



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS TECNOLOGÍAS
UTILIZADAS PARA DISTRIBUCIÓN DE SEÑALES DTH”**

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR:

ALEJANDRO JAVIER ARIAS VERA

EDUARDO ARTURO VERA PLUS

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

AGRADECIMIENTO

A Dios, parte fundamental en nuestra vida. A nuestros padres, que con su apoyo incondicional hemos alcanzado esta meta. A nuestros profesores, quienes supieron compartir sus conocimientos y experiencias. Ing. Cesar Yépez, gracias por todo el apoyo brindado.

DEDICATORIA

A nuestros padres que con su apoyo incondicional, tanto emocional como económico, nos permitió alcanzar uno de nuestros objetivos más importantes como es la obtención de nuestro título.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

MSc. César Yépez F.

PROFESOR DE LA MATERIA DE GRADUACIÓN

Dr. Ing. Ab. Freddy Villao Q.

PROFESOR DELEGADO POR LA UNIDAD ACADÉMICA

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este Informe nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral”

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

Alejandro Javier Arias Vera

Eduardo Arturo Vera Plus

RESUMEN

El presente análisis hace una descripción de las tecnologías empleadas para la distribución de señales DTH en nuestro país, comparando las cualidades técnicas de los equipos utilizados en la parte de recepción del servicio.

El capítulo 1 hace una breve descripción de las comunicaciones satelitales, describiendo los tipos de órbitas empleados para los diferentes servicios por satélite así como la descripción del segmento espacial, bandas de frecuencia, tipos de polarizaciones empleadas, origen de las interferencias y los efectos de la atenuación por lluvia con el respectivo cálculo del mismo.

El capítulo 2 describe el sistema DTH así como su estructura funcional. Detalla los principales operadores de satélites DTH y describe la función de los telepuertos, incluyendo el funcionamiento de la cabecera también denominada headend. Describe los tipos de cobertura para un satélite DTH así como los parámetros de transmisión para el servicio. Finalmente se describen a los principales operadores de este servicio en nuestro país.

El capítulo 3 describe las tecnologías que emplean las operadoras en la recepción de la señal y sus características, así como los componentes utilizados para la recepción: antena parabólica tipo offset, bloques de bajo ruido y los decodificadores proporcionados por los mismos.

El capítulo 4 detalla el proceso de instalación del servicio para los usuarios, desde las herramientas necesarias para la instalación, ubicación de la antena y armado de la misma, ubicación y fijación de la base, orientación de la antena mediante los valores de azimut y elevación, polarización del LNB, descripción del cable coaxial y tendido del mismo en el domicilio del cliente y la instalación de uno o más decodificadores en un mismo domicilio.

El capítulo 5, con la ayuda de cuadros comparativos, se describe a los satélites que disponen las operadoras en el país, la modulación que utiliza en los enlaces de bajada, junto con el estándar de transmisión, posición orbital del satélite, ángulo de elevación de las antenas receptoras y nivel de señal recibida.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	IV
DECLARACIÓN EXPRESA	V
RESUMEN	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ABREVIATURAS	XIVI
SIMBOLOGÍA.....	XVIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XXIII
ÍNDICE DE TABLAS	XXVI
INTRODUCCIÓN	XXVIII
CAPÍTULO 1	
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 TIPOS DE ÓRBITAS SATELITALES.....	1
1.1.1 ÓRBITA LEO	3
1.1.2 ÓRBITA MEO.....	4
1.1.3 ÓRBITA HEO	5
1.1.4 ÓRBITA GEO	6

1.2	SEGMENTO ESPACIAL	8
1.2.1	PLATAFORMA	9
1.2.2	CARGA ÚTIL DE COMUNICACIONES	20
1.3	BANDAS DE FRECUENCIAS PARA COMUNICACIONES SATELITALES	25
1.4	INTERFERENCIA	29
1.5	ATENUACIÓN POR LLUVIA	31
1.6	TIPOS DE POLARIZACIÓN.....	35
CAPÍTULO 2		
2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DTH.....	37
2.1	SERVICIO DTH (Direct-to-Home).....	37
2.2	ESTRUCTURA FUNCIONAL DE UN SISTEMA DTH	38
2.2.1	SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN	39
2.2.2	DIFUSIÓN POR SATÉLITE	43
2.2.3	DISPOSITIVOS DEL CLIENTE.....	46
2.3	OPERADORES DE SATÉLITES DTH.....	48
2.3.1	INTELSAT	48
2.3.2	SES (ASTRA).....	49
2.3.3	EUTELSAT	50
2.3.4	HISPASAT.....	51
2.3.5	TELESAT	52
2.4	TELEPUERTOS.....	53
2.5	COBERTURA DEL SATÉLITE.....	60

2.6	PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN SATELITAL DTH	63
2.6.1	POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y ENERGÍA DE BIT	63
2.6.2	POTENCIA ISOTRÓPICA IRRADIADA	65
2.6.3	DENSIDAD DE RUIDO	66
2.6.4	RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO	67
2.6.5	RELACIÓN DE ENERGÍA DE BIT A DENSIDAD DE RUIDO	67
2.6.6	RELACIÓN DE GANANCIA A TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO	68
2.7	PROVEEDORES DE SERVICIOS DTH EN ECUADOR	69
2.7.1	DIRECTV.....	69
2.7.2	CNT TV	70
2.7.3	CLARO TV	71
2.7.4	TVCABLE SATELITAL.....	72
CAPÍTULO 3		
3	DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA RECEPCIÓN DTH DE LAS PRINCIPALES OPERADORAS EN EL ECUADOR	74
3.1	CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE RECEPCIÓN PARA DTH	74
3.1.1	DIRECTV.....	75
3.1.2	CNT TV	75
3.1.3	CLARO TV	76
3.1.4	TVCABLE SATELITAL.....	77
3.2	COMPONENTES DE RECEPCIÓN DTH	77
3.2.1	ANTENA PARABÓLICA OFFSET	78

3.2.2	ANTENAS PARABÓLICAS DE LAS OPERADORAS	83
3.2.3	BLOQUE DE BAJO RUIDO LNB	86
3.2.4	LNB PROPORCIONADO POR LAS OPERADORAS.....	92
3.2.5	SET-TOP BOX	95
3.2.6	SET-TOP BOX PROPORCIONADO POR LAS OPERADORAS	98

CAPÍTULO 4

4	INSTALACIÓN USUARIO SD Y HD	104
4.1	INTRODUCCIÓN	104
4.2	COMPONENTES DE INSTALACIÓN	104
4.3	INSTALACIÓN DE LA ANTENA	106
4.3.1	UBICACIÓN DE LA ANTENA	106
4.3.2	PROCEDIMIENTO DE ARMADO DE LA ANTENA.....	107
4.3.3	UBICACIÓN Y FIJACIÓN DE LA BASE	108
4.3.4	ORIENTACIÓN DE LA ANTENA HACIA EL SATÉLITE.....	109
4.3.5	VALORES DE AZIMUT, ELEVACIÓN Y POLARIZACIÓN.....	114
4.3.6	CABLE COAXIAL	120
4.4	INSTALACIÓN DE DECODIFICADORES	123
4.4.1	USUARIO SD	124
4.4.2	USUARIO HD.....	129
4.4.3	USUARIO HD DVR	132

CAPÍTULO 5

5	CUADROS COMPARATIVOS DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS PARA LA TRANSMISIÓN DTH DE CADA UNA DE LAS OPERADORAS.....	137
5.1	SATÉLITES QUE UTILIZAN LAS PROVEEDORAS DTH EN EL ECUADOR.	138
5.1.1	AMAZONAS 2	139
5.1.2	AMAZONAS 1	140
5.1.3	GALAXY 3C	141
5.1.4	TELSTAR 12	142
5.2	TIPOS DE MODULACIÓN Y COMPRESIÓN	143
5.2.1	DIFUSIÓN EN TÉRMINOS GENERALES	143
5.2.2	DSS Y DVB-S2D	145
5.2.3	CONTENIDO EN TÉRMINOS GENERALES	146
5.2.4	MPEG-2 VS MPEG-4	148
5.3	CUADRO COMPARATIVO DEL VALOR DEL PIRE EN EL ECUADOR.....	149
5.3.1	TAMAÑO DE LA ANTENA RECEPTORA VERSUS EL VALOR DEL PIRE	150
5.3.2	IMPORTANCIA DE LA FIGURA DE RUIDO CON RELACIÓN AL TAMAÑO DE LA ANTENA.	152
5.4	CUADRO COMPARATIVO POSICIÓN ORBITAL Y ÁNGULO DE ELEVACIÓN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	153
5.4.1	EFFECTO DE LA POSICIÓN ORBITAL EN LA ELEVACIÓN.....	154
	CONCLUSIONES	156
	RECOMENDACIONES	158

BIBLIOGRAFÍA 160

ABREVIATURAS

ABS	Acrylonitrile Butadiene Styrene
ACM	Adaptive Coding and Modulation
AOR	Atlantic Ocean Region
APR	Asia Pacific Region
APSK	Amplitude and Phase-Shift Keying
AT&T	American Telephone and Telegraph
BBS	Broadband Service
BHC	Bose-Chaudhuri-Hcquengham
CAS	Conditional Access System
CBR	Constant Bit Rate
CW	Control Word
DBS	Direct Broadcast Satellite
DLA-1	Directv Latin America 1 (satélite)
DLA-2	Directv Latin America 2 (satélite)
DSS	Digital Satellite Service
DTH	Direct to Home

DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-S	Digital Video Broadcasting by Satellite
DVB-S2	Digital Video Broadcasting by Satellite 2
DVB-S2D	Digital Video Broadcasting by Satellite 2 Directv
DVR	Digital Video Recorder
EPG	Electronic Program Guide
FEC	Forward Error Correction
GEO	Geostationary Earth Orbit
HEO	Highly Elliptical Orbit
HD	High Definition
HDMI	High Definition Multimedia Interface
HDTV	High Definition Television
IF	Intermediate Frequency
ITU	International Telecommunication Union
IOR	Indian Ocean Region
LDPC	Low Density Parity Check
LEO	Low Earth Orbit

LHCP	Left Hand Circularly Polarized
LNA	Low Noise Amplifier
LNB	Low Noise Block
LNBF	Low Noise Block Feedhorn
MEO	Medium Earth Orbit
MHz	Mega Hertz
MPEG	Moving Picture Experts Group
MPEG-TS	Moving Picture Experts Group – Transport Stream
MPTS	Multiple Program Transport Stream
MUX	Multiplexor
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PIRE	Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
POR	Pacific Ocean Region
PPV	Pay per View
PSIP	Program and System Information Protocol
PSK	Phase-Shift Keying
PVC	Polyvinyl Chloride

QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying
RAID	Redundant Array of Independent Disks
RF	Radio Frequency
RHCP	Right Hand Circularly Polarized
SD	Standard Definition
SDTV	Standard Definition Television
SMS	Subscriber Management System
SPTS	Single Program Transport Stream
STB	Set-top Box
TS	Transport Stream
UHDTV	Ultra High Definition Television
VBR	Variable Bit Rate
VCEG	Video Coding Experts Group
VCM	Variable Coding and Modulation
VSWR	Voltage Standing Wave Ratio

SIMBOLOGÍA

α	Atenuación específica
a_h	Coefficiente empírico de polarización horizontal
a_v	Coefficiente empírico de polarización vertical
B	Ancho de Banda
b_h	Coefficiente empírico de polarización horizontal
b_v	Coefficiente empírico de polarización vertical
C	Banda C
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
cm	centímetro
C/N	Relación Señal Ruido
C/N_o	Relación Señal Densidad de Ruido
dB	Decibel
dB/Km	Decibel por Kilómetro
dBW	Decibel Wattio
E_b	Energía de Bit

E_b/N_o	Relación Energía de Bit Densidad de Ruido
E_l	Ángulo de elevación de antena receptora
F_b	Frecuencia de bit
f/D	Relación distancia focal Diámetro
Gb	Giga bit
Gbps	Giga bit por segundo
GHz	Giga Hertz
G/T_e	Relación Ganancia Temperatura equivalente de ruido
G_r	Ganancia de la antena de recepción
G_t	Ganancia de la antena transmisora
h_r	Altura de lluvia
h_o	Latitud de antena receptora
Hz	Hertz
k	Constante de Boltzmann
K	Banda K
Ka	Banda Ka

KHz	Kilo Hertz
Km/h	Kilómetro por hora
Ku	Banda Ku
KW	Kilo Watt
L	Banda L
L_{bo}	Pérdida de back off del amplificador
L_{bf}	Pérdida total del alimentador
L	Longitud efectiva de la señal a través de la lluvia
L_s	Longitud de la señal a través de la lluvia
L_G	Proyección horizontal de L_s
Mbps	Mega bit por segundo
N	Ruido
N_o	Densidad de Ruido
η	Eficiencia de antena parabólica
P_r	Potencia irradiada
P_t	Potencia total

R_p	Porcentaje de lluvia
r_p	Factor de reducción
S	Banda S
T_b	Tiempo de bit
T_e	Temperatura de ruido equivalente
T_r	Temperatura de ruido equivalente del receptor
W	Wattio
X	Banda X

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Plataforma de un satélite	10
Figura 1.2 Estabilización por doble rotación.....	13
Figura 1.3 Estabilización tres ejes	13
Figura 1.4 Panel solar.....	16
Figura 1.5 Subsistema de Telemetría, Seguimiento y Control	19
Figura 1.6 Transpondedor	21
Figura 1.7 Receptor de banda ancha.....	22
Figura 1.8 Factores de reducción por porcentaje de lluvia	34
Figura 2.1 Estructura del modelo DTH.....	40
Figura 2.2 Satélites DTH.....	44
Figura 2.3 Satélites Adyacentes	46
Figura 2.4 Telepuerto Emek HaEla, Israel	54
Figura 2.5 Esquema del Headend	54
Figura 2.6 Haz Global.....	61
Figura 2.7 Haz Pincel	61
Figura 2.8 Haz Hemisférico	62
Figura 2.9 Haz Zonal	62
Figura 2.10 Haz Puntual	63
Figura 3.1 Antena Parabólica Offset	78
Figura 3.2 Antena Parabólica Offset comercial	79
Figura 3.3 Relación f/D	81
Figura 3.4 Azimut.....	82

Figura 3.5 Ángulo de Elevación	82
Figura 3.6 Antena Parabólica DIRECTV	83
Figura 3.7 Antena Parabólica CNT TV	84
Figura 3.8 Antena Parabólica Qsd CNT TV	84
Figura 3.9 Antena Parabólica CLARO TV	85
Figura 3.10 Antena Parabólica TVCABLE SATELITAL	86
Figura 3.11 Esquema interno de un LNB	87
Figura 3.12 LNB comercial	88
Figura 3.13 Tipos de LNB	90
Figura 3.14 LNB Dual Output SF6-LA	93
Figura 3.15 LNB Twin 747802	93
Figura 3.16 LNB Itelecom ITC-S10	94
Figura 3.17 LNB IDLR-SINL42-EXTND-OPP	95
Figura 3.18 Set-top box comercial	96
Figura 3.19 Esquema del set-top box	97
Figura 3.20 Vista frontal decodificador L-14	98
Figura 3.21 Vista posterior decodificador L-14	98
Figura 3.22 Vista frontal decodificador LH-26	99
Figura 3.23 Vista posterior decodificador LH-26	99
Figura 3.24 Vista frontal decodificador LHR-26	100
Figura 3.25 Vista posterior decodificador LHR-26	100
Figura 3.26 Decodificador Echostar STB 646	100
Figura 3.27 Decodificador Sagemcom ES188-00 TLFC	101
Figura 3.28 Decodificador Arion AF-5012S	101

Figura 3.29 Decodificador HD Arion AF-5210VHD.....	102
Figura 3.30 Decodificador DVR Arion ARD-2810HP	102
Figura 3.31 Vista frontal decodificador Intek HD-S20CV	103
Figura 3.32 Vista posterior decodificador Intek HD-S20CV	103
Figura 4.1 Línea de vista	107
Figura 4.2 Armado de antena offset.....	108
Figura 4.3 Materiales de construcción	108
Figura 4.4 Fijación de la base	109
Figura 4.5 Azimut.....	110
Figura 4.6 Ajuste de azimut	111
Figura 4.7 Elevación	111
Figura 4.8 Ajuste de elevación.....	112
Figura 4.9 Polarización	113
Figura 4.10 Distancia focal	113
Figura 4.11 Footprint de Satélite GALAXY 3C	115
Figura 4.12 Footprint de Satélite AMAZONAS 2	116
Figura 4.13 Footprint de Satélite AMAZONAS 1	118
Figura 4.14 Footprint de Satélite TELSTAR 12.....	119
Figura 4.15 Cable coaxial	121
Figura 4.16 Lazo de cable coaxial	122
Figura 4.17 Radio de curvatura de coaxial.....	123
Figura 4.18 Instalación con un decodificador SD	124
Figura 4.19 Instalación con dos decodificadores SD.....	125
Figura 4.20 Instalación con dos decodificadores SD en cascada.....	126

Figura 4.21 Instalación de tres decodificadores con LNB quad.....	126
Figura 4.22 Instalación de tres decodificadores SD con divisor	127
Figura 4.23 Instalación de tres decodificadores SD en cascada	128
Figura 4.24 Instalación de tres o más decodificadores SD con conmutador	129
Figura 4.25 Instalación con un decodificador HD	130
Figura 4.26 Instalación de dos decodificadores HD	130
Figura 4.27 Instalación de dos decodificadores HD en cascada	131
Figura 4.28 Instalación de tres decodificadores HD	131
Figura 4.29 Instalación de tres o más decodificadores HD con conmutador	132
Figura 4.30 Instalación con un decodificador HD DVR	133
Figura 4.31 Instalación de dos decodificadores HD DVR.....	134
Figura 4.32 Instalación de un decodificador HD DVR con dos decodificadores HD	134
Figura 4.33 Instalación de un decodificador HD DVR con dos decodificadores HD y SD	135
Figura 4.34 Instalación de tres o más decodificadores HD DVR en combinación con decodificadores HD y SD.....	136
Figura 5.1 Antenas apuntando al Amazonas y al Telstar 12	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Bandas de Frecuencias	29
Tabla 2	Coeficientes de atenuación por lluvia	33
Tabla 3	Elevación, Azimut y Polarización Galaxy 3C	114
Tabla 4	Elevación, Azimut y Polarización Amazonas 2	116
Tabla 5	Elevación, Azimut y Polarización Amazonas 1	117
Tabla 6	Elevación, Azimut y Polarización Telstar 12	119
Tabla 7	Satélites que utilizan las proveedoras DTH en el Ecuador	138
Tabla 8	Especificaciones técnicas del Satélite Amazonas 2	139
Tabla 9	Especificaciones técnicas del Satélite Amazonas 1	140
Tabla 10	Especificaciones técnicas del Satélite Galaxy 3C	141
Tabla 11	Especificaciones técnicas del Satélite Telstar 12	142
Tabla 12	Tipo de modulación y compresión	143
Tabla 13	Valor del PIRE en el Ecuador	150
Tabla 14	Tamaño del reflector parabólico según PIRE con figura de ruido de 0.7dB	151
Tabla 15	Tamaño del reflector en función del PIRE con diferentes valores de figura de ruido	152
Tabla 16	Posición Orbital y Angulo de Elevación en Guayaquil	153

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de titulación haremos un análisis de las diferentes tecnologías que se están usando en el país, para comparar y destacar a cada una de ellas. Llegar a conclusiones que nos permitan descubrir cómo podemos mejorarlas para aportar en el desarrollo de la nueva era digital en la que estamos viviendo.

