a excepción de la antena plana). Allí se colocará el detector correspondiente.

La superficie de la antena es un paraboloide de revolución. Todas las ondas inciden paralelamente al eje principal se reflejan y van a parar al Foco, como lo grafica la Fig. 2.5. El Foco está centrado en el paraboloide.

Tiene un rendimiento máximo del 60% aproximadamente, es decir, de toda la energía que llega a la superficie de la antena, el 60% llega al foco y se aprovecha, el resto no llega al foco y se pierde.

Antena parabólica OFFSET

Este tipo de antena se obtiene recortando de grandes antenas parabólicas de forma esférica. Tienen el Foco desplazado hacia abajo, de tal forma que queda fuera de la superficie de la antena. Debido a esto, el rendimiento es algo mayor que en la de Foco primario, y llega a ser de un 70% o algo más.

El diagrama de directividad tiene forma de óvalo.

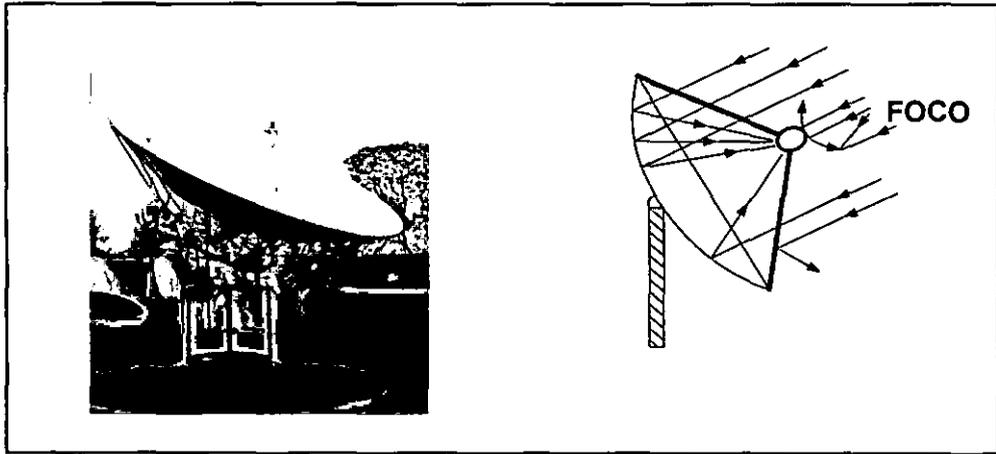


Fig. 2.5 Antena parabólica de foco primario.

Las ondas que llegan a la antena, se reflejan, algunas se dirigen al foco, y el resto se pierde, tal como se puede apreciar en la Fig. 2.6.

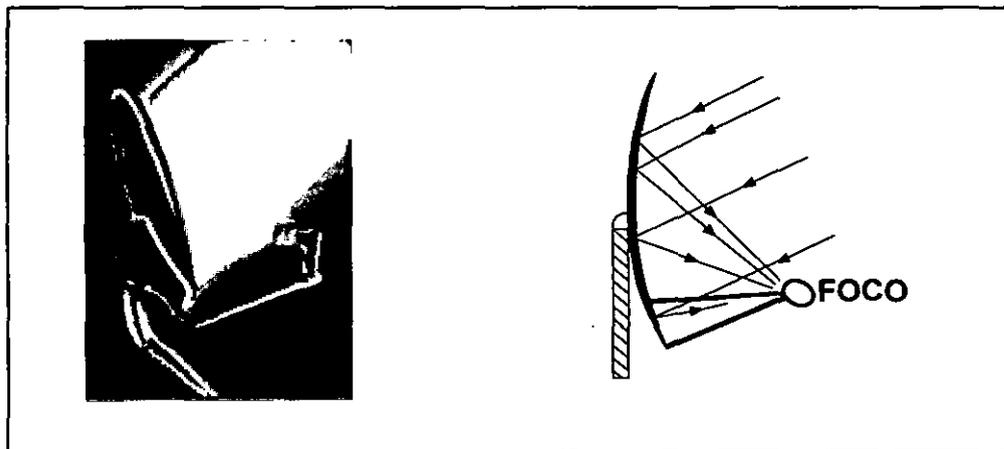


Fig. 2.6 Antena parabólica Offset.

Antena parabólica Cassegrain

Es similar a la de Foco Primario, sólo que tiene dos reflectores; el mayor apunta al lugar de recepción, y las ondas al chocar, se reflejan y van al Foco donde está el reflector menor; al chocar las ondas, van al Foco último, donde estará colocado el detector, como se puede graficar en la Fig. 2.7.

Se suelen utilizar en antenas muy grandes, donde es difícil llegar al Foco para el mantenimiento de la antenna.

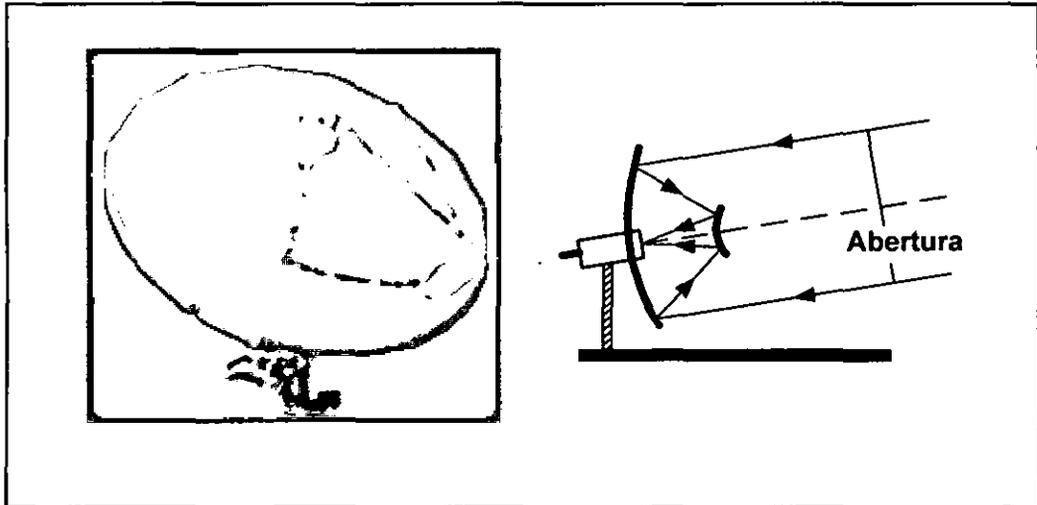


Fig. 2.7 Antena parabólica Cassegrain.

En la Fig. 2.8 graficada a continuación se aprecia un análisis comparativo gráfico entre las antenas de foco primario y Cassegrain.

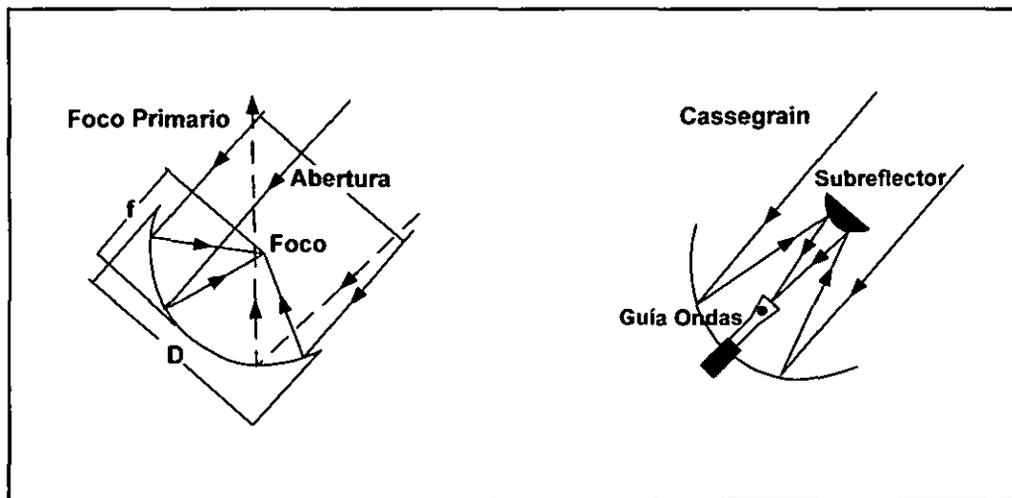


Fig. 2.8 Comparación de funcionamiento de Antenas de foco primario y Cassegrain.

Antenas planas

Es aquella antena la cual utiliza una serie de mini captadores sensibles enlazados entre ellos y dispuestos sobre una superficie plana. Su tamaño le hace ser más discreta en la instalación.

Se están utilizando mucho actualmente para la recepción de los satélites de alta potencia (DBS), como el Hispasat. La Fig. 2.9, muestra un ejemplo de esta antena.

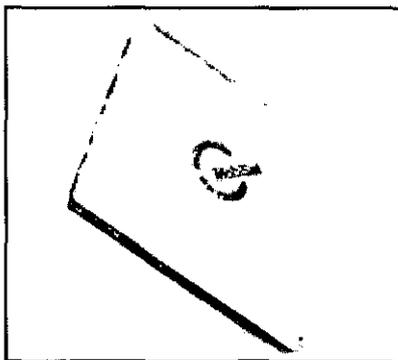


Fig. 2.9 Antena plana.

2.3.2 Alimentador o iluminador

Es el componente encargado de recoger y enviar hacia el guía-ondas las señales de radiofrecuencia reflejadas en la antena parabólica. Va colocado en el foco de la parábola, la Fig. 2.10, muestra un Alimentador Clásico.

Para poder discriminar entre polarización horizontal y vertical existe un elemento denominado polarizador, y discrimina la polarización según el tipo y la forma de colocarlo. Para pasar de polarización vertical a horizontal y viceversa, basta girar 90° el conjunto alimentador-polarización-conversor. En algunas instalaciones se puede disponer de un servomecanismo llamado Pola-Rotor o discriminador, que realiza el giro de 90° a distancia (desde la unidad de sintonía), mediante un selector de polaridad horizontal/vertical, que permite cambiar de posición la polaridad del alimentador.

Existen alimentadores de doble polaridad u ortomodos, que permiten disponer simultáneamente de las señales de TV por satélite en polarización vertical y horizontal. Utiliza dos guías de ondas del tamaño requerido, perpendiculares entre sí; una transmite la polaridad horizontal y la otra la polaridad vertical. Se utilizan dos conversores para cada una de estas señales recibidas.

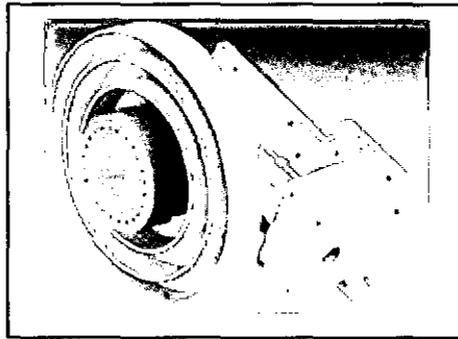


Fig. 2.10 Alimentador o iluminador.

2.3.3 Conversor LNB (de baja figura de ruido)

La señal del haz descendente, que se refleja en la superficie de la antena parabólica, orientada al satélite determinado, concentra toda su energía en el Foco, y a través del iluminador situado en dicho punto, se introduce la señal en el amplificador previo.

La señal captada por la antena es muy débil, por la gran atenuación que sufre en el espacio desde el satélite hasta el punto de recepción y, además, por tener una frecuencia muy elevada, debe ser cambiada para evitar al receptor (sintonizador de satélite) a una frecuencia mucho más baja que se propague por el cable coaxial sin una gran atenuación (F.I. = 950 Mhz a 1750 Mhz). El dispositivo encargado de ello se denomina Conversor y al ser de bajo nivel de ruido se denomina conversor de bajo nivel de ruido o LNC, que unido a un amplificador de bajo nivel de ruido o LNA y a un oscilador local, mezclador y filtro de la 1ª F.I. forma lo que se llama LNB o bloque de Bajo nivel de Ruido, que comúnmente se denomina Conversor LNB, la Fig. 2.11, muestra un LNBs Clásicos.

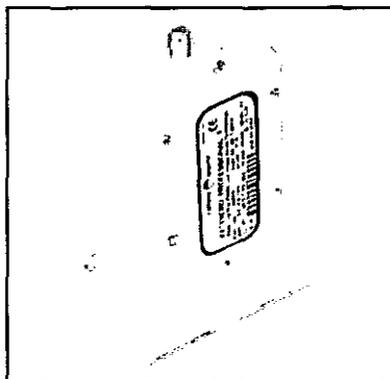


Fig. 2.11 Conversor LNB.

2.3.4 Receptor de Satélite

También denominada Unidad de Recepción de satélite, es la encargada de sintonizar cada uno de los canales captados por la antena.

La conexión de la antena a la unidad interior se hace por medio de un cable coaxial de poca atenuación y buena respuesta a las frecuencias de la 1ª F.I. que comprende el margen de 950 MHz a 1750 MHz. La salida de la Unidad interior irá al receptor de TV o a la entrada de un videocasete según desee disponerlo el usuario, utilizando un cable coaxial normal de TV. El cable coaxial será de 75Ω de impedancia, la Fig. 2.12, muestra un receptor satelital tradicional.

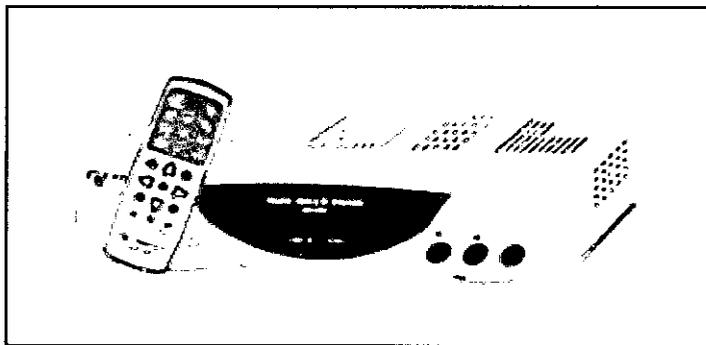


Fig. 2.12 Receptor de Satélite.

2.3.5 Moduladores

En CATV se pueden distinguir 2 tipos de moduladores:

- a. De frecuencia fija de salida
- b. De frecuencia sintonizable de salida.

En los de frecuencia fija de salida, la señal de entrada principal ingresa al modulador directamente o a través de una etapa de ecualización que corrige la diferencia de amplitud en función de la frecuencia provocada por el cable.

En la etapa moduladora se modula en AM la señal de video y la salida de F.I. = 45.75 MHz es filtrada obteniéndose la banda lateral vestigial utilizada en televisión. Para este filtrado suele recurrirse a filtros piezoeléctricos de tecnología SAW (Surface Acoustic Wave) que poseen una característica de retardo de grupo plana en toda la banda, además de excelente estabilidad en tiempo y temperatura.

La salida de este filtro ingresa a un amplificador de FI, cuya salida tiene acceso externo al equipo.

La señal de audio (impedancia de entrada 600Ω) esta modulada en FM, después de pasar por una etapa de preénfasis (75 ms). Luego de modulada se filtra para eliminar armónicos no deseados y se amplifica. Ala salida existe la misma facilidad de conexión que con el caso de video.

Ambas señales (video y audio) se combinan e ingresan a un conversor de salida del cual se obtiene la señal de frecuencia del canal requerido. Un amplificador permite ajustar el nivel de salida que en muchos casos alcanza a +60 dBmV. (Portadora de video). Finalmente, el filtro de salida evita la emisión a la red de señales espurias fuera de la banda del canal.

Moduladores sintonizables

Estos equipos suelen utilizarse como reserva en cabeceras con moduladores de frecuencia fija de salida. Este equipo posee un conversor de salida sintonizable para poder ser utilizado como modulador de cualquier canal. Por ser tan versátil, no incluye el filtro de salida, por lo cual es susceptible a las componentes de ruido que el modulador de frecuencia fija era inmune.

2.3.6 Combinadores

Estos equipos de salida deben presentar una alta aislación entre entradas y una pequeña pérdida de inserción, a fin de evitar la elevada atenuación de la señal. Los combinadores pasivos son mas frecuentemente usados que los activos.

2.3.7 Amplificadores

La perdida de transmisión es la reducción en el nivel de la señal conforme esta avanza a través de los cables de la red. La atenuación presentada por el cable es función de la frecuencia, lo que provoca que los canales de frecuencias más altas sufran una mayor degradación que los canales de frecuencias más bajas.

Estas características del sistema, atenuación y respuesta en frecuencia, son compensadas en la red con la inclusión de amplificadores. Todos los amplificadores hoy utilizados, se alimentan a través del mismo cable de señal.

En la figura se muestra los bloques básicos para el transporte multicanal: un sistema de acoplamiento adecuado, un ecualizador y el amplificador propiamente dicho. El ecualizador corrige la respuesta de atenuación en función de la frecuencia, también se le llama 'slope adj' (ajuste de pendiente).

El modulo amplificador es normalmente un integrado híbrido, aunque también existen los de R.F. discretos.

La fuente de alimentación rectifica y regula la tensión de alimentación. En la rama pasante para la alimentación del próximo generador (power through) se suele introducir un fusible o interruptor que posibilita la inhibición de alimentación al siguiente paso.

Cuando se requiere transmisión bidireccional hace falta agregar amplificación en sentido inverso y filtros separadores; comúnmente este retorno de información se hace a frecuencias menores de 50 MHz (configuración 'sub-split' estándar)

También pueden existir otros bloques no considerados hasta ahora como ser amplificadores térmicos para compensación ante cambios bruscos de temperatura (comúnmente lleva un termistor) y CAG de los amplificadores.

Otro bloque de moderna inclusión es el "bridge Amplifier" (amplificador puente) donde una etapa en paralelo con la de señal directa toma muestras de la salida y se la amplifica para obtener una salida de alto nivel apta para alimentar la red subtruncal.

Un ultimo bloque importante es el 'status monitoring system' o sistema de monitoreo de estados, sistema de telemedición y teleseñalización computarizado que interroga periódicamente a los amplificadores sobre el estado de parámetros como tensiones y temperatura y los presenta en pantalla para la toma de decisiones.

Debe quedar claro que lo expuesto hasta aquí es lo básico y general que se puede encontrar, y que la verdadera combinación de bloques la da cada fabricante de equipos.

2.3.8 Cables

El cable que conecta la antena con la unidad interior de sintonía ha de ser de buenas características, es decir, poca atenuación en el margen de frecuencias utilizado en la 1ª F.I.

Los fabricantes disponen de varios modelos de este tipo de cable para poder utilizar en la instalación, sin embargo algunos instaladores utilizan el cable normal de TV con el consiguiente aumento de la atenuación y una posible pérdida de calidad de imagen si hay muchos metros de cable.

Físicamente están formados por:

En la **Fig. 2.13** se detalla la construcción y materiales de los cuales están compuestos los cables coaxiales de interconexión del LNB al Receptor de satélite.

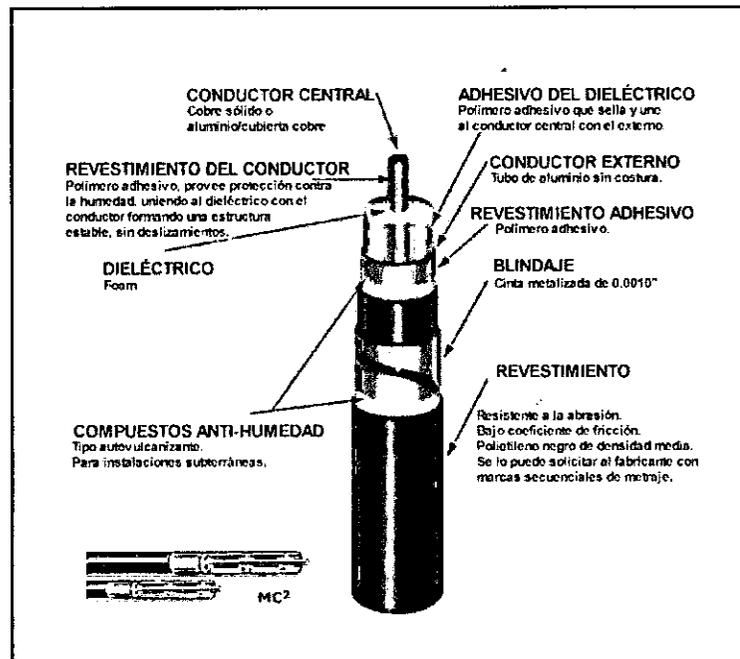


Fig. 2.13 Detalles de construcción y materiales.

2.4 Puesta en Marcha del sistema

2.4.1 Montaje físico de las antenas

Cálculo de azimut, elevación y desplazamiento de polarización

El ángulo de error para recibir adecuadamente el satélite es muy pequeño, del orden de $0,2^\circ$. Por ese motivo para recibir la señal correctamente hay que mover un poco la antena hasta encontrar el satélite con el máximo nivel de señal.

Para la orientación de una antena hay que tener en cuenta la situación geográfica del lugar de recepción y la situación del satélite.

El Ecuador divide la Tierra en el hemisferio Norte y el hemisferio Sur y el meridiano de Greenwich divide la Tierra en Este y Oeste.

Las divisiones paralelas al Ecuador se denominan Paralelos, y el ángulo considerado se llama Latitud, bien Norte o bien Sur, según sea del hemisferio Norte o del hemisferio Sur.

Las divisiones alrededor de Greenwich se denominan Meridianos, el ángulo considerado se llama Longitud, Este u Oeste.

El Azimut es el ángulo horizontal al que hay que girar la antena, desde el polo Norte terrestre hasta encontrar el satélite. A veces se indica este ángulo con relación al polo Sur.

La Elevación es el ángulo al que hay que elevar la antena desde el horizonte para localizar el satélite en cuestión.

El desplazamiento de la polarización es el ángulo al que hay que girar el convertidor de la antena para que la polarización horizontal y vertical incida perfectamente en el convertidor. En el caso de los satélites DBS, debido al uso de polarización circular, no es necesario este parámetro.

Los ángulos de Azimut, Elevación y desplazamiento de la polaridad, se pueden determinar básicamente de tres formas:

- a) Mediante cálculo matemático.
- b) Mediante tablas o gráficos realizados para cada satélite y cada país.
- c) Mediante ábaco realizado por las expresiones del apartado a).

Para instalar la antena se utiliza una brújula, que indica el polo Norte magnético, que tiene un error respecto al polo Norte geográfico. Por tanto, habrá que tenerlo en cuenta y corregirlo; a dicho error se le denomina Declinación magnética, y es distinta para cada lugar e incluso para cada año.

2.4.2 Modo de orientación

Orientación de la antena de montaje AZ – EL

Se puede sujetar al suelo o algún elemento resistente.

Tienen dos movimientos de rotación, coincidentes con el Azimut y la Elevación. Como los cálculos de Azimut y Elevación ya se han realizado previamente, sólo hay que orientar la antena.

Para ello, se utilizan dos instrumentos:

- Brújula para medir el Azimut.
- Inclinómetro para medir la Elevación; también se mide el desplazamiento de la polarización.

Con la Brújula ajustamos el valor del Azimut al calculado en el apartado anterior, incluyendo la declinación magnética del receptor.

Para la Elevación se utiliza el inclinómetro que es un medidor de inclinación. Como el inclinómetro se coloca en la superficie de la antena, lo que realmente se mide es el ángulo complementario.

A continuación se ajusta el desplazamiento de la polaridad al valor calculado para el ajuste con el inclinómetro, se suele colocar una regla recta en los extremos de la superficie de la parábola para obtener un plano recto y fiable.

Para el ajuste con la brújula, no se debe acercar mucho a superficies metálicas, pues daría un error al medir, ya que la brújula se desorienta.

Una vez orientada la antena, se procede a medir, con un medidor de campo adecuado, el nivel de señal que se recibe, y se reajusta la antena para obtener el máximo nivel de señal.

Declinación magnética

La declinación magnética en un punto de la tierra es el ángulo comprendido entre el norte magnético local y el norte verdadero (o norte geográfico). En otras palabras, es la diferencia entre el norte geográfico y el indicado por una brújula (el denominado también norte magnético). Por convención, la declinación es considerada de valor positivo cuando el norte magnético se encuentra al este del norte verdadero, y negativa si se encuentra al oeste, como se muestra en el la Fig. N° 2.14.

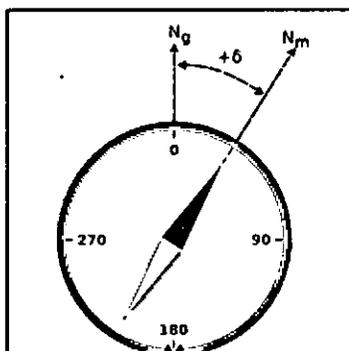


Fig. N° 2.14 Declinación o variación magnética.

El término **variación magnética** es equivalente al de declinación, y es empleado en algunas formas de navegación, entre ellas la aeronáutica. Las curvas de igual valor de declinación magnética se denominan **curvas Isogónicas**; entre ellas, aquellas que poseen un valor nulo se denominan **curvas agónicas** (una brújula ubicada en una posición comprendida en una curva agónica apuntará necesariamente al norte verdadero, ya que su declinación magnética es nula).