Al entrar en materia de satélites es imposible no reconocer al físico y escritor Arthur C. Clarke, quien propuso aplicar el concepto de la órbita geoestacionaria para ubicar en ella satélites artificiales para las comunicaciones. Recordemos que la órbita geoestacionaria es aquella en el plano del ecuador donde los satélites cumplen una circunvolución completa de la Tierra en un día. Ubicar un satélite en esta posición y fijarlo con una velocidad apropiada nos permite percibir la idea de que el satélite se encuentra fijo en un punto.

En la actualidad disponemos un aproximado de 13.000 satélites orbitando la tierra. Gracias a estos estudios que fijaron las bases para el desarrollo tecnológico en el cual estamos viviendo, disponemos de muchos servicios

que hace 20 años atrás solo representaban un sueño. Entre muchos de los servicios que nos permite alcanzar la flexibilidad de los satélites, destaca su capacidad de poder usarse en la distribución de las señales de televisión.

Gracias a los sistemas de compresión de señales, se puede establecer y desarrollar los servicios de radiodifusión de televisión en alta definición. En el Ecuador disponemos de varios servicios que están al alcance de la población, entre ellos se destaca el crecimiento de la Televisión Digital Satelital más conocido como DTH (*Direct-to-Home*), por su fácil acceso, calidad y experiencia que brinda a los usuarios.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 TIPOS DE ÓRBITAS SATELITALES

Antes de empezar a describir los diferentes tipos de órbitas satelitales es necesario mencionar a Johannes Kepler, astrónomo y matemático alemán conocido ampliamente por sus leyes empíricas que describen el movimiento de los planetas y que posteriormente sirvieron a Isaac Newton para postular su teoría de Gravitación Universal. En el año de 1609, Kepler publica *Astronomia Nova*, donde postula sus dos primeras leyes basadas en las observaciones del astrónomo danés Tycho Brahe, quien disponía de un instituto de investigación astronómica con instrumentos de precisión construidos por el mismo. Diez años más tarde, en su obra *Harmonices Mvndi*, Kepler finalmente presenta la tercera ley.

El movimiento descrito por un satélite artificial se basa en las tres leyes descritas por Kepler sobre el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Estas leyes describen órbitas elípticas con el Sol ubicado en uno de sus focos, que el radio vector de un planeta respecto del Sol barre áreas iguales en tiempos iguales, y que el cuadrado del periodo orbital de un planeta es proporcional al cubo de la distancia media entre el planeta y el Sol. Estas leyes describen el comportamiento orbital de los planetas con respecto al Sol interactuando a través de la gravitación, y las mismas pueden aplicarse a los satélites artificiales girando alrededor de nuestro planeta.

Existen varios tipos de órbitas satelitales que se clasifican en base a ciertos parámetros, como la distancia a la que se encuentran de la tierra, inclinación del plano orbital con respecto al plano ecuatorial, trayectoria orbital y el sentido de rotación con respecto a la Tierra que puede ser progrado o retrógrado. Con estos parámetros se pueden definir varios tipos de órbitas satelitales, recalcando que las mismas deban cumplir con ciertas características que propicien el correcto funcionamiento del satélite para la comunicación. Estas órbitas generalmente se las clasifican de acuerdo a la altura que se

encuentra respecto de la Tierra y se las conoce con el nombre de órbita baja, media, elíptica y geoestacionaria.

1.1.1 ÓRBITA LEO

Es la más baja de las órbitas, situada aproximadamente entre los 600 y 1800 kilómetros de altura respecto a la Tierra, entre la atmósfera y el primer cinturón de radiación de Van Allen. Este tipo de órbitas son muy usadas en telecomunicaciones y en sistema de comunicaciones móviles debido al mínimo retardo presente en las transmisiones, además poseen una menor atenuación de la señal debido a la cercanía con la superficie terrestre y consecuentemente, permiten una reducción considerable de la potencia necesaria para la transmisión.

Los satélites ubicados en esta órbita viajan con una velocidad aproximada de 27400 Km/h, dando una vuelta completa aproximadamente cada 90 minutos, además es necesario disponer de una cantidad considerable de satélites en órbita (hasta 66 satélites) para proporcionar una cobertura global.

Debido a esto, la visibilidad del satélite en un punto determinado es de 15 minutos aproximadamente, por lo que se debe conmutar con mucha frecuencia desde un satélite a otro para no perder la comunicación.

Operar un conjunto de satélites en este tipo de órbitas demanda una gran cantidad de recursos y dinero, debido en gran parte, a las numerosas estaciones terrenas necesarias para el seguimiento y control de los satélites, además, se suma la necesidad de reemplazar frecuentemente a estos satélites, debido al poco tiempo útil de vida que tienen, que en la mayoría de los casos no supera los cinco años.

1.1.2 ÓRBITA MEO

Esta órbita se encuentra situada entre los 6000 y 11000 kilómetros de altura entre el primer y segundo cinturón de Van Allen, de esta forma se mantienen alejados de radiaciones que pudieran afectar al sistema de comunicación. Los satélites ubicados en estas órbitas son de similares características a los que se encuentran en órbitas más bajas, con la notable

diferencia que estos se mueven a una velocidad más reducida, por lo que su paso por un punto geográfico en concreto le toma más tiempo (aproximadamente 90 minutos) que el paso de un satélite en órbita baja, por esta razón, la frecuencia de conmutación entre satélites para no perder la comunicación es mucho menor. Esta órbita utiliza menos satélites (hasta 12 satélites) que las órbitas bajas para tener cobertura global, además, debido a que la órbita es lo suficientemente alta, se reduce el problema de sombras que es mucho más frecuente en órbitas bajas. El principal uso de esta órbita es para los sistemas de posicionamiento global.

1.1.3 ÓRBITA HEO

Esta órbita, a diferencia de las descritas anteriormente, describe una trayectoria elíptica excéntrica, donde el satélite se aleja considerablemente de la Tierra en el punto más alejado de la órbita denominado apogeo, para luego retornar al punto más cercano de su órbita conocido como perigeo. Los satélites ubicados en esta órbita aprovechan su trayectoria para alcanzar zonas de difícil acceso como las zonas polares, como es el caso de la órbita Molniya, que debe su nombre a

los satélites de comunicaciones rusos del mismo nombre. La órbita Molniya posee una inclinación orbital de 63.4° que le sirve para anular la perturbación en el argumento del perigeo debido al achatamiento de la Tierra, lo que se traduce en ahorro de combustible al tratar de corregir la órbita del satélite debido a variaciones en la trayectoria del mismo.

En este tipo de órbita el satélite pasa más tiempo en la zona de apogeo, lo que se denomina como pozo del apogeo, que es la zona que se aprovecha para cubrir las necesidades de comunicación en una región, pero su intervalo de visibilidad es de 12 horas aproximadamente por lo que, para proporcionar cobertura continua en estas regiones, es necesario disponer de al menos tres satélites en una misma órbita.

1.1.4 ÓRBITA GEO

Una órbita geoestacionaria es una órbita de tipo circular que tiene el mismo periodo de rotación que la Tierra (órbita geosíncrona) y su trayectoria sigue la línea ecuatorial. Está ubicada a una altura de 35.786 kilómetros sobre la superficie terrestre y dado que posee el mismo periodo de rotación de la

Tierra (23h 56min 4s), nos permite percibir que permanece fijo sobre un mismo punto en la superficie. Esto representa una ventaja ya que un satélite ubicado en esta órbita, puede permanecer siempre visible en una zona geográfica determinada, y las antenas receptoras en la Tierra deben permanecer fijas en una sola posición para la recepción. En la práctica, un satélite no puede seguir una órbita geoestacionaria precisa, debido a las perturbaciones propias del universo como vientos solares, variaciones del campo gravitacional debido al Sol y la Luna, así como la no esfericidad de la Tierra, por lo tanto, se hace necesario disponer de sofisticados equipos de seguimiento y control para realizar periódicamente las correcciones necesarias en la trayectoria.

Este tipo de órbitas son las más utilizadas para los sistemas de comunicación comerciales de difusión como los sistemas DBS (*Direct Broadcast Satellite*) del cual deriva el servicio DTH, debido a que solo se necesita un satélite en órbita para dar cobertura continua a todo un país o región, con la posibilidad de cubrir aproximadamente un tercio del planeta, pudiendo limitarse geográficamente de acuerdo a las

necesidades del proveedor del servicio. Debido a que solo existe una órbita geoestacionaria, el número de satélites que pueden operar es limitado y la separación entre ellos depende principalmente de la potencia de transmisión, frecuencia de las portadoras y del ancho del haz irradiado, además, la huella o footprint de un satélite depende de su ubicación en la órbita, frecuencia de las portadoras y principalmente de la ganancia de las antenas, que concentra la potencia de transmisión sobre un lugar específico en la superficie.

1.2 SEGMENTO ESPACIAL

En general los satélites se componen de una carga útil y de la plataforma, por lo tanto el diseño de un satélite de comunicaciones es un largo proceso en el que debe existir un equilibrio entre el costo, las limitaciones actuales de ingeniería y el rendimiento del mismo dada las condiciones y situaciones específicas de operación, que pueden ser para desarrollo científico, misiones de exploración u observación, navegación, rescate y para comunicaciones. En función de esto, la carga útil varía de acuerdo a la misión, por ejemplo, para misiones científicas la carga útil se compone de espectrógrafos, analizadores de radiación, radiotelescopios, etc., para misiones de

exploración la carga útil se compone de cámaras de alta resolución, sensores infrarrojos, etc., y para comunicaciones, la carga útil del satélite se compone básicamente de transpondedores, antenas receptoras/transmisoras, amplificadores, multiplexores, filtros, etc.

1.2.1 PLATAFORMA

La plataforma está compuesta por todos los subsistemas que necesita el satélite para el correcto funcionamiento y operación de la carga útil, como se observa en la figura 1.1. Se conforma de una estructura, subsistemas de propulsión, subsistemas de control de órbita y control de actitud, subsistemas de energía, subsistemas de control térmico y subsistemas de telemetría, seguimiento y control. Debido al tiempo y a los altos costos que se requieren para la investigación y desarrollo de la misma, muchos fabricantes de satélites optan por un mismo tipo de plataforma con pequeñas variantes para el tipo de carga útil que llevará el satélite, de esta forma el satélite se construye en menor tiempo.

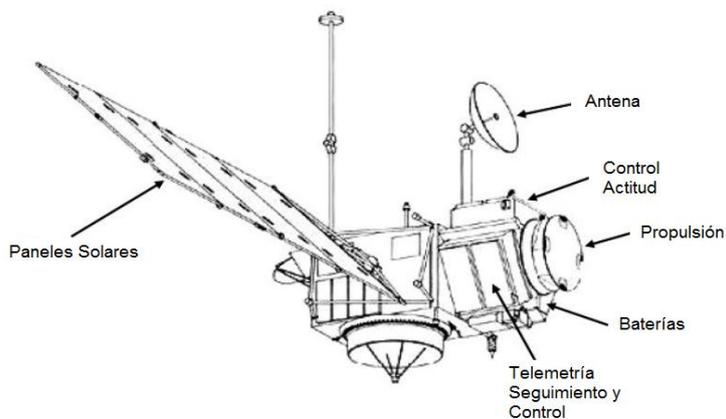


Figura 1.1 Plataforma de un satélite [1]

- **Estructura**

La estructura de un satélite está hecho generalmente de materiales livianos como el aluminio, titanio y especialmente de fibra de carbono, muy usado por su ligereza y mayor resistencia a impactos que otros materiales. Las estructuras internas de fibra de carbono les dan soporte a los equipos internos y externos durante el lanzamiento de un satélite, además, ayudan a mantener con precisión los elementos de la carga útil, principalmente las antenas. La estructura cuenta con una masa común para todos los subsistemas, tanto para el retorno de la potencia eléctrica como para las descargas electrostáticas o perturbaciones eléctricas originadas en el espacio, que

dañan elementos sensibles como los encontrados en el subsistema de telemetría.

- **Subsistema de Propulsión**

El subsistema de propulsión, además de ayudar al control de actitud, es el encargado de ubicar al satélite en la órbita deseada. Para esto, generalmente se ubica al satélite en una órbita elíptica denominada *órbita de transferencia*, con perigeo de similar altura al de una órbita LEO, y con apogeo correspondiente a la altura de la órbita GEO, que facilita la ubicación del satélite en la órbita geoestacionaria. Por este motivo, el subsistema de propulsión cuenta con motores que necesitan grandes cantidades de combustible para este propósito, lo que se suma al peso y costo total del satélite. Por otra parte, el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en propulsión eléctrica, como los sistemas de propulsión de plasma e iónicos, se han desarrollado para aliviar en gran parte la demanda de combustible químico, reduciendo notablemente el peso y el costo del satélite.

- **Subsistema de Actitud y Control de Órbita**

El subsistema de actitud y control de órbita, es el encargado de mantener al satélite con una orientación fija apuntando a un lugar determinado en la superficie terrestre, de lo contrario, el satélite no sería capaz de apuntar sus antenas hacia la Tierra en todo momento. Este subsistema también es responsable de que se colecte la mayor cantidad de energía a través de los paneles solares.

La primera generación de satélites tenía formas cilíndricas con paneles solares cubriendo su exterior, como se aprecia en la figura 1.2. Estos satélites se estabilizan girando alrededor de su eje vertical que es perpendicular al plano de la órbita, debido a que los objetos que giran sobre su eje no son fácilmente perturbados por pequeñas alteraciones, pero tienen la desventaja que no todas las celdas solares aprovechan la energía del sol, además de que las antenas que utilizan son de contra rotación o de radiación toroidal que desperdician la energía emitida en un 95%. Debido a estas desventajas, los satélites empezaron a usar la estabilización en tres ejes con propulsores (figura 1.3),

donde se utiliza un volante de inercia o rueda de momento, que se encuentra girando a alta velocidad con respecto al eje perpendicular al plano orbital, ubicado dentro de la plataforma.

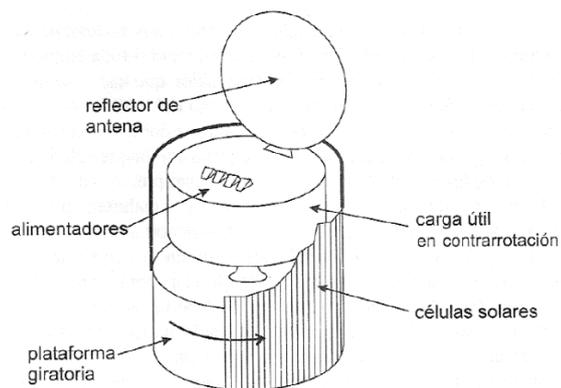


Figura 1.2 Estabilización por doble rotación [2]

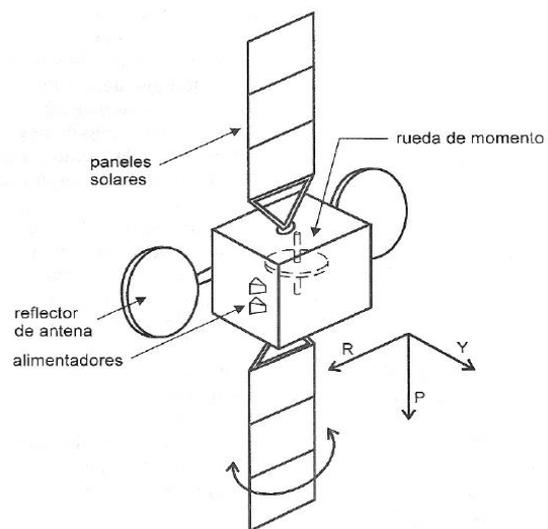


Figura 1.3 Estabilización tres ejes [2]

El volante de inercia es un instrumento que puede girar alrededor de un eje para generar fuerzas estabilizadoras, y los propulsores que pueden ser químicos o eléctricos, son instrumentos que sirven al satélite para darle impulso de forma lineal. La plataforma, al no tener rotación, puede tener la forma que el diseñador desee, usualmente de forma rectangular, lo que le permite tener paneles solares planos que se despliegan en órbita y que constantemente se orientan en dirección al sol para captar la mayor cantidad posible de energía. Incluso con las estabilizaciones mencionadas, la orientación del satélite puede ser perturbada por fuerzas externas como la presión de la radiación solar o el campo magnético de la Tierra, por lo que se hace necesario la utilización de sensores que usan a la Tierra, el Sol y las estrellas como puntos de referencia para determinar la orientación del satélite.

- **Subsistema de Energía**

La electricidad necesaria para operar y alimentar toda la electrónica de un satélite proviene principalmente del arreglo de paneles solares, que convierten la luz del sol en

electricidad. Otra fuente secundaria proviene de las baterías, que son recargadas cuando el arreglo de paneles solares apunta en dirección al sol y son usadas para suministrar la energía necesaria durante los eclipses. La energía nuclear es otra de las alternativas para suministrar energía en misiones de larga duración y que demandan mucha potencia pero su uso es poco frecuente en satélites comerciales debido al alto costo de los mismos.

Los paneles solares, como el de la figura 1.4, están fabricados generalmente de silicio con una eficiencia de conversión de energía del 12% al 17%, también se emplean paneles solares a base de arseniuro de galio con una eficiencia de hasta 29% pero debido a su alto costo solo lo emplean satélites que demanden mucha potencia. Las baterías suministran energía eléctrica al satélite durante los eclipses, que para el caso de un satélite en órbita geoestacionaria ocurren en dos períodos cercanos al equinoccio (Marzo y Septiembre), con una duración que aumenta cada día hasta llegar como máximo a los 70 minutos, posteriormente disminuye el tiempo de duración

hasta desaparecer completamente. Estas baterías generalmente son fabricadas de níquel-cadmio y en los últimos años se han empleado las de níquel-hidrógeno por ser más confiables y ligeras que las primeras.

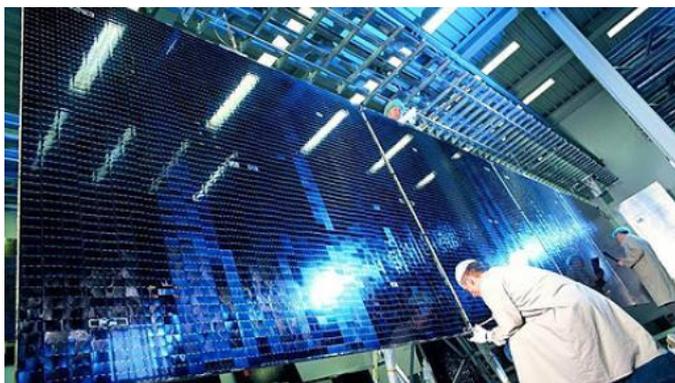


Figura 1.4 Panel solar [3]

- **Subsistema de Control Térmico**

La radiación excesiva del sol puede afectar el rendimiento de los componentes electrónicos del satélite y acelerar la degradación de los mismos. La exposición prolongada al sol o la ausencia de este pueden provocar temperaturas que están en el rango de 47°C a 70°C en exposición directa al sol y de -155°C a -165°C durante eclipses, por lo que se hace necesario mantener al satélite dentro de los límites

correctos de temperatura para que pueda operar sin complicaciones. Para cumplir con este objetivo, la superficie externa de los equipos usa reflectores y recubrimientos que minimizan la absorción de calor por la luz solar incidente. También se emplean tubos de calor o *heat pipes* que sirven para disipar el calor generado por los componentes electrónicos hacia las superficies radiadoras externas, condensando la evaporación que se absorbe en el lado caliente del tubo en el extremo más frío del mismo.

- **Subsistema de Telemetría, Seguimiento y Control**

Este subsistema proporciona una conexión entre el satélite y la estación terrena con el propósito de asegurarse el correcto desempeño del mismo, monitoreando el estado del satélite a través de la recopilación, procesamiento y transmisión de los datos procedentes del resto de subsistemas, determinando la localización exacta del satélite a través de la recepción, procesamiento y transmisión de un conjunto de señales y, controlando al satélite a través de la recepción, procesamiento e

implementación de ordenes transmitidas desde la estación terrena, como se observa en la figura 1.5.

- **Telemetría**

Es la recolección de información sobre el estado de los subsistemas del satélite. Para esto se debe tomar muestras en los diferentes puntos de medición para posteriormente ser digitalizados, codificados y multiplexados antes de ser transmitidos a la estación terrena. Estos parámetros no necesitan ser muestreados con frecuencia ya que la mayoría no cambian rápidamente.

- **Seguimiento**

Determina la ubicación del satélite mediante la técnica denominada *ranging*, el cual mide la diferencia de fase entre una o varias señales que se transmiten desde la estación terrena y son regresadas a través del subsistema de telemetría. Además para observar el comportamiento del satélite en la órbita, se necesita

conocer el ángulo de elevación y azimut medidos desde la estación terrena.

- **Control**

Es la recepción y procesamiento de comandos en el satélite que permiten su continuo funcionamiento, por lo tanto es necesario disponer de mayores seguridades en el enlace de transmisión desde la estación terrena.

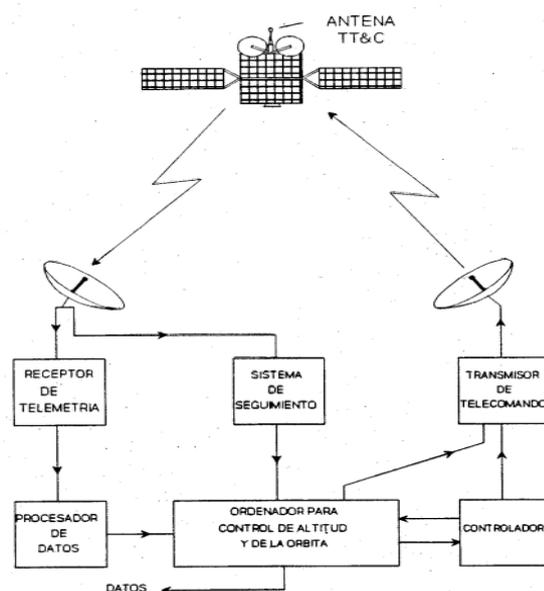


Figura 1.5 Subsistema de Telemetría, Seguimiento y Control [4]

1.2.2 CARGA ÚTIL DE COMUNICACIONES

La carga útil de comunicaciones es la responsable de establecer la comunicación desde el satélite hacia una o varias estaciones terrestres simultáneamente o hacia otro satélite. Se compone de transpondedores, antenas receptoras/transmisoras y sistemas de redundancia que pueden trabajar en una o varias bandas de frecuencias.

- **Transpondedor**

Los transpondedores son los encargados de recibir las débiles señales desde la Tierra para retransmitirlas nuevamente, cambiando la frecuencia y la polarización de la señal para posteriormente ser amplificadas. La amplificación es del orden de 100dB a 110dB y en el caso de satélites de difusión puede exceder los 120dB. En un satélite comercial un transpondedor posee un ancho de banda de 36MHz con 4MHz de separación entre transpondedores por lo que pueden operar hasta 12 de ellos con 500MHz de ancho banda. Como se observa en la figura 1.6, el transpondedor se compone de un receptor de

banda ancha y un subsistema de canalización que posee demultiplexores, amplificadores y multiplexores de salida.

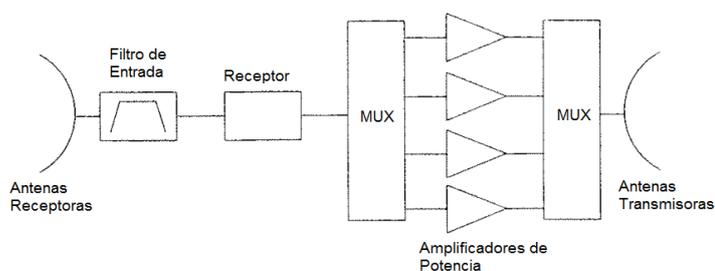


Figura 1.6 Transpondedor [5]

- **Receptor de Banda Ancha**

El receptor de banda ancha está compuesto básicamente por un filtro, preamplificador, oscilador y amplificador de potencia a la salida, como se ilustra en la figura 1.7. El *filtro* elimina la interferencia y limita las señales no deseadas por medio de un circuito aislador, el *preamplificador* conocido como LNA (*Low-Noise-Amplifier*) es un amplificador de potencia de bajo ruido dado que debe alimentar al oscilador, que es el elemento que genera más pérdidas de lado del receptor. El *oscilador* es el encargado de trasladar la frecuencia de recepción a la frecuencia de transmisión

y debe estar fabricado con cristales que no alteren su estabilidad debido a cambios en la temperatura, finalmente esta la etapa del *amplificador de potencia*. En general el receptor de banda ancha tiene una ganancia total de 50dB – 60dB tanto en la frecuencia de recepción como en la de transmisión.

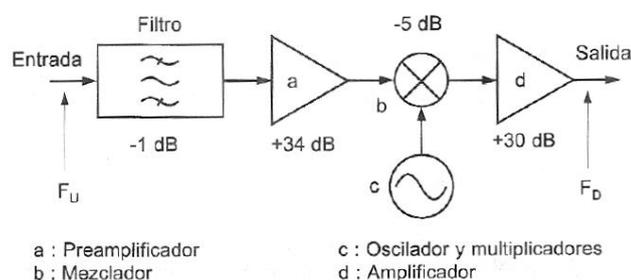


Figura 1.7 Receptor de banda ancha [2]

- **Subsistema de Canalización**

Es el encargado de dividir el ancho de banda entrante en la etapa de recepción, usualmente 500MHz en satélites comerciales, al ancho de banda necesario para cada transpondedor (27 – 40MHz en satélites comerciales) por medio de demultiplexores, cadenas de amplificación y multiplexores. El *demultiplexor* divide el ancho de banda entrante por medio de filtros

y atenuadores, los cuales ajustan la ganancia de forma individual a cada transpondedor, mientras que los filtros (paso banda) deben tener pérdidas mínimas por inserción (atenuación) y una buena respuesta de frecuencia para evitar que el resto de canales amplifiquen la misma señal. La *cadena de amplificación* está compuesta por amplificadores de potencia de estado sólido, por ser de bajo ruido y porque ayudan a disminuir el efecto de la intermodulación debido a su linealidad. Estos amplificadores por lo general necesitan más de una etapa de amplificación para alcanzar su ganancia total. El *multiplexor* agrupa nuevamente las señales por medio de un colector de guía de onda a la antena de transmisión.

- **Subsistema de Antenas**

Las antenas son los dispositivos encargados de convertir y emitir las señales provenientes de los multiplexores en ondas electromagnéticas, ya sea en forma directa o través de reflectores para concentrar el haz irradiado en una

determinada zona geográfica. Los cuatro tipos de antenas utilizados en este subsistema son las antenas dipolo, tipo corneta, de reflector parabólico y arreglo de antenas.

- **Dipolo**

Se usa para proveer la comunicación de los subsistemas de telemetría, posee cobertura omnidireccional y es usada durante el lanzamiento y posicionamiento del satélite en órbita.

- **Tipo Corneta**

Es una antena basada en una guía de onda hueca que se ensancha progresivamente hasta un extremo abierto, empleadas para coberturas globales con baja ganancia.

- **Reflector Parabólico**

Proporcionan una mayor apertura que una antena de tipo corneta por sí sola, por lo tanto proveen altas ganancias. Para esto se usa un reflector parabólico

iluminado desde su punto focal, por una o varias antenas de tipo corneta. Se usan para proporcionar patrones de radiación que cubren determinadas zonas geográficas.

- **Arreglo de Antenas**

Utiliza un conjunto de antenas de tipo corneta con potencia y fases ajustadas, lo que proporciona un patrón de radiación combinado que apunta en una dirección determinada. Se los usa para cubrir un territorio o zona específica.

1.3 BANDAS DE FRECUENCIAS PARA COMUNICACIONES SATELITALES

Todos los servicios de comunicación satelital utilizan parte de las frecuencias del espectro radioeléctrico, que también son explotados por los diferentes servicios inalámbricos terrestres, lo que puede provocar interferencia debido a múltiples transmisiones en una misma frecuencia. Para evitar estas interferencias se hace necesaria la regulación del espectro radioeléctrico. El organismo encargado de esta regulación es la ITU que divide al mundo en tres regiones [6]:

Región 1: Europa, África, Mongolia y lo que era parte de la Unión Soviética

Región 2: Norte y Sur de América junto a Groenlandia

Región 3: Asia, Australia y el Pacífico suroeste.

A su vez, los satélites que operan dentro de estas regiones se dividen de acuerdo al servicio que prestan. Entre los más conocidos se encuentran:

- **Servicio Fijo por Satélite**

Es uno de los servicios más antiguos y usados de todos los servicios por satélite. En principio estuvo destinado para transmitir televisión, además de enlazar comunicaciones telefónicas y transmisión de datos. Opera en banda C con un rango entre 3.7 a 4.2GHz y en banda Ku con un rango entre 11.45 a 11.7GHz, 12.5 a 12.75GHz en Europa y 11.7 a 12.2GHz en Norte América.

- **Servicio de Radiodifusión por Satélite**

La ITU lo define como servicios de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa por el público en general. También es conocido como DBS o DTH. Opera en banda Ku en el rango de frecuencias de 11.7 a 12.2GHz en la Región 3, 12.2 a 12.7GHz en la Región 2 y 10.7 a 12.75GHz en la Región 1.

- **Servicio Móvil por Satélite**

Servicio destinado principalmente a las comunicaciones móviles telefónicas. Opera a frecuencias más bajas que otros servicios por satélites debido a que estas son más resistentes a atenuaciones producidas al atravesar la atmósfera, generalmente trabajan en la banda L en el rango de 1.5 a 2.7GHz y la banda S en el rango de 2.7 a 3.5GHz.

En general, las bajas frecuencias (bandas L, S y C) son menos propensas a atenuaciones en zonas lluviosas y proveen amplias zonas de cobertura, mientras que las altas frecuencias (bandas K, Ku y Ka) permiten el uso de antenas más pequeñas y proveen mayor

ancho de banda. Dentro de una misma banda, se utilizan frecuencias altas para enlaces de subida o *uplink* y frecuencias bajas para enlaces de bajada o *downlink*, debido a que el satélite no posee un suministro ilimitado de energía. Un ejemplo de esto son los enlaces usados en la *banda C*, destinada principalmente para comunicaciones de voz y datos con enlace de subida entre 5.925 – 6.425GHz y enlace de bajada entre 3.7 – 4.2GHz. La *banda X* usada principalmente para comunicaciones militares, tiene enlace de subida entre 7.9 – 8.4GHz y enlace de bajada entre 7.25 – 7.75GHz. La *banda Ku* usada principalmente para radiodifusión posee enlace de subida de 14GHz y enlace de bajada entre 10.7 – 12.75GHz, lo que permite el uso de antenas receptoras más pequeñas, aunque son más vulnerables a atenuaciones por lluvias. La *banda Ka* usada para comunicaciones que requieren gran ancho de banda, tiene enlace de subida entre 26.5 – 40GHz y enlace de bajada entre 18 – 20GHz, lo que permite el uso de antenas aún más pequeñas que el resto de bandas pero es mucho más susceptible a atenuaciones por lluvias. La tabla 1 resume el rango de frecuencia para el enlace de subida y bajada para cada banda de frecuencia.

Tabla 1 Bandas de Frecuencias

BANDA	UP LINK (GHz)	DOWN LINK (GHz)
L	1.635 – 1.66	1.535 -1.58
S	2.65 – 2.69	2.5 – 2.54
C	5.9 – 8.4	3.7 – 4.2
X	7.9 – 8.4	7.25 – 7.75
Ku	14 – 14.5	10.7 – 12.75
Ka	27.5 – 31	17.7 – 19.7

1.4 INTERFERENCIA

Una de las órbitas más empleadas por los servicios de radiodifusión es la geoestacionaria, por lo que el número de satélites en ella ha aumentado notablemente en los últimos años, creando congestión entre satélites que operan en la misma banda de frecuencias lo que causa interferencias y atenuaciones. Debido a esto y para que el rendimiento del sistema sea satisfactorio, las antenas receptoras deben ser apuntadas con precisión hacia el satélite, reduciendo la interferencia proveniente desde satélites vecinos. También se encuentran las interferencias causadas por fallas en el cableado de los equipos, equipos de transmisión de baja calidad, errores en la configuración de polarizaciones e interferencias malintencionadas. En términos generales, las interferencias en las comunicaciones satelitales pueden clasificarse en cuatro tipos, descritas a continuación.

- **Interferencia por polarización cruzada**

Originada comúnmente por transmisiones que utilizan polarizaciones ortogonales para aumentar la eficiencia del canal, que al atravesar la atmósfera, alteran las propiedades de ortogonalidad de la señal, haciendo que parte de la energía en una polarización, se transfiera a su contraparte ortogonal, lo que resulta en interferencia entre los dos canales. También se originan por alineamientos deficientes en la antena de recepción.

- **Interferencia por satélites adyacentes**

Originado por satélites que se encuentran operando en una misma banda, con transmisiones que exceden los límites aceptables de operación. También son provocados por errores de los operadores o por una deficiente coordinación.

- **Interferencia de canales adyacentes**

Generado por la no linealidad de los amplificadores de potencia de los transpondedores, los cuales generan lóbulos laterales que interfieren con el resto de transpondedores produciendo

interferencia entre canales adyacentes. Esto ocurre generalmente en satélites con reducido ancho de banda.

- **Interferencia por accesos no autorizados**

Estas interferencias pueden ser de dos tipos: accidentales y deliberadas. Las interferencias accidentales ocurren normalmente por fallas en los equipos de recepción/transmisión o por interferencias con sistemas de radiocomunicaciones terrestres, mientras que las interferencias deliberadas pueden originarse con fines de prueba, por piratería o por intentos de denegar los servicios de transmisión de un satélite.

1.5 ATENUACIÓN POR LLUVIA

La lluvia es uno de los principales factores que atenúan la señal en las transmisiones satelitales y es más notorio en zonas tropicales donde las lluvias son más comunes. Las gotas de lluvia absorben y dispersan las ondas de radio, afectando mayormente a las frecuencias por encima de los 10GHz, además, cambia la polarización de la señal e incrementa la temperatura de ruido de las antenas receptoras.

El cálculo de la atenuación por lluvia se lo realiza generalmente en base a modelos de predicción los cuales se basan en varios parámetros como la tasa de lluvia, longitud de trayectoria equivalente, y de los coeficientes empíricos que dependen de la frecuencia y la polarización. La *tasa de lluvia* es una medida de la cantidad de lluvia caída en milímetros por hora, obtenidos por estaciones de medición en diferentes zonas climáticas, generalmente mediante el uso de pluviómetros. De este valor, nos interesa saber el porcentaje de tiempo en que se superan los valores promedios de estas mediciones, generalmente por el lapso de un año y denotado como R_p . Los coeficientes empíricos de polarización $a_{v,h}$ y $b_{v,h}$ son coeficientes que dependen de la forma y densidad de las gotas de lluvia, además de la polarización y frecuencia de la señal. Estos valores son tabulados y se presentan en la tabla 2 donde se indica la frecuencia y el tipo de polarización tanto en vertical como horizontal.