Cambio de la declinación en el tiempo y en el espacio La declinación magnética no es siempre de igual valor; depende del lugar en el que se ubique, llegando a variar sensiblemente de un lugar a otro. Por ejemplo, un viajero que se mueva desde la costa Oeste de Estados Unidos a la costa Este puede sufrir una variación

de la declinación magnética de cerca de veinte a treinta grados. El valor de la declinación magnética varía, además, a lo largo del tiempo. De esta forma, por ejemplo: una brújula colocada en el centro de Padua en 1796 no marca el mismo valor que si se coloca exactamente en el mismo sitio en la actualidad, la Fig. Nº 2.15 nos muestra un mapa con las líneas isogónicas.

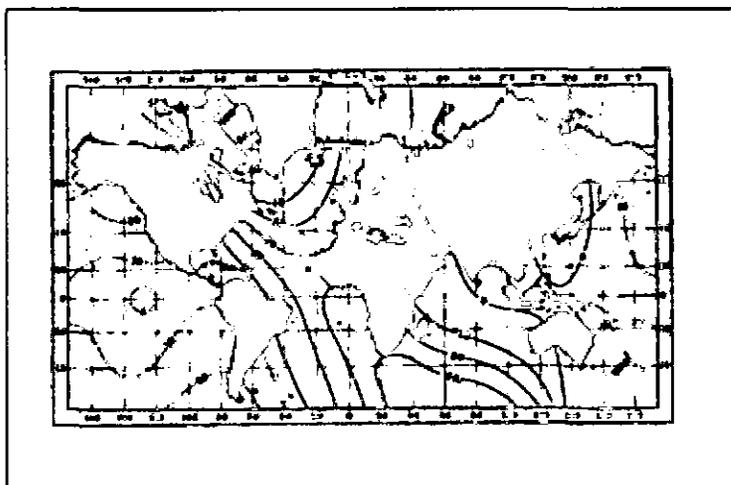


Fig. Nº 2.15 Mapa mostrando las líneas isogónicas (de igual declinación magnética) entre los años 1590 y 1950.

Orientación de la antena OFFSET

Todo es igual que en el apartado anterior, a excepción de la elevación, ya que el Offset indica un ángulo de inclinación que ya dispone la antena.

En España, por ejemplo, el ángulo de Offset de las antenas suele ser de unos 25°, y éste es un dato suministrado por el fabricante de la antena.

Este tipo de antenas, son de menor tamaño que las de Foco Primario al tener mayor rendimiento. Su ajuste es menos delicado que las de foco primario al ser de menor superficie y tener un haz algo más ancho.

Orientación de la antena de montaje POLAR

Este tipo de antenas se utiliza cuando queremos recibir varios satélites. Permite de forma automática (con un motor) recorrer los satélites en órbita geoestacionarias con la rotación de un sólo eje polar, tiene las siguientes características:

- Su ajuste es más delicado y complicado y resulta más cara.
- Se fabrican tanto de Foco Primario como en Offset.

- Su principio de funcionamiento se basa en las antenas radiotelescópicas.

Su orientación se realiza siguiendo los pasos siguientes:

- Primero se orienta la antena hacia el polo Sur (estando en el hemisferio Norte) y se eleva un número de grados igual a la latitud del lugar de recepción.
- Se ajusta el ángulo de declinación para encontrar la órbita geoestacionaria.
- Se dota a la antena de un eje polar y un eje de rotación y ajuste del Offset de declinación.

2.4.3 Sistema Alimentación de energía eléctrica

El tipo de servicio que una estación terrena presta determina la complejidad y confiabilidad necesaria de su sistema de suministro de potencia, la Fig. 2.16 muestra un diagrama genérico de una estación terrena. En el caso de una estación nacional de recepción de televisión (TVRO), no tendría mayor trascendencia que se fuera la luz durante cinco minutos o una hora en la zona residencial donde se encuentre; cuando mucho, el propietario perdería el buen humor y, quizá ni siquiera tendría encendido su televisor en el momento en que se iniciara el apagón. En cambio, no sería bien visto que por falta de luz durante varios minutos o media hora, no fuese posible transmitir importantes paquetes de información digital entre centros de cómputo u oficinas administrativas, que no se pudiesen hacer llamadas telefónicas de larga distancia internacional o que se interrumpiese la difusión de programas de televisión en todo el territorio nacional; además, si los cortes de energía eléctrica ocurriesen con frecuencia durante todo el año, la situación no sería nada atractiva para el responsable de brindar estos servicios. Por tal razón, muchas estaciones transmisoras y receptoras necesitan contar en sus propias instalaciones con un sistema de alimentación de energía ininterrumpida; es decir, que si la luz comercial o primaria se va, la conmutación o cambio al sistema de suministro de reserva debe ser suave y rápido, sin ninguna interrupción del servicio. Según lo anterior, las estaciones terrenas más importantes de una red de comunicaciones vía satélite tienen su propia subestación eléctrica. En condiciones normales, las estaciones obtienen la energía directamente del sistema general de distribución comercial, y la subestación regula los niveles de voltaje y corriente – sin que haya grandes variaciones – para alimentar a los equipos eléctricos y electrónicos. Sin embargo, si la luz se va, la subestación queda también sin energía, y entonces es proceso que algún sistema de reserva debe proporcionar es muy grande, entre 50 y 100 KVAS, de la cual aproximadamente 80% es consumida

por los amplificadores de potencia. Los sistemas más comunes son inmensos bancos de baterías y motores alternadores con volantes de inercia, es muy importante que estos equipos tengan un mantenimiento adecuado y que las reservas de diesel para los motores estén siempre aseguradas.

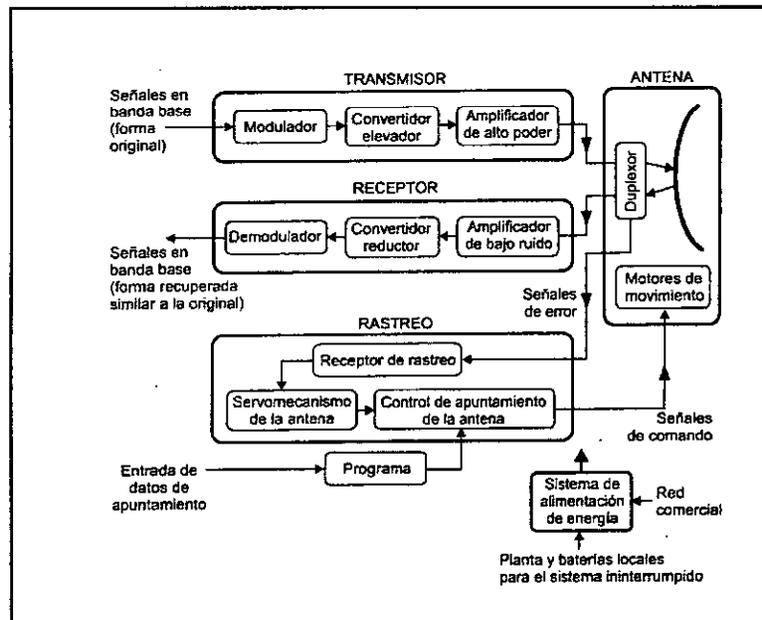


Fig. 2.16 Diagrama de bloques genérico de una estación terrena.

2.4.4 Puesta en marcha Eléctrica

Una vez concluida la puesta en marcha mecánica (orientación), el siguiente paso es la puesta en marcha eléctrica. Pre orientada la antena se coloca la unidad externa sobre su soporte, corrigiendo el denominado "Offset de Polarización".

2.4.5 Offset de Polarización

La mala colocación de la unidad externa, provocará un aumento de la polarización cruzada. Una unidad externa colocada exactamente a 45° de su posición correcta, capta la portadora de ambas polarizaciones a -3 dB de su valor real, por lo tanto hay que tener en cuenta este parámetro para colocar el alimentador.

- **Definición de offset de polarización**

Es el ángulo entre la línea de referencia definida por la intersección del plano horizontal local con el plano perpendicular, en la línea de vista del satélite y el vector de polarización de la onda incidente.

Definiremos como:

P_h = Vector de polarización horizontal

P_v = Vector de polarización vertical

- **Formula para el cálculo del offset de polarización**

$$P_h = \text{Cos}^{-1} \left(\frac{\text{Sen}(L_a)}{(1 - (\text{Cos}(L_o - S)\text{Cos}(L_a))^2)^{1/2}} \right) \left(\frac{(S - L_o)(L_a)}{|(S - L_o)(L_a)|} \right) \quad (2.15)$$

L_a = Latitud estación en grados.

L_o = Longitud estación en grados.

S = Longitud del satélite.

Conversión para las señales:

Latitud Sur : Positiva.

Latitud Norte : Negativo.

Longitud Oeste : Positiva.

Longitud Este : Negativo.

Tenemos que: $P_v = P_h + 90^\circ$

Nota: La función es discontinua cuando la estación esta en la misma longitud que la del satélite. En este punto:

$$P_v = 0^\circ \quad P_h = 90^\circ$$

- **Calculo del offset de polarización para una antena en el morro solar - Lima**

Calculemos como ejemplo el offset de polarización para la antena que vamos a orientar al Intelsat 11.

Tenemos que la ubicación del morro solar – Lima esta dada por los siguientes parámetros.

L_o : 77° 01' 32" (77.026°).

L_a : 12° 10' 56" (12.182°).

S : 43.1°

Reemplazando estos valores en la formula (2.15)

$$P_h = \text{Cos}^{-1} \left(\frac{\text{Sen}(12.182)}{(1 - (\text{Cos}(77.026 - 43.1)\text{Cos}(12.182))^2)^{1/2}} \right) * \frac{(43.1 - 77.026)(12.182)}{|(77.026 - 43.1)(12.182)|}$$

Resolviendo:

$$P_h = -68.85^\circ$$

$$P_v = 21.15^\circ$$

La medida de estos ángulos, es con respecto a la horizontal como se muestra en la **Fig. 2.17**, de la siguiente manera:

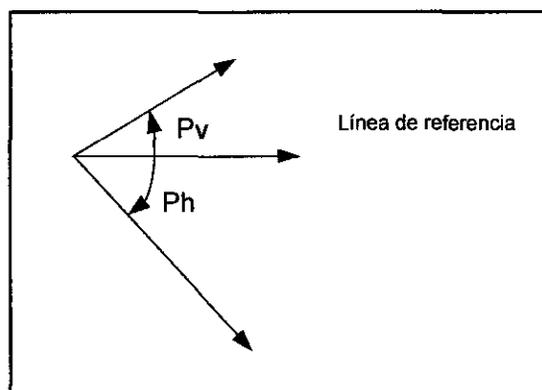


Fig. 2.17 Ángulos de Offset de polarización calculados para el morro solar – Lima.

En nuestro caso usaremos alimentadores duales, por lo tanto orientaremos las guías de ondas para cada polaridad de acuerdo al ángulo offset encontrado.

La puesta en marcha eléctrica depende únicamente de la medida de señal en recepción, algunos receptores internos vienen con un medidor de nivel de tensión, de lo contrario habrá que usar un analizador de espectros.

CAPITULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO

En este capítulo se verá fundamentalmente los cálculos teóricos de las condiciones en que debe de transmitirse la señal de subida así como la llegada de las señales de los satélites hasta los receptores de TV.

También se realizará los cálculos completos del enlace ascendente y los enlaces descendentes, que servirá para respaldar teóricamente la implementación del sistema en estudio.

3.1 Factores que intervienen en un enlace satelital

Para poder recuperar la información transmitida con la calidad esperada es necesario que la relación portadora a ruido a la entrada del demodulador sea igual o mayor a un valor determinado. La relación C/N mínima útil depende del tipo de información, su acondicionamiento, su modulación y codificación.

Los cálculos tienen como objetivo obtener el valor de C/N en función de diversos factores como son: La señal que emite el satélite, señal que se transmite desde la planta de transmisión, la atenuación en espacio libre, atenuación atmosférica, ganancia de antena, calidad del equipo externo que va en la antena, ángulo de elevación de la antena, calidad del receptor interno, teniendo en consideración todos estos factores, determinaremos la ecuación que rige los enlaces satelitales.

3.1.1 Ecuaciones de enlace de subida y bajada

ECUACIÓN DE SUBIDA

$$\begin{array}{ccccccc}
 C/N_o = & 10\log G_t P_{ent} & - & \text{Perdidas por} & + & 10\log \left(\frac{G}{T_e} \right) & - & 10\log K \\
 & \underbrace{\hspace{10em}} & & \underbrace{\hspace{10em}} & & \underbrace{\hspace{10em}} & & \underbrace{\hspace{10em}} \\
 & \text{PIRE} & & \text{Espacio libre } L_p, & & \text{G/Te de} & & \text{Constante} \\
 & \text{estación} & & \text{absorción} & & \text{satélite} & & \text{de} \\
 & \text{terrestre} & & \text{atmosféricas y} & & & & \text{Boltzmann} \\
 & & & \text{lluvia} & & & & \\
 & & & & & & & \textbf{(3.1)}
 \end{array}$$

ECUACIÓN DE BAJADA

$$C/N_o = \underbrace{10\log G_t P_{ent}}_{\text{PIRE satélite}} - \underbrace{\text{Perdidas por Propagación}}_{\text{Espacio libre } L_p, \text{ absorción atmosféricas y lluvia}} + \underbrace{10\log\left(\frac{G}{T_e}\right)}_{\text{G/Te de estación terrestre}} - \underbrace{10\log K}_{\text{Constante de Boltzmann}} \quad (3.2)$$

3.1.1.1 Potencia isotrópica irradiada del satélite

Esta definida por la siguiente formula:

$$\text{PIRE}_{(\text{satélite})} = G_t P_{ent} \quad (3.3)$$

Donde:

G_t : Ganancia de la antena transmisora del satélite.

P_{ent} : Potencia entregada por el transmisor del satélite.

No es imperativo conocer cuánta atenuación producen los conectores, guías de ondas, y otros elementos que hay en cada amplificador del satélite y la antena transmisora, por que el fabricante proporciona los mapas de contorno del PIRE con los niveles en dBW que son radiados a los diferentes puntos de zonas de cobertura. Estos contornos ya incluyen las pérdidas mencionadas, así como el desapuntamiento, y esto facilita en gran medida los cálculos de enlace.

3.1.1.2 Potencia isotrópica irradiada de la estación terrena

Esta definida por la siguiente formula:

$$\text{PIRE}_{(\text{Estación terrestre})} = G_t P_{ent} \quad (3.4)$$

Donde:

G_t : Ganancia de la antena transmisora de la estación terrestre.

P_{ent} : Potencia entregada por el transmisor de la estación terrestre.

3.1.1.3 Pérdida de trayectoria de espacio libre.

La pérdida de espacio libre está dada por la siguiente ecuación:

$$P_L = 20\text{Log}\left(\frac{4\pi Df}{c}\right) \quad (3.5)$$

Donde:

f : Frecuencia (Hz).

- D : Distancia entre punto de Tx y Rx.
 c : Velocidad de la Luz.

Para nuestros casos en particular D estará dado por:

$$D = [r_t^2 + (R)^2 - 2 r_t(R)\cos L_a \cos(L_o - S)]^{1/2} \quad (3.6)$$

Donde:

- r_t : Radio de la tierra: 6,378 Km.
 R : Distancia desde el centro de la tierra a la órbita geostacionaria: 42,164 Km.
 L_a : Latitud de la estación ($^\circ$).
 L_o : Longitud de la estación ($^\circ$).
 S : Longitud del Satélite ($^\circ$).

3.1.1.4 Factor de calidad o figura de mérito en el enlace de bajada

El factor de calidad o figura de mérito del sistema (antena, alimentador y LNB) de recepción esta dada por la relación de ganancia de la antena al ruido por temperatura del sistema:

$$\text{Figura de mérito} = 10 \log \left(\frac{G}{T_e} \right) \quad (3.7)$$

La temperatura de ruido del sistema depende principalmente de la antena y del L.N.B. Los componentes de enlace al receptor/decodificador de satélite también influyen pero en pequeña cantidad. El término para calcular el ruido de todo el sistema está dado por:

$$T_{e(\text{sys})} = T_{\text{ant/alim}} + T_{\text{Inb}}/G_{\text{alim}} + T_{\text{rec/coax}}/(G_{\text{Inb}} + G_{\text{alim}}) \quad (3.8)$$

Donde:

- G_{Inb} : Ganancia de L.N.B.
 G_{alim} : Ganancia del Alimentador.

Las ganancias típicas son:

- G_{alim} : 0.99.
 G_{Inb} : 50 dB, equivalente a un factor de 100000.

De la ecuación anterior, podemos notar que la contribución al ruido por el receptor y el cable coaxial es casi nula.

Considerando el valor de ganancia de los alimentadores tenemos:

$$T_{\text{sys}} = T_{\text{ant/alim}} + T_{\text{Inb}} \quad (3.9)$$

3.1.1.5 Ganancia de antena

La ganancia de la antena, con respecto a la isotrópica esta dada por:

$$G = \frac{h(\pi D_a)^2}{\lambda^2} \quad (3.10)$$

Donde:

- h : Eficiencia de la antena.
 D_a : Diámetro de la antena.
 λ : Longitud de onda de la frecuencia de polarización.

La longitud de onda en cm. Puede ser calculada

$$\lambda = c/f \quad (3.11)$$

Donde:

- c : Velocidad de la Luz (3×10^5 Km/s).
 f : Frecuencia de operación.

Por ejemplo, para una antena de 8.5 pies, con una eficiencia de 60% operando a 4.2 GHz tenemos una ganancia de:

$$\lambda = (3 \times 10^{10}) / (4.2 \times 10^9) = 7.1429 \text{ cm.}$$

$$D_a = (8.5 \times 30.48) = 259.08 \text{ cm.}$$

$$G = 0.60(3.1416 \times 259.08 \text{ cm} / 7.1429 \text{ cm})^2 = 7790.71.$$

Expresada en decibeles:

$$G = 10 \log (3876.85) = 38.92 \text{ dB.}$$

3.1.1.6 Pérdida de ganancia debido a irregularidades en la superficie de la antena de recepción

La pérdida de ganancia con respecto a una antena perfecta que no tienen irregularidades en su superficie está dada por:

$$\text{Pérdida de Ganancia} = e^{-8.8(\text{RMS})/\lambda} \quad (3.12)$$

Donde:

- RMS : Raíz cuadrada de la desviación de una forma geométrica perfecta.
 λ : Es la longitud de onda.

RMS es la medida de tolerancia promedio de "Rugosidad" de la superficie de la antena.

Por ejemplo, una antena de banda C operando a 4.2 GHz donde la longitud de onda es 7.1429 cm, teniendo un RMS de 0.12 cm tiene un decremento en la ganancia con respecto a una antena perfecta dada por:

$$\text{Pérdida de Ganancia} = e^{-8.8(0.12)/7.1429} = e^{-0.1478} = 0.862$$

Esto equivale a un 14% de decremento en la ganancia. En decibeles esto equivale a una pérdida de:

$$\text{Pérdida de Ganancia}_{(\text{dB})} = 10\log(0.862) = -0.642 \text{ dB.}$$

3.1.1.7 Ancho de banda de la antena receptora

Una forma muy aproximada pero muy útil para encontrar el ancho de banda de una antena a 3 dB, es:

$$\text{Ancho de Banda} : 70\lambda/D_a \quad (3.13)$$

Donde:

λ : Es la longitud de onda.

D_a : Diámetro de la antena.

Por ejemplo, para una antena de 8.5 pies (259.08 cm) y 4.2 GHz (7.1429 cm).

Encontraremos un ancho de banda a 3 dB:

$$\text{Ancho de Banda} = 70 \times 7.1429 / 259.08 = 1.93^\circ$$

De igual manera una antena de 1 m. Tendrá un ancho de Banda de:

$$\text{Ancho de Banda} = 70 \times 7.1428 / 100.00 = 5.00^\circ$$

3.1.1.8 Potencia, temperatura de ruido y figura de ruido

La **Potencia N** del ruido producido por una fuente de ruido térmico puede ser calculada con la siguiente formula:

$$N = KTB \quad (3.14)$$

Donde:

K : Constante de Boltzmann igual $1.38 \times 10^{-23} \text{ J}^\circ\text{K}$.

T : Temperatura de ruido equivalente.

B : Ancho de Banda del ruido.

La **Temperatura de Ruido** del amplificador será aquella temperatura equivalente T_e de una resistencia ideal, que genera la misma potencia de ruido a la salida del amplificador ideal que la generada por el amplificador real cuando este no tiene ruido a la entrada. Como el amplificador tiene cierta ganancia G, el ruido total generado es igual a $G(kT_e B)$. Recuérdese que B es el ancho de banda dentro del cual el ruido está siendo medido o calculado.

Cuando un amplificador funciona en banda C, su fabricante por lo general aporta como dato la Temperatura de Ruido T_e , que permite calcular fácilmente el ruido térmico referido a la entrada del amplificador. Sin embargo en las bandas Ku y Ka es más común que el fabricante indique la figura de ruido del amplificador.

La **Figura de Ruido** se define como un cociente de potencias de ruido. En el numerador se tiene la potencia total de ruido a la salida del amplificador, y en el denominador está la componente o porción de dicha potencia que es producida por un ruido ya existente en la entrada del amplificador, asumiendo a la entrada una temperatura de ruido T_o igual a la temperatura de ambiente de referencia (290 °K).

$$N_{\text{salida del amplif.}} = G(K(T_o + T_e)B)$$

$$N_{\text{Parcial}} = G(KT_oB)$$

$$F = N_{\text{salida del amplif.}}/N_{\text{parcial}} = (T_o + T_e)/T_o = 1 + T_e/T_o \quad (3.15)$$

De modo que si el fabricante proporciona el valor de F (generalmente en dB), la temperatura de ruido equivalente del amplificador se obtiene despejándola de la ecuación anterior:

$$T_e = T_o(F - 1) = 290(F - 1) \quad (3.16)$$

Por ejemplo, si la figura de ruido es 2 dB, el equivalente en temperatura de ruido será:

$$2 = 10\log(1 + T_{eq}/290)$$

Resolviendo:

$$T_{eq} = 92.29 \text{ °K}$$

- **Temperatura de ruido de una antena (enlace de bajada)**

El ruido que la antena de una estación terrena captura a través del lóbulo principal y de los lóbulos secundarios de su patrón de radiación, con diferentes intensidades y desde diversas direcciones, pueden provenir de varias fuentes, La Fig. 3.1 muestra estas diferentes fuentes.

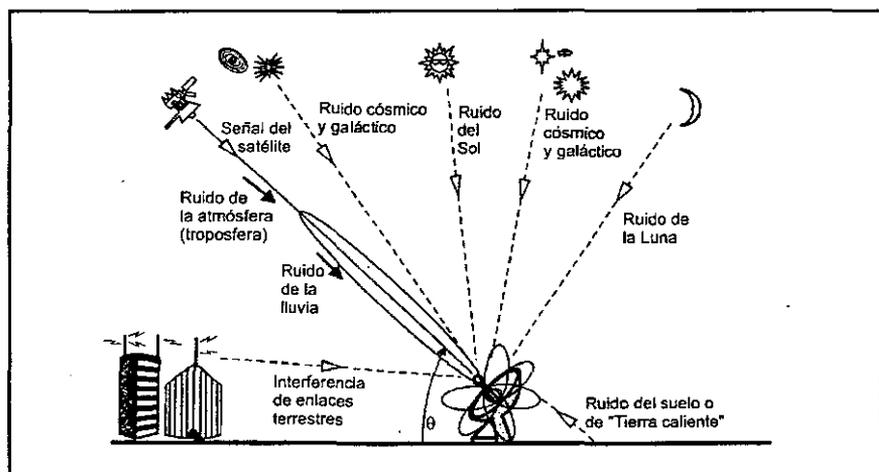


Fig. 3.1 Muestra las fuentes y tipos de ruido que son capturados por los lóbulos de una antena terrestre.

El llamado ruido cósmico de fondo tiene una temperatura de 2.76 °K en frecuencias de radio (RF) y provienen de radiaciones residuales que datan desde los orígenes del universo. En cambio el ruido galáctico proviene desde nuestra propia galaxia y es máximo en la dirección en la que hay mayor concentración de estrellas; es dependiente de la frecuencia y pueden valer varias decenas de grados Kelvin a frecuencias en el rango de los 4 MHz; afortunadamente, es casi nulo en el rango de los 4 GHz para arriba, y por lo tanto despreciable, a las frecuencias de recepción en las bandas C, Ku y Ka; sin embargo, en la banda L que usan frecuencias mas bajas (1-2 GHz) pueden llegar a valer unos 10 °K. Por su parte la magnitud del ruido generado por la atmósfera (o mas precisamente, la troposfera) y que es captado a través del lóbulo principal, depende tanto de la frecuencia como el ángulo de elevación de la antenna; para ángulos de elevación mayores a unos 10°, su temperatura de ruido es del orden de 10 °K o menor, en las bandas C, Ku y Ka. La Fig. 3.2 proporciona las curvas correspondientes a la temperatura de ruido combinada, tomando la suma del ruido cósmico, ruido galáctico y ruido troposférico, en función a la frecuencia de recepción y el ángulo de elevación de la antenna.