Tabla 2 Coeficientes de atenuación por lluvia [7]

Frecuencia (GHz)	a_h	a_v	b_h	b_v
1	0.000387	0.00000352	0.912	0.880
2	0.00154	0.000138	0.963	0.923
4	0.000650	0.000591	1.121	1.075
6	0.00175	0.0155	1.308	1.265
7	0.00301	0.00265	1.332	1.312
8	0.00454	0.00395	1.327	1.310
10	0.0101	0.00887	1.276	1.264
12	0.0188	0.0168	1.217	1.200
15	0.0367	0.0335	1.154	1.128
20	0.0751	0.0691	1.099	1.065
25	0.124	0.113	1.061	1.030
30	0.187	0.167	1.021	1.000
35	0.263	0.233	0.979	0.963
40	0.350	0.310	0.939	0.929

Con estos parámetros se puede calcular la atenuación específica α , medida en dB/Km con la siguiente ecuación (1.1):

$$\alpha = a_{v,h} * (R_p)^{b_{v,h}} \quad (1.1)$$

Donde $a_{v,h}$ y $b_{v,h}$ son los coeficientes empíricos de polarización y R_p es el porcentaje de lluvia.

L es la longitud efectiva del trayecto de la señal a través de la lluvia [6] y se la calcula mediante la ecuación (1.2), pero debido a que la densidad de la lluvia no es uniforme sobre una misma trayectoria, se

necesita calcular la longitud de la trayectoria geométrica denotada como L_S y encontrar el factor de reducción r_p .

$$L = L_S * r_p \quad (1.2)$$

Como se observa en la ecuación (1.3), L_S depende del ángulo de elevación E_l y latitud de la antena receptora h_o , además de la altura de la lluvia h_r , que es la altura a la que se produce la congelación y depende de la zona climática donde se encuentre. Como se puede ver en la figura 1.8, el factor de reducción r_p es un valor en función del porcentaje de lluvia p y de la proyección horizontal de la trayectoria geométrica denotado como L_G .

$$L_S = \frac{h_r - h_o}{\sin E_l} \quad (1.3)$$

Para $p = 0.001\%$	$r_{0.001} = \frac{10}{10 + L_G}$
Para $p = 0.01\%$	$r_{0.01} = \frac{90}{90 + 4L_G}$
Para $p = 0.1\%$	$r_{0.1} = \frac{180}{180 + L_G}$
Para $p = 1\%$	$r_1 = 1$

Figura 1.8 Factores de reducción por porcentaje de lluvia [6]

Finalmente la atenuación por lluvia en dB está dada por la ecuación (1.4), producto de la atenuación específica α , con la longitud efectiva del trayecto de la señal L .

$$\text{atenuación por lluvia (dB)} = \alpha * L \quad (1.4)$$

1.6 TIPOS DE POLARIZACIÓN

La polarización de una onda electromagnética está definida por la orientación del vector del campo eléctrico. Este vector, es perpendicular a la dirección de propagación y puede variar en dirección e intensidad. Cuando el vector del campo eléctrico describe una línea recta, la polarización se la denomina *polarización lineal*, que a su vez, dependiendo de la orientación de la onda, puede denominarse *polarización vertical* o *polarización horizontal*. La aplicación más importante de este tipo de polarizaciones es el reúso de frecuencias, donde dos señales polarizadas ortogonalmente pueden ser transmitidas al mismo tiempo y en la misma frecuencia, lo que significa que puede transmitirse el doble de programación que con un solo tipo de polarización.

Por otra parte, cuando dos campos eléctricos son iguales en amplitud pero difieren 90° en fase [6], la onda resultante posee *polarización circular*. Este tipo de polarización, dependiendo del sentido de giro del vector resultante, puede denominarse como *polarización circular izquierda LHCP (Left Hand Circular Polarization)* o *polarización circular derecha RHCP (Right Hand Circular Polarization)*. La ventaja de este tipo de polarización es que la antena receptora no necesita estar alineada en una dirección específica, ya que el campo eléctrico gira a una velocidad igual a la frecuencia de transmisión.

CAPÍTULO 2

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DTH

2.1 SERVICIO DTH (Direct-to-Home)

El servicio DTH es acrónimo de Direct-to-home y consiste en un sistema de radiodifusión de televisión y de audio de alta calidad, donde la señal es enviada desde una estación terrena al satélite, para luego ser amplificada y distribuida. La señal de bajada es receptada por una antena satelital fija que puede medir entre 60 y 90 cm de diámetro, la misma que puede ser instalada y ubicada en un espacio conveniente en edificaciones independientes, eliminando así a los operadores de cable local. Los equipos de recepción y accesorios son provistos por las operadoras, permitiendo a los abonados gozar de muchos beneficios, como la facilidad de la instalación, la selección de los canales que desea ver, entre otros.

Gracias al rápido desarrollo de la tecnología digital, los operadores de radiodifusión DTH en todo el mundo han sido capaces de introducir un gran número de aplicaciones interactivas en el mercado de la televisión, sin contar con el desarrollo de programas de entretenimiento sobre una única plataforma de envío. Además, la tecnología digital permite que el espectro de frecuencia tenga una alta eficiencia de explotación, esto permite que más canales de televisión sean emitidos, de esa manera los operadores pueden satisfacer la demanda de mercado. La televisión digital por satélite se está convirtiendo en unos de los servicios más utilizados a nivel mundial, debido a la mejor calidad de imagen y de sonido considerados insuperables.

2.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL DE UN SISTEMA DTH

La mayoría de los canales por suscripción de DTH se entregan a los centros de enlace ascendentes o llamados telepuertos a través de una red de retorno del satélite o fibra. Estas señales de retorno sirven también para proveer de información a otros satélites o distribuidores de cable. La programación, tales como películas de pague por ver o PPV (*Pay Per View*), llega a la instalación como cintas digitales pregrabados.

2.2.1 SERVICIO DE RADIODIFUSIÓN

Un servicio de radio difusión ofrece una serie de funciones comunes a cualquier centro de transmisión, tales como el monitoreo de la señal de entrada, el ajuste, y la re-sincronización, enrutamiento de la señal dentro de la instalación, ajuste pregrabado, control de calidad, clonación, y reproducción. Ciertos canales, de acuerdo con el propietario, pueden tener anuncios o spots promocionales insertados. El material grabado se copia de la remasterización de cintas digitales a los servidores de archivos de video.

Los servidores de video utilizan RAID (*Redundant Array of Independent Disks*), que son un conjunto de discos duros que se caracterizan por tener robustez y alta tolerancia a fallos, que reproducen el contenido de un canal digital siempre en el horario establecido.

El modelo de servicio de pago del sistema DTH requiere que los sitios de difusión condicionen accesos a contenido no autorizado, provean servicios de información y la guía de programación electrónica (SI/EPG), así como etapas de

codificación y compresión, multiplexación, control de errores y equipos de modulación para el contenido que será distribuido hacia el usuario, como se ilustra en la figura 2.1.

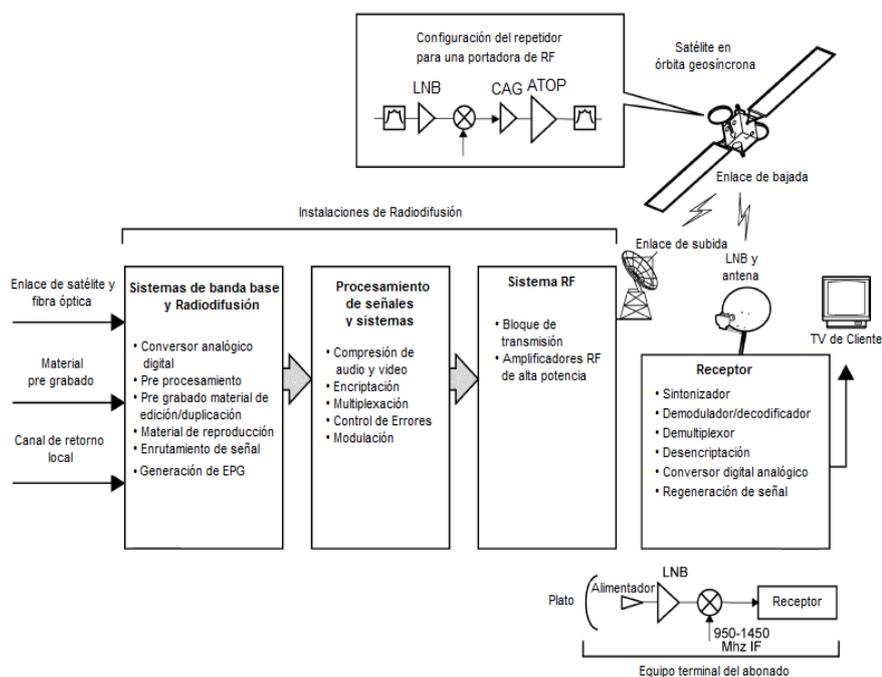


Figura 2.1 Estructura del modelo DTH [8]

El *sistema de acceso condicionado (CAS)*, el cual viene integrado en los decodificadores, permite el acceso del cliente a los servicios de programación siempre y cuando el abonado cumpla con los requisitos, por ejemplo, si la cuenta del cliente no presenta deudas, o si el cliente se encuentra en una zona geográfica donde la programación especial está disponible,

pues está sujeto al acuerdo que tenga el propietario del contenido. El ejemplo más común son los deportes en vivo.

La *guía electrónica de programas* (SI/EPG) crea un flujo de datos que son utilizados por los componentes electrónicos ya incluidos en el hogar, para mostrar información sobre los canales de programación y los programas individuales. Esta guía incluye títulos de programas, tiempos de inicio y fin, sinopsis, evaluación de programas para control parental, opciones de lenguajes, y demás. El equipo de procesamiento de señal realiza la compresión tanto en el video como en el audio.

El *audio y video* digital por lo general vienen dado en un formato de 270 Mbps, pero es reducido a un rango de 1 – 10 Mbps por medio de la codificación por compresión antes de ser transmitido. Este procedimiento nos permite reducir dramáticamente el uso de los transpondedores en los satélites, de manera que se pueden incrementar los canales de entretenimiento disponibles utilizando una gran cantidad de ancho de banda por el cual serán transmitidos.

Los *sistemas de compresión* de la señal digital para DTH están dado por el estándar MPEG (Motion Picture Experts Group), en sus versiones de MPEG-2 y MPEG-4. Los flujos de transmisión de audio y video de múltiples canales de programación suelen ser multiplexados en un solo flujo de alta velocidad.

La *transmisión* de datos no es un asunto muy económico, por esa razón se han desarrollado técnicas de multiplexación. De las diferentes técnicas fundamentales para llevar a cabo la transmisión está la multiplexación estadística que consiste en transmitir los datos de aquellos canales que, en cada instante, tengan información para transmitir. Con cualquier método, la cadena resultante es procesada por medio del control de errores llamado FEC (*Forward Error Control*), o corrección directa de errores sin vía de retorno. Esta técnica de control ofrece una excelente calidad de señal versus ruido muy por debajo de los umbrales que ofrecían los métodos analógicos que se utilizaban anteriormente.

2.2.2 DIFUSIÓN POR SATÉLITE

Cada señal de enlace ascendente de las estaciones es recibida y re-transmitida por un transpondedor de radio frecuencia RF a bordo de un satélite de comunicaciones geoestacionario. La función básica de un transpondedor es canalizar, transposicionar y amplificar la señal. El transpondedor recibe la señal ascendente a una cierta frecuencia y luego envía la señal, conocida como enlace descendente, a una frecuencia distinta para evitar interferencias.

Para una banda de operación BBS (*BroadBand Service*), el satélite recibe las señales en el rango de 17.3 – 17.8GHz para posteriormente retransmitir las mismas en el rango de 12,2 – 12,7GHz. Los satélites usados en los sistemas DTH son muy similares en arquitectura a los satélites de comunicaciones geoestacionarios que han sido desplegados para las telecomunicaciones internacionales y nacionales desde mediados de los 60. Para los sistemas DTH el aumento del tamaño físico y del peso, como se observa en la figura 2.2 con el satélite HS702, han permitido que se coloquen paneles

solares de tal manera que la mayor parte de su energía provenga de ellas y alimenten la fuente de poder de corriente continua, así como a las antenas a bordo relativamente grandes, que permiten la conformación del haz de enlace descendente de los satélites.

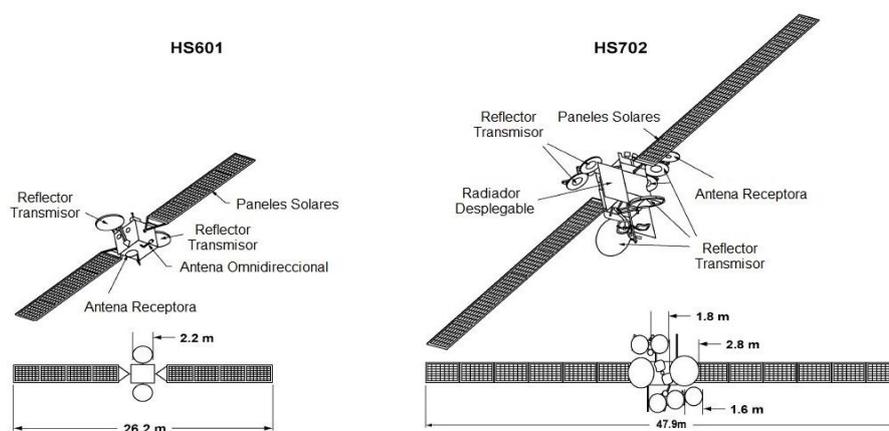


Figura 2.2 Satélites DTH [8]

La figura 2.2 ilustra el cambio de tamaño de los satélites DTH. El HS601 era el modelo común desplegado en los años 90. La configuración muestra los paneles solares siempre orientados hacia el sol, de esa manera alimentan a la fuente de poder dc y a los reflectores parabólicos utilizados para crear los haces de enlaces descendentes.

Cada carga útil de un satélite de comunicaciones es un repetidor de translación de frecuencia. Un receptor de banda ancha, una por cada polarización, traslada la frecuencia para el enlace descendente y maneja múltiples repetidores (transpondedores), uno por portadora. Cada transpondedor tiene un transmisor de tubo de onda progresiva de alta potencia, este último es un dispositivo electrónico usado para amplificar señales de radiofrecuencia. Los elementos funcionales del repetidor principal se muestran en la parte superior de la figura 2.1.

Para incrementar la capacidad total disponible para una región específica, un operador de sistema a menudo usa múltiples satélites en posiciones orbitales adyacentes. Los satélites separados por una longitud de al menos 0,1 grados, permiten hacer un pleno uso del espectro disponible. Un único operador del sistema puede reutilizar el espectro con el uso de posiciones orbitales adyacentes como se muestra en la figura 2.3 a continuación.

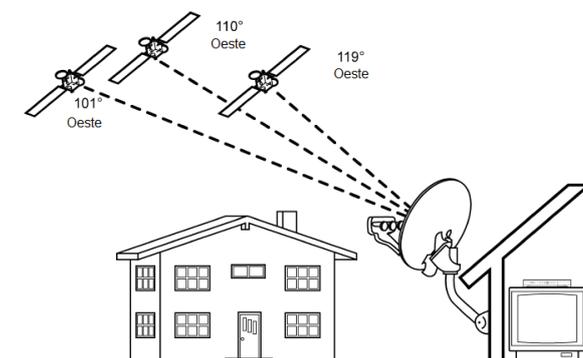


Figura 2.3 Satélites Adyacentes [8]

2.2.3 DISPOSITIVOS DEL CLIENTE

Como se ha referido antes, los dispositivos para la recepción del enlace de bajada utilizan: una antena fija, un bloque de bajo ruido o LNB, un receptor decodificador integrado y un control remoto. La antena es un reflector parabólico de tipo off-set que puede medir entre 60 o 90 centímetros de diámetro.

La característica esencial de una antena en forma de parábola es permitir que la energía pueda ser concentrada en un punto específico donde la señal es recogida por un bloque de bajo ruido o LNB. Este bloque convierte la señal de alta frecuencia (Banda Ku), en una señal de frecuencia menor, de esta manera permite que la señal se distribuya por medio de un

cable coaxial. La señal que viaja a través del coaxial se le denomina frecuencia intermedia (IF) o también conocida como banda L, comprendida entre 950 MHz y 2.150 MHz

La electrónica del bloque de bajo ruido que se muestra esquemáticamente en la parte inferior derecha de la figura 2.1, se alimenta de corriente continua por medio del mismo cable coaxial que es utilizado para entregar la señal de bajada al domicilio del cliente, es decir, al decodificador. Las funciones del decodificador se las observa en el extremo derecho de la figura 2.1 y los circuitos del mismo incluyen un sintonizador de IF, un demodulador QPSK, corrector de errores FEC, demultiplexor (para captar un único canal de programación), descifrador bajo el control del acceso condicional, un decodificador de audio y video MPEG y regenerador de señal de TV.

En el hemisferio occidental, la mayoría de decodificadores DTH utilizan una tarjeta inteligente reemplazable con un microprocesador integrado, que es utilizado para generar las claves de cifrado y descifrado según el servicio que tenga el

cliente. En el caso que la seguridad se vea comprometida, el operador del sistema solo tendrá que reemplazar la tarjeta inteligente, así no tendrá que cambiar todo el paquete de instalación. El decodificador proporciona señales que pueden ser aprovechados por varios dispositivos para el hogar, tales como televisores de alta definición, definición estándar y sistemas de amplificación de audio. El decodificador puede ser operado desde los paneles frontales pero para facilidad del cliente también usa un control remoto a través de señales IF, o en muchos casos, de radio frecuencia RF.

2.3 OPERADORES DE SATÉLITES DTH

Los principales operadores de satélites DTH a nivel mundial son los siguientes:

2.3.1 INTELSAT

El Organismo Internacional de Telecomunicaciones por Satélite más conocido como INTELSAT, se establece el 20 de Agosto de 1964 con la participación de once países. Para el año de 1965 lanzan su primer satélite en órbita geosíncrona,

el Intelsat I, más conocido como el *pájaro madrugador* (*Early Bird*) construido por la Hughes Aircraft Company, el cual se mantuvo en operación durante cuatro años. Para el año 2001, Intelsat se convierte en empresa privada luego de permanecer 37 años como una organización gubernamental. En el año 2006 Intelsat compra a PanAmSat (alternativa comercial de Intelsat), por lo cual reivindica su condición de líder del sector. Actualmente cuenta con una flota de más de 50 satélites, cubriendo cuatro regiones: la Región del Océano Atlántico (AOR), Región del Océano Indico (IOR), Región del Océano Pacífico (POR) y la Región del Pacífico Asiático (APR). De todos esos satélites, 20 de ellos están destinados a prestar servicio a más de 30 plataformas DTH.

2.3.2 SES (ASTRA)

Fue el primer operador de satélites privado de Europa y actualmente es la segunda más importante a nivel mundial. Fue fundada en el año de 1985 en la ciudad de Betzdorf (Luxemburgo) bajo el nombre de Sociedad Europea de Satélites. Posteriormente, en el año 2001 fue renombrada como SES Global y finalmente en el 2006 tomó su nombre

definitivo como SES. En el año de 1987 estuvo previsto el lanzamiento de su primer satélite, el Astra 1A, pero debido a fallos en el lanzamiento del cohete Ariane en el año de 1986, tuvo que ser postergado. Finalmente en Enero de 1988, el cohete Ariane estuvo nuevamente en operación y el Astra 1A fue puesto en órbita. A pesar que finalmente fue renombrada como SES, la compañía sería conocida mundialmente bajo el seudónimo ASTRA, nombre del primer satélite de la compañía en ser puesto en órbita. Actualmente SES dispone de 55 satélites en órbita cubriendo las regiones de Europa, Africa, Asia y toda América, los cuales prestan sus servicios a más de 40 plataformas DTH, llegando a 276 millones de hogares con televisión en todo el mundo.

2.3.3 EUTELSAT

La Organización Europea de Telecomunicaciones por Satélite fue fundada en el año de 1977 en París, Francia, como una organización intergubernamental para desarrollar y operar infraestructuras de telecomunicaciones por satélite en toda Europa, actualmente es el tercer operador de satélites más importantes del mundo. Lanzaron su primer satélite, el

Eutelsat I-F1 en el año de 1983 junto con otros tres satélites más durante los cinco años siguientes, el último de ellos lanzado a finales de 1988. Fue el primer operador de satélites en Europa en transmitir canales de televisión en la modalidad DTH a través de los satélites denominados Hot Bird, el primero de ellos se puso en órbita en el año de 1995. En el año 2001 Eutelsat se convierte en una compañía privada. Actualmente cuenta con una flota de 35 satélites, dando cobertura a Europa, África, las Américas, Asia y Australia, ofreciendo más de 5700 canales de televisión, 600 canales en alta definición y 1100 estaciones de radio.

2.3.4 HISPASAT

Nace el 30 de septiembre de 1989 en la ciudad de Madrid, España, con el objetivo de convertirse en el principal proveedor de televisión con contenido en español y portugués. En el año de 1991, Hispasat junto a otras instituciones fundaron la organización europea DVB, que es la encargada de promocionar estándares de televisión digital a nivel internacional. Para el año de 1992 lanza su primer satélite en órbita geoestacionaria, el Hispasat 1A a bordo del cohete

Ariane 4 en la posición orbital 30° oeste sobre el Atlántico. Junto con el Hispasat 1B lanzado en 1993, formaron el primer sistema de satélites europeos con capacidad transatlántica. Debido al auge de la televisión digital, lanzan en el año 2000 su segunda generación de satélites con el Hispasat 1C, que le permite dar cobertura a Europa y todo el continente americano. En 2001 nace Hispamar, filial brasileña de Hispasat, con lo que se consolida en el mercado latinoamericano, principalmente con la serie de satélites Amazonas. Actualmente cuenta con 7 satélites dando cobertura a Europa, América y parte de África.

2.3.5 TELESAT

Es una empresa canadiense de telecomunicaciones fundada en 1969 en la ciudad de Ontario, con la finalidad de proveer servicios satelitales para Canadá. En el año de 1962, los predecesores de Telesat (AT&T) pusieron en órbita al satélite Telstar 1, transmitiendo la primera señal transatlántica de televisión desde la estación terrestre de Andover en Estados Unidos, hacia el centro de telecomunicaciones Pleumeur-Bodou en Francia. En el año de 1972 lanzan el satélite Anik 1, el primer satélite doméstico de comunicaciones en órbita

geoestacionaria, destinado para proveer comunicaciones telefónicas y de televisión. En 1978 lanzan el satélite Anik B, el primero en ofrecer servicios de radiodifusión DBS en la banda Ku, marcando el comienzo de la era de los servicios de satélites de radiodifusión. Para el año de 1999 lanzan el satélite Telstar 12 que proporciona servicios en la banda Ku, conectando América con Europa y el Medio Oriente. En 2004, Telesat fue el primero en comercializar exitosamente los servicios de banda ancha en la banda Ka con su satélite Anik F2. Actualmente cuenta con cinco satélites sobre América Latina operando en las bandas C y Ku con los satélites Anik G1 y F1 y operando en banda Ku los satélites Telstar 12, 11N y el Telstar 14R.

2.4 TELEPUERTOS

Los telepuertos son instalaciones terrestres pertenecientes a la cabecera o *Headend* que se enlazan directamente con los satélites en órbita (figura 2.4), para ofrecer servicios de comunicaciones por voz, video y datos. Como se observa en la figura 2.5, en el Headend se agrega la fuente de contenidos que será codificada, comprimida, multiplexada, encriptada y finalmente modulada para ser transmitida

al satélite mediante los telepuertos, para su posterior difusión a los clientes suscritos y autorizados para recibir el servicio.



Figura 2.4 Telepuerto Emek HaEla, Israel [9]

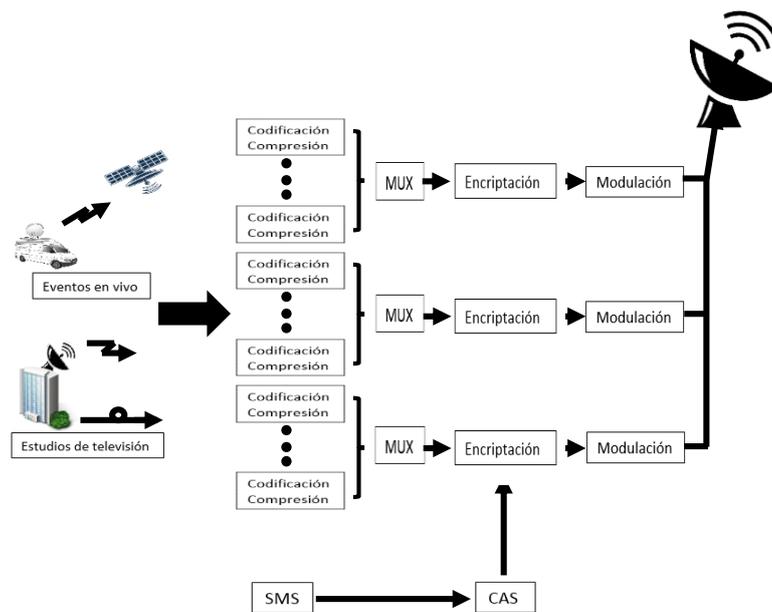


Figura 2.5 Esquema del Headend

- **Fuente de contenidos**

Es generado principalmente por los diferentes estudios de televisión local e internacional, también se genera de eventos en vivo como partidos de fútbol, noticias y entretenimiento. Todo este contenido llega a través de enlaces descendentes de otros satélites, vía microondas o través de redes de fibra óptica.

- **Codificación y Compresión**

La codificación y compresión de los contenidos se los realiza debido a que no es práctico transmitir video digital sin compresión. Transmitir de esta forma requiere una tasa de transmisión de 270Mbps para definición estándar (SDTV) y 1.495Gbps para alta definición (HDTV). El formato de codificación y compresión más utilizado es el formato MPEG-2, desarrollado por la Moving Picture Experts Group y que es usado ampliamente desde 1993 [10] dada su versatilidad para introducir nuevas técnicas que permiten mejorar la eficiencia de compresión y calidad de imagen. Con MPEG-2 se alcanzan tasas de compresión por canal de 3 a 5Mbps para definición estándar y de 15 a 20Mbps para alta definición. Actualmente se usa el formato MPEG-4 con lo que se reducen aún más la tasa de

transmisión, de 1.5 a 2.5Mbps para definición estándar y de 6 a 10Mbps para alta definición. MPEG-4 es superior a MPEG-2 no solo porque es más eficiente a la hora de comprimir audio y video, sino porque además permite comprimir objetos, texto y animaciones, lo que ofrece una mayor interactividad con los usuarios.

La compresión también depende de la naturaleza del contenido a mostrarse en la pantalla del usuario. Si se utiliza una tasa constante de bits CBR (*Constant Bit Rate*) en la compresión de contenido donde se generen movimientos rápidos, como por ejemplo en los deportes, se necesitarían grandes tasas de transmisión para no afectar la calidad de video. Se pueden usar tasas constantes o variables de bits dependiendo del contenido que se desee comprimir. A diferencia del CBR, VBR (*Variable Bit Rate*) permite ajustar dinámicamente la tasa de compresión en función del contenido, lo que permite un uso más eficiente del ancho de banda disponible.

- **Multiplexación**

Agrupar los diferentes contenidos comprimidos con MPEG en un solo flujo de transporte, de esta forma se pueden agrupar varios programas de televisión en un mismo transpondedor. Un flujo de transporte MPEG-TS (*MPEG Transport Stream*) es un formato usado para transmitir audio, video y la información de los programas contenidos en el protocolo de información de programa y sistema PSIP (*Program and System Information Protocol*). Este flujo de transporte puede contener el audio y video de un solo programa de televisión denominándose SPTS (*Single Program Transport Stream*), mientras que MPTS (*Multiple Program Transport Stream*) agrupa múltiples programas de televisión con sus respectivos canales de audio, video e información de los programas perfectamente sincronizados, para asegurarse que la reproducción del audio este a la par con los fotogramas del video correspondiente.

- **Encriptación**

Es la aleatorización de los bits para prevenir el acceso a contenido no autorizado. Usualmente es administrado por el sistema de gestión de abonados SMS (*Subscriber Management*

System) en conjunto con el sistema de facturación a través del sistema de acceso condicional (CAS). La encriptación usa algoritmos para cifrar el contenido mediante el uso de claves de cifrado o palabras de control CW (*Control Word*), las mismas que son cambiadas con frecuencia y posteriormente entregadas al CAS. El CAS genera mensajes de autorización con estas palabras de control, que sirven para identificar los programas que se pueden ver en los equipos de recepción del usuario (*Set-top Box*), y son agregados luego de la multiplexación. La estructura y contenido de estos mensajes de autorización junto con el cifrado, son propiedad de cada proveedor de accesos condicionales tal como Nagravision, Conax o Viaccess.

- **Modulación**

Permite transferir el contenido digital proveniente de las etapas anteriores en una señal adecuada para la transmisión hacia el satélite por medio del telepuerto. Esta viene dada por los diferentes estándares de transmisión digital satelital, entre los que se destaca el estándar DVB-S por ser el más empleado a nivel mundial. DVB-S emplea un esquema de codificación cíclica Reed-Solomon con corrección directa de errores sin vía de

retorno FEC, como por ejemplo de 1/2, lo que significa que por cada bit original resultan dos bits codificados. Emplea multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) con cada portadora modulada con QPSK, apropiada para medios con grandes atenuaciones y reduciendo el efecto multicamino.

Actualmente ya se está usando el estándar DVB-S2 que tiene hasta un 30% más de eficiencia en tasas de transmisión que su predecesor [11], empleando OFDM con 4 tipos de modulación: QPSK y 8PSK destinados a radiodifusión, 16APSK y 32APSK que requieren una elevada relación de señal ruido C/N por lo que son empleadas para aplicaciones profesionales. Emplea un poderoso esquema de codificación concatenado usando códigos cíclicos BHC (*Bose-Chaudhuri-Hcquengham*) y códigos lineales LDPC (*Low Density Parity Check*) de corrección de errores, acercándose al límite teórico del teorema de Shannon para canales con ruido, ofreciendo un excelente rendimiento. Además incorpora codificación y modulación adaptiva (ACM) junto con codificación y modulación variable (VCM), lo que permite cambiar los parámetros de transmisión (modulación y FEC) en función de las condiciones del enlace, por ejemplo en lluvias.

2.5 COBERTURA DEL SATÉLITE

Para cubrir un área específica en la tierra producida por las señales de radiación de los transpondedores recurrimos a un término muy común denominado huella satelital. El tamaño de la huella depende de la localización del satélite en su órbita, de la forma y tamaño del haz producido por el transpondedor y de la distancia desde la tierra. La huella puede ser vista como:

- El área en donde la señal de radiación de un satélite en particular puede ser recibida.
- El área en la superficie de la tierra que está dentro del campo de visión del transpondedor.

El haz tiene forma tridimensional y representa la cantidad de radiación emitida por la antena del satélite, y esta a su vez, intersecta la superficie terrestre. Es importante mencionar acerca de los diferentes haces que puede tener un satélite. Con diferentes tipos de haz se realizan distintas coberturas. Las zonas de cobertura están divididas de la siguiente forma:

- **Haz Global**

Como se puede observar en la figura 2.6, cubre la vista frontal de la tierra. Para realizar una cobertura global se necesita entre dos o tres satélites geoestacionarios y un ancho de haz de 17 grados.



Figura 2.6 Haz Global

- **Haz Píncel**

Como se ilustra en la figura 2.7, este tipo de haz se utiliza para cubrir una región geográfica determinada. El centro de cobertura es donde apunta el eje principal.



Figura 2.7 Haz Píncel

- **Haz Hemisférico**

Destinado a cubrir un hemisferio específico, como se observa en la figura 2.8



Figura 2.8 Haz Hemisférico

- **Haz Zonal**

La cobertura se limita a una región, como se puede observar en la figura 2.9.



Figura 2.9 Haz Zonal

- **Haz Puntual**

Como se observa en la figura 2.10, se limita a cubrir un país específico.



Figura 2.10 Haz Puntual

2.6 PARÁMETROS DE TRANSMISIÓN SATELITAL DTH

Cuando nos referimos a parámetros del sistema satelital, hablamos de todos los elementos que están inmersos en el modelo de enlace.

2.6.1 POTENCIA DE TRANSMISIÓN Y ENERGÍA DE BIT

Los sistemas modernos de satélites utilizan modulación de fase PSK o modulación de amplitud en cuadratura QAM. Con PSK y QAM, la señal de banda base entrante es generalmente una señal digital multiplexada dividida en el tiempo con codificación PCM (*Pulse Code Modulation*). Además con PSK

y QAM varios bits se pueden codificar en un solo elemento de transmisión. Por lo tanto un parámetro más importante que la potencia de portadora es la energía de bit (E_b), denotada por la ecuación (2.1):

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

Definiendo cada elemento tenemos:

E_b ; Energía de un solo bit ($\frac{J}{bit}$)

P_t ; Potencia total (W)

T_b ; Tiempo de un solo bit (s), que también se lo puede expresar mediante la ecuación (2.2):

$$T_b = 1/F_b \quad (2.2)$$

Donde F_b es la tasa de bits por segundo, por lo tanto la energía de bit se puede calcular mediante la ecuación (2.3) por medio de la relación entre la potencia total y la tasa de bits.

$$E_b = P_t / F_b \quad (2.3)$$

2.6.2 POTENCIA ISOTRÓPICA IRRADIADA

La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) se define como el equivalente de la potencia de transmisión, en otras palabras, representa la medida que indica la fuerza de la señal desde el satélite hacia una estación terrena. Su expresión matemática viene dada por la ecuación (2.4):

$$PIRE = P_r G_t \quad (2.4)$$

Donde:

$PIRE$; Potencia isotrópica radiada equivalente en (W)

P_r ; Potencia total radiada por la antena en (W)

G_t ; Ganancia de la antena transmisora

Expresado en decibelios tenemos la ecuación (2.5):

$$PIRE(dB) = P_r(dBW) + G_t(dB) \quad (2.5)$$

Con respecto a la potencia radiada por la antena se tiene la ecuación (2.6):

$$P_r = P_t - L_{bo} - L_{bf} \quad (2.6)$$

Donde:

P_t ; Potencia real de salida del transmisor en (dBW)

L_{bo} ; Pérdida de Back-off amplificador de alta potencia (dB)

L_{bf} ; Pérdidas por conectores (dB)

Por lo tanto, reemplazando la ecuación (2.6) en la ecuación (2.5) se tiene que el PIRE en decibelio está definido por la ecuación (2.7):

$$PIRE(dB) = P_t(dBW) - L_{bo}(dB) - L_{bf}(dB) + G_t(dB) \quad (2.7)$$

2.6.3 DENSIDAD DE RUIDO

Es la potencia total de ruido normalizada a 1Hz, o la potencia de ruido presente en un 1Hz. Su expresión matemática está dada por la ecuación (2.8):

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

Donde

N_o ; Es la densidad de ruido (W/Hz)

N ; Potencia total de ruido (W)

B ; Ancho de banda

k ; Constante de Boltzmann (J/K)

T_e ; Temperatura de ruido equivalente ($^{\circ}K$)

Su expresión en logaritmo está dada por la ecuación (2.9):

$$N_o(dB/Hz) = 10 \log N - 10 \log B = 10 \log K + 10 \log T_e \quad (2.9)$$

2.6.4 RELACIÓN DE PORTADORA A DENSIDAD DE RUIDO

Es la relación del nivel de potencia de la señal con respecto a la densidad espectral de potencia del ruido normalizada a 1Hz, se la calcula por medio de la ecuación (2.10):

$$\frac{C}{N_0} = \frac{C}{kT_e} \quad (2.10)$$

2.6.5 RELACIÓN DE ENERGÍA DE BIT A DENSIDAD DE RUIDO

Es uno de los parámetros más importantes y frecuentes para evaluar un sistema de transmisión digital. Esta relación sirve para comparar sistemas que utilizan diferentes velocidades de transmisión, esquemas de modulación o técnicas de codificación. Su expresión está dada por la ecuación (2.11):

$$\frac{E_b}{N_0} = \frac{C/F_b}{N/B} = \frac{C * B}{N * F_b} \quad (2.11)$$

Expresado en decibelios, se tiene la ecuación (2.12):

$$\frac{E_b}{N_0} (dB) = \frac{C}{N} (dB) + \frac{B}{F_b} (dB) \quad (2.12)$$

2.6.6 RELACIÓN DE GANANCIA A TEMPERATURA EQUIVALENTE DE RUIDO

La relación de ganancia y temperatura equivalente de ruido G/T_e es un parámetro que representa la calidad del satélite, y a su vez la calidad de una estación terrena. En el receptor este parámetro relaciona la ganancia de la antena de recepción G_r con la temperatura de ruido equivalente del receptor T_r , como se muestra en la ecuación (2.13):

$$G/T_e = G_r/T_r \quad (2.13)$$

2.7 PROVEEDORES DE SERVICIOS DTH EN ECUADOR

2.7.1 DIRECTV

En Ecuador, DIRECTV ofrece su servicio DTH a través de DIRECTV Panamericana que es parte de DIRECTV Latinoamérica, quienes ofrecen su servicio en toda la región. Actualmente ofrecen su servicio en Ecuador a través del satélite Galaxy 3C ubicado en la posición orbital 95°W, con una grilla de canales en su mayoría de definición estándar. Ofrece 8 canales nacionales, 34 canales de cine, 28 canales de variedades, 18 canales de deportes, 9 canales infantiles, 41 canales de mundo, 4 canales para adultos, 21 canales en alta definición y un canal 3D, además de 8 canales de radio y finalmente 31 canales de audio, todos distribuidos de acuerdo al plan que el cliente solicite, tanto para prepago como para postpago. DIRECTV tiene planeado ampliar sus servicios para Latinoamérica con el lanzamiento de los satélites híbridos (bandas C y Ku) DLA-1 (Intelsat 30) y DLA-2 (Intelsat 31), ambos de similares características y co-ubicados junto al satélite Galaxy 3C, el primero de ellos lanzado el 17 de Octubre del año pasado, el cual posee 72 transpondedores y que empezó a operar de manera parcial a comienzos del 2015,

ofreciendo muchos más canales en HD, 3D y la inclusión del formato UHDTV.