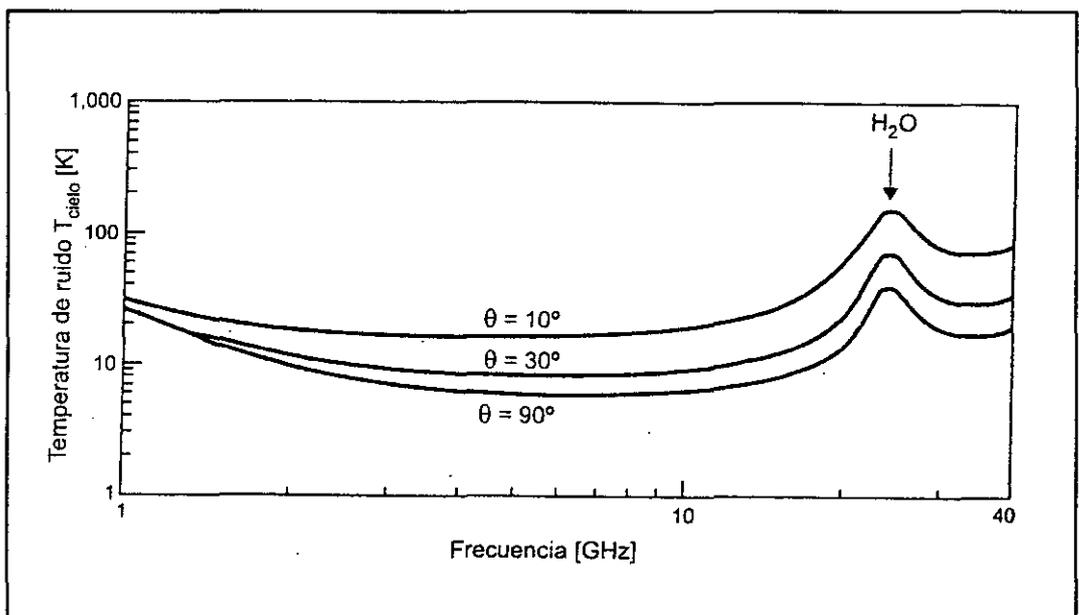


Fig. 3.2 Contribución a la temperatura de ruido de la antenna de una estación terrena, debida al efecto combinado del ruido cósmico, el ruido galáctico y el ruido troposférico.

Por conveniencia y simplificación, a esta temperatura de ruido combinada la llamaremos $T_{c.d.}$ en donde el sub índice *c.d.* significa “cielo despejado”, implicando que no hay lluvia presente.

Pasemos ahora al asunto de la lluvia, cuando esta ocurre produce una atenuación, según su intensidad, la frecuencia, la disponibilidad deseada, el ángulo de elevación, etc. Cuando llueve, dicha precipitación atenuadora añade ruido al sistema, este ruido se calcula con la siguiente formula:

$$T_{lluvia} = 280(1 - 1/L_{lluvia}) \quad (3.17)$$

Donde L es el factor de atenuación.

La condición límite para T_{lluvia} sería obtenida cuando L_{lluvia} sería enorme, como en el caso de un huracán o un diluvio y se acercaría a su máximo valor de 280 °K.

Siguiendo con el análisis de las fuentes de ruido de la **Fig. 3.1**, y por lo que se refiere al ruido proveniente del sol en RF, se presenta el fenómeno de interferencia solar que, cuando ocurre una conjunción entre el astro rey, el satélite y el lóbulo principal de la antena de la estación terrena la señal “se va” y no hay nada que hacer, sino solo esperar a que regrese, conforme el sol sale de la línea de vista del lóbulo principal.

El ruido solar y lunar que se introduce a través de los lóbulos laterales de una buena antena da una cantidad relativamente baja y, por lo general, puede ser considerado despreciable. Sin embargo, el ruido térmico generado por la Tierra y que es captado por los lóbulos secundarios sí es importante, y hay que añadirse a la temperatura de cielo despejado de la **Fig. 3.2**. Por lo general, y como primera aproximación, la contribución terrestre de temperatura de ruido, T_{tierra} , puede ser tomada como:

$$T_{tierra} = 50 \text{ °K si } 0^\circ < \theta < 10^\circ \quad (3.18)$$

$$T_{tierra} = 10 \text{ °K si } 10^\circ < \theta < 90^\circ \quad (3.19)$$

Los valores dados en esta sección son útiles como guía y para efectos de cálculos de enlace son suficientes.

Las relaciones anteriores, sin embargo, introducen bastante incertidumbre, ya que la T_{tierra} no solo depende del ángulo de elevación θ , sino también del diámetro, geometría (alimentación frontal, cassegrain, offset), frecuencia y patrón de radiación de las antenas; es decir depende de la ganancia de sus lóbulos posteriores y laterales. Así por ejemplo, algunos aproximan $T_{Tierra} \approx 10 \text{ °K}$ para antenas Cassegrain de más de 10 m. de diámetro y $\approx 100 \text{ °K}$ para antenas pequeñas del

orden de 1 m.; pero como se ve todavía hay incertidumbre para diámetros intermedios.

En realidad, hay que conocer que la única forma de saber con exactitud la temperatura de ruido de una antena determina es midiéndola, para diferentes ángulos de elevación, y que muy probablemente el dato medido cambie un poco día a día, en especial si el ángulo de elevación es muy bajo. Los valores dados en esta sección son útiles como guías y para efectos de cálculos de enlace son suficientes (aún con incertidumbre de T_{Tierra} , los cálculos aquí descritos son útiles en la práctica, ya que en un día normal, la mayor contribución del ruido la da el amplificador de bajo ruido, y en un día lluvioso la mayor contribución al ruido la da la lluvia, a través de la antena).

Además de los diferentes tipos de ruido térmico que acabamos de analizar, las señales portadoras de un sistema satelital pueden ser afectadas por la superposición de otro tipo de ruido. Este último es producido en el interior de los amplificadores transmisores o de alta potencia, debido a sus propiedades de operación no lineales en amplitud y fase, y recibe el nombre de ruido de intermodulación.

El ruido de intermodulación ocurre tanto en los amplificadores de un satélite como en los de las estaciones terrenas transmisoras cuando trabajan con más de una portadora modulada en su interior. A esta situación se le llama operación multiportadora, mientras más portadoras haya simultáneamente, mayor será el ruido de intermodulación.

El punto de operación de un amplificador de potencia debe estar por debajo del punto de saturación, que correspondería a la salida máxima considerada en los PIRE de los contornos. Supóngase, por ejemplo, que para satisfacer la calidad de un cierto enlace se necesitara usar un back-off de salida de 6 dB. Esto exigiría que a la ecuación de enlace de bajada se le restasen los 6 dB.

- **Temperatura de ruido de una antena (enlace de subida)**

El cálculo de la temperatura de ruido de una antena receptora en el enlace de subida, es decir de la antena de un satélite, es mucho más simple y directo que el visto en la sección anterior para un enlace de bajada. Las antenas de los satélites apuntan hacia la tierra y su haz principal de radiación generalmente es menos ancho que el disco terrestre visto desde la órbita geoestacionaria; por lo tanto,

reciben toda la radiación térmica de la Tierra y entonces su temperatura de ruido es muy próxima a los 290 °K.

Esta temperatura no es precisamente igual para todos los satélites, por que depende de la frecuencia y del tipo de masa donde la antena esta orientada; por ejemplo, los continentes radian más ruido que los océanos. Sin embargo, a menos que se tenga fuentes de datos mas precisas, basta con suponer $T_A = 290$ °K para todos los casos.

3.1.1.9 Efecto de ancho de banda en el ruido de potencia del sistema

El ruido de potencia en cualquier de sistema de comunicaciones esta dado por:

$$\text{Ruido de potencia en el sistema} = KT_{\text{sys}}B \quad (3.20)$$

Donde:

- T_{sys} : Es la temperatura de ruido del sistema en Grados Kelvin, principalmente por el ruido de la antena y el LNB.
- K : Constante de Boltzmann (1.38×10^{-23} Joule/°K).
- B : Ancho de Banda de comunicación.

El cambio en el ruido de potencia entre dos sistemas puede ser calculado como sigue:

$$\text{Cambio en el ruido de potencia} = KT_1B_1/KT_2B_2$$

$$\text{Cambio en el ruido de potencia} = T_1B_1/T_2B_2$$

Por consiguiente, si el ruido de temperatura permanece constante, el cambio de ruido de potencia es simplemente la relación de ancho de bandas. Si el ancho de Banda fuera cortado de 36 a 18 MHz, como sería el caso cuando se usa medio transponder, el ruido de potencia sería recortado en 50% ó 3 dB. El resultado de doblar la relación señal ruido algunas veces hace la diferencia en que una imagen se pueda ver, ó solo haya ruido. Pero reduciendo el ancho de Banda resultará en debilitamiento de la imagen.

3.1.1.10 Densidad de flujo de saturación, G/T y enlace de subida

El estudio de estas características nace como consecuencia de hacernos las preguntas ¿Cómo saber cuánta potencia debe llegar al satélite, en el enlace ascendente, para que un transpondedor se sature? ¿Existe un límite de PIRE permisible para cada estación terrena transmisora? ¿Cómo se puede garantizar que el HPA del transpondedor funcione con cierto back-off de entrada, tomando ya en cuenta la posición del atenuador o control de ganancia a la entrada del mismo?.

La respuesta a todo esto está en el uso correcto del concepto de densidad de flujo de saturación.

Retomemos primero la ecuación (3.1), que por conveniencia rebautizaremos como ecuación (3.21):

$$C/N_o = \underbrace{10\log G_t P_{ent}}_{\text{PIRE estación terrestre}} - \underbrace{\text{Perdidas por Propagación}}_{\text{Espacio libre } L_p, \text{ absorción atmosféricas y lluvia}} + \underbrace{10\log\left(\frac{G}{T_e}\right)}_{\text{G/Te de satélite}} - \underbrace{10\log K}_{\text{Constante de Boltzmann}} \quad (3.21)$$

Ahora bien, de la ecuación (3.22) tenemos que la densidad de flujo de potencia, F_d , que llega al satélite y el PIRE de la estación terrena están relacionados de la forma siguiente:

$$F_d = \frac{PIRE}{4\pi D^2} \quad (3.22)$$

Donde D es la distancia entre la estación y el satélite. A la densidad de flujo F_d normalmente se le designa con la letra Φ , de modo que la ecuación (3.22) puede ser reescrita como:

$$\Phi = \frac{PIRE}{4\pi D^2}$$

Por otra parte, las pérdidas por propagación en el espacio libre están dadas por la ecuación (3.5):

$$P_L = \left(\frac{4\pi D}{\lambda}\right)^2$$

De donde D^2 puede ser despejada como:

$$D^2 = \left(\frac{\lambda^2 P_L}{(4\pi)^2}\right)$$

Al sustituir la ecuación. (3.22) se tiene que:

$$\Phi = PIRE \left(\frac{4\pi}{\lambda^2 P_L}\right)$$

Que en decibeles se puede expresar como:

$$\Phi = PIRE - P_L + 10\text{Log}\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) \quad (3.23)$$

Aquí hay que tener cuidado para no cometer el error común de igualar a P_L de la ecuación (3.23) con pérdidas de propagación de la ecuación de enlace de subida (3.1). Recuérdese que esta última incluye, además de las pérdidas por propagación en el espacio libre, a las pérdidas por absorción atmosférica (muy pequeñas, por cierto), de atenuación por lluvias (que pueden ser grandes), y por despolarización y desapuntamiento. Si despreciamos estas dos últimas, así como las pérdidas por absorción atmosférica, que son del orden de 0.1 dB, y considerando cielo despejado, entonces sí podemos sustituir directamente la ecuación (3.21) para llegar a:

$$C/N_o = \Phi - 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right) + 10\log\left(\frac{G}{T_e}\right) + 228.6 \quad (3.24)$$

Si en la ecuación (3.24) el valor de Φ es tal que satura al HPA del transpondedor, sin atenuar nada a la entrada para controlar la ganancia del mismo, dicha variable se designa como Ψ y se dice que es la *densidad del flujo de saturación*. Como ésta depende de las características del HPA y de todos los elementos intermedios entre la antena receptora del satélite y al HPA, es de nuevo y precisamente el fabricante del artefacto quien la especifica, para facilitarle los cálculos de enlace al ingeniero. El valor de Ψ depende también de la posición relativa entre las estaciones terrenas y el satélite, es decir, de la distancia del satélite; en otras palabras, la forma y la extensión territorial de la huella de iluminación tienen un efecto importante sobre el valor de Ψ , que generalmente puede variar entre -70 y -110 dBW/m²; obviamente, este es un rango muy grande y hay que consultar al propietario de cada satélite en particular para obtener datos precisos, según la banda, al ancho de la banda del transpondedor y las coordenadas geográficas de las estaciones terrenas.

El mismo propietario puede orientar a los usuarios sobre los límites permisibles de PIRE en las nuevas estaciones transmisoras que quieran ser integradas a una red.

Para comodidad nuestra, podemos escribir la ecuación (3.24) en términos de la frecuencia f de la siguiente manera:

$$C/N_o = \Psi - 20\log(f) + 10\log\left(\frac{G}{T_e}\right) + 207.15 \quad (3.25)$$

De donde, con f GHz:

El dato que el fabricante o el propietario del satélite nos da sobre Ψ , permite calcular el PIRE con el que las estaciones terrenas que ocupen un cierto transpondedor deben transmitir en conjunto para saturar al transpondedor. Si

suponemos que una sola estación terrena ocupa al transpondedor completo, entonces. De la ecuación (3.23) se tendría que:

$$\text{PIRE} = \Psi + P_L - 10\log\left(\frac{4\pi}{\lambda^2}\right)$$

O bien:

$$\text{PIRE} = \Psi + P_L - 20\text{Log } f - 21.45 \quad (3.26)$$

Con f en GHz.

Nuevamente, tal como se comentó al deducir la ecuación (3.24), y para mayor precisión, a la ecuación (3.26) habría que sumarle en decibeles las pérdidas por absorción atmosférica, por desapuntamiento. Esto es, bajo condiciones de cielo despejado.

3.1.2 Ángulo de declinación (Montaje Soporte Polar)

Los montajes de tipo polar son relativamente difíciles de alinear; pero una vez alineado con un solo movimiento se puede enfocar todo el arco satelital correspondiente al punto donde esta la estación terrena.

Los soportes polares siempre presentan un pequeño error de rastreo. Si apuntan exactamente a un satélite ubicado en el centro de su barrido, entonces erraran levemente a los que se encuentran en los extremos de éste. Asimismo, si los satélites en los extremos caen exactamente en la mira, entonces los centrales quedarán levemente desplazados. No hay ninguna manera de evitar esta inexactitud. Sin embargo si la regulación de desplazamiento de la declinación ha sido fijada correctamente el error de rastreo será de menos 0,1 grados permitiendo que el barrido de este a oeste del soporte alcance muy de cerca todos los satélites. La precisión del rastreo es especialmente crítica al apuntar los satélites en la banda Ku. De frecuencias más altas.

Su eje deberá estar alineado con el eje terrestre norte/sur para poder así detectar todos los satélites del arco visible. Mediante una brújula de mano se puede realizar este alineamiento, pero se deberá tener en cuenta la desviación magnética y efectuar la corrección correspondiente.

Otro ángulo que se debe de ajustar en un montaje de tipo polar, es el ángulo del eje polar. Este debe ser igual a la latitud del lugar donde se instale la estación terrena, mediante este ángulo se logra apuntar el plato al espacio en un plano paralelo al plano ecuatorial. Para determinar este ángulo se utiliza un inclinómetro descansado sobre la barra del eje o sobre la parte posterior del soporte.

Finalmente se debe de ajustar el ángulo de declinación. Con esto se logra bajar la vista de la antena desde un plano paralelo al ecuatorial hasta el arco de satélites. El ángulo de declinación es mayor en las ubicaciones cercanas a los polos.

La forma fácil de determinar este ángulo es con un inclinómetro colocada en la superficie posterior que sea paralela a la cara del plato. El valor debe ser igual a la suma de la latitud del lugar más el ángulo de declinación. La manera de calcularlo es mediante la siguiente formula:

$$\text{Declinación} = \text{Tang}^{-1} \left(\frac{r_t \text{sen} L_a}{(R - r_t) + r_t (1 - \text{Cos} L_a)} \right) \quad (3.27)$$

Donde:

- R : Distancia desde el centro de la tierra a la órbita geoestacionaria:
42,164 Km.
- r_t : Radio de la tierra: 6,378 Km.
- L_a : Latitud de la estación Terrena.

Por ejemplo, calculemos el ángulo de declinación para una estación terrena ubicada en el morro solar del distrito de Chorrillos - Lima.

$$L_a (\text{Chorrillos}) = 12^\circ 10' 56''$$

Convirtiendo la latitud en grados tenemos que es igual a 12.182°

$$\text{Declinación} = \text{Tang}^{-1} \left(\frac{6378 \text{sen}(12.182^\circ)}{35786 + 6378(1 - \text{Cos}(12.182^\circ))} \right)$$

$$\text{Declinación} = \text{Tang}^{-1}(0.03746) = 2.15^\circ$$

3.1.3 Ángulos de azimut y elevación (Montaje Azimut – Elevación)

Para determinar teóricamente los ángulos de azimut (ϕ) y de elevación (θ). Así como la distancia entre la estación terrena y el satélite es importante conocer los siguientes datos:

- R : Distancia desde el centro de la tierra a la órbita geoestacionaria:
42,164 Km.
- S : Longitud orbital del satélite.
- L_o : Longitud geográfica de la estación terrena.
- L_a : Latitud geográfica de la estación terrena.
- r_t : Radio de la tierra: 6,378 Km.

Con estos datos se plantean las siguientes ecuaciones:

$$X_o = R \cos(S - L_o) \text{sen}(L_a) \quad (3.28)$$

$$Y_o = R \text{sen}(S - L_o) \quad (3.29)$$

$$Z_o = R\cos(S - L_o)\cos(L_a) - r_t \quad (3.30)$$

El ángulo de elevación θ se determinará como sigue:

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{Z_o}{(X_o^2 + Y_o^2)^{1/2}} \right] \quad (3.31)$$

El ángulo de azimut (ϕ) se determinará de acuerdo a la ecuación:

$$\phi = 180 + \tan^{-1} \left(\frac{Y_o}{X_o} \right) \quad (3.32)$$

Existe una corrección para calcular el ángulo de azimut para los países del hemisferio sur:

$$\phi_{\text{corr}} = 180 + \phi$$

La ecuación para calcular la distancia entre estación terrena y satélite es la siguiente:

$$d = (R^2 - r_t^2 \cos^2 \theta)^{1/2} - r_t \sin \theta \quad (3.33)$$

Por ejemplo, calculemos los ángulos de elevación y azimut para una estación terrena ubicada el morro solar en el distrito de Chorrillos y que apunta al Satélite Intelsat 11.

$$L_o \text{ (Chorrillos): } 77^\circ 01' 32'' \text{ (77.026 }^\circ)$$

$$L_a \text{ (Chorrillos): } 12^\circ 10' 56'' \text{ (12.182 }^\circ)$$

$$S: 43.1^\circ$$

Tenemos:

$$X_o = 42,164 \cos(-33.93^\circ) \sin(12.182^\circ)$$

$$Y_o = 42,164 \sin(-33.93^\circ)$$

$$Z_o = 42,164 \cos(-33.93^\circ) \cos(12.182^\circ) - 6,378$$

$$X_o = 7382.8$$

$$Y_o = -23532.4$$

$$Z_o = 27820.3$$

Reemplazando:

$$\theta = 48.44^\circ$$

$$\phi = 72.58^\circ$$

El valor de azimut calculado es con respecto al norte geográfico o verdadero. Para tener este valor con referencia al norte magnético, se realizará la corrección respectiva.

Tenemos:

Declinación magnética – Lima – Noviembre 2010: -0.66°

Por lo tanto:

$$\phi_{\text{corregido}} = 72.58 - (-0.66) = 73.24^\circ$$

** No olvidar que la variación magnética cambia de valor en el tiempo.

3.2 Cálculo de Parámetros fundamentales en el enlace satelital de subida para la ciudad de Lima (Morro Solar – Chorrillos)

Aplicando las formulas y teorías anteriormente mencionadas se hallará los parámetros para una estación terrena ubicada en Lima.

Satélite	:	Amazonas 1.
Ubicación Estación Tx	:	Morro Solar
		L_o (Chorrillos): $77^\circ 01' 32''$ (77.026°)
		L_a (Chorrillos): $12^\circ 10' 56''$ (12.182°)
Banda	:	Ku (13.75 – 14.50 GHz)
		Para efectos del Cálculo (14.00 GHz)
Antena	:	Marca Vertéx, Modelo 7.3m, Tipo Cassegrain (Diámetro = 7.3 m., G = 58.10 dB.)
Transmisor (HPA)	:	Marca CPI, Modelo VZU-6997V7 (Potencia = 750W.).

Cálculo de la pérdida de espacio libre.- está dada por la siguiente ecuación:

$$P_L = 20\text{Log}\left(\frac{4\pi Df}{c}\right) \quad (3.5)$$

Donde:

f	:	Frecuencia (Hz).
D	:	Distancia entre punto de Tx y Rx.
c	:	Velocidad de la Luz.

En primer lugar se calculará "D", en (3.6).

$$D = [r_t^2 + (R)^2 - 2 r_t(R)\text{Cos}L_a\text{Cos}(L_o - S)]^{1/2}$$

Donde:

r_t	:	Radio de la tierra: 6,378 Km.
R	:	Distancia desde el centro de la tierra a la órbita geoestacionaria: 42,164 Km.
L_a	:	Latitud de la estación ($^\circ$).
L_o	:	Longitud de la estación ($^\circ$).
S	:	Longitud del Satélite ($^\circ$).

Para este cálculo se tendrá en cuenta los siguientes datos:

$$L_a = 12.182^\circ$$

$$L_o = 77.026^\circ$$

$$S = 61^\circ$$

Reemplazando valores se obtendrá que $D = 36,237.83 \text{ Km}$.

Ahora reemplazando valores en (3.3), obtenemos $P_L = 205.30 \text{ dB}$.

Cálculo del PIRE.- está dada por la siguiente ecuación (3.4):

$$\text{PIRE}_{(\text{Estación terrestre})} = G_t P_{\text{ent}}$$

Donde:

G_t : Ganancia de la antena trasmisora de la estación terrestre.

P_{ent} : Potencia entregada por el transmisor de la estación terrestre.

En decibelios:

$$\text{PIRE} = 10\log(P_{\text{ent}}) + 10\log(G_t)$$

Tenemos:

$$G_t = 58.10 \text{ dB}$$

$$P_{\text{ent}} = 750\text{W}$$

Reemplazando:

$$\text{PIRE} = 10\log(750) + 58.10$$

$$\text{PIRE} = 86.85\text{dB}$$

Cálculo de Flujo de Saturación (Ψ).- Este es el parámetro fundamental a calcular, debido a que este parámetro es el que nos indica la saturación del Tx del transponder.

De la ecuación (3.26) tenemos:

$$\text{PIRE} = \Psi + P_L - 20\log f - 21.45$$

Reordenando y reemplazando valores tenemos:

$$\Psi = \text{PIRE} - P_L + 20\log f + 21.45$$

$$\Psi = 86.85 - 205.30 + 20\log(14.00) + 21.45$$

$$\Psi = -74.07 \text{ dBW/m}^2$$

3.3 Cálculo de enlace satelital de bajada

Como ejemplo se calculará el valor de C/N para el enlace satelital en la ciudad de Tumbes – Dpto. Tumbes, para este efecto se tomará en cuenta los siguientes datos y valores técnicos.

Longitud satelital : 61 W. (Considerado el satélite Amazonas).

PIRE : 45 dBW.

Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Antena	:	Marca Televés, Tipo Offset (Diámetro= 80 cm., G= 39 dB.)
Banda	:	Ku (11.7 – 12.2 GHz) Para efectos del Cálculo (12132 H – TP 11)
Ancho de Banda	:	36 MHz (Receptor de Satélite, Marca: PANSAT, modelo: 9200HD).

Cálculo de la pérdida de espacio libre.- de forma similar que en 3.2 tenemos:

$$P_L = 20 \text{Log} \left(\frac{4\pi Df}{c} \right) \quad (3.5)$$

Para este cálculo se tendrá en cuenta los siguientes datos:

$$L_a = 3.57^\circ$$

$$L_o = 80.46^\circ$$

$$S = 61^\circ$$

Reemplazando valores obtenemos que $D = 36,226.33 \text{ Km.}$

Ahora reemplazando valores en (3.5), obtenemos $P_L = 205.30 \text{ dB.}$

Cálculo de la temperatura de ruido del sistema.-

Tenemos que: $T_{\text{sys}} = T_{\text{ant}} + T_{\text{LNB}}$

*Cálculo de T_{LNB} ; de (3.16):

$$T_e = T_o(F - 1) = 290(F - 1)$$

Para $F_{(\text{dB})} = 0.8 \text{ dB.}$ (Catálogo de LNB).

$$F = 1.20$$

$$T_{\text{LNB}} = 290(1.20-1).$$

$$T_{\text{LNB}} = 58.66 \text{ }^\circ\text{K}$$

*Cálculo de T_{Ant} :

De:

$$T_{\text{ant.}} = T_{\text{c.d.}} + T_{\text{Tierra}}$$

Donde:

$T_{\text{c.d.}}$: Temperatura de ruido combinado (Ruidos: Cósmico, Galáctico y troposférico) a cielo despejado.