En la actualidad cuenta con la tecnología Multiroom, que es parte del paquete DIRECTV Nexus, el cual permite ver, pausar y retroceder el contenido grabado en un decodificador HD DVR, en otros decodificadores HD dentro del hogar [12]. También cuentan con DIRECTV on DEMAND, el cual permite ver películas previo pago con la diferencia que las mismas se almacenan en el decodificador HD DVR para reproducirlo en cualquier momento. Para el servicio DIRECTV 3D se requiere de una TV con capacidad full HD 3D con los respectivos lentes 3D, el decodificador HD DVR y contar con el servicio HD, Plus HD o Platino para ver toda la programación ofrecida en 3D a través del canal 1030.

2.7.2 CNT TV

La empresa estatal CNT ofrece sus servicios DTH en Ecuador a través de CNT TV, quien utiliza la plataforma TV Satelital de Media Networks Latino América, filial de Telefónica Internacional con sede en Perú. CNT TV brinda sus servicios

por medio del satélite Amazonas 2 ubicado en la posición orbital 61°W, operado por Hispasat. Actualmente ofrece 9 canales nacionales, 12 canales infantiles, 27 canales de variedades, 5 canales de deportes, 11 canales de documentales, 6 canales informativos, 3 canales musicales, 26 canales de películas, 6 canales internacionales, 2 canales religiosos, 1 canal empresarial, 1 canal para adultos, 16 canales en alta definición y 10 canales de audio ofrecidos por sus diferentes planes. CNT TV ofrece a los clientes 8 planes: Plan Súper, Plan Entretenimiento, Plan Total Plus, Plan HBO MaxDigital SD, Plan Fox+, Plan Adulto y los planes en HD: Plan Plus HD y Plan Fox+ HD. Todos estos planes tienen como base al Plan Súper que ofrece el acceso a 71 canales más 10 canales de audio [13]. Para ofrecer estos planes, CNT TV dispone de dos modelos de decodificadores, el modelo Echostar STB 646 para definición estándar y el modelo Sagemcom ES188-00 TLFC para alta definición con DVR.

2.7.3 CLARO TV

CLARO TV satelital es ofrecido en territorio ecuatoriano por parte de CLARO (Conecel S.A.), quienes poseen su propia

plataforma DTH. El servicio es ofrecido a través de dos satélites operados por Hispasat, el Amazonas 1 ubicado en la posición orbital 55.5°W y el Amazonas 2 ubicados en la posición orbital 61°W. CLARO TV ofrece a sus clientes el plan Claro TV 18 con 45 canales en definición estándar más 10 canales de audio, el plan Claro TV 25 con 58 canales en definición estándar incluido los canales del plan TV 18 y el plan Claro HD que incluye 15 canales en alta definición junto con el decodificador DVR-HD Arion de 500GB con capacidad de grabación de 400 horas en definición estándar o 130 horas de grabación en alta definición [14].

2.7.4 TVCABLE SATELITAL

La empresa Grupo TVCable ofrece el servicio DTH en Ecuador a través de su servicio TVCABLE SATELITAL gracias al acuerdo que tiene con la empresa chilena TuVes HD. Este servicio es ofrecido por el satélite Telstar 12 ubicado en la posición orbital 15°W operado por Telesat. TVCABLE SATELITAL opera de momento solo en la modalidad prepago, poniendo a disposición de los clientes dos planes, el Plan Económico y el Plan Ideal, el primero de ellos con acceso a 30

canales internacionales en los que se incluyen dos canales HD, 6 canales nacionales y 10 canales de audio y el Ideal que incluye el Económico más 20 canales internacionales, con la opción de ampliar la programación con el paquete de 4 canales FOX+ [15]. Estos planes son comercializados junto con el decodificador HD Intek HD-S20CV.

CAPÍTULO 3

3 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS EMPLEADAS EN LA RECEPCIÓN DTH DE LAS PRINCIPALES OPERADORAS EN EL ECUADOR

3.1 CARACTERÍSTICAS DE LA SEÑAL DE RECEPCIÓN PARA DTH

Para recibir correctamente el servicio DTH en nuestras casas, se necesitan conocer ciertas características de la señal del haz descendente del satélite tales como la banda de operación, el tipo de modulación empleada, tipo de compresión, tipo de polarización y el valor del PIRE (Potencia Isotrópica Radiada Equivalente) en dBW del footprint del satélite (el cual permite determinar el tamaño aproximado de la antena parabólica para la correcta recepción de las señales), además de disponer del equipo necesario para la recepción. En nuestro país, los cuatro operadores principales que proveen este servicio son DIRECTV, CNT TV, CLARO TV y

TVCABLE SATELITAL quienes a través de diferentes planes y servicios le otorgan una experiencia de calidad al usuario.

3.1.1 DIRECTV

Para ofrecer sus servicios en territorio continental ecuatoriano, DIRECTV con su propia plataforma DTH, emplea el satélite Galaxy 3C ubicado en posición orbital 95°W operado por Intelsat, el cual trabaja en banda Ku en el rango de 11.45GHz a 12.2GHz utilizando polarización circular. Para definición estándar emplea modulación QPSK junto con el estándar de transmisión propietario DSS (*Digital Satellite Service*) y en alta definición emplea modulación 8PSK junto con el estándar de transmisión DVB-S2D (modificación del DVB-S2). El valor del EIRP del footprint en territorio ecuatoriano es de 48dBW y el total de canales ofrecido por este operador es de 270.

3.1.2 CNT TV

La empresa estatal CNT TV presta el servicio a través de la plataforma DTH Media Networks LA mediante el satélite Amazonas 2 ubicado en posición orbital 61°W operado por

Hispasat, el cual trabaja en banda Ku en el rango de 10.7GHz a 12.2GHz con polarización lineal. Para definición estándar emplea modulación QPSK junto con el estándar DVB-S y compresión MPEG-2, para alta definición emplea modulación 8PSK junto con el estándar DVB-S2 con compresión MPEG-4. El valor del pIRE en territorio ecuatoriano es de 48dBW y ofrece un total de 250 canales.

3.1.3 CLARO TV

Esta empresa posee su propia plataforma DTH usando los satélites Amazonas 1 en posición orbital 55.5°W y Amazonas 2 en posición orbital 61°W, ambos operados por Hispasat. Trabaja en el rango de 11.45GHz a 12.2GHz en banda Ku con polarización lineal. Opera con modulación QPSK junto con el estándar DVB-S y compresión MPEG-2 para definición estándar y con modulación 8PSK junto con el estándar DVB-S2 y compresión MPEG-4 para alta definición. El valor del pIRE en territorio ecuatoriano es de 47dBW para el Amazonas 1 y 48dBW para el Amazonas 2 y ofrece un total de 125 canales.

3.1.4 TVCABLE SATELITAL

Ofrecen su servicio a través de la plataforma chilena de DTH, TuVes HD, mediante el satélite Telstar 12 ubicado en posición orbital 15°W operado por Telesat. Opera en el rango de 11.7GHz a 12.138GHz en banda Ku con polarización lineal. Tanto para definición estándar como para alta definición emplea modulación 8-PSK junto con el estándar DVB-S2 y compresión MPEG-4. El valor del pise en territorio ecuatoriano es de 46dBW.

3.2 COMPONENTES DE RECEPCIÓN DTH

Además de conocer las características de la señal de recepción, es importante conocer las características de los principales componentes utilizados para recibir el servicio DTH, tal como la antena parabólica, LNB y el set-top box comúnmente denominado decodificador.

3.2.1 ANTENA PARABÓLICA OFFSET

Es la encargada de recibir las ondas electromagnéticas provenientes del satélite para concentrarlas en un único punto, denominado foco, donde está ubicado el LNB. La antena parabólica utilizada para la recepción del servicio DTH es del tipo offset, lo que significa que el foco del receptor aparenta estar desplazado de su posición original, evitando la obstrucción parcial de las ondas electromagnéticas, como se ilustra en la figura 3.1.

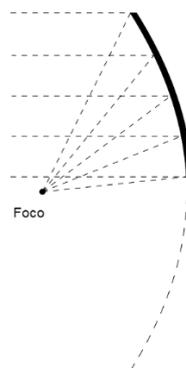


Figura 3.1 Antena Parabólica Offset



Figura 3.2 Antena Parabólica Offset comercial [16]

El material de fabricación que se utiliza para las antenas comerciales, como la de la figura 3.2, es comúnmente de aluminio o de hierro y acero galvanizado recubierto con pinturas de poliéster en tonos mate para evitar el reflejo de los rayos del sol que puedan dañar al LNB.

- **Factores de Calidad de la Antena Parabólica**

Dos de los principales factores de calidad de la antena parabólica tipo offset son la ganancia y la relación entre la distancia focal y el diámetro. La ganancia de la antena viene dada por la ecuación (3.1):

$$G = \eta \left(\frac{\pi * D}{\lambda} \right)^2 \quad (3.1)$$

Donde η es la eficiencia de la antena, que no es otra cosa que la capacidad de concentrar la energía recibida y que depende de factores como la rugosidad de la antena, sombras debidas al LNB, etc., por lo tanto este valor no alcanza el 100% de eficiencia, llegando solamente a valores comprendidos entre el 50% y 65%, λ es la longitud de onda de la señal recibida y D es el diámetro de la antena. En la ecuación (3.1) se puede notar que para aumentar la ganancia de recepción es necesario incrementar el diámetro de la antena parabólica. Otra característica de la antena parabólica es la relación entre la distancia focal con el diámetro f/D , que determina la iluminación recibida en la antena y además nos da una idea de la profundidad de la misma, como se puede observar en la figura 3.3. El valor típico de f/D en antenas offset es de 0.6.

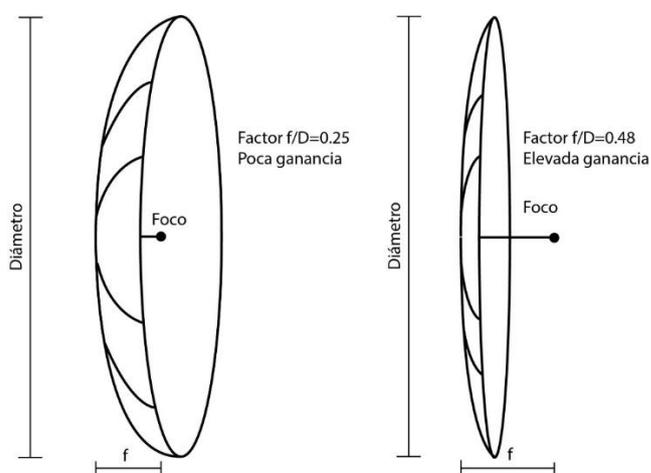


Figura 3.3 Relación f/D

- **Apuntamiento de la Antena Parabólica**

Para un correcto apuntamiento de la antena, se necesita conocer los valores de azimut y el ángulo de elevación para captar la señal de un satélite específico.

- **Azimut**

El azimut es un valor en grados referido al norte geográfico y medido en el sentido de las agujas del reloj en el plano horizontal, lo que determina la dirección donde se encuentra el satélite. En la figura 3.4 el azimut tiene un valor de 97° .

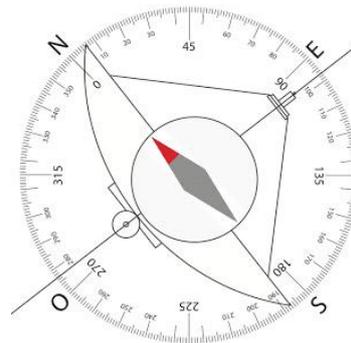


Figura 3.4 Azimut [17]

- **Ángulo de elevación**

El ángulo de elevación es la inclinación de la antena que permite apuntar directamente al satélite en la dirección del azimut, como se observa en la figura 3.5.

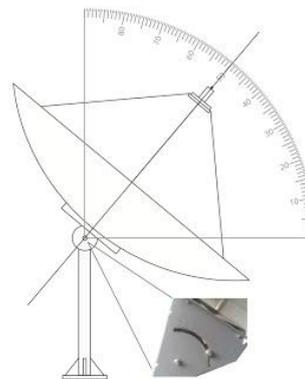


Figura 3.5 Ángulo de Elevación [17]

3.2.2 ANTENAS PARABÓLICAS DE LAS OPERADORAS

Los operadores del servicio DTH en nuestro país ofrecen diferentes antenas parabólicas con similares características, diferenciándose en ciertos casos solo por el tamaño de la misma.

- **DirecTV**

Las antenas parabólicas son proporcionados por la empresa Winegard, fabricados de acero galvanizado (figura 3.6) recubierto con un agente hidrofóbico que repele el agua y la nieve. El soporte del LNB es de acero galvanizado con acabado resistente a la corrosión. Posee una relación f/D de 0.6.



Figura 3.6 Antena Parabólica DIRECTV [18]

- **Cnt TV**

Las antenas parabólicas de CNT TV son proporcionados por la empresa Televes en dos modelos, el modelo 7535 de hierro galvanizado (figura 3.7) de 65cm con soporte para LNB de plástico ABS resistente, con ganancia de 37dB y relación f/D de 0.5 y el nuevo modelo Qsd (*Quality satellite dish*) de aluminio (figura 3.8) de 75cm con soporte para LNB de zamak (aleación de zinc con aluminio, magnesio y cobre) galvanizado con ganancia de 38.5dB y relación f/D de 0.6.



Figura 3.7 Antena Parabólica CNT TV [19]



Figura 3.8 Antena Parabólica Qsd CNT TV [20]

- **Claro TV**

La antena parabólica de CLARO TV (figura 3.9) es proporcionado por la empresa Itelecom en dos tamaños, de 60 y 90 cm.



Figura 3.9 Antena Parabólica CLARO TV [21]

- **TVCable Satelital**

La antena parabólica es proporcionado por la empresa China Topsignal, fabricada en acero galvanizado (figura 3.10) de 75.5 cm con acabado de pintura de poliéster. Tiene una ganancia de 38.5 dB y una relación f/D de 0.61.



Figura 3.10 Antena Parabólica TVCABLE SATELITAL [22]

3.2.3 BLOQUE DE BAJO RUIDO LNB

Del acrónimo (*Low Noise Block*), el LNB es un bloque electrónico de bajo ruido fundamental en la recepción de las señales DTH. Se encarga de recibir las débiles señales de alta frecuencia provenientes del satélite para amplificarlas y cambiarlas a señales de frecuencia intermedia (banda L) que pueden ser transportadas por cable coaxial hasta el set-top box.

- **Esquema de Funcionamiento**

En la actualidad es mucho más barato y sencillo encontrar en el mercado el denominado LNB universal. Este LNB

opera tanto en banda baja como en banda alta de la banda Ku, la figura 3.11 muestra un diagrama de bloque típico de uno de ellos:

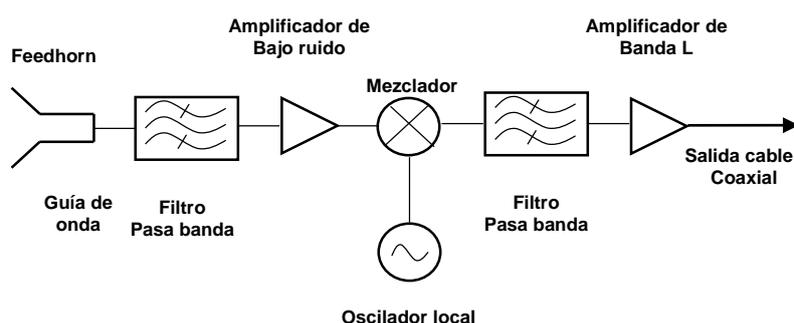


Figura 3.11 Esquema interno de un LNB

Después que la señal proveniente del satélite se refleja en el plato parabólico, pasa a través de la bocina de alimentación o *feedhorn*. La bocina de alimentación recoge la señal reflejada a través de una guía de onda y la enfoca hacia el LNB. El LNB cuenta con un resonador discriminador de polaridad, ubicado al final de la guía de onda, que permite elegir entre polarización vertical u horizontal. Este resonador está conectado a un filtro pasabanda y la señal posteriormente es amplificada por el amplificador de bajo ruido. Luego de ello, la señal pasa por el mezclador que convierte la señal a frecuencia intermedia (IF) y

nuevamente es filtrada. Al final como último bloque, está el amplificador de frecuencia intermedia a la salida del filtro pasabanda. Se debe recalcar que para hacer la conversión de la señal de banda Ku a frecuencia intermedia, es necesaria la utilización de un oscilador local con resonador cerámico que no altere su funcionamiento con el aumento de la temperatura. Luego que la señal intermedia es amplificada, es enviada por medio del cable coaxial hasta llegar al decodificador. La figura 3.12 ilustra un LNB universal.



Figura 3.12 LNB comercial [23]

Una pregunta muy interesante que aparece en todo esto es, ¿Qué energiza al LNB para que pueda operar? A través del cable coaxial conectado al decodificador se suministra energía al LNB, de esta forma el decodificador determina la selección de la banda y polarización deseada. El mecanismo de selección de polarización se realiza

mediante un rango de valores de voltajes específicos. Si se le provee al LNB un voltaje entre 10 a 15 voltios, se selecciona la polarización vertical, pero si la tensión es entre 16 a 20 voltios, se selecciona la polarización horizontal. Para conmutar entre la banda alta o baja se superponen tonos de 22KHz a través del cable coaxial. Estos parámetros están detallados en el protocolo de estándar abierto DiSEqC, desarrollado por Eutelsat [24], que permite controlar al LNB.

- **Tipos de LNB**

Para el uso en banda Ku, los LNB universales (operan en banda alta y baja de la banda Ku) como los mostrados en la figura 3.13, pueden ser del tipo: sencillo o single (una salida), twin (dos salidas), quad (cuatro salidas) y octo (ocho salidas), los cuales trabajan como si se tratara de LNB independientes en el caso de que el usuario disponga de varios set-top box. Estos últimos son los que se emplean cuando el usuario dispone de un set-top box con capacidad DVR, al cual se le deben conectar como mínimo dos salidas desde el LNB para poder grabar cualquier programa

mientras se mira otro diferente. Existe otro LNB con cuatro salidas denominado quattro y a diferencia del quad, cada una ofrece un solo tipo de banda o polarización, de este modo se obtienen al mismo tiempo las dos bandas y dos tipos de polarizaciones independientes. La banda o polarización disponible en cada salida se fija en el momento de la fabricación y no es posible conmutar entre banda o polarización. Este tipo de LNB es comúnmente usado en conjunto con un conmutador para instalaciones en edificios residenciales, donde se necesita proveer del servicio a un gran número de clientes.



Figura 3.13 Tipos de LNB [20]

- **Factores de Calidad en un LNB**

La calidad de un LNB se la mide principalmente por dos factores, su figura de ruido y el ruido de fase. La figura de ruido es una medida que determina la cantidad de ruido que se sumará a la señal que se desea obtener. En términos prácticos, mientras más bajo sea este valor, mejor será el rendimiento del mismo. El ruido de fase es un parámetro que está asociado con las transmisiones en alta definición debido al tipo de modulación que se emplea, como por ejemplo la modulación 8PSK, donde la posibilidad de interferencia entre símbolo es mucho mayor que en la modulación QPSK empleada para definición estándar. El ruido de fase indica el nivel de ruido introducido en la señal recibida a diferentes distancias de frecuencia de la portadora original, y es generado por el oscilador local dentro del LNB. Se la define generalmente a 10KHz de distancia de la frecuencia central y es una medida de la calidad del oscilador. Otro factor que determina la calidad del LNB es la relación de voltaje de onda estacionaria VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*), que es una medida de acople de impedancia, para nuestro caso, de una guía

de onda. El VSWR se lo mide como la relación entre la amplitud máxima debido a las ondas estacionarias, con respecto a la amplitud mínima a través de la guía de onda.

3.2.4 LNB PROPORCIONADO POR LAS OPERADORAS

- **DirecTV**

El LNB que ofrece DIRECTV en Latinoamérica, fabricado por la compañía Wistron NeWeb Corporation, es el Dual-Output LNBF modelo SF6-LA que se puede observar en la figura 3.14. Las frecuencias de entrada para banda baja es de 10.95GHz a 11.2GHz y para banda alta de 11.45GHz a 12.2GHz, la frecuencia del oscilador local para banda alta es de 13.1GHz y para banda baja es de 10.5GHz, posee una ganancia entre 52dB y 62dB dependiendo de la temperatura de operación, además cuenta con una figura de ruido típica de 0.7dB pudiendo llegar hasta los 0.9dB. El ruido de fase a 10KHz es de -75dBc/Hz.



Figura 3.14 LNB Dual Output SF6-LA [25]

- **Cnt TV**

El LNB proporcionado por esta empresa es fabricado por la compañía española Televes, modelo Twin 747802, como se aprecia en la figura 3.15. La frecuencia de entrada es de 10.7GHz a 12.75GHz, la frecuencia del oscilador para banda baja es de 9.75GHz y para banda alta es de 10.6GHz, posee una ganancia de 57dB, una figura de ruido de 0.3dB y ruido de fase a 10KHz de -75dBc/Hz.



Figura 3.15 LNB Twin 747802 [26]

- **Claro TV**

Esta empresa provee el LNB modelo ITC-S10 fabricado por la compañía Itelecom (figura 3.16). La frecuencia de entrada para banda baja es de 10.7GHz a 11.7GHz y para banda alta es de 11.7GHz a 12.7GHz, la frecuencia del oscilador para banda baja es de 9.75GHz y para banda alta de 10.6GHz, posee una ganancia de 55dB con figura de ruido de 0.1dB.



Figura 3.16 LNB Itelecom ITC-S10 [27]

- **TVCable Satelital**

El LNB proporcionado por esta empresa es fabricado por la compañía Inverto, modelo IDLR-SINL42-EXTND-OPP y que se observa en la figura 3.17. Tiene frecuencia de entrada en banda baja de 10.7GHz a 11.7GHz y para banda alta de 11.7GHz a 12.75GHz. Tiene ganancia de 55dB,

figura de ruido de 0.3dB hasta máximo 0.7dB y ruido de fase a 10KHz de -80dBc/Hz.



Figura 3.17 LNB IDLR-SINL42-EXTND-OPP [28]

3.2.5 SET-TOP BOX

Es el dispositivo que permite decodificar y visualizar los programas de televisión proporcionados por los operadores DTH. Se lo conoce comúnmente como decodificador y procesa las señales en banda L provenientes del LNB, comprobando que el usuario tenga el acceso autorizado al contenido que desee ver. Actualmente existen una variedad de modelos, como el mostrado en la figura 3.18, tanto para recepción de definición estándar como para alta definición, así como los modelos DVR, los cuales permiten grabar la programación mediante el uso de un disco duro interno.



Figura 3.18 Set-top box comercial [29]

- **Esquema de Funcionamiento**

El set-top box está conformado de varios bloques, como los que se observan en la figura 3.19, los cuales se encargan básicamente de sintonizar, demodular, corregir y demultiplexar las señales digitales. Una vez sintonizada, la señal se demodula y se aplican los mecanismos de corrección de errores, pero todo el contenido junto con las claves de cifrado se encuentra codificados. La decodificación la realiza el módulo de acceso condicional, desenscriptando las palabras de control para recuperar la información sobre que contenido puede decodificar el set-top box y posteriormente utilizar las claves de cifrado correspondiente. El contenido decodificado pasa por un demultiplexor que alimenta a los decodificadores de audio y video basados en mpeg, los cuales envían su señal a

través de las interfaces de salida para posteriormente ser visualizadas en un monitor de televisión.

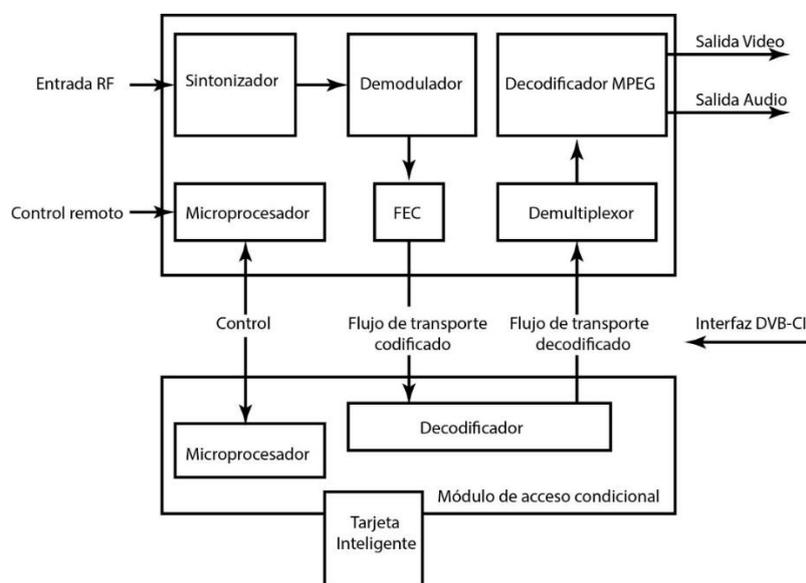


Figura 3.19 Esquema del set-top box

El módulo de acceso condicional de un set-top box puede ser instalado al momento de la fabricación o puede incluirse como un módulo extraíble mediante el uso de tarjetas inteligentes, el cual proporciona más flexibilidad ya que cada compañía puede usar el módulo que se ajuste a las necesidades del cliente. El estándar empleado en este módulo es el DVB-CI (*Common Interface*), el cual describe la interfaz entre el módulo de acceso condicional y el set-top box. En el set-top box también se encuentra el middleware, que es el software encargado de gestionar

todas las aplicaciones del set-top box, como proporcionar la guía de programación (EPG) y permitir el acceso a eventos especiales en vivo y contenidos de pago por ver.

3.2.6 SET-TOP BOX PROPORCIONADO POR LAS OPERADORAS

- **DirecTV**

En nuestro país DIRECTV pone a disposición tres modelos de set-top box, con el sistema de acceso condicional VideoGuard, el modelo L-14 (figura 3.20 y 3.21) usado para la modalidad prepago que cuenta con una salida de video para definición estándar.



Figura 3.20 Vista frontal decodificador L-14 [30]



Figura 3.21 Vista posterior decodificador L-14 [30]

El modelo LH-26 (figura 3.22 y 3,23) usado para alta definición con salida HDMI y usado para la modalidad prepago HD.



Figura 3.22 Vista frontal decodificador LH-26 [31]



Figura 3.23 Vista posterior decodificador LH-26 [31]

Y el modelo LHR-26 (figura 3.24 y 3.25) de alta definición con disco duro interno de 1Tb con capacidad de grabación de aproximadamente 400 horas en definición estándar y 100 horas en alta definición en formato encriptado. Posee dos entradas para señal de satélite, salida HDMI y conector RJ45 para conexión Ethernet, el cual permite usar la tecnología multiroom.



Figura 3.24 Vista frontal decodificador LHR-26 [32]



Figura 3.25 Vista posterior decodificador LHR-26 [32]

- **Cnt TV**

CNT TV ofrece a sus clientes dos modelos de set-top box, con sistema de acceso condicional Nagravisión 3, el modelo Echostar STB 646 (figura 3.26) con salidas de video RCA y S-Video para definición estándar.



Figura 3.26 Decodificador Echostar STB 646 [33]

Y el modelo Sagemcom ES188-00 TLFC (figura 3.27) para alta definición con capacidad DVR y salida HDMI. El DVR

necesita un disco duro adicional provisto por el operador para la funcionalidad de grabar, pausar y retroceder en vivo el programa de su preferencia, y su capacidad de grabación dependerá de la cantidad de memoria disponible del mismo.



Figura 3.27 Decodificador Sagemcom ES188-00 TLFC [34]

- **Claro TV**

CLARO TV dispone de tres modelos de set-top box para sus usuarios, con sistema de acceso condicional Conax, el modelo Arion AF-5012S (figura 3.28) para definición estándar.



Figura 3.28 Decodificador Arion AF-5012S [35]

El modelo HD Arion AF-5210VHD (figura 3.29) de alta definición.



Figura 3.29 Decodificador HD Arion AF-5210VHD [36]

Y el modelo con capacidad DVR Arion ARD-2810HP (figura 3.30) para alta definición, el cual posee un disco duro interno de 500Gb con capacidad de grabación de hasta 410 horas en definición estándar y 130 horas en alta definición con grabación simultánea hasta en dos canales.



Figura 3.30 Decodificador DVR Arion ARD-2810HP [37]

- **TVCable Satelital**

TVCABLE SATELITAL ofrece a sus clientes el set-top box, con sistema de acceso condicional Betacrypt, modelo Intek HD-S20CV (figura 3.31 y 3.32) con capacidad DVR

mediante puerto usb tanto para definición estándar como para alta definición.



Figura 3.31 Vista frontal decodificador Intek HD-S20CV [38]



Figura 3.32 Vista posterior decodificador Intek HD-S20CV [38]

CAPÍTULO 4

4 INSTALACIÓN USUARIO SD Y HD

4.1 INTRODUCCIÓN

Para que el usuario pueda recibir correctamente el servicio DTH en su domicilio es necesario realizar la instalación de todos los componentes de forma profesional, tomando en cuenta la calidad de los materiales usados así como los diversos factores que puedan afectar el rendimiento del servicio.

4.2 COMPONENTES DE INSTALACIÓN

Los componentes necesarios para la instalación del servicio son los siguientes:

- Herramientas
- Receptor satelital tipo offset
- LNB
- Decodificador
- Cable coaxial RG6
- Multiswitch o Splitter

Las herramientas básicas para la instalación se componen de:

- Escalera
- Taladro
- Pinza
- Alicata
- Martillo
- Nivel de agua
- Llaves tipo corona
- Brújula
- Buscador de señal
- Pelacables para RG6

4.3 INSTALACIÓN DE LA ANTENA

Antes de iniciar la instalación es importante que el personal técnico determine la ubicación idónea para la antena, con el fin de evitar obstrucciones en la línea de vista y daños en el domicilio del cliente.

4.3.1 UBICACIÓN DE LA ANTENA

Este es uno de los pasos más importantes al momento de la instalación, ya que la antena debe observar al satélite sin que se interpongan árboles o edificaciones que puedan comprometer la calidad de la señal recibida.

- **Verificación de Línea de Vista**

Luego de determinar a simple vista la ubicación del satélite con la ayuda de una brújula, el personal técnico decidirá el lugar de instalación de la antena en conformidad con el cliente. El lugar debe permitir línea de vista directa con el satélite, asegurándose de no tener futuras obstrucciones.

En la figura 4.1 se puede apreciar la línea de vista adecuada para no obstruir la señal del satélite

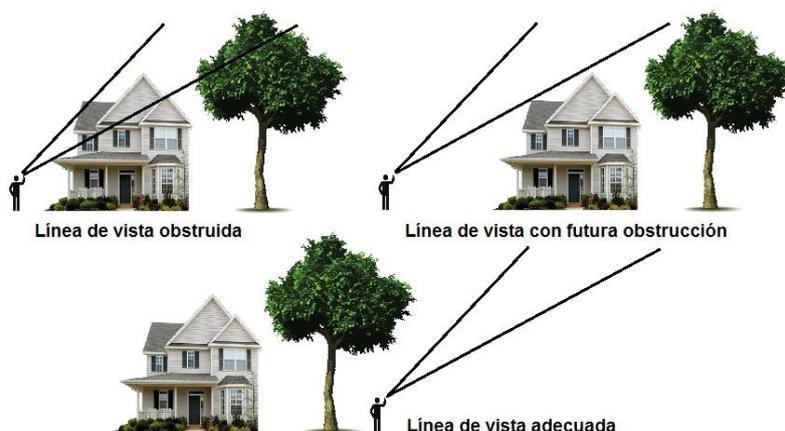


Figura 4.1 Línea de vista

4.3.2 PROCEDIMIENTO DE ARMADO DE LA ANTENA

Como se observa en la figura 4.2, para el armado de la antena se deben seguir las instrucciones que disponga el fabricante. Ajustar levemente las partes móviles permitirá la búsqueda de una señal óptima en los ajustes posteriores. Para esto se deben utilizar las herramientas mencionadas anteriormente.

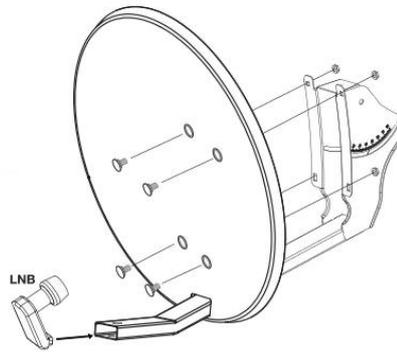


Figura 4.2 Armado de antena offset [39]

4.3.3 UBICACIÓN Y FIJACIÓN DE LA BASE

Para ubicar y fijar la base de la antena se debe tomar en cuenta el material de fabricación de la vivienda donde será instalado el mismo, dado que determinará el tipo de anclaje para sujetar la base. Los materiales más comunes para construcción de viviendas suelen ser los bloques compactos, porosos y los huecos, como los que se muestran en la figura 4.3.



Figura 4.3 Materiales de construcción

Luego de determinar el material de construcción de la vivienda, se procede a taladrar y colocar correctamente los tacos que sujetarán la base, de esta manera se evitan grietas o desprendimientos, como se aprecia en la figura 4.4, que afecten el domicilio del cliente.

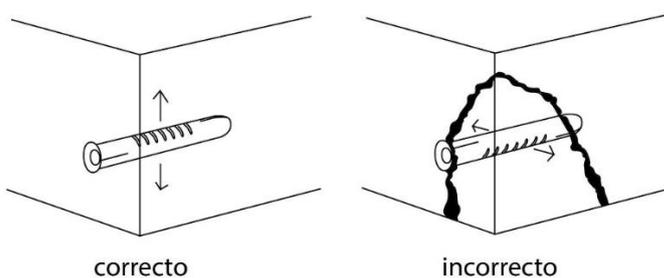


Figura 4.4 Fijación de la base

4.3.4 ORIENTACIÓN DE LA ANTENA HACIA EL SATÉLITE

Para captar la mayor cantidad de potencia se necesita orientar la antena en base al azimut, ángulo de elevación y polarización del LNB con respecto al satélite que se desea apuntar. El uso del buscador de señal nos permite un ajuste más preciso sobre estos parámetros.

- **Azimut**

Este valor indica la posición exacta de la antena en el plano horizontal, tomando como referencia el Norte magnético de la Tierra, como se ilustra en la figura 4.5. Para ubicar el azimut se emplea una brújula.

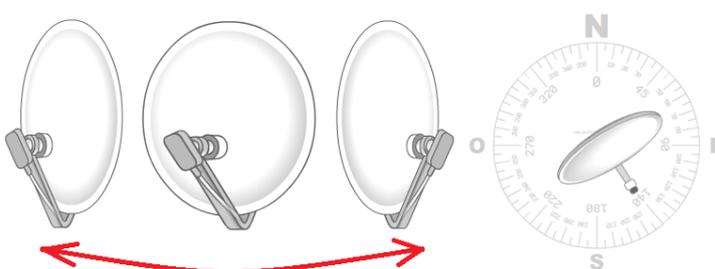


Figura 4.5 Azimut

Para ajustar este valor, primero se debe ubicar el Norte con una brújula y luego mover la antena en dirección de las agujas del reloj hasta completar el valor que se necesite para el correcto apuntamiento. A modo de ejemplo, si el azimut es 90° , el frente de la antena apuntará hacia el Este. Una vez ajustado este valor, apretamos firmemente las tuercas señaladas en la figura 4.6 para evitar que el reflector se mueva hacia los lados.