T_{Tierra} : Temperatura de ruido térmico generado por la tierra.

Nótese que no se está considerando el ruido solar y lunar, que en general es considerado despreciable.

La Temperatura de ruido combinado a cielo despejado se calculará utilizando la Fig. N° 3.2 y Temperatura de ruido térmico se tomará de las ecuaciones (3.18) o (3.19), para ambos valores se necesitará calcular el ángulo de elevación, usando (3.28), (3.29), (3.30) y (3.31)

$$X_o = R \cos(S - L_o) \times \sin(L_a) \quad (3.28)$$

$$Y_o = R \sin(S - L_o) \quad (3.29)$$

$$Z_o = R \cos(S - L_o) \times \cos(L_a) - r_t \quad (3.30)$$

$$\theta = \tan^{-1} \left[\frac{Z_o}{(X_o^2 + Y_o^2)^{1/2}} \right] \quad (3.31)$$

Tenemos:

$$X_o = 2475.60.$$

$$Y_o = -14047.60.$$

$$Z_o = 33300.10.$$

$$\theta = 66.81^\circ.$$

Entonces con un ángulo de elevación de 66.81° se obtendrá los siguientes valores:

$$T_{c.d.} = 7 \text{ °K} \quad (\text{Según Fig. 3.2.}).$$

$$T_{Tierra} = 10 \text{ °K} \quad (\text{De (3.19)})$$

Por lo tanto:

$$T_{ant.} = T_{c.d.} + T_{Tierra} = 7 + 10 = 17 \text{ °K}$$

Luego:

$$T_{sys} = 17 + 58.66 = 75.66 \text{ °K}$$

Cálculo de la relación C/N que llega al receptor.-

De la Ecuación (3.2):

$$C/N_o = \underbrace{10 \log G_t P_{ent}}_{\text{PIRE satélite}} - \underbrace{\text{Perdidas por Propagación}}_{\text{Espacio libre } L_p, \text{ absorción atmosféricas y lluvia}} + \underbrace{10 \log \left(\frac{G}{T_e} \right)}_{\text{G/T}_e \text{ de estación terrestre}} - \underbrace{10 \log K}_{\text{Constante de Boltzmann}} \quad (3.2)$$

Considerando pérdidas atmosféricas adicionales muy pequeñas, tenemos:

$$C/N_o = 45 - 205.30 + 39 - 10 \log(75.66) + 228.601 = 88.512 \text{ dBHz.}$$

De:

$$C/N = C/N_0 - 10\log(B).$$

Tenemos:

$$C/N = 88.512 - 10\log(36 \times 10^6) = 12.949 \text{ dB}.$$

CAPITULO IV DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se calculará valores y parámetros técnicos importantes del sistema de difusión directa por satélite, del sistema de recepción local y de la red de distribución. Para ello nos será de utilidad los datos de posición y características técnicas de los satélites, sistemas de recepción y estación terrena; asimismo se detallará las características de los equipos y accesorios complementarios.

4.1 Sub sistema de recepción de señales televisivas a irradiar mediante el sistema de difusión directa por satélite (DDS)

Conformado por el equipamiento para recibir, modular y combinar las señales satelitales de los canales de TV a redistribuir a través del sistema a implementar.

En primer lugar de los datos de posición orbital de los satélites y los datos de ubicación de la cabecera, se encontrará los valores de los ángulos de orientación de las antenas (azimut y elevación), los valores de los ángulos de offset de polarización y finalmente se determinará el diámetro necesario de estas para obtener una relación C/N que nos garantice un funcionamiento correcto y adecuando de los receptores.

4.1.1 Satélites de señales a distribuir

Los datos de los satélites para nuestros fines se mencionan en la **Tabla 4.1**, y obviamente estarán referidos al morro solar de Chorrillos – Lima.

Tabla 4.1 Datos de satélites de las señales a distribuir.

Nº	Satélite	Longitud Satélite (S)	PIRE	BANDA
1	Telstar 12	15.0°W	46.0	Ku
2	Hispasat 1D	30.0°W	47.0	Ku
3	NSS 806	40.5°W	39.0	C

4	Intelsat 11	43.1°W	39.0	C
5	Intelsat 14	45.0°W	43.5	C
6	Intelsat 705	50.0°W	39.7	C
7	Intelsat 805	55.5°W	40.0	C
8	Intelsat 9	58.0°W	40.0	C

4.1.2 Orientación de las antenas parabólicas receptoras

A efectos de calcular la orientación de todas las antenas parabólicas que conforman el sistema de recepción de señales a distribuir, tendremos en cuenta las coordenadas que corresponden al morro solar de chorrillos – Lima: L_0 : 77° 01' 32" (77.026°) y L_a : 12° 10' 56" (12.182°).

Con los datos detallados en la **Tabla 4.1** y aplicando las formulas (3.28), (3.29), (3.30), (3.31) y (3.32) se calculará los ángulos de azimut y elevación; asimismo de la formula (2.15) se calculará los valores de los Offset de Polarización tanto horizontal como vertical, la **Tabla 4.2** muestra los valores obtenidos.

La **Tabla 4.3** muestra los valores finales de azimut corregidos con la variación o declinación magnética.

Tabla 4.2 Ángulos de orientación y offset de Polarización de las antenas parabólicas receptoras.

N°	Satélite	Elevación (°)	Azimut (°)	Offset de Polarización Horizontal (°)	Offset de Polarización Vertical (°)
1	Telstar 12	19.07	83.60	-76.26	13.74
2	Hispasat 1D	34.63	78.88	-73.56	16.44
3	NSS 806	45.70	74.10	-70.06	19.94
4	Intelsat 11	48.44	72.58	-68.85	21.15
5	Intelsat 14	50.44	71.36	-67.85	22.15
6	Intelsat 705	55.65	67.53	-64.59	25.41
7	Intelsat 805	61.24	61.85	-59.53	30.47
8	Intelsat 9	63.69	58.53	-56.49	33.51

Tabla 4.3 Ángulos de orientación y offset de Polarización de las antenas parabólicas receptoras con ángulo de azimut corregido.

Nº	Satélite	Elevación (°)	Azimut <u>Corregido</u> (°)	Offset de Polarización Horizontal (°)	Offset de Polarización Vertical (°)
1	Telstar 12	19.07	84.26	-76.26	13.74
2	Hispasat 1D	34.63	79.54	-73.56	16.44
3	NSS 806	45.70	74.76	-70.06	19.94
4	Intelsat 11	48.44	73.24	-68.85	21.15
5	Intelsat 14	50.44	72.02	-67.85	22.15
6	Intelsat 705	55.65	68.19	-64.59	25.41
7	Intelsat 805	61.24	62.51	-59.53	30.47
8	Intelsat 9	63.69	59.19	-56.49	33.51

El valor de la declinación magnética es del mes de Noviembre del 2010, recordemos que la declinación magnética varía en el tiempo.

4.1.3 Diámetros necesarios de las antenas parabólicas de recepción

El diámetro necesario de las antenas para recibir las señales con niveles apropiados, tanto para la banda C y la banda Ku, lo se calculará en función de la potencia recibida (PIRE) y la relación C/N requerida. Para ello se trabajará con la ecuación de enlace de bajada y se asumirá valores estándares y comunes en el mercado actual para llegar a una relación entre el diámetro de la antena, PIRE y C/N.

4.1.3.1 Determinación de las relaciones C/N

En este caso se determinará los valores de C/N para Banda C y Ku.

Banda C

Para este cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Longitud satelital : 40.5 W (Considerado el satélite NSS 806).

Clima : Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).

Frecuencia : 4.2 GHz. (Limite superior de la Banda C).

- Ancho de Banda : 36 MHz (Receptor de Satélite, marca: PANSAT, modelo: 9200HD).
- T_{LNB} : 20 °K (Marca: California Amplifier, modelo: Digi-Ready Professional II, Part Number 140105_1).
- T_{Tierra} : 10 °K (De (3.19) para ángulos mayores de 10° como se detalla en 4.1.2).
- $T_{c.d.}$: 6.0 °K (De la Fig. N° 3.2 a 4.00 GHz y 45.70° de elevación).
- Diámetro Antena : 3 m (antena de foco primario).
- Eficiencia Antena : 70%.

Cálculos previos:

$$D = 37363.19 \text{ Km.}$$

$$P_L = 196.356 \text{ dB.}$$

$$G = 40.859 \text{ dB.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = \underbrace{10\log G_t P_{ent}}_{\text{PIRE satélite}} - \underbrace{\text{Perdidas por Propagación}}_{\text{Espacio libre } L_p, \text{ absorción atmosféricas y lluvia}} + \underbrace{10\log\left(\frac{G}{T_e}\right)}_{\text{G/Te de estación terrestre}} - \underbrace{10\log K}_{\text{Constante de Boltzmann}} \quad (3.2)$$

$$C/N_o = \text{PIRE} - 196.356 + 40.859 - 10\log(20+10+6) + 228.601$$

Luego:

$$C/N = \text{PIRE} + 57.541 - 10\log(36 \times 10^6).$$

$$C/N = \text{PIRE} - 18.022$$

Según el Manual de Preparación de Proyectos Técnicos de Infraestructura comunes en Telecomunicaciones – Publicado por el Colegio Oficial de Ingenieros en Telecomunicaciones de España (en adelante la norma) el valor de C/N mínimo es de 11 dB, por lo tanto el valor mínimo requerido del PIRE Satelital será de 29.022 dBW.

Banda Ku

Para este cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Longitud satelital	:	15 W. (Considerado el satélite Telstar 12).
Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Frecuencia	:	12.2 GHz. (Limite superior de la Banda Ku).
Ancho de Banda	:	36 MHz (Receptor de Satélite, Marca: PANSAT, modelo: 9200HD).
T_{LNB}	:	66.78 °K (F = 0.9, marca: California Amplifier, Part Number 150338_1).
T_{Tierra}	:	10 °K (De (3.19) para ángulos mayores de 10° como se detalla en 4.1.2).
$T_{c.d.}$:	13 °K (De la Fig. N° 3.2 a 12.00 GHz y 19.07° de elevación).
Diámetro Antena	:	2 m (Antena de foco primario).
Eficiencia Antena	:	70%.

Cálculos previos:

$$D = 39646.86 \text{ Km.}$$

$$P_L = 206.133 \text{ dB.}$$

$$G = 46.599 \text{ dB.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = \text{PIRE} - 206.133 + 46.599 - 10\log(66.78+10+13) + 228.601$$

Luego:

$$C/N = \text{PIRE} - 49.535 - 10\log(36 \times 10^6).$$

$$C/N = \text{PIRE} - 26.028$$

Según la norma el valor de C/N mínimo es de 11 dB, por lo tanto el valor mínimo requerido del PIRE Satelital será de 37.028 dBW.

4.1.3.2 Determinación de la relación G/Tsys

En este caso determinaremos los valores de G/Tsys las antenas de recepción que operan en Banda C y Ku.

Banda C

Para este cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Satélite	:	NSS 806.
Longitud satelital	:	40.5° W.

PIRE	:	39 dBW.
Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Frecuencia	:	4.2 GHz. (Limite superior de la Banda C).
Ancho de Banda	:	36 MHz (Receptor de Satélite, marca: PANSAT, modelo: 9200HD).

Cálculos previos:

$$D = 37363.19 \text{ Km.}$$

$$P_L = 196.356 \text{ dB.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = 39.000 - 196.356 + G/T_{\text{sys}} + 228.601$$

$$C/N_o = G/T_{\text{sys}} + 71.245$$

$$C/N = G/T_{\text{sys}} + 71.245 - 10\log(36 \times 10^6).$$

$$C/N = G/T_{\text{sys}} - 4.318$$

$$G/T_{\text{sys}} = C/N + 4.318$$

Según la norma el valor de C/N mínimo es de 11 dB, por lo tanto el valor mínimo de G/T_{sys} será de 15.318 dB°K⁻¹.

Banda Ku

Para este cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Satélite	:	Telstar 12.
Longitud satelital	:	15° W.
PIRE	:	46 dBW.
Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Frecuencia	:	12.2 GHz. (Limite superior de la Banda Ku).
Ancho de Banda	:	36 MHz (Receptor de Satélite, marca: PANSAT, modelo: 9200HD).

Cálculos previos:

$$D = 39646.86 \text{ Km.}$$

$$P_L = 206.133 \text{ dB.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = 46 - 206.133 + G/T_{\text{sys}} + 228.601$$

$$C/N_0 = G/T_{\text{sys}} + 68.468$$

$$C/N = G/T_{\text{sys}} + 68.468 - 10\log(36 \times 10^6)$$

$$C/N = G/T_{\text{sys}} - 7.095$$

$$G/T_{\text{sys}} = C/N + 7.095$$

Según la norma el valor de C/N mínimo es de 11 dB, por lo tanto el valor mínimo de G/T_{sys} será de 18.095 dB°K⁻¹.

4.1.3.3 Diámetros de las antenas parabólicas a usar

En este caso se determinará los valores de los diámetros de las antenas a usar para recepcionar las señales, tanto para la Banda C (6 antenas) y la Banda Ku (2 antenas).

Banda C

Para este primer cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Satélite	:	NSS 806
Longitud satelital	:	40.5 W.
PIRE	:	39 dBW.
Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Frecuencia	:	4.2 GHz. (Limite superior de la Banda C).
Ancho de Banda	:	36 MHz (Receptor de Satélite, marca: PANSAT, modelo: 9200HD).
T_{LNB}	:	20 °K (Marca: California Amplifier, modelo: Digi-Ready professional II, Part Number 140105_1).
T_{Tierra}	:	10 °K (de (3.19) para ángulos mayores de 10° como se detalla en 4.1.2).
$T_{\text{c.d.}}$:	6.0 °K (de la Fig. N° 3.2 a 4.00 GHz y 45.70° de elevación).
Márgenes C/N	:	4 dB. (Pérdidas por desapuntamiento y degradación del PIRE del satélite debido a su antigüedad). 1.0 dB. (Degeneración por efectos de la redes de distribución). 1.5 dB. (Mejorar el nivel requerido).
C/N	:	17.5 dB.
Eficiencia Antena	:	70%. (Antena de foco primario).
Cálculos previos:		

$$D = 37363.19 \text{ Km.}$$

$$P_L = 196.356 \text{ dB.}$$

$$\lambda = 7.143 \text{ cm.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = 39 - 196.356 + G - 10\log(20+10+6) + 228.601$$

$$C/N_o = 55.682 + G$$

Luego:

$$C/N = G + 55.682 - 10\log(36 \times 10^6).$$

$$C/N = G - 19.880$$

$$17.5 = G - 19.880$$

$$G = 37.380 \text{ dB.}$$

El siguiente paso será calcular el valor del diámetro de la antena, dependiente directamente de la ganancia, reacomodando (3.10).

$$G = \frac{h(\pi D_a)^2}{\lambda^2} \quad (3.10)$$

$$D_a = \sqrt{\frac{G \lambda^2}{h \pi^2}}$$

Reemplazando valores se tendrá:

$$D_a = 201.00 \text{ cm.}$$

Banda Ku

Para este primer cálculo en Banda Ku se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Satélite	:	Telstar12
Longitud satelital	:	15 W.
PIRE	:	46 dBW.
Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Frecuencia	:	12.2 GHz. (Limite superior de la Banda Ku).
Ancho de Banda	:	36 MHz (Receptor de Satélite, marca: PANSAT, modelo: 9200HD).
T_{LNB}	:	66.78 °K (F = 0.9, marca: California Amplifier, Part Number 150338_1).

- T_{Tierra} : 10 °K (de (3.19) para ángulos mayores de 10° como se detalla en 4.1.2).
- $T_{c.d.}$: 13 °K (de la Fig. N° 3.2 a 12.00 GHz y 19.07° de elevación).
- Márgenes C/N : 4 dB. (Pérdidas por desapuntamiento y degradación del PIRE del satélite debido a su antigüedad).
1.0 dB. (Degeneración por efectos de la redes de distribución).
1.5 dB. (Mejorar el nivel requerido).
- C/N : 17.5 dB.
- Eficiencia Antena : 70%. (Antena de foco primario).

Cálculos previos:

$$D = 39646.86 \text{ Km.}$$

$$P_L = 206.133.$$

$$\lambda = 2.459 \text{ cm.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = 46 - 206.133 + G - 10\log(66.78+10+13) + 228.601$$

$$C/N_o = 48.936 + G$$

Luego:

$$C/N = G + 48.936 - 10\log(36 \times 10^6).$$

$$C/N = G - 26.627$$

$$17.5 = G - 26.627$$

$$G = 44.127 \text{ dB.}$$

De igual manera que para la banda C, reemplazando valores se tendrá:

$$D_a = 150.45 \text{ cm.}$$

Procediendo de manera similar para los demás satélites se obtendrá los valores de la **Tabla 4.4.**

4.1.4 Descripción del equipamiento a emplear

Para recepcionar las señales a distribuir se usará 2 antenas parabólicas en Banda Ku y 6 antenas en Banda C con sus respectivos alimentadores simples o duales y LNBs; las señales recepcionadas serán procesadas por el receptor satelital para obtener señales en banda base, las cuales luego serán moduladas y combinadas, para ser llevadas al HPA, El **Cuadro 4.1** nos detalla el equipamiento que se

empleará y la **Fig. 4.1** muestra el diagrama de recepción de señales a irradiar al satélite.

Cuadro 4.1 Relación de equipamiento del sub sistema de recepción de señales televisivas que se irradiará al satélite.

Nº	Descripción	Cant.	Marca	Modelo
1	Antena Parabólica de tipo Offset.	02	PATRIOT	1.8m PTX.
2	Antena Parabólica de foco primario.	06	PATRIOT	3.1m Commercial Antenna, Az-El Fixed Mount.
3	LBN Banda Ku.	02	CALIFORNIA AMPLIFIER	Part Number 150338_1
4	LBN Banda C.	11	CALIFORNIA AMPLIFIER	Digi-Ready professional II, Part Number 140105_1
5	Alimentador Banda Ku.	02	CHAPARRAL	Ku-Wideband Polarotor
6	Alimentador Banda C.	01	CHAPARRAL	Super Feed
7	Alimentador Dual Banda C.	05	CHAPARRAL	Dual Feed
8	Receptor de satélite.	21	PANSAT	9200HD
9	Receptor/decodificador.	26	SCIENTIFIC ATLANTA	9223

Tabla 4.4 Diámetros de las antenas del subsistema de recepción de señales a sub distribuir.

Nº	Satélite	S (°)	D (Km.)	f (Ghz)	P _L	PIRE (dBW)	C/N	B (dBHz)	T _{lbn} (°K)	T _{c.d.} (°K)	T _{tierra} (°K)	T _{sys} (dB)	G (dB)	G	h	Da (cm.)
1	Telstar 12	15.0	39646.86	12.2	208.133	46.0	17.5	75.56	66.78	13	10	19.5318	44.127	25862.93	70.0%	150.45
2	Hispasat 1D	30.0	38211.33	12.2	205.813	47.0	17.5	75.56	66.78	8	10	19.2829	42.558	18020.14	70.0%	125.59
3	NSS 806	40.5	37363.19	4.2	196.356	39.0	17.5	75.56	20.00	6	10	15.563	37.380	5470.79	70.0%	201.00
4	Intelsat 11	43.1	37178.60	4.2	196.313	39.0	17.5	75.56	20.00	6	10	15.563	37.337	5416.87	70.0%	200.01
5	Intelsat 14	45.0	37050.78	4.2	196.283	43.5	17.5	75.56	20.00	6	10	15.563	32.808	1908.78	70.0%	118.73
6	Intelsat 705	50.0	36744.49	4.2	196.211	39.7	17.5	75.56	20.00	6	10	15.563	36.535	4503.46	70.0%	182.37
7	Intelsat 805	55.5	36461.17	4.2	196.143	40.0	17.5	75.56	20.00	6	10	15.563	36.168	4138.31	70.0%	174.82
8	Intelsat 9	58.0	36352.01	4.2	196.117	40.0	17.5	75.56	20.00	6	10	15.563	36.142	4113.57	70.0%	174.29

Donde:

- s : Longitud del satélite.
- D : Distancia entre el satélite y el punto de recepción (Morro solar - Chorrillos).
- f : Frecuencia de Operación.
- P_L : Perdida en espacio libre.
- T_{lbn} : Temperatura de ruido del LNB.
- T_{c.d.} : Temperatura de ruido a cielo despejado.
- T_{tierra} : Temperatura de ruido de la tierra.
- T_{sys} : Temperatura de ruido del sistema.
- G : Ganancia de la antena.
- h : Eficiencia de la antena.
- Da : Diámetro de la antena.

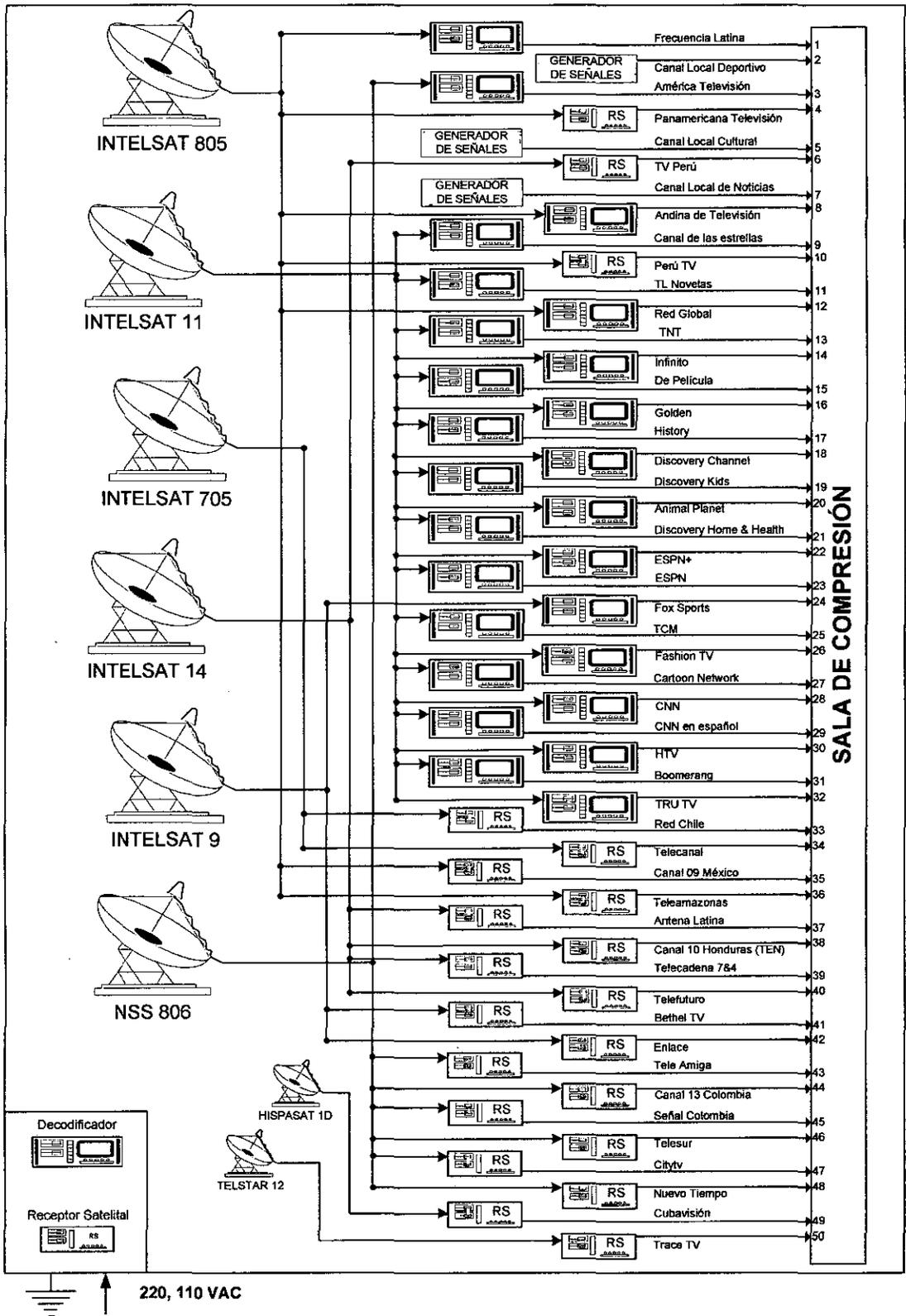


Fig. 4.1 Diagrama de recepción de señales a distribuir.

4.2 Sub sistema de transmisión de enlace de subida al sistema DDS

Estará conformado por el equipamiento para transmitir las señales procesadas desde la estación terrena hacia el satélite, en este caso al satélite amazonas en la Banda Ku.

En primer lugar, de la posición orbital de los satélites y los datos de ubicación geográfica del punto de transmisión, se encontrará los valores de los ángulos de orientación de la antena (azimut y elevación) y finalmente se determinará el diámetro necesario de esta para obtener una relación de densidad de flujo que nos garantice el enlace de subida.

4.2.1 Satélite de distribución

El satélite que se usará para efectuar la distribución de las señales a ser recepcionada para la distribución a los abonados finales será en Amazonas (61° W), cuyas características principales se detallan en el ANEXO A.

4.2.2 Orientación de la antena parabólica de Transmisión

De igual forma que 4.1.2 se realizará los cálculos para el satélite amazonas y el Morro Solar de Chorrillos – Lima, obteniendo los siguientes valores:

Elevación : 66.51°

Azimut : 53.70°

Corrigiendo por efecto de la declinación magnética, para Lima tiene el valor de - 0.66 (Noviembre del 2010), tenemos:

Elevación : 66.51°

Azimut (*Corregido*) : 54.36°

4.2.3 Diámetro necesario de la antena parabólica de transmisión

El diámetro necesario de la antena para transmitir las señales con niveles apropiados, se calculará en función de la potencia transmitida (PIRE) y la Densidad de Flujo (Ψ) Requerida. Para ello se trabajará con la ecuación de enlace de subida y se asumirán valores estándar y comunes en el mercado actual para llegar a una relación entre el diámetro de la antena, PIRE y Densidad de Flujo (Ψ).

Para todos los cálculos siguientes se considerará las siguientes características y valores técnicos.

Satélite : Amazonas.

Longitud satelital : 61° W.

Clima : Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).

Frecuencia : 14.20 GHz.
 Potencia HPA : 750 W. (Marca: CPI, Modelo: VZU-6997V7).
 Pérdidas : 0.5 dB. (Pérdidas por desapuntamiento).
 0.3 dB (Pérdidas en el alimentador)

4.2.3.1 Determinación Densidad de Flujo de Saturación (Ψ)

Para el cálculo de la densidad de flujo se tendrá en cuenta las siguientes características y valores técnicos:

Ganancia Antena : 58.10 dB. (Marca Vertéx, Modelo 7.3m, Tipo Cassegrain).

Cálculos previos:

$D = 36237.83$ Km.

$P_L = 205.352$ dB.

De la ecuación (3.26):

$$\text{PIRE} = \Psi + P_L - 20\log f - 21.45$$

Tenemos:

$$10\log(750) + 58.10 = \Psi + 205.352 - 20\log(14.20) - 21.45$$

$$\Psi = 10\log(750) + 58.10 - 205.352 + 20\log(14.20) + 21.45$$

$$\Psi = -74.00 \text{ dBW/m}^2$$

Vemos que en este caso la Densidad de Flujo de Saturación del satélite debería ser -74.00 dBW/m^2 .

4.2.3.2 Diámetro de la antena parabólica de transmisión a usar

Para este primer cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

Ψ : -75 dBW/m^2 .

Eficiencia Antena : 90% (Tipo Cassegrain).

De la ecuación (3.26):

$$\text{PIRE} = \Psi + P_L - 20\log f - 21.45$$

Tenemos:

$$\text{PIRE} = -75 + 205.352 - 20\log(14.50) - 21.45$$

$$\text{PIRE} = 85.856 \text{ dBW.}$$

Considerando las pérdidas por desapuntamiento y en el alimentador se tendrá:

$$\text{PIRE} = G + 10\log(P_{\text{HPA}}) - 0.5 - 0.3$$

$$G = 57.724 \text{ dBi}$$

Reemplazando valores en (3.10), se tendrá:

$$D_a = 619.64 \text{ cm.}$$

4.2.4 Descripción del equipamiento a emplear

Para transmitir las señales desde el centro de gestión se utilizará una antena parabólica tipo cassegrain trabajando en la Banda Ku y un HPA (Amplificador de Potencia) de 750 W, la Cuadro 4.2 nos detalla el equipamiento a emplear y la Fig. 4.2 muestra el diagrama del enlace de subida.

Cuadro 4.2 Relación de equipamiento del sub sistema de enlace de subida.

Nº	Descripción	Cant.	Marca	Modelo
1	Antena Parabólica tipo Cassegrain.	01	Vertéx,	6.3m
2	Transmisor de Potencia (HPA).	01	CPI	VZU-6997V7

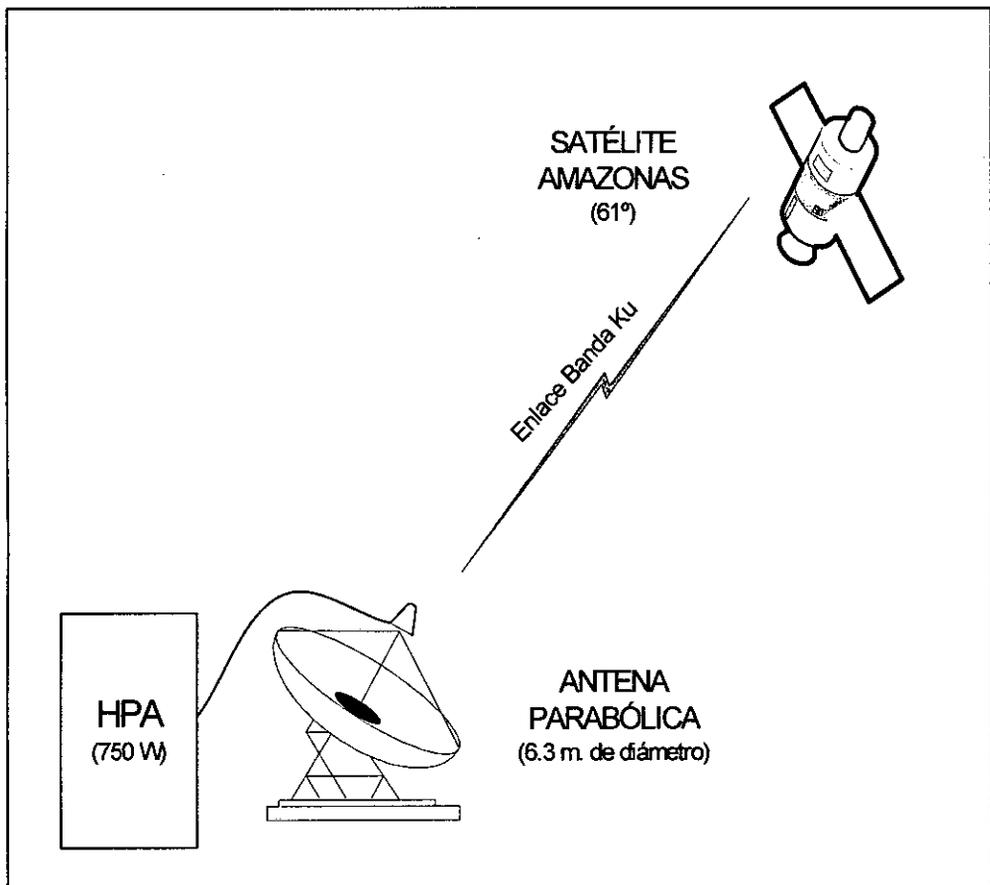


Fig. 4.2 Diagrama del enlace de subida.

4.3 Sub sistema de recepción de señales a distribuir a usuarios finales

Estará conformado por el equipamiento para recibir, modular y combinar las señales provenientes del satélite para la entrega al usuario final, en este caso proveniente del satélite Amazonas en la Banda Ku.

En primer lugar de los datos de posición orbital de los satélites y los datos de ubicación geográfica del punto de recepción, encontraremos los valores de los ángulos de orientación de las antenas (azimut y elevación), los valores de los ángulos de offset de polarización y finalmente determinaremos el diámetro necesario de estas para obtener una relación C/N que nos garantice un funcionamiento correcto y adecuando de los receptores.

4.3.1 Orientación de la antena parabólica receptora

En este caso se calculará los ángulos de orientación de la antena receptora ubicada en la localidad de Casma, se tendrá en cuenta las siguientes coordenadas que corresponden dichos puntos:

Ciudad	Dpto.	L_a (°)	L_o (°)
Casma	Ancash	9.472	78.298

Se considerará que la Longitud del Amazonas es de 61° W y aplicará las formulas (3.28), (3.29), (3.30), (3.31) y (3.32) se calculará los ángulos de azimut y elevación; asimismo de la formula (2.15) se calculará los valores de los ángulos de Offset de Polarización tanto horizontal como vertical, obteniendo los siguientes valores:

Elevación (°)	Azimut (°)	Offset de Polariz.H (°)	Offset de Polariz.V (°)
66.95	62.15	-60.71	29.29

El valor de la declinación magnética para la localidad de Casma correspondiente al mes de Noviembre 2010, es -0.47. Corrigiendo el valor del azimut se tendrá:

Elevación (°)	Azimut <u>Corregido</u> (°)	Offset de Polariz. H (°)	Offset de Polariz.V (°)
66.95	62.62	-60.71	29.29

4.3.2 Diámetro necesario de la antena parabólica de recepción

El diámetro necesario de la antena para recibir las señales con niveles apropiados, se calculará en función de la potencia recibida (PIRE) y la relación C/N requerida. Para ello trabajaremos con la ecuación de enlace de bajada y se asumirá valores estándares y comunes en el mercado actual para llegar a una relación entre el diámetro de la antena, PIRE y C/N.

Para todos los cálculos siguientes se considerará las siguientes características y valores técnicos.

Satélite	:	Amazonas.
Longitud satelital	:	61° W.
Clima	:	Cielo despejado. (La pérdida de propagación está dada por la pérdida de espacio libre).
Frecuencia	:	12.2 GHz. (Limite superior de la Banda Ku).
Ancho de Banda	:	27 MHz (Receptor de Satélite, Marca: Visionetics, Modelo: Vistar 2000 Serie).

4.3.2.1 Determinación de la relación C/N

En este caso se determinará el valor de C/N para la estación de recepción ubicada en Casma.

Para este cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

L_a (Casma)	:	09° 28' 17.39" (9.472).
L_o (Casma)	:	78° 17' 51.62" (78.298).
T_{LNB}	:	66.78 °K (F = 0.9, marca: California Amplifier, Part Number 150338_1).
T_{Tierra}	:	10 °K (De (3.19) para ángulos mayores de 10° como se detalla en 4.1.2).
$T_{c.d.}$:	6 °K (De la Fig. N° 3.2 a 12.00 GHz y 66.95° de elevación).
Diámetro Antena	:	2.00 m. (Antena de foco primario).
Eficiencia Antena	:	70%.
Cálculos previos:		
D = 36221.05 Km.		
PL = 205.348		
G = 46.599 dB.		

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = \text{PIRE} - 205.348 + 46.599 - 10\log(66.78+6+10) + 228.601$$

Luego:

$$C/N = \text{PIRE} - 50.673 - 10\log(27 \times 10^6).$$

$$C/N = \text{PIRE} - 23.641$$

Como sabemos que para que la relación C/N sea apropiada según la norma es de 11 dB, por lo tanto el valor mínimo del PIRE Satelital será de 34.641 dBW.

4.3.2.2 Determinación de la relación G/Tsys

$$\text{PIRE} : 47 \text{ dBW.}$$

$$L_a (\text{Casma}) : 09^\circ 28' 17.39'' (9.472).$$

$$L_o (\text{Casma}) : 78^\circ 17' 51.62'' (78.298).$$

Cálculos previos:

$$D = 36221.05 \text{ Km.}$$

$$PL = 205.348$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = 47.000 - 205.348 + G/T_{\text{sys}} + 228.601$$

$$C/N_o = G/T_{\text{sys}} + 70.253$$

$$C/N = G/T_{\text{sys}} + 70.253 - 10\log(27 \times 10^6).$$

$$C/N = G/T_{\text{sys}} - 4.061$$

$$G/T_{\text{sys}} = C/N + 4.061$$

Como sabemos que para que la relación C/N sea apropiada según la norma es de 11 dB, por lo tanto el valor mínimo del G/Tsys será de 15.061 dB°K⁻¹

4.3.2.3 Diámetro de la antena parabólica de recepción

Para este primer cálculo se asumirá los siguientes datos y valores técnicos:

$$\text{PIRE} : 47 \text{ dBW.}$$

$$L_a (\text{Casma}) : 09^\circ 28' 17.39'' (9.472).$$

$$L_o (\text{Casma}) : 78^\circ 17' 51.62'' (78.298).$$

$$T_{\text{LNB}} : 66.78 \text{ °K (F = 0.9, marca: California Amplifier, Part Number 150338_1).}$$

$$T_{\text{Tierra}} : 10 \text{ °K (De (3.19) para ángulos mayores de } 10^\circ \text{ como se detalla en 4.1.2).}$$

- $T_{c.d.}$: 6 °K (De la Fig. N° 3.2 a 12.00 GHz y 66.95° de elevación).
- Márgenes C/N : 4 dB. (Pérdidas por desapuntamiento y degradación del PIRE del satélite debido a su antigüedad).
 1.0 dB. (Degeneración por efectos de las redes de distribución).
 3.5 dB (Perdidas en splitter al dividir la señal en 50 partes)
 1.5 dB. (Mejorar el nivel requerido).
- C/N : 21.0 dB.
- Eficiencia Antena : 70% (Antena de foco primario).

Cálculos previos:

$$D = 36221.05 \text{ Km.}$$

$$PL = 205.348$$

$$\lambda = 2.459 \text{ cm.}$$

Reemplazando los valores asumidos en la ecuación de enlace de bajada (3.2), se tendrá:

$$C/N_o = 47 - 205.348 + G - 10\log(66.78+10^6) + 228.601$$

$$C/N_o = 51.074 + G$$

Luego:

$$C/N = G + 51.074 - 10\log(27 \times 10^6).$$

$$C/N = G - 23.240$$

$$21.0 = G - 23.240$$

$$G = 44.240 \text{ dB.}$$

Reemplazando valores en (3.10), tenemos:

$$D_a = 152.42 \text{ cm.}$$

4.3.3 Descripción del equipamiento a emplear

Para recepcionar las señales por el usuario final se usará una antena parabólica de foco centrado con un alimentador/LNB en la banda Ku, las señales recepcionadas serán procesadas por el receptor satelital para obtener señales en banda base (AV), las cuales serán procesadas e insertadas en la red de distribución.

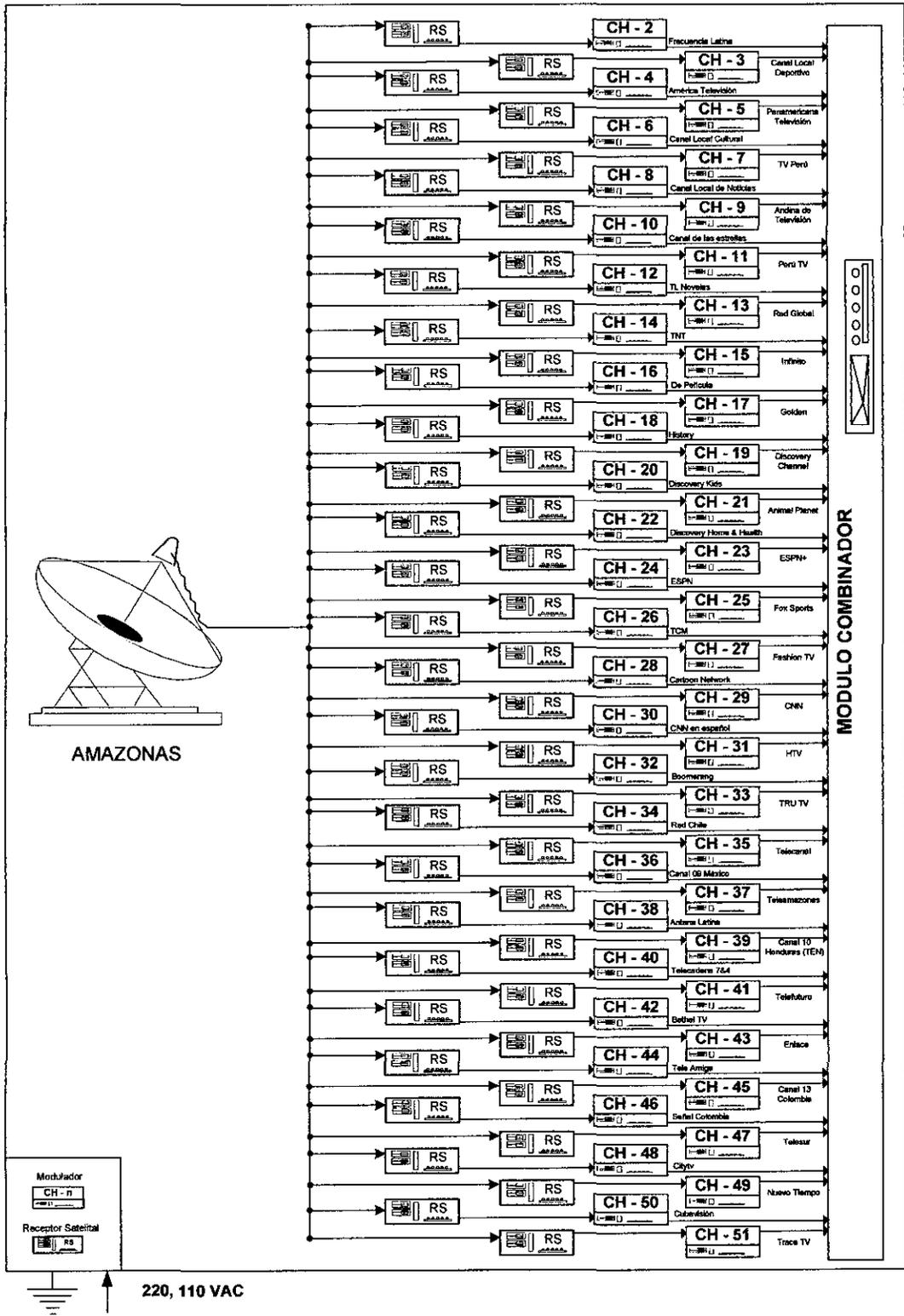
Opcionalmente se tendrá un sistema de reproducción de CDs para transmitir películas ó programas grabados; aunque los reproductores poseen incorporado un modulador en el canal 3 y 4, no es recomendable conectarlos directamente al combinador ya que los moduladores incorporados son de doble banda lateral

(ocupan casi el doble del ancho de banda que un modulador convencional). Usar éste tipo de modulador traería como consecuencia que el canal adyacente se anularía para cualquier tipo de señal por interferencia. Para solucionar este inconveniente tendría que incorporarse un filtro pasabanda para evitar que los productos de intermodulación aparezcan en un buen tramos del espectro VHF. Lo más recomendable será usar un modulador convencional.

Las señales de TV son transmitidas en frecuencias diferentes cuando es a través del aire o a través de un sistema de TV por cable, pero se puede presentar el problema de interferencia, para evitarlo se usa cable coaxial con blindaje. El **Cuadro 4.3** nos detalla el equipamiento a emplear y la **Fig. 4.3** muestra el diagrama de recepción de señales a distribuir a usuarios finales.

Cuadro 4.3 Relación de equipamiento del sub sistema de recepción de señales a distribuir a usuarios finales.

Nº	Descripción	Cant.	Marca	Modelo
1	Antena Parabólica de foco centrado	01	PATRIOT	1.8m PTX.
2	LBN Banda Ku.	01	CALIFORNIA AMPLIFIER	Part Number 150338_1
3	Alimentador Banda Ku.	01	CHAPARRAL	Ku-Wideband Polarotor
4	Receptor de satélite.	50	VISIONETICS	VIStar 2000 Serie
5	Modulador	50	PICO MACOM	PCM55SAW
6	Combinador	3	PICO MACOM	PHC-24G



La Fig. 4.3 muestra el diagrama de bloques del subsistema de recepción de las señales a distribuir a usuarios finales.

4.4 Red de distribución

Las señales serán transmitidas en formato americano NTSC, con un ancho de banda comprendido entre 54-550 MHz., los niveles de potencia de salida serán:

* Canales del 2 al 6: 105 dBuV

* Canales del 7 al 17: 115 dBuV

Los parámetros de calidad considerados a nivel de abonado son:

* Nivel de portadora (C) : 63 dBuV.

* Relación portadora /ruido (C/N) : 45 dB

* Distorsión compuesta 2^{do} orden : 55 dB

* Distorsión compuesta 3^{er} orden : 50 dB

La alimentación principal de los equipos será mediante un estabilizador de voltaje de 2000 W. de potencia, con salidas de 110 y 220 VAC, con entrada de 155-265 VAC.

Por razones de seguridad personal y equipamiento contra posibles descargas eléctricas, inducciones o interferencias, se instalarán en las cabeceras sistemas de puesta a tierra tratada, lo cual también redundará en una mejor calidad de las señales a transmitir por cable.

4.4.1 Descripción del equipamiento a emplear

La planta externa estará constituida por una red de cables coaxiales, se utilizará el Cable Coaxial 500 con mensajero como cable de la troncal principal, el RG-11 para la distribución y el RG-6 cilíndrico para la acometida a los abonados.

Dentro de las redes y de acuerdo a las necesidades, se usará divisores, acopladores direccionales, ecualizadores, derivadores, conectores y amplificadores.

Líneas troncales

La distribución de las señales para cumplir con los requerimientos del diseño, será por medio de dos troncales, una para la zona de Villa Hermosa y otra para el cercado.

En la **Tabla 4.3**, tenemos las pérdidas en splitters y acopladores direccionales, cuyos valores se usará en el cálculo de la señal que se distribuyen a través del cable.

Tabla 4.3, Pérdidas en splitters y acopladores direccionales

PERDIDA EN DIVISORES DE LÍNEA (splitters)	
TIPO DE DIVISOR	PÉRDIDA POR SALIDA (dB)
2 – Salidas	3.5
3 – Salidas	3.5 y 7 (2 salidas de 7 y 1 de 3.5)
4 – Salidas	7.0
8 – Salidas	10.5
16 – Salidas	14.0
PERDIDA DE INSERCIÓN EN DERIVADORES DIRECCIONALES (Taps)	
TAP	PÉRDIDA POR SALIDA (dB)
30	0.5
27	0.5
24	0.5
20	0.5
16	0.5
12	1.0
9	0.5
6	2.2

A la salida de los moduladores se tendrá 55 dBmV (PICOMACOM – PCM55SAW). Luego en el cable distribuidor se tendrá una señal igual a 45 dBmV. menos la pérdida en los dos combinadores. Esta señal, luego de introducirle alimentación eléctrica a través del insertor de potencia, será dividida e insertada en las 2 troncales principales, con lo que en la salida principal de cada troncal se tendrá un nivel de señal de 42 dB para los canales altos y 35 para los canales bajos y las salidas secundarias 46 dB para los canales altos y 39 dB para los canales bajos. La pérdida en el cable troncal es de 5.97 dB/100 m. para el rango de frecuencia a usar hasta 550 HZ.

Los amplificadores de troncal a utilizar serán de 35 dB, por tanto la distancia a que tenemos que instalarlos para compensar las pérdidas de cable, será aproximadamente 253 m.

Línea de distribución

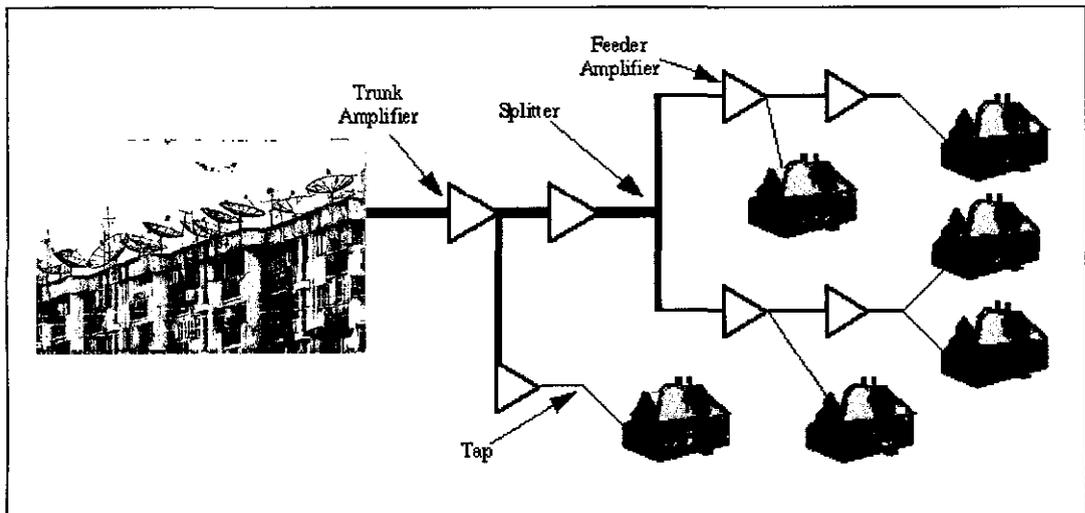
El cable coaxial que se utilizará en la zona de distribución es conocido como línea de alimentación, será mas reducido en diámetro que el cable coaxial de la línea troncal y por ende posee mayor atenuación, según especificaciones típicas de 9.87 dB por cada 100 m. aproximadamente a 550 MHz. Como consideración de diseño se asumirá que cada línea de alimentación tendrá un máximo de tres amplificadores lineales, con la finalidad de evitar la degradación de la señal como consecuencia de la no linealidad de los amplificadores.

En el espacio que media entre dos amplificadores de línea habrá 3 acopladores direccionales con una pérdida total de 2.4 dB y la pérdida de 12.6 dB en el cable estará compensada por la ganancia de 15 dB. De los amplificadores de línea, cuando se coloque a 150 m. de distancia Aproximadamente.

Como es sabido los acopladores direccionales se emplearán para la toma de bajada hacia la casa de los abonados. Cada acoplador podrá alimentar ocho hogares, por lo que una línea de alimentación con tres amplificadores puede proporcionar señales hasta para 96 abonados. Adicionalmente las líneas de alimentación pueden extenderse o multiplicarse, mediante separadores direccionales, obteniéndose así otras líneas de alimentación, o mejor dicho la zona de cubierta puede multiplicarse por 4, sin tener que aumentar el número de amplificadores por línea.

El método utilizado para efectuar la distribución de señales en un área de cobertura consiste en extender la línea troncal hasta los puntos de distribución, cada uno de los cuales puede soportar a cuatro líneas de alimentación. Las necesidades de densidad y/o atención a cualquier a cualquier situación puede realizarse utilizando separadores, acopladores direccionales, taps, splitters u otros accesorio adicional.

La **Fig. 4.4** nos muestra una configuración típica de una red de distribución para llevar señales de cable a través de una ciudad y la **Tabla 4.4** nos detalla el equipamiento que se empleará en la red de distribución.



La Fig. 4.4 Configuración típica de una red de distribución CATV.

Tabla 4.4 Equipamiento de la red de distribución

Nº	Descripción	Unid.	Cant.	Marca
1	Amplificador troncal.	U	15	JERROL
2	Amplificador de línea de distribución.	U	10	MOTOROLA
3	Cable Coaxial 500 c/ mensajero.	Rollo	7	BELDEN
4	Cable Coaxial RG-11 c/ mensajero.	Rollo	30	BELDEN
5	Cable Coaxial RG-6.	Rollo	33	BELDEN
6	Divisores 2 vías.	U	40	PANSAT
7	Divisores 3 vías.	U	40	PANSAT
9	Acoplador Direccional 8db.	U	50	PANSAT
10	Acoplador Direccional 12db.	U	50	PANSAT
11	Acoplador Direccional 16db.	U	50	PANSAT
12	Conectores 500.	U	50	AUGAT
13	Conectores RG-11.	U	100	AUGAT
14	Conectores RG-6.	U	2000	AUGAT

CAPITULO V DIMENSIONAMIENTO Y ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA

Como se transmitirá 50 canales entonces necesitará 50 equipos receptores y 50 moduladores, así como también amplificadores troncales y de amplificadores de línea para dar servicio a aproximadamente 1000 abonados.

5.1 Equipamiento de cabecera

i.- ANTENA PARABÓLICA.- Las características y especificaciones se detallan a continuación:

Marca	:	PATRIOT
Modelo	:	1.8m.

ELÉCTRICAS

Ganancia en Ku-11.7 GHz	:	45.5 dBi
Eficiencia	:	70%
Ancho de haz	:	.97°
Polarización cruzada	:	30 dB
VSWR(máx.)	:	1.3:1

MECÁNICAS

Diámetro	:	1.8m.
Angulo de desplazamiento	:	24.5°
F/D	:	0.6
Temperatura de operación	:	-20 a 140 °F

ii.- RECEPTOR DE SATÉLITE.- Las características se detallan a continuación:

Marca	:	VISIONETIC
Modelo	:	VIStar 2000
Características del sistema	:	Cumple totalmente con los estándares MPG-2 y DVB

LNB/Selector:

Frecuencia de entrada	:	950 a 2150 MHz
Nivel de entrada de RF	:	-65 a -25 dBm

Alimentación de LNB	:	14V/18V (Máximo 400 mA)
SALIDA VIDEO:		
Formato de Video	:	PAL/NTSC
Resolución Máxima	:	720x576(PAL), 720x480(NTSC)
Forma de video	:	4:3, 16:9
Tipo de Conector	:	RCA, S-Video y RF.
SALIDA AUDIO:		
Modo	:	Mono, Dual, Joint Stereo, Stereo
Symbol Rate	:	20~20KHz \leq +/-2dB, 60~18KHz \leq +/- 0.5 dB.
CARACTERÍSTICAS GENERALES:		
Alimentación	:	90-260 VAC, 47 – 63 Hz
Temperatura de operación	:	5 – 45 °C
Humedad de operación	:	15% - 80% RH
Peso	:	2.7 Kg.
Dimensiones	:	335mmx266mmx60mm
Consumo de Potencia	:	20 W. (Condiciones Normales de Operación)

iii.- MODULADOR DE AUDIO Y VIDEO.- Las características se detallan a continuación:

Marca	:	PICO MACOM
Modelo	:	PCM55SAW
RF:		
Canales.....	:	90 Canales CATV T17-T13
Rango de Frecuencia	:	(5.75 - 550 Mhz)
Nivel de Salida	:	55-58 dBmV. (Ajustable)
Impedancia de salida	:	75 Ohms
Relación de Audio y Video	:	-7 a – 22 dB (Ajuste digital)
Estabilidad de frecuencia	:	+/- 105 Khz
Salida de espureas	:	-60 dBc.
Relación C/N	:	60 dBc.
Reflejada	:	FV – 1.5 MHz > -60 dB
		FV – 4.5 MHz > -63 dB
		FV + 1.5 MHz > -63 dB

FV + 4.5 MHz > -63 dB

VIDEO:

Nivel de entrada	:	Mínimo 1.5V p-p (para 87.5% de modulación)
Rango Nivel de entrada	:	0.5 Vp-p a 1.5 Vp-p
Respuesta en frecuencia	:	+/- 1.5 dB DC a 4.2 MHz
Señal de Video a Ruido	:	-60 dB mínimo
Diferencia de fase	:	>5° (10 a 90% APL)
Diferencia de ganancia	:	<5% (10 a 90% APL)

AUDIO:

Respuesta de frecuencia	:	+/-0.4 dB @ 50 Hz a 15 KHz
Distorsión armónica	:	0.5% @ 50 Hz a 15 KHz
Pre-énfasis	:	75 Microsegundos
Nivel de entrada	:	500 Vp-p (25 KHz Dev)
Impedancia de entrada (Banda Base)	:	600 Ohms
Relación S/N	:	60 dB

GENERAL

Alimentación	:	120 VAC, 60 Hz
Temperatura de operación	:	-10° a 50° °C.
Dimensiones	:	19"Wx1.75"Hx3"D.
Peso	:	3.5 Libras.
Conector	:	Tipo "F"

iv.- COMBINADOR.- Las características se detallan a continuación:

Marca	:	PICO MACOM
Modelo	:	PHC-24G
Rango de Frecuencia (MHz)	:	50-1000 MHz
Aislamiento Puerto a Puerto:		
Adyacente	:	30 dB Típico
Opuesto	:	40 dB Típico
Inserción de Pérdida	:	-21 dB Típico
Montura	:	19" Rack
Dimensión	:	19"(L)x3"(D)x13/4"(H)
Peso	:	3.3 lb
Conector	:	Tipo "F"

Punto de Prueba : -20 dB

5.2 Sistema Troncal

Para llevar las señales al AAHH Villa Hermosa necesitamos 8 amplificadores troncales 7 para el cercado, haciendo un total de 15.

i.- AMPLIFICADOR TRONCAL

Marca : JERROLD

Modelo : 550 Mhz

ii.- CABLE COAXIAL

Marca : BELDEN

Modelo : .500

ESPECIFICACIONES TÍPICAS:

Especificaciones físicas		
Dimensiones nominales	pulgadas	milímetros
Conductor	0.109	2.77
Aislamiento	0.450	11.4
Espesor Conductor Externo	0.025	0.64
Diámetro Conductor Externo	0.500	12.7
Revestimiento	0.580	14.7
Portante	0.109	2.77
Peso Nominal [lb/1000ft] [Kg/Km]	154	230
Peso Nominal (por carrete) [lb] [Kg]	463	210
Longitud nominal (por carrete) [feet] [m]	2350	716
Fuerza de tracción máxima [lb] [Kg]	900	410
Radio mínimo de curvatura [in][mm]	4	100
Fuerza de ruptura del portante [lb] [Kg]	1800	820
Medidas de las bobinas [in] [cm]	42*18*18	107*46*46

Atenuaciones Máximas @ 20°C (68°F)		
Frecuencia [Mhz.]	dB/100ft	DB/100m
5	0.16	0.52
55	0.55	1.80
211	1.08	3.55
250	1.19	3.92
270	1.24	4.07
300	1.31	4.30
330	1.38	4.54
350	1.43	4.69
400	1.53	5.02
450	1.63	5.35
500	1.73	5.68
550	1.82	5.97
600	1.91	6.27
750	2.16	7.09
870	2.35	7.69
1000	2.53	8.30

Especificaciones eléctricas		
Resistencia Nominal @ 20°C (68°F)	ohms por 1000	
Conductor Central Aluminio revestido en Cobre	Pies	metros
Conductor Central	1.35	4.43
Conductor Externo	0.36	1.18
Lazo	1.70	5.58
Impedancia	75±2 ohms	
Velocidades de Propagación	87% nominal	
Capacitancia Nominal	15.6 pF/ft	51.2 pF/m

5.3 Sistema de distribución

Para distribuir las señales al AAHH Villa Hermosa necesitamos 5 amplificadores 5 para el cercado, haciendo un total de 10.

i.- AMPLIFICADOR DE LÍNEA

Marca : MOTOROLA

Modelo : BLE-87

ii.- CABLE COAXIAL

Marca : BELDEN

Modelo : RG-11

Físicamente están formados por:

- Un conductor central de acero cobrizado, con una conductividades mínima de 22%.
- Un dieléctrico de polietileno celular (FOAM PE), aplicado concéntricamente al conductor central y adherida a ésta mediante un polímetro que a su vez evita el ingreso de humedades, contribuyendo a que la atenuación permanezca estable 0 a 100% de humedades relativa.
- Un conductor exterior compuesto de dos capas: una de lámina de aluminio-polietileno-aluminio y malla de pequeñas hebras entrelazadas de aleación de aluminio.
- El cable RG-11 con mensajero, adicionalmente consta de acero galvanizado, que es utilizado como soporte en el tendido aéreo de estos cables. La cubierta de protección, en este caso, es aplicada en forma integral sobre el mensajero y el conductor exterior.

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Capacidades Nominal : 51.2 PF/m

Impedancia : 75 +/- 2 ohmios

Velocidades de propagación : 87% nominal

Atenuación Máxima :

FRECUENCIA MHz	RG-11
	DB/100m.
5	1.18
30	2.46
50	3.05
108	4.26
216	6.00
240	3.36
270	6.76
300	7.12
325	7.45
350	7.74
375	8.00
400	8.30
450	8.82
500	9.35
550	9.87
600	10.40
650	10.80
700	11.30
750	11.70
800	12.20
862	12.70
900	13.00
950	13.40
1000	13.90

5.4 Baja a los abonados

Para llevar las señales a los abonados se hará mediante cable coaxial RG – 11, cuyas características detallamos a continuación.

i.- CABLE COAXIAL

Marca : BELDEN
 Modelo : RG-11

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Capacidades Nominal	:	51.2 PF/m
Impedancia	:	75 +/- 2 ohmios
Velocidades de propagación	:	87% nominal
Atenuación Máxima	:	

FRECUENCIA MHz	RG-6
	DB/100m.
5	2.00
30	3.48
50	4.72
108	6.63
216	9.35
240	9.84
270	10.50
300	11.10
325	11.50
350	12.00
375	12.40
400	12.90
450	13.70
500	14.50
550	15.30
600	16.00
650	16.70
700	17.40
750	18.00
800	18.70
862	19.50
900	19.19
950	20.50
1000	21.10

5.5 Costos del proyecto

Los costos que se consideran son los siguientes: costos de equipamiento, costos de dirección técnica y costos de mano de obra calificada. Los costos, donde corresponde incluyen el 19% del impuesto general a las ventas IGV.

5.5.1 Costos de equipamiento

Tabla 5.1. Costos de equipamiento

Item	Especificaciones	Unid.	Cant.	Precio Unit. (US\$)	Sub-Total (US\$)
01	Sistema de recepción				
01.01	Antena Parabólica de foco centrado, PATRIOT, 1.8m PTX.	U	01	2,000	2000
01.02	LBN Banda Ku, CALIFORNIA AMPLIFIER, Part Number 150338_1	U	01	200	200
01.03	Alimentador Banda Ku, CHAPARRAL, Ku-Wideband Polarotor	U	01	200	200
01.04	Receptor de satélite, VISIONETICS, VISTar 2000 Serie	U	50	150	7500
01.05	Modulador, PICO MACOM, PCM55SAW	U	50	150	7500
01.06	Combinador, PICO MACOM, PHC-24G	U	3	150	450
02	Red de distribución				

02.01	Amplificador troncal, JERROL	U	15	500	7500
02.02	Amplificador de línea de distribución, MOTOROLA	U	10	400	4000
02.03	Cable Coaxial 500 c/ mensajero, BELDEN	m.	07	1000	7000
02.04	Cable Coaxial RG-11 c/ mensajero, BELDEN	m.	30	200	6000
02.05	Cable Coaxial RG-6, BELDEN	m.	33	100	3300
02.06	Otros accesorios secundarios (Taps, splitter, fuente de poder, insertor de potencia, conectores y otros)		01	4000	4000
TOTAL DE COSTO DE EQUIPAMIENTO				US\$ 49,650	

5.5.2 Costos de dirección técnica y mano de obra calificada

Se esta considerando que la ejecución técnica para la ejecución del proyecto estará a cargo de un ingeniero electrónico especialista en sistemas de comunicaciones satelitales y de cableado de red de CATV.

Además se esta considerando que la mano de obra calificada estará a cargo de cuatro técnicos con experiencia en instalaciones de antenas parabólicas y cableado de red de CATV. Los honorarios previstos para la dirección técnica ascienden al 10% de los costos netos de equipamiento. Por otro lado, los honorarios previstos para la mano de obra calificada ascienden al 15% de los costos anteriores:

- Dirección técnica (Dt) **US\$ 4,965**
- Mano de obra calificada (Moc) **US\$ 7,450**

TOTAL DIRECCIÓN TÉCNICA Y MANO DE OBRA CALIFICADA US\$ 12,415

5.5.3 Costos totales

Para el calculo de los costos totales **Tabla 5.2**, adicionalmente a los costos anteriores se esta considerando los costos de pruebas, expediente de replanteo y los de movilidad y transporte en un monto igual al 10% de los costos de equipamiento.

Tabla 5.2 Resumen de costos

Item	Descripción	Sub-Total
01.00	Costos de equipamiento	49,650.00
02.00	Dirección técnica y mano de obra calificada	12,415.00
03.00	Costos adicionales (Pruebas, replanteo exp, móvilidad, etc.)	4,965.00
	TOTAL	67,030.00

CAPITULO VI ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

1. Desde el punto de vista tecnológico se han considerando equipos de ultima generación, asimismo la red de distribución se ha diseñado para que pueda soportar la emisión de 78 de canales de CATV, a diferencia del diseño usado por el proveedor del servicio existente que a partir del canal 50 presenta limitaciones de transmisión.

Las limitaciones antes mencionadas se debe fundamentalmente a que la expansión del operador de cable existente se realizo sin el debido diseño y además al uso de los techos y postes artesanales para su la implementación de su red, limitando así el uso del cable .500 para las líneas troncales.

2. Debido a la competencia los costos de servicio tendrán un valor mínimo, propiciandno así la eficiencia en los operadores.
3. Socialmente la implementación del sistema en estudio contribuirá al desarrollo personal, familiar, local y por ende nacional, ya que los pobladores de Casma tendrán acceso a nueva y mejor información mediante canales de TV nacionales e internacionales.
4. Una de las principales dificultades encontradas en la implementación del sistema fue la obtención de la concesión para brindar el servicio de radiodifusión por cable, ya que la Dirección Nacional de Concesiones del MTC no tiene un plazo determinado para la emisión de dicho permiso.

En el proceso de implementación se tuvo la dificultad del calor propio de la zona, lo cual obligaba a trabajar en las noches y debido a que la ciudad de Casma esta cimentada sobre arena en la implementación del pozo a tierra se tuvo que tener determinar apropiadamente los componentes a usar, obteniéndose una resistividad total de 3.50 Ohms.

CONCLUSIONES

Después del desarrollo de la presente tesis, se tiene las siguientes conclusiones:

1. El objetivo principal fue diseñar e implementar un sistema de CATV empleando herramientas de bajo costo y de libre disponibilidad, para su aplicación en la localidad de Casma, con la finalidad de permitir y mejorar el acceso de información mediante canales de TV, situación que permitirá el desarrollo personal y local de los beneficiados.
2. No fue necesario recurrir al uso de cartografía tradicional de forma impresa, que pone a nuestro alcance el Instituto Geográfico Nacional, con un costo determinado, sino se ha hecho uso de cartografía digital gratuita, disponible en servidores accesibles mediante Internet.
3. Se ha hecho una estimación realista del equipamiento para poder brindar servicio a 1000 abonados.
4. De acuerdo a la estimación de costos realizada, la inversión realizada en una cantidad moderada y de fácil financiamiento.
5. Es necesaria la realización de mediciones periódicas a fin de tener una mayor precisión en los cálculos de diseño de los sistemas de recepción y de la red de distribución.
6. Los costos de los equipos cada año bajan por lo que implementar el sistema a medida que pasa el tiempo será más factible, claro esta, si es que el equipamiento actual no queda obsoleto ante nuevas tecnologías.

ANEXOS

ANEXO A
CARACTERÍSTICAS DEL SATÉLITE AMAZONAS

3. CARACTERISTICAS DE LA CARGA UTIL EN BANDA KU

3.1 GENERAL

El satélite AMAZONAS proporciona capacidad de segmento espacial para ofrecer servicios de telecomunicaciones vía satélite, incluyendo la contribución de TV analógica y digital, la distribución y difusión de servicios, servicios de gestión, incluyendo redes VSAT. El número total de transpondedores simultáneos operacionales en el satélite AMAZONAS es de 32, que pueden ser seleccionados por comandos específicos enviados al satélite.

3.2 DEFINICION DE COBERTURAS

Las antenas permite ofrecer las coberturas que se especifican a continuación para la posición orbital 61° Oeste, siendo capaz de simultanear dentro de las zonas de cobertura diferentes, que se definen así:

Estas zonas de cobertura son:

1. La Cobertura de BRASIL, que incluye todo Brasil.
2. La Cobertura de AMÉRICA DEL NORTE, que incluye del Norte de EEUU a Panamá, incluyendo México y las Islas del caribe.
3. La COBERTURA DE SUDAMÉRICA, que incluye desde Venezuela y Colombia al sur de Argentina y Chile, excluyendo Brasil.
4. La cobertura de EUROPA, que incluye la Península ibérica y Baleares, Canarias y Madeira y las Islas Azores, así como Sur del Reino Unido y una gran parte de Francia, Marruecos y Argelia.

Con el objetivo que especifican los parámetros siguientes - la densidad de flujo de saturación (SFD), - el valor Mínimo nominal de G/T - el valor Mínimo nominal de PIRE contornos diferentes se definen en cada cobertura el área.

La figura 3 muestra las áreas geográficas correspondiente a la cobertura de BRASIL. Se definen tres áreas BA, BB y AC.

La figura 4 muestra las áreas geográficas correspondientes a la cobertura de AMÉRICA DEL NORTE. Se definen tres áreas NA, NB y NC.

La figura 5 muestra las áreas geográficas correspondiente a la cobertura de SUDAMÉRICA. Cinco áreas son definidas, llamadas: SA1, SA2, SC1, SC2 y SD.

La figura 6 muestra las áreas geográficas correspondientes a cinco zonas definidas para la cobertura de EUROPA, llamada IA, IA ', IB ', IC ' Y EA.

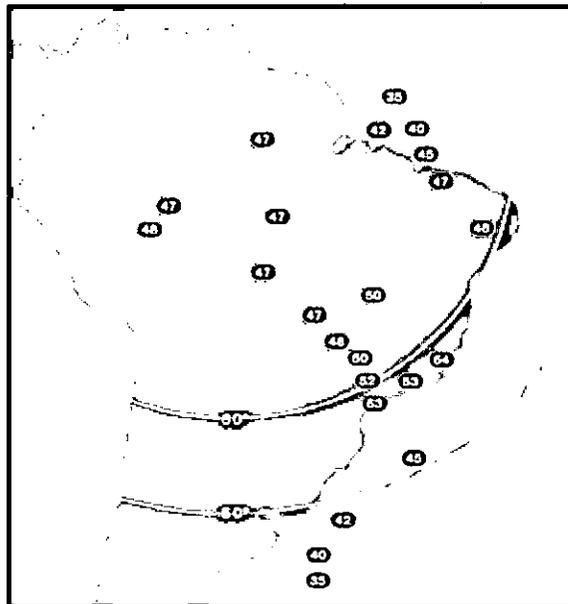


Figure 3: Cobertura de BRASIL

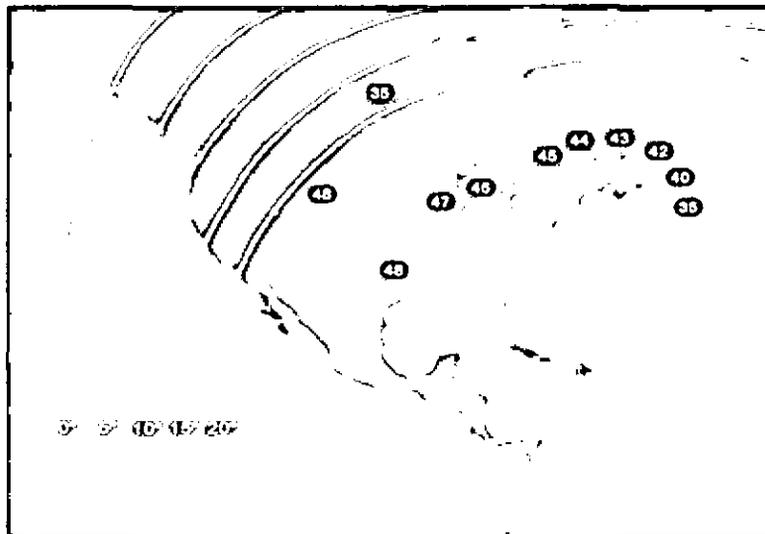


Figura 4: COBERTURA DE AMERICA DEL NORTE

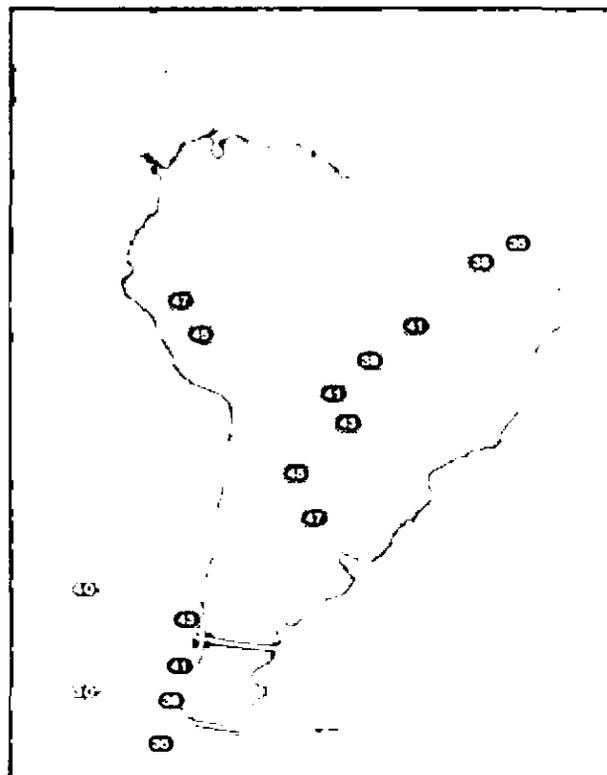


Figura 5: Cobertura en AMERICA DEL SUR

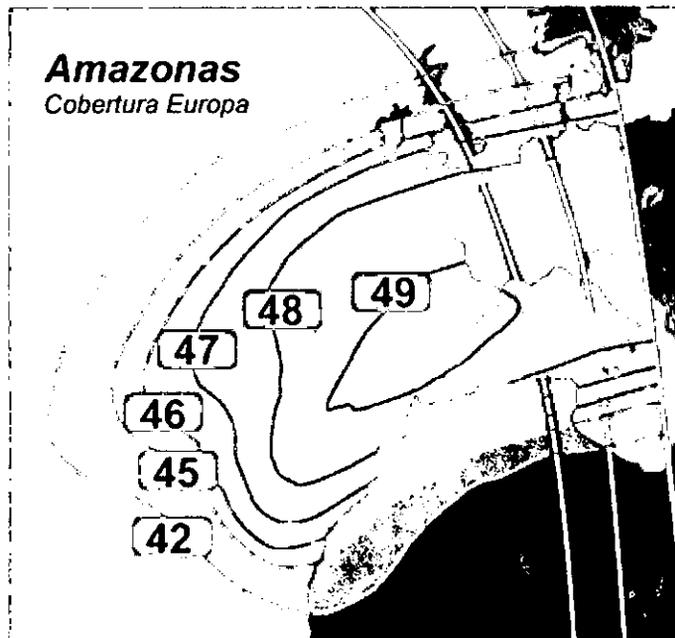


Figura 6: Cobertura en EUROPA

3.3 PLAN DE FRECUENCIAS

Las bandas de frecuencias del enlace ascendente son 13,75 – 14,50 GHz desde América, y 13,75 – 14,00 desde Europa. Las bandas de frecuencias de los enlaces descendentes son 10,95 – 11,20 GHz 11,70 - 12,20 GHz en América y 12,50 – 12,75 GHz en Europa.

El plan de frecuencias de la carga útil de AMAZONAS queda definido en la tabla 2 y se ilustra en la figura 5. La frecuencia referida en la tabla corresponde a la frecuencia central del transpondedor. Los transpondedores tienen un ancho de banda utilizable de 54 MHz y de 36 MHz.

Se define el ancho de banda utilizable de un transpondedor como las bandas de frecuencias en las que satisfacen características definidas en este documento, a menos que se indique explícitamente de otra forma.

3.4 CAPACIDAD Y MODO DE OPERACIONES

INFORME N° CONARTEL-AT-09-101

Ref. Ingreso N° 208-808-09

D. M. Quito, 27 de marzo de 2009

Abogado
ANTONIO GARCÍA
Presidente del CONARTEL
Presente

Señor Presidente:

ASUNTO: Solicitud de autorización para la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1, a favor de COMTELEC CIA. LTDA.

SUMARIO:

ITEM	OBSERVACION
Solicitud	El ingeniero Gustavo Tapia L., Gerente de COMTELEC CIA. LTDA. y Representante de Legal y Apoderado en el Ecuador de la empresa española HISPASAT/HISPAMAR, solicita la autorización para la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1.
Factibilidad	Técnicamente es factible la autorización para la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1 en las bandas C y Ku.
Recomendación	Considerando que la peticionaria ha cumplido con los requisitos técnicos establecidos, esta Asesoría considera que técnicamente es factible autorizar a favor de COMTELEC CIA. LTDA. la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1 en las bandas C y Ku.

1. ANTECEDENTES:

- 1.1 Mediante comunicación ingresada a este Organismo con N° 3090 de 10 de julio de 2008, el ingeniero Gustavo Tapia L., Gerente de COMTELEC CIA. LTDA. y Representante de Legal y Apoderado en el Ecuador de la empresa española HISPASAT/HISPAMAR, solicita la autorización para la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1, adjuntando el estudio técnico elaborado y firmado por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones colegiado.
- 1.2 Mediante oficio N° CONARTEL-SG-08-2630 de 29 de julio de 2008, el CONARTEL envía a la Superintendencia de Telecomunicaciones toda la documentación presentada por la peticionaria, para que se emitan los informes correspondientes.

- 1.3 Mediante oficio N° ITC-2009-0079 de 15 de enero de 2009, la Superintendencia de Telecomunicaciones informa que sobre la base del análisis efectuado, técnicamente es factible de autorizar a favor de COMTELEC CIA. LTDA. representante legal en Ecuador de HISPASAT/HISPAMAR, la autorización para la prestación del segmento satelital a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1, para los servicios de Radiodifusión Sonora y Televisión en las bandas C y Ku siempre que no contravenga lo establecido en el Registro Oficial N° 336 de 14 de mayo de 2008.
- 1.4 Mediante comunicación ingresada a este Organismo con N° 808 de 11 de febrero de 2009, la peticionaria presenta la declaración profesional de responsabilidad técnica del estudio de ingeniería, con el fin de poder continuar con el trámite de autorización.

2. ANÁLISIS:

- 2.1 Del estudio de ingeniería se determina que la peticionaria ha solicitado la autorización para la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1, con las siguientes características técnicas:

Condiciones Técnica y Operativas:

HISPASAT 1C

NOMBRE DEL SATÉLITE	HISPASAT 1C
BANDA DE OPERACIÓN	Ku
POSICIÓN ORBITAL	30° Oeste (30°W)
P.I.R.E. MÁXIMO	50 dBw
ÁREA DE OPERACIÓN	REGIÓN 2 DE LA UIT
DISPONIBILIDAD ANUAL	99.9958%
RELACIÓN C/T DEL SATÉLITE MÁXIMA	4dB/K
DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACIÓN DEL SATÉLITE	MINIMA: -93 dBW/m ² MÁXIMA: -78 dBW/m ²

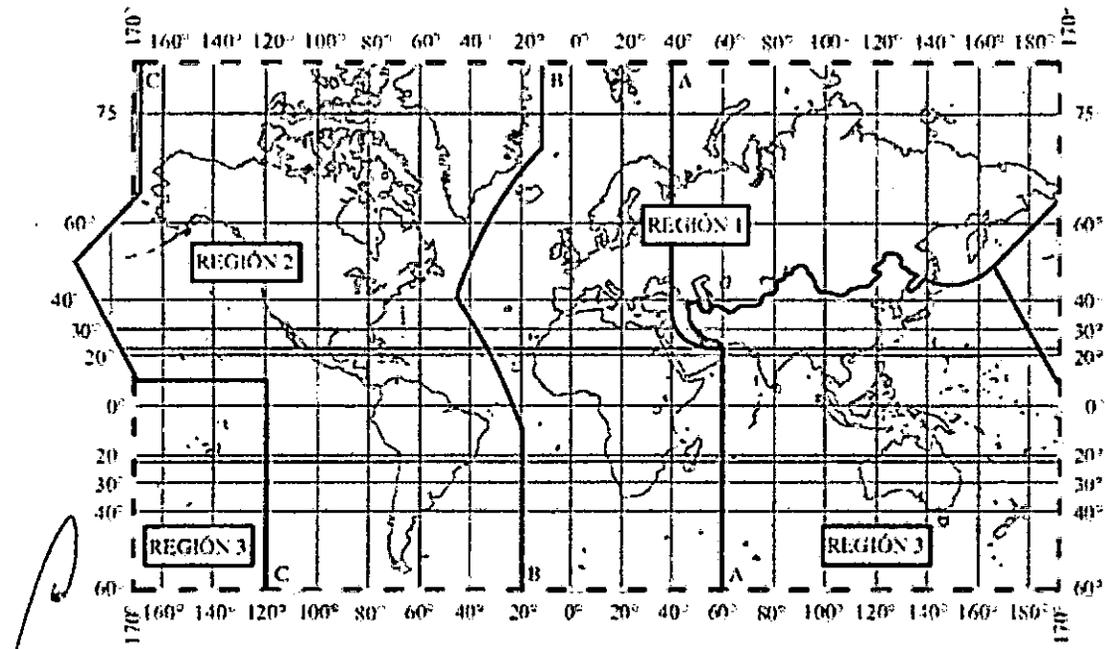
HISPASAT 1D

NOMBRE DEL SATÉLITE	HISPASAT 1D
BANDA DE OPERACIÓN	Ku
POSICIÓN ORBITAL	30° Oeste (30°W)
P.I.R.E. MÁXIMO	50 dBw
ÁREA DE OPERACIÓN	REGIÓN 2 DE LA UIT
DISPONIBILIDAD ANUAL	99.9958%
RELACIÓN C/T DEL SATÉLITE MÁXIMA	4dB/K
DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACIÓN DEL SATÉLITE	MINIMA: -93 dBW/m ² MÁXIMA: -75 dBW/m ²

AMAZONAS-1

NOMBRE DEL SATÉLITE	AMAZONAS-1
BANDAS DE OPERACIÓN	C y Ku
POSICIÓN ORBITAL	61° Oeste (61°W)
P.I.R.E. MÁXIMO	BANDA C: 41.6 dBw BANDA Ku: 49 dBw
ÁREA DE OPERACIÓN	REGIÓN 1 y 2 DE LA UIT
DISPONIBILIDAD ANUAL	99.9958%
RELACIÓN G/T DEL SATÉLITE MÁXIMA	BANDA C: 1dB/K BANDA Ku: 6dB/K
DENSIDAD DE FLUJO DE SATURACIÓN DEL SATÉLITE	BANDA C: MÍNIMA: -98 dBW/m ² MÁXIMA: -80 dBW/m ² BANDA Ku: MÍNIMA: -93 dBW/m ² MÁXIMA: -75 dBW/m ²

2.2 De acuerdo al Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT se determina a la Región 2 como la zona limitada al este por la línea B y al oeste por la línea C del siguiente gráfico:



2.3 En el estudio de ingeniería se manifiesta que las fechas de entrada en servicio de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1 son el 16 de febrero de 2000, octubre de 2002, julio de 2004, respectivamente y que su vida útil es de 15 años.

2.4 En relación a los parámetros de calidad, en el estudio de ingeniería se señala que el grupo HISPASAT dispone de una estructura de ingeniería de satélite con organización matricial que le permite asumir las tareas de ingeniería asociadas a los satélites en órbita, misma que se responsabiliza de las operaciones y estado, mediante las funciones de preparación y relajación de las maniobras, para el correcto mantenimiento de los satélites en su ventana orbital; análisis de las incidencias ocurridas en la órbita, conjuntamente con los fabricantes de los satélites; y, estudio de las telemetrías para el análisis de tendencias, a fin de prever con la suficiente antelación las anomalías que puedan ocurrir.

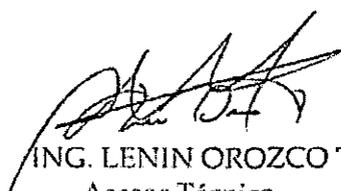
2.5 De la documentación técnica revisada se desprende que técnicamente es factible la autorización para la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1 en las bandas C y Ku.

3. RECOMENDACIONES:

3.1 Considerando que la peticionaria ha cumplido con los requisitos técnicos establecidos, esta Asesoría considera que técnicamente es factible autorizar a favor de COMTELEC CIA. LTDA. la provisión del segmento espacial para los servicios de Radiodifusión Sonora y de Televisión, en el país o conexión con el exterior, a través de los satélites HISPASAT 1C, HISPASAT 1D y AMAZONAS-1 en las bandas C y Ku.

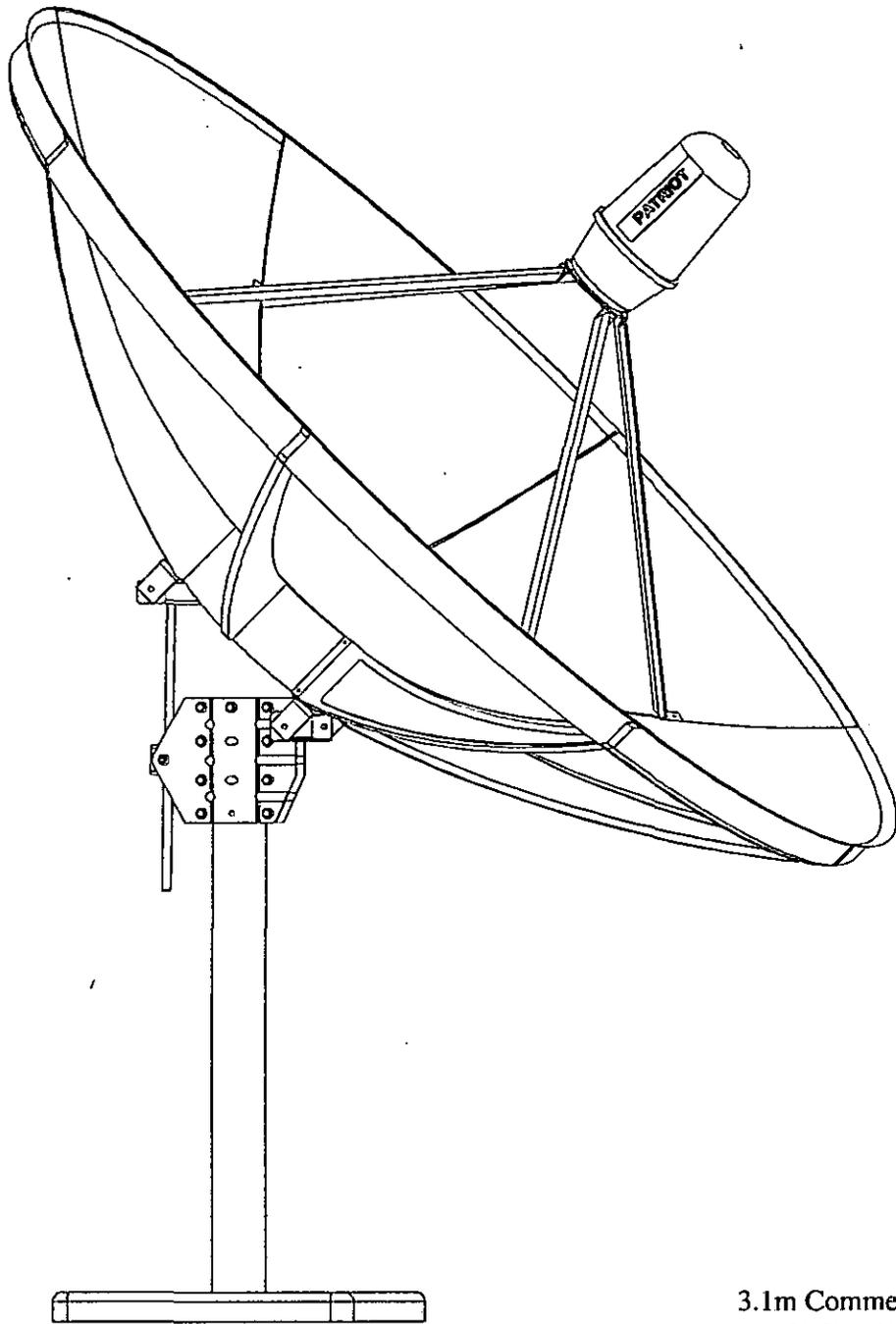
3.2 En el caso de que se autorice lo solicitado y en base a los Memorandos N° CONARTEL-P-40-05 de 28 de noviembre de 2005 y N° CONARTEL-P-05-061 de 27 de diciembre de 2005, remitido a esta Asesoría, mediante los cuales se dispone la elaboración del proyecto de Resolución incluyendo los antecedentes y considerandos; se anexa el texto sugerido para la resolución en la parte pertinente.

Atentamente,


ING. LENIN OROZCO T.
Asesor Técnico


ING. CHRISTIAN ACARO V.
Asistente Técnico

ANEXO B
ANTENAS PARABÓLICAS



3.1m Commercial Antenna
Az-EI Fixed Mount

Specifications

Electrical

Gain Midband
Efficiency
3dB Beamwidth
Avg 1st Side Lobe
Cross Polarization
VSWR (max)

C-Band

40.4 dBi
66%
1.72Deg
-30dB
>35dB
1.25:1

Ku-Band

49.6 dBi
61%
.55Deg
-23dB
>35dB
1.25:1

Mechanical

Antenna Size
Focal Distance
F/D
Operational Wind
Survival Wind
Operational Temp
Rain

3.1m (10')
1.04m (41.04")
.336
50mph
125mph (see wind spec. pg. 10)

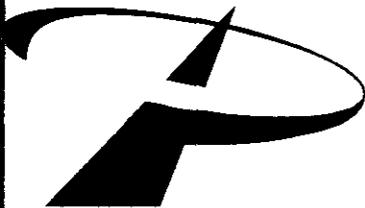
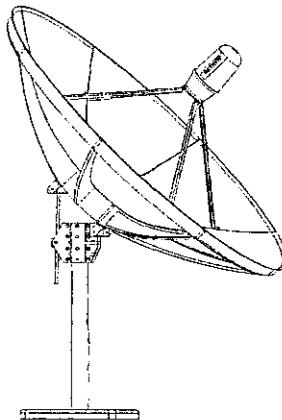
Ice

-20 to 140 F
Operational = 1/2in./hr
Survival = 3in./hr

Pole Size
Shipping Weight

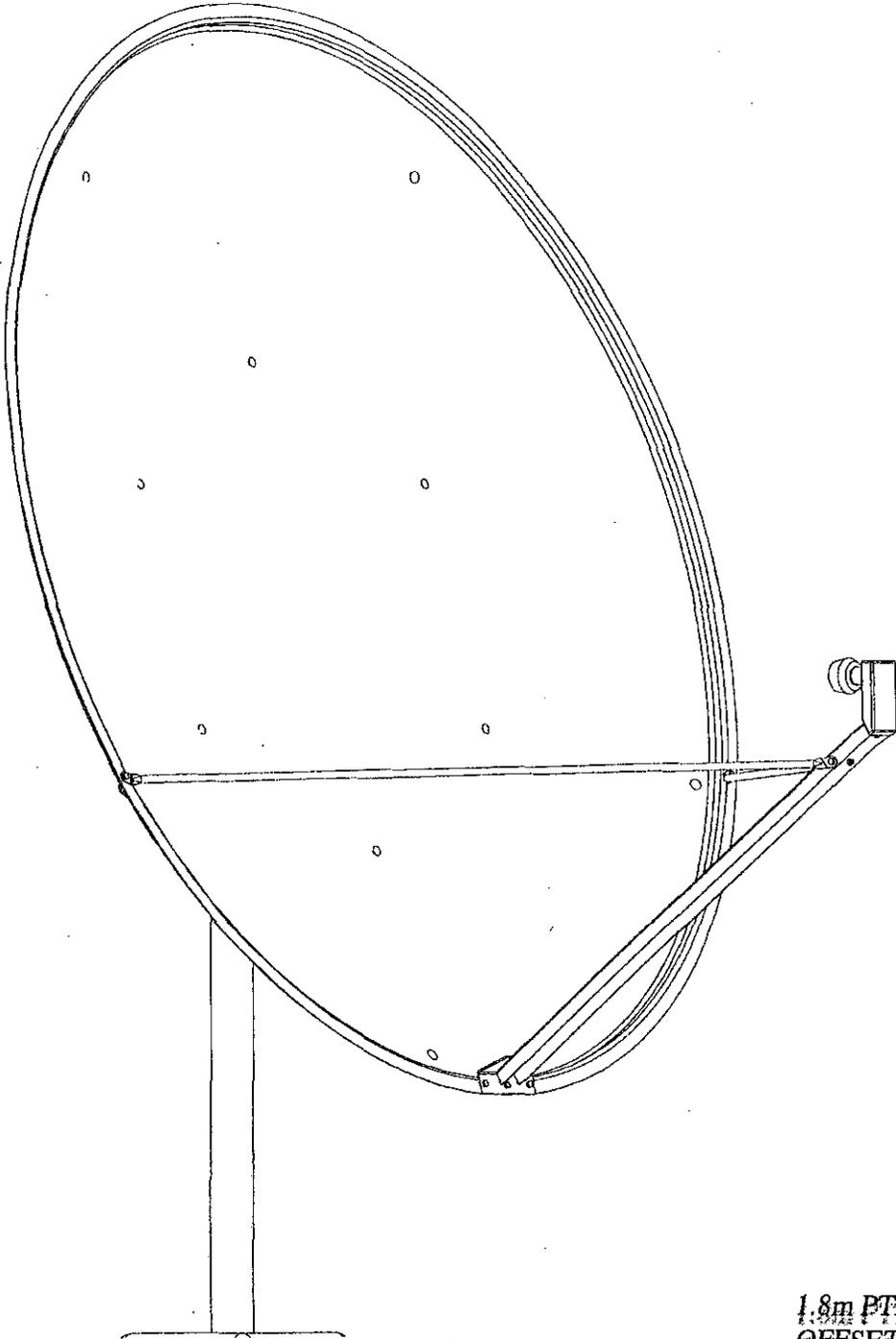
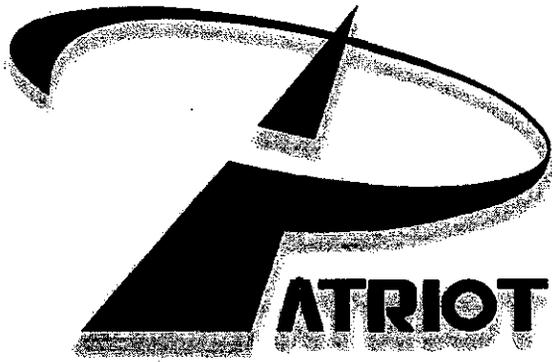
1 in. Radial -or-
1/2 in. + 60mph wind
5 1/2" OD

320 lbs.



PATRIOT ANTENNA SYSTEMS
704 NORTH CLARK STREET
ALBION, MICHIGAN 49224 USA
WWW.SEPATRIOT.COM

2M31090 REV000



1.8m PTX
OFFSET ANTENNA

Specifications

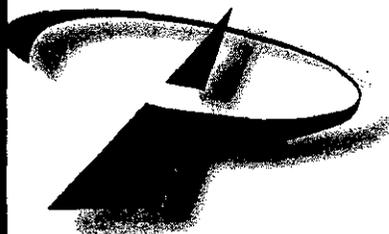
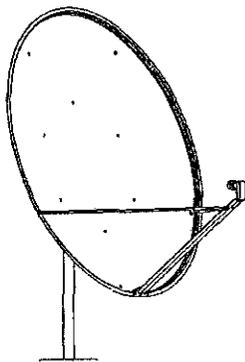
Electrical

Gain Ku- 11.7Ghz dBi	45.5
Efficiency	70%
3dB Beamwidth	.97°
Avg 1st Side Lobe	-23d
Cross Polarization	30dB
VSWR (max)	1.3:1

1.8m

Mechanical

Antenna Size	1.8m
Offset Angle degrees	24.5
F/D	.6
Operational Wind	40mph
Survival Wind	100mph
Operational Temp	-20 to 140 F
Rain	Operational = 1/2in./hr Survival = 3in./hr
Ice	1 in. Radial -or- 1/2 in. + 60mph wind
Pole Size (O.D.)	3-1/2" 90mm



PATRIOT ANTENNA SYSTEMS
704 NORTH CLARK STREET
ALBION, MICHIGAN 49224 USA
WWW.SEPATRIOT.COM

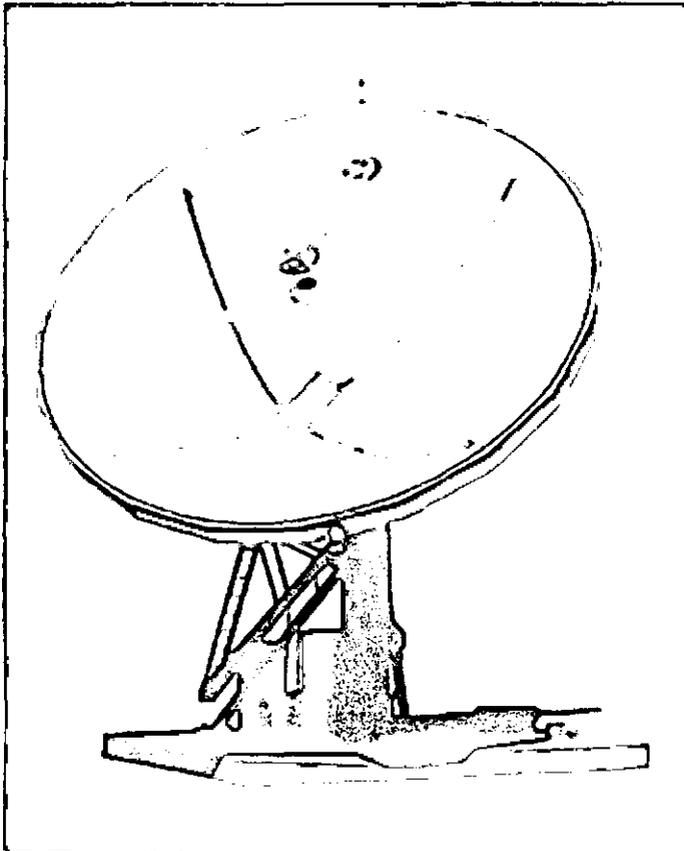
2M18092

REV 000

Model 6.3m Compact Cassegrain Antenna

VertexRSI Antenna Products - Satcom

The VertexRSI 6.3-meter antenna delivers exceptional performance for transmit/receive and receive only applications for C through Ka-band frequencies. This antenna offers a deep dish reflector that incorporates precision-formed panels, contoured radials and a machined hub assembly. It features an innovative Compact Cassegrain feed and subreflector design which results in high gain, low noise temperature, high antenna efficiency and excellent rejection of noise and microwave interference. The reflector is supported by a galvanized kingpost pedestal that provides the required stiffness for pointing and tracking accuracy. The pedestals are designed for full orbital arc coverage and are readily adaptable to ground or rooftop installations. The electrical performance is compliant with FCC 25.209 and ITU-RS-580 sidelobe specifications. Type Approved configurations are available for Intelsat (F2, E2), Asiasat, Hispasat or Singapore Telecom. All configurations meet SATCOM Technologies' own type-approved quality assurance and performance guarantee.



Features

- 'Type-Approved' bolt-together configurations
- Self-aligning all-aluminum reflector – no field alignment
- Fully interchangeable reflector components
- Meets FCC 25.209 regulations at Ku-band and beyond the first sidelobe at C-band
- Designed for 3.4 to 31 GHz operation
- Standard two and four port Tx/Rx and Rx only feeds
- Feed systems are factory assembled and tested
- Jack screws in azimuth and elevation
- Galvanized steel elevation over azimuth pedestal
- Survives 125 mph winds in any position
- Lightning arrest rods included
- Foundation hardware kit included

Options

- C, X, Ku, DBS and Ka-band feed configurations
- C/Ku receive only feed systems
- Specialized feed systems (e.g., extended, multi-band)
- CP/LP manual or remote switchable feeds
- Antenna control system with tracking
- Reflector and feed deicing systems
- Environmental hub configurations
- Integrated transmit cross-axis kits
- Integrated LNA or LNB systems
- HPAs, converters and M&C systems
- Load frame mounts
- Packing for sea and air transport
- Turnkey installation and testing

Upgrades

- X-band low PIM reflector/feed configurations
- Extended azimuth travel
- High wind configuration
- Low operating temperatures
- High power configurations

Technical Specifications

<i>Electrical</i> ⁽¹⁾	C-Band 4-Port Circular Polarized		C-Band 4-Port Linear Polarized ⁽⁴⁾		X-Band 2-Port Circular Polarized		Ku-Band 4-Port Linear Polarized ⁽⁴⁾		DBS-Band 4-Port Linear Polarized	
	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit	Receive	Transmit
Frequency (GHz)	3.625 - 4.200	5.850 - 6.425	3.625 - 4.200	5.850 - 6.425	7.250 - 7.750	7.900 - 8.400	10.950 - 12.750	13.750 - 14.500	10.700 - 12.750	17.300 - 18.400
Antenna Gain, Midband dBi ⁽²⁾	46.54	50.70	46.30	50.20	52.00	52.60	54.97	57.50	55.20	59.10
VSWR	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.25:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1	1.30:1
Pattern Beamwidth ⁽²⁾										
-3 dB, at midband	0.81°	0.50°	0.82°	0.52°	0.41°	0.38°	0.29°	0.22°	0.28°	0.18°
-15 dB, at midband	1.70°	1.05°	1.72°	1.09°	0.86°	0.80°	0.61°	0.46°	0.59°	0.38°
Antenna Noise Temperature										
5° Elevation	49 K		51 K		63 K		78 K		83 K	
10° Elevation	40 K		42 K		53 K		64 K		69 K	
20° Elevation	34 K		37 K		46 K		55 K		61 K	
40° Elevation	32 K		34 K		43 K		50 K		55 K	
Typical G/T (dB/K) ⁽³⁾	28.4 (4.000 GHz, 30 K LNA)		28.1 (4.000 GHz, 30 K LNA)		32.2 (7.500 GHz, 50 K LNA)		34.4 (11.850 GHz, 60 K LNA)		34.0 (11.725 GHz, 70 K LNA)	
Axial Ratio	0.51 dB	0.51 dB			1.49 dB	1.49 dB				
Power Handling (total)	10 kW CW		10 kW CW		5 kW CW		2 kW CW		2 kW CW	
Cross Polarization Isolation										
On Axis	30.7 dB	30.7 dB	35.0 dB	35.0 dB	21.3 dB	21.3 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB
Within 1.0 dB beamwidth	30.7 dB	30.7 dB	35.0 dB	30.0 dB	21.3 dB	21.3 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB	35.0 dB
Port to Port Isolation										
Rx/Tx (Rx frequency)	0 dB	-70 dB	0 dB	-70 dB	0 dB	-110 dB	0 dB	-60 dB	0 dB	-70 dB
Tx/Rx (Tx frequency)	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-110 dB	0 dB	-85 dB	0 dB	-85 dB	0 dB
Sidelobe Performance	ITU-RS-580, FCC ⁽⁴⁾				ITU-RS-580		ITU-RS-580, FCC			
RF Specification	975-2121		975-2354		975-2342		975-2723		975-2832	

(1) All values are at rear feed flange. (2) C-band Rx values are at 4 GHz. (3) Typical G/T at 20° elevation with clear horizon using single bolt-on LNA to feed. (4) Meets FCC 25.209 beyond the first sidelobe in C-band. (5) Also available in extended frequency bands.

<i>Mechanical/</i>	Motorizable	Motorizable	Motorizable High Wind
<i>Environmental</i> ⁽⁶⁾	Kingpost Pedestal (KX120)	Kingpost Pedestal (KX200)	Kingpost Pedestal (KP-HW)
Antenna Diameter	6.3 meters (20.83 feet)		
Antenna Type	Compact Cassegrain design		
Reflector Construction	20 precision-formed aluminum panels with heat-diffusing white paint Clean and brightened aluminum back-up structure		
Hub Dimensions	60 in (152 cm) OD, 36 in (91 cm) depth		
Mount Configuration	Elevation over azimuth pedestal, constructed of galvanized A36 steel		
Drive Type	Manual jack screws	Manual jack screws	Manual jack screws
Azimuth Travel	120° continuous	200° (2 segments @ 120°)	200° (2 segments @ 120°)
Elevation Travel	0 to 90° continuous	0 to 90° continuous	0 to 90° continuous
Foundation (L x W x D)	17 x 17 x 1.5 ft (5.2 x 5.2 x 0.46 m)		16.5 x 16.5 x 2.5 ft (5.0 x 5.0 x 0.61 m)
Concrete	16.1 yds ³ (12.7 m ³)		20.2 yds ³ (15.5 m ³)
Reinforcing Steel	2,785 lbs. (1,263 kg)		1,980 lbs. (900 kg)
Shipping Containers	One 40 ft standard		
Operational Wind Loading	45 mph (72 km/h) gusting to 60 mph (97 km/h)		Up to 62 mph (100 km/h)
Survival Wind Loading			
Any Position	125 mph (200 km/h) @ 58° F (15° C)		125 mph (200 km/h) @ 58° F (15° C)
At Zenith	n/a		180 mph (290 km/h) @ 58° F (15° C)
Operational Temperature	+5° to +122° F (-15° to +50° C)		
Survival Temperature	-22° to +140° F (-30° to +60° C), low temperature options available		
Rain	Up to 4 in/h (10 cm/h)		
Relative Humidity	0 to 100% with condensation		
Solar Radiation	360 BTU/h/ft ² (1,000 Kcal/h/m ²)		
Ice (survival)	1 in (2.5 cm) on all surfaces or 1/2 in (1.3 cm) on all surfaces with 80 mph (130 km/h) wind gusts		
Atmospheric Conditions	As encountered in coastal regions and/or heavily industrialized areas		
Shock and Vibration	As encountered during shipment by airplane, ship or truck		

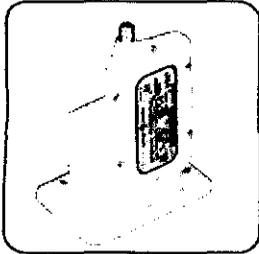
(6) Some specifications may vary based on the combination of equipment, options and/or upgrades ordered.

GENERAL DYNAMICS

ANEXO C

LNB's

Commercial C-Band & Ku-Band Digi-Ready LNBS



140105_1

Extended C-Band Professional II LNB

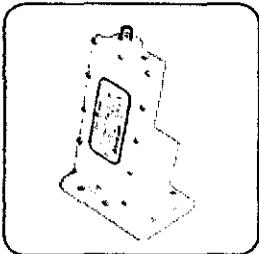
The most widely used Commercial headend LNB in the world

Part Number:	140105_1
Input Frequency:	3.4 to 4.2 GHz
Output Frequency:	950 to 1750 MHz
Noise Temp. Options:	17 or 20° K
Gain:	65 dB Typical
Local Oscillator Stability:	±500 KHz Max

Extended C-Band Phase Locked Loop (PLL) LNB

Cost effective PLL local oscillator stability

Part Number:	140194_1
Input Frequency:	3.4 to 4.2 GHz
Output Frequency:	950 to 1750 MHz
Noise Temp. Options:	20 or 25° K
Gain:	60dB Min, 63 dB Typ
Local Oscillator Stability:	±125 KHz Max



140194

Extended C-Band Phase Locked Loop (PLL) LNB

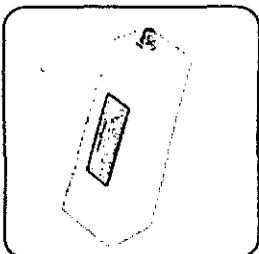
High local oscillator stability for demanding applications

Part Number:	140194
Input Frequency:	3.4 to 4.2 GHz
Output Frequency:	950 to 1750 MHz
Noise Temp. Options:	20 or 25° K
Gain:	60dB Min, 63 dB Typ
Local Oscillator Stability:	±12 KHz Max

US Ku-Band Phase Locked Loop (PLL) LNB

Cost effective PLL local oscillator stability at Ku-Band

Part Number:	150338_1
Input Frequency:	11.7 to 12.2 GHz
Output Frequency:	950 to 1450 MHz
Noise Figure:	0.8 dB Typ, 0.9 dB Max
Gain:	55 to 65 dB
Local Oscillator Stability:	±210 KHz Max



150338

US Ku-Band Phase Locked Loop (PLL) LNB

High local oscillator stability for demanding applications

Part Number:	150338
Input Frequency:	11.7 to 12.2 GHz
Output Frequency:	950 to 1450 MHz
Noise Figure:	0.8 dB Typ, 0.9 dB Max
Gain:	55 to 65 dB
Local Oscillator Stability:	±25 KHz Max

ANEXO D
RECEPTORES SATELITALES

Products > Receiver > 9200HD



Features

- Free To Air Channel Reception Only
- Dual Inputs (Satellite & Terrestrial)
- Standard Definition/High Definition contents (MPEG2 and support MPEG4 AVC/H.264)
- High Definition Video Output : HDMI(HDCP) and Component(YPbPr)
- Audio Decoding : ISO/IEC13818-3(MPEG-2 audio/MUSICAM) Dolby AC-3
- Full compliant of MPEG-S Digital & DVB broadcasting
- 950-2150 MHz Input Frequency (IF Loop Throughout)
- Satellite Scan - simultaneous scan with 10 satellites
- Flexible reception of SCPC & MCPC from C/Ku-Band satellites
- Variable input symbol rate
- Video output resolution : 480p, 720p, 1080i
- User selectable output resolution
- EPG (Electronic Program Guide)
- Multi language OSD
- Fast channel change
- 10000 channels TV & Radio Program
- Timer function (automatic turn On/Off by setting function)
- RTC (Real Time Clock)
- PIG (Picture In Graphic)
- 5 favorite list & unlimited programs per each
- Powerful channel edit function
 - Sorting : Alphabetic, Satellite, Parental Lock, CAS, S-ID, TP order, All
 - Move, Delete, Favorite Edit
 - Parental Lock, Channel Rename, Channel Skip
- Manual PID / Satellite & TP / Network Scan
- S/PDIF (Digital Audio or Dolby AC3 stream out)
- DiSEqC 1.2 and USALS compatible
- Comparable of setting the frequency for SMATV system
- Universal II remote
- Integrated USB 2.0 (Host), support to USB memory stick
- UHF ready (U-30 kit optional)
- DVB-S2(8PSK) ready (S2 tuner kit optional)
- Smart Scan
- 1 Input Connector : F-type, IEC 169-24
- IF Input Frequency : 950MHz to 2150MHz
- IF Loop Throughout : 950MHz to 2150MHz
- Input Level : -65 dBm~-25 dBm
- LNB Power : 13 /18VDC / 500mA Max
- DiSEqC Control : 1.0, 1.2 & USALS Compatible
- Band Switch : 22KHz Tone(22 +/- 4KHz. Amplitude : 0.6 +/- 0.2V)
- Modulation Method : DVB-S QPSK, LDPC/BCH(DVB-S2) 8PSK/QPSK(Option)
- Symbol Rate
 - DVB-S QPSK : 1-45Msps
 - LDPC/BCH(DVB-S2) 8PSK/QPSK : 10-30Msps(Option)
- Viterbi Decoding Rate : 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 and 7/8
- Bandwidth : 36MHz
- LDPC/BCH : Punctured Code. 1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 in DVB-S2
- Terrestrial Tuner : ATSC A/53 compliant, 8/16VSB and MMDS, 2/4/8VSB receiver, ITU-U, J.83 Annex B/C, SCTE, DVS-031 compliant, 64/256QAM receiver
- Demultiplex : According to ISO/IEC 13818-1(MPEG-2 system)

Front-End

MPEG transport Stream A/V Decoding	<ul style="list-style-type: none"> ● Input stream : Max. 90Mbit/s ● Aspect Ratio : 4:3(default), 16:9 ● Video Resolution : 480p or 720p, 1080i ● Audio Decoding : ISO/IEC13818-3(MPEG2 Audio/MUSICAM), Dolby AC-3 ● Audio Mode : SingleChannel/Dual Channel, Stereo, Joint Stereo ● Video Output : HDMI/HDCP,RCA
Microprocessor & Memories	<ul style="list-style-type: none"> ● Main Processor : ARM926 ● CPU Clock : 280MIPS ● Flash Memory : 8 Mbyte ● SDRAM : 128 Mbyte ● EEPROM : 32 Kbit
Data port	<ul style="list-style-type: none"> ● Connector : 9 Pin D-Sub Type ● Protocol : RS232 Asynchronous ● Data Rate : Max. 19.2Kbps 115.2K
A/V output	<ul style="list-style-type: none"> ● Digital output : HDMI/HDCP, YPbPr ● Video RCA : 1 output ● Audio RCA : 2 output ● Digital Audio : 1 optical output, S/PDIF
Front Panel	<ul style="list-style-type: none"> ● Smart Card Slot(Optional) : 1 Embedded Slot ● 8 keys : Power, Channel Up/Down, Volume Up/Down, Menu, Exit, OK ● USB : USB ● 4 Digits LED : Channel Number, Display ● IF Input : F-type Connector ● IF Loophrough output : F-type Connector ● 6RCA : Video, Audio L, Audio R, YPbPr
Rear Panel	<ul style="list-style-type: none"> ● Modulator : F-type ● S/PDIF : Optical ● S-Video ● HDMI : Type A ● RS232 Serial Port : 9 Pin D-Sub Type ● UHF Optional U-30 Kit Signal In : ATSC RF Signal Input ● eSATA Port : For External HDD
Remote Control	<ul style="list-style-type: none"> ● Type : Universal II remote ● Battery : 2x1.5V AAA Type
Electrical and Mechanical	<ul style="list-style-type: none"> ● Input Voltage : AC 90 -250V, 50/60Hz ● Power Consumption : Max. 45 Watts ● Size(WxHxD) : 340x245x65mm ● Weight : 2.5kg <p>* All specifications are subject to change without notice.</p>

Contact [About Panarex](#) · [Return Policy](#) · [Warranty](#) · [Copyright 1983-2008 Panarex Electronics, Inc.](#)

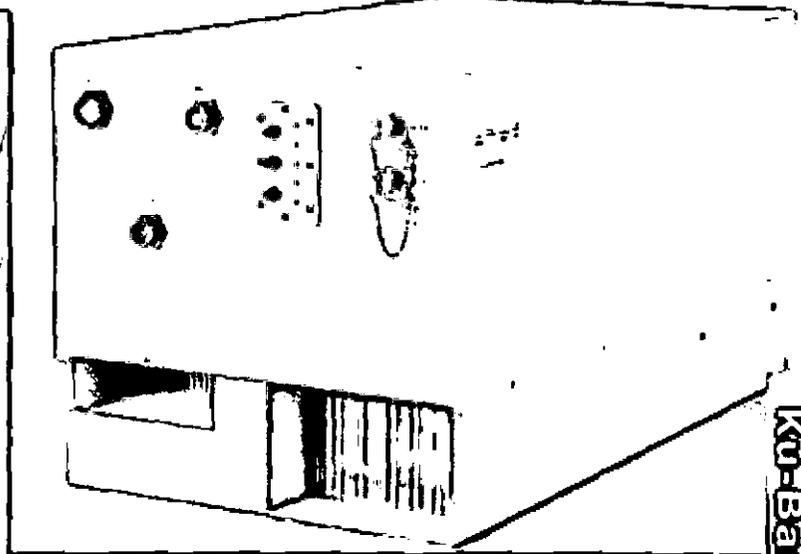
**VIStar 2000 Series Digital Satellite Receiver**

Conditional Access	• Nagravision or NDS VideoGuard (Optional)
Middleware	• OpenTV EN2, Core 1.0, or NDS Core (Optional)
Features	• On Screen Display: 4 layers , 16 colors OSD screen. • Downloader: Live download over the network. • EPG: 24 hr / 14 days Electronic Program Guide (Optional) • Multi-Audio Language • Favorite Program List • Parental Control
Tuner	• Compliance: ETS 300 421 • Input Range: 950~2150 MHz • Input Signal Level: -25 dBmV ~ -65 dBmV • LNB Power: 14V / 18V, 300 mA max. • LNB Control: 22KHz Tone Control, DiSeqC 1.0 • Symbol Rate: 2 ~ 45 Msps • Input Connector: 75Ω F type
Video	• MPEG-2 Decoding: ISO/IEC IS 13818-1, 13818-2 • Compress Type: MPEG-2 (MP@ML) • Video Format: NTSC or PAL • Aspect Ratio: 4:3, 16:9 • Impedance: 75Ω unbalanced, resistive • Output level: 1 Vp-p • Frame Rate: 30 per second for NTSC; 25 per second for PAL • Maximum Resolution: PAL:720x576, 704x576, 544x576, 352x576 NTSC:720x480, 704x480, 544x480, 352x480 • Signal-to-Noise: > 60 dB, weighted • Teletext: Line 7 ~ 22 VBI (Optional)
Audio Output	• Compliance: ISO/IEC IS 11172-3 • Channels: One stereo pair or two monaural • Compression Type: MPEG-1 Layer 1 & 2 • Mode: Mono, Dual, Joint Stereo, Stereo • Sample Rate: 32 KHz, 44.1 KHz, 48 KHz • Frequency Response: 20 ~ 20K Hz $\leq \pm 2$ dB, 60 ~ 18K Hz $\leq \pm 0.5$ dB • Output Level: 2 Vrms • THD + Noise: < 1% • Channel Separation: > 70 dB at 1 KHz
Front Panel	• Display: None, 2 digits or 4 digits message display, 3 status LED • Default Keypad: Power, Channel Up, Channel Down, Menu, Sel/OK
Rear Panel	• Audio: One stereo pairs, RCA Jack • Video: One CVBS, RCA Jack or SCART • Data Port: RS 232, 115.2 Kbps, female connector • RF Modulator: Channel 3 ~ 4, F- type connector for NTSC Channel 21 ~ 69, IEC- type connector for PAL • Telco Modem: V.22 bis or V.90 bis (Optional)
Processor / Memory	• Processor: Sit518 MHz Processor • Memory: 8MB SDRAM / 2MB Flash
Characteristics	• Power Input: 90 ~ 260 VAC 47 ~ 63 Hz • Power Consumption: 25 W max. (normal operating condition) • Operating Temp.: 5 to 45°C • MTBF: 50,000 hours • Dimensions: 260 x 60 x 210 mm (Reference) • Weight: 2.2 Kg

ANEXO E
TRANSMISOR DE POTENCIA (HPA)

750W Outdoor TWT Medium Power Amplifier for Satellite Communications

Ku-Band



Ku-Band

750W Outdoor TWT Medium Power Amplifier

The VZU-6997V7

750 Watt TWT Medium Power Amplifier — high efficiency in an environmentally sealed compact package designed for outdoor operation

Plays in the Rain

Provides 750 watts of power in a rugged and compact weatherproof package, digital ready, for wideband, single- and multi-carrier satellite service in the 13.75-14.5 GHz frequency band. Ideal for transportable and fixed earth station applications.

Cost Effective and Efficient

Mounting at the antenna improves performance through minimized cable losses and saves cost in system design. Employs a high efficiency, dual-depressed collector helix traveling wave tube, reducing operating costs.

Reliable

Designed and built to survive in extremely adverse environmental conditions and features increased cooling margin for longer life.

Simple to Operate

User-friendly microprocessor-controlled logic with integrated RS422/485 computer interface. Digital metering, pin diode attenuation and optional integrated linearizer for improved intermodulation performance.

Easy to Maintain

Modular design and built-in fault diagnostic capability via remote monitor and control.

Global Applications

Meets International Safety Standard EN-60215, Electromagnetic Compatibility 89/336/EEC and Harmonic Standard EN-60555-2 to satisfy worldwide requirements.

Worldwide Support

Backed by over two decades of satellite communications experience, and CPI's worldwide 24-hour customer support network that includes eleven regional factory service centers.

satcom *division*

811 Hansen Way
P.O. Box 51625, Palo Alto, CA 94303

tel: +1 (650) 846-3803
fax: +1 (650) 424-1744

e-mail: marketing@satcom.cpii.com
www.cpii.com/satcom

SPECIFICATIONS, VZU-6997V7

Electrical

Frequency	13.75 to 14.50 GHz
Output Power	
TWT	750 W min. (58.75 dBm)
Flange	650 W min. (58.13 dBm)
Bandwidth	750 MHz
Gain	73 dB min. at rated power output; 78 dB min. at small signal
RF Level Adjust	0 to 20 dB
Gain Stability	±0.25 dB/24hr max. (at constant drive and temp.)
Small Signal Gain Slope	±0.02 dB/MHz max.
Small Signal Gain Variation	1.0 dB pk-pk across any 80 MHz band; 3.5 dB pk-pk across the 750 MHz band
Input VSWR	1.3:1 max.
Output VSWR	1.3:1 max.
Load VSWR	2.0 max. continuous operation; any value for operation without damage
Residual AM	-50 dBc below 10 kHz -20 [1.5 + log F (kHz)] dBc. 10 kHz to 500 kHz -85 dBc above 500 kHz
Phase Noise	
IESS Phase Noise Profile	6 dB below mask
AC Fundamental	-36 dBc (IESS-308 by 6 dB)
Sum of all Spurs	-47 dBc (370 Hz to 1 MHz)
AM/PM Conversion	2.5*/dB max. for a single carrier at 8 dB below rated power
Harmonic Output	-60 dBc at rated power, second and third harmonics
Noise and Spurious (at rated gain)	< -130 dBW/4 kHz from 10.9 to 12.7 GHz < -65 dBW/4 kHz from 13.75 to 18.0 GHz < -105 dBW/4 kHz from 18.0 to 26.0 GHz < -125 dBW/4 kHz from 26.0 to 40.0 GHz
Noise Figure	10 dB max.
Intermodulation	-24 dBc max. with two equal carriers at total output power 7 dB (4 dB with optional integral linearizer) below rated single-carrier output

OPTIONS:

- Remote Control Panel
- Integral Linearizer
- Integrated 1:1 switch control and drive
- Extended Frequency (12.75-14.5, model VZU-6997VA)
- Redundant and Power Combined Subsystems
- External Receive Band Reject Filter (Increases loss by a minimum 60 dB up to 12.7 GHz)

Electrical (continued)

Group Delay (in any 80 MHz band)	0.01 ns/MHz linear max. 0.001 ns/MHz ² parabolic max. 0.5 ns pk-pk ripple max.
Primary Power	208 - 240V ± 10% single phase; 47-63 Hz
Power Consumption	2.3 kVA, typ. 2.5 kVA, max.
Power Factor	0.95 min.

Environmental (Operating)

Ambient Temperature	-40°C to +50°C operating -40°C to +75°C non-operating
Relative Humidity	100% non-condensing
Altitude	10,000 ft. with standard adiabatic derating of 2°C/1000 ft., operating; 50,000 ft., non-operating
Shock and Vibration	Designed for normal transportation environment per Section 514.4 MIL-STD-810E. Designed to withstand 20G at 11 ms (1/2 sine pulse) in non-operating configuration.
Acoustic Noise	65 dBA @ 3 ft. from amplifier

Mechanical

Cooling (TWT)	Forced air with integral blower
RF Input Connection	Type N female
RF Output Connection	WR 75 waveguide flange, grooved with UNC 2B 6-32 threaded holes
RF Output Monitor	Type N female
Dimensions (W x H x D)	14.5 x 13.1 x 24 in. (368 x 333 x 610 mm)
Weight	82 lbs (37.3 kg) max.



KEEPING YOU ON THE AIR
not up in the air



Communications & Power Industries

satcom division

For more detailed information, please refer to the corresponding CPI Technical Description.

Note: Specifications may change without notice as a result of additional data or product refinement.

Please contact CPI before using this information for system design.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.inegi.gob.mx>, pagina web oficial del Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México.
- [2] <http://www.upv.es>, página .web de la Universidad Politécnica de Valencia – España.
- [3] Rodolfo Neri Vela, "Comunicaciones por Satélite", Universidad Nacional Autónoma de México, 2004.
- [4] Colegio Oficial de Ingenieros en Telecomunicaciones de España - Manual de Preparación de Proyectos Técnicos de Infraestructura comunes en Telecomunicaciones – 2006.
- [5] <http://www.hispasat.com>, página web oficial del satélite amazonas.
- [6] <http://www.mtc.gob.pe>, página web oficial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- [7] Ley de Telecomunicaciones del 06.05.93 aprobado mediante Decreto Supremo 013-1993-TCC y sus modificaciones.
- [8] Reglamento de la Ley de Telecomunicaciones del 04.04.07 aprobado mediante Decreto Supremo 020-2007-MTC y sus modificaciones.