Figura 4.6 Ajuste de azimut [36]

- **Elevación**

Como se observa en la figura 4.7, el ángulo de elevación indica la inclinación que debe tener la antena respecto al plano vertical para su orientación hacia el satélite. Se lo mide en grados y para un ajuste preciso se utiliza el inclinómetro.

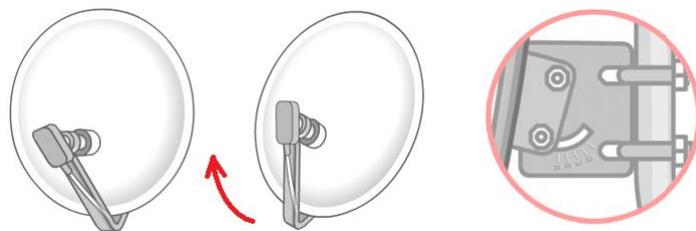


Figura 4.7 Elevación

Para ajustarlo es necesario que el soporte haya quedado fijo en posición vertical y que las tuercas estén lo

suficientemente flojas para poder deslizarlas entre la ranura curvada. Usar como referencia la punta izquierda de la tuerca de tal manera que trazando una línea imaginaria, esté a la altura del valor de elevación que corresponda a la ciudad donde se va a realizar la instalación. Luego se debe apretar las tuercas señaladas en la figura 4.8 para evitar que la antena se mueva hacia abajo.



Figura 4.8 Ajuste de elevación [36]

- **Polarización**

Es la rotación que el LNB debe tener con respecto a la vertical del suelo, como se ilustra en la figura 4.9, y se la mide en grados.

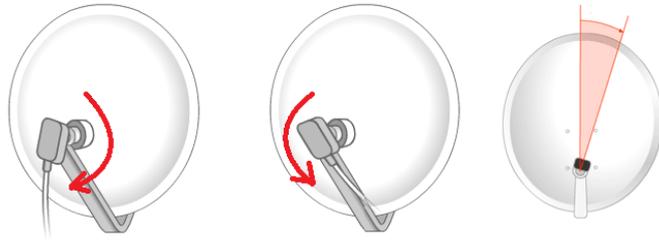


Figura 4.9 Polarización

Quando el LNB gira en el sentido de las manecillas del reloj, el valor de la polarización es negativo y cuando gira en el sentido contrario, este valor es positivo. Otro parámetro que hay que tomar en cuenta al momento de ajustar la polarización es la distancia focal, el cual es muy importante al momento de encontrar valores óptimos de la relación señal ruido en la recepción vía satélite. Para esto se debe tomar al LNB de su soporte y alejarlo o acercarlo respecto de la antena, como se observa en la figura 4.10.

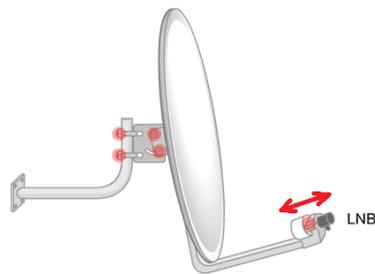


Figura 4.10 Distancia focal

4.3.5 VALORES DE AZIMUT, ELEVACIÓN Y POLARIZACIÓN

Los valores de estos parámetros dependen del satélite donde queremos direccionar nuestra antena. Estos valores cambian según la posición del satélite y la zona geográfica donde vamos a realizar la instalación.

- **DirecTV**

Los valores de azimut, elevación y polarización de la operadora DIRECTV en las principales ciudades de Ecuador se muestran en la tabla 3. La operadora DIRECTV utiliza el satélite GALAXY 3C y su huella o footprint se lo puede observar en la figura 4.11.

- **Galaxy 3C:**

Tabla 3 Elevación, Azimut y Polarización Galaxy 3C [40]

Localización	Elevación	Azimut (magnético.)	Polarización
Guayaquil	72.1°	278.0°	-
Quito	70.6°	273.3°	-
Quevedo	71.7°	275.6°	-
Puyo	70.0°	277.7°	-
Manta	73.2°	274.9°	-
Ibarra	70.2°	271.9°	-

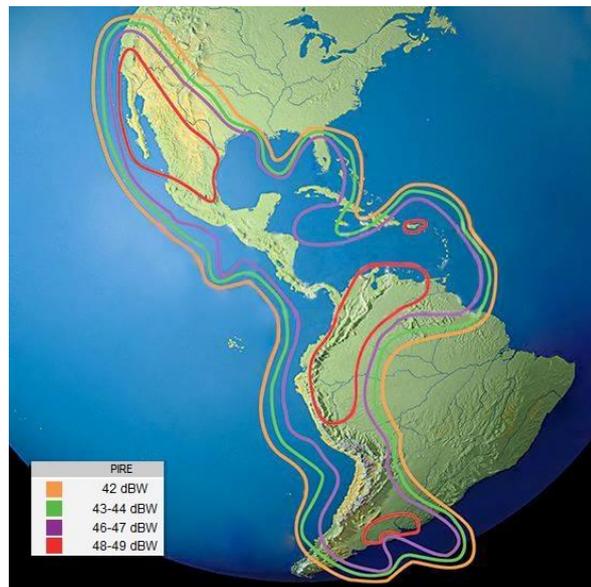


Figura 4.11 Footprint de Satélite GALAXY 3C [41]

- **Cnt TV**

Los valores de azimut, elevación y polarización de la operadora CNT TV en las principales ciudades del Ecuador se muestran en la tabla 4. La operadora CNT utiliza el satélite AMAZONAS 2 y su huella o footprint se lo puede observar en la figura 4.12.

- Amazonas 2:

Tabla 4 Elevación, Azimut y Polarización Amazonas 2 [40]

Localización	Elevación	Azimut (magnético)	Polarización
Guayaquil	67.7°	85.0°	83.3°
Quito	69.5°	92.2°	89.4°
Quevedo	68.3°	88.9°	86.8°
Puyo	70.0°	88.0°	84.9°
Manta	66.9°	88.4°	87.1°
Ibarra	69.9°	94.3°	-88.8°



Figura 4.12 Footprint de Satélite AMAZONAS 2 [42]

- **Claro TV**

Los valores de azimut, elevación y polarización de la operadora CLARO TV en las principales ciudades del país se muestran en la tabla 5 para el satélite AMAZONAS 1 y en la tabla 4 para el satélite AMAZONAS 2. La huella o footprint del satélite AMAZONAS 1 se muestra en la figura 4.13 y la huella del satélite AMAZONAS 2 se ilustra en la figura 4.12.

- **Amazonas 1:**

Tabla 5 Elevación, Azimut y Polarización Amazonas 1 [40]

Localización	Elevación	Azimut (magnético)	Polarización
Guayaquil	61.2°	86.6°	84.8°
Quito	63.0°	92.3°	89.5°
Quevedo	61.8°	89.7°	87.5°
Puyo	63.5°	89.3°	86.1°
Manta	60.4°	89.1°	87.7°
Ibarra	63.4°	94.0°	-89.1°

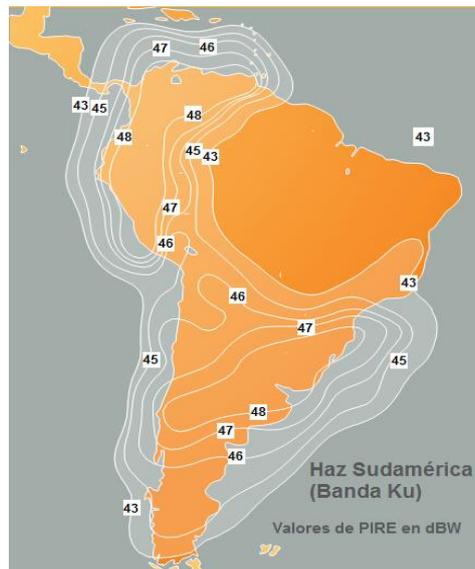


Figura 4.13 Footprint de Satélite AMAZONAS 1 [42]

- **TVCable Satelital**

Los valores de azimut, elevación y polarización de la operadora TVCABLE en las principales ciudades del país se muestran en la tabla 6. La operadora TVCABLE utiliza el satélite TELSTAR 12 y su huella o footprint se lo puede observar en la figura 4.14.

- **Telstar 12:**

**Tabla 6 Elevación, Azimut y Polarización
Telstar 12 [40]**

Localización	Elevación	Azimut (magnético)	Polarización
Guayaquil	16.7°	90.4°	87.6°
Quito	18.3°	92.7°	89.8°
Quevedo	17.2°	91.4°	88.9°
Puyo	18.8°	92.1°	88.3°
Manta	15.9°	90.7°	88.9°
Ibarra	18.6°	93.3°	-89.6°

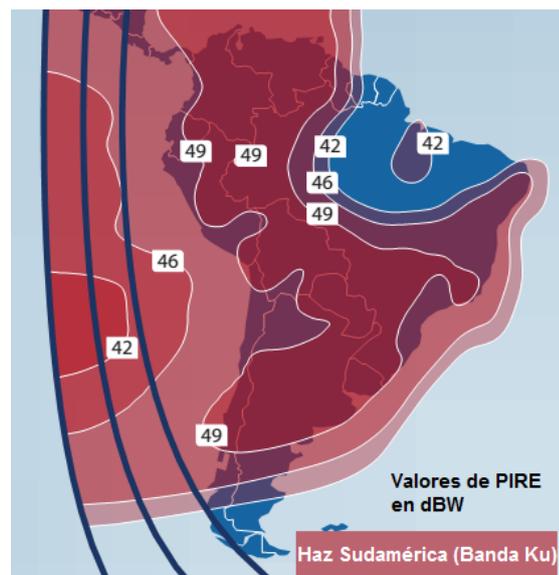


Figura 4.14 Footprint de Satélite TELSTAR 12 [43]

4.3.6 CABLE COAXIAL

El correcto tendido del cable coaxial desde el LNB hasta el decodificador es un paso importante en la instalación del servicio, debido a que el uso del cable inadecuado o instalaciones de baja calidad degradan la señal que se recibe en el decodificador. El cable coaxial usado para la instalación es el RG6 con impedancia de 75Ω y con velocidad nominal de propagación superior al 80%.

- **Estructura del Cable Coaxial**

El cable coaxial que se emplea en la mayoría de este tipo de instalaciones, como el que se observa en la figura 4.15, posee una cubierta externa fabricada comúnmente de PVC, lo que le otorga flexibilidad y buena protección contra el calor para instalaciones en el interior, pero su uso en exteriores se ve deteriorado por la luz del sol y las lluvias. Otro material que se usa para la cubierta es el polietileno que ofrece gran resistencia y no se deteriora rápidamente en exteriores.

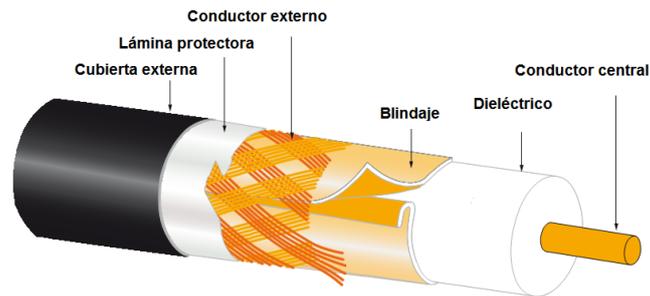


Figura 4.15 Cable coaxial [44]

La lámina protectora evita el paso de la humedad y de los aditivos de la cubierta externa hacia el interior del cable, mientras que el conductor externo y el blindaje proporcionan protección contra interferencias externas y le dan la flexibilidad necesaria para la manipulación en la instalación. El dieléctrico se lo fabrica generalmente de polietileno y debe ser resistente a altas temperaturas. El conductor interno es el elemento principal del cable coaxial y se lo fabrica generalmente de cobre por tener buena respuesta en bajas y altas frecuencias, o de acero recubierto con cobre lo que le otorga excelentes características mecánicas con la desventaja que posee mayor atenuación. Además debe tener baja resistencia en DC para que el decodificador pueda alimentar sin

problemas al LNB, divisores o conmutadores que utilicen el protocolo DiSEqC

- **Tendido del Cable Coaxial**

Hay que tener ciertas consideraciones al momento de realizar el tendido del cable coaxial desde el LNB hacia el decodificador.

- En la antena se debe dejar un lazo de aproximadamente 20 cm de diámetro con el fin de poder elevar o girar la misma sin estirar o torcer el cable, como se ilustra en la figura 4.16.



Figura 4.16 Lazo de cable coaxial [36]

- Al momento de pasar el cable por las esquinas del domicilio, se debe respetar el radio de curvatura mínimo

detallado por el fabricante del cable coaxial, como se puede observar en la figura 4.17.

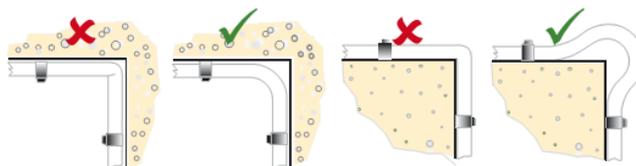


Figura 4.17 Radio de curvatura de coaxial [44]

- Se deben utilizar las grapas adecuadas para fijar el cable y que este no quede suelto, cuidando de no estrangular el mismo.
- El largo del cable desde el LNB hasta el decodificador no debe superar los 30m con el fin de evitar atenuaciones o el uso de amplificadores.

4.4 INSTALACIÓN DE DECODIFICADORES

Algunas operadoras utilizan antenas de 60 cm para recibir la señal de Tv Satelital estándar, y la antena de 90 cm para recibir la señal de Tv Satelital HD debido a que la atenuación es menor en antenas de mayor diámetro, pero según las pruebas que se han hecho en la ciudad de Guayaquil se ha encontrado que la antena de 60 cm es ideal para recibir ambas señales. Por lo tanto, el único cambio que

se presentaría con respecto a estos dos servicios, sería el modelo del decodificador. Los modelos de decodificadores y de LNB de cada una de las operadoras se revisaron en el capítulo anterior, pero es importante analizar la forma de conexión cuando se tiene más de un decodificador.

4.4.1 USUARIO SD

La conexión de decodificadores con definición estándar se lo puede hacer mediante el uso de divisores, conmutadores o conexiones en cascada.

- **Instalación con un Decodificador SD**

La conexión de un solo decodificador se lo puede hacer directamente a través de la salida del LNB como se puede apreciar en la figura 4.18.

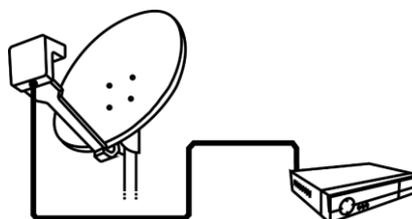


Figura 4.18 Instalación con un decodificador SD

- **Instalación con dos Decodificadores SD**

Como se observa en la figura 4.19, si se dispone de un LNB twin la conexión de dos decodificadores puede realizarse sin ningún problema, ya que el mismo actúa como dos LNB independiente y cada decodificador puede sintonizar la banda o polarización que desee.

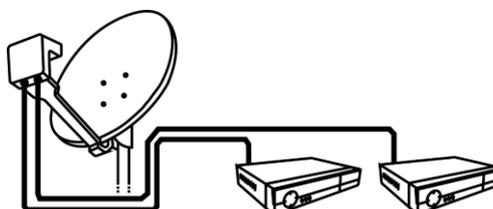


Figura 4.19 Instalación con dos decodificadores SD

Si el LNB dispone de una sola salida, como se ilustra en la figura 4.20, la conexión de dos decodificadores se la puede realizar en cascada, de esta manera el decodificador que se encuentra conectado directamente al LNB será el maestro y el que está a continuación es el esclavo. Este tipo de conexión está sujeto al primer decodificador quien le envía las señales al LNB para conmutar entre la banda alta o baja y polarización vertical u horizontal, lo que significa que el segundo decodificador solo podrá observar los

canales que estén dentro de la banda y polarización en que se encuentre el decodificador maestro.

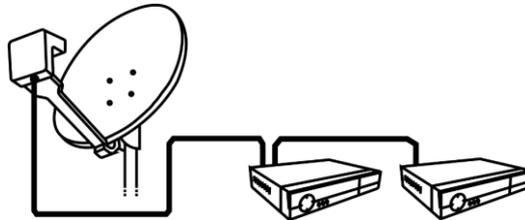


Figura 4.20 Instalación con dos decodificadores SD en cascada

- **Instalación con tres o más Decodificadores SD**

Como se observa en la figura 4.21, la conexión de tres o hasta cuatro decodificadores se simplifica si se dispone de un LNB quad, debido a que este actúa como cuatro LNB independientes y los decodificadores pueden sintonizar la banda o polarización que desee.

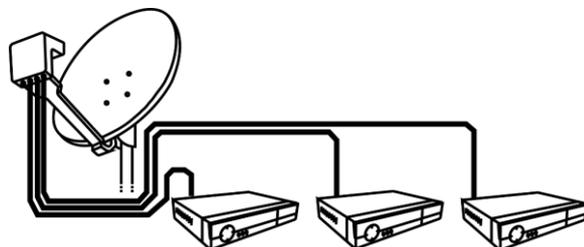


Figura 4.21 Instalación de tres decodificadores con LNB quad

Si se necesita conectar tres decodificadores y el LNB dispone de una sola salida, como se puede observar en la figura 4.22, se requiere el uso de un divisor de tres vías para la conexión, teniendo en cuenta que uno de los decodificadores será el maestro y el resto estará condicionado a la banda y polarización del primero.

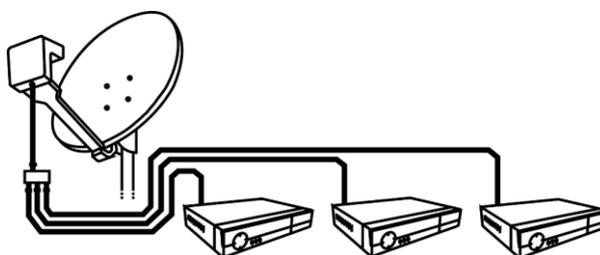


Figura 4.22 Instalación de tres decodificadores SD con divisor

Como se ilustra en la figura 4.23, si no se dispone de un divisor, la conexión se la puede realizar en cascada con el decodificador conectado al LNB actuando de maestro, mientras que el resto estará condicionado a la banda y polarización del primero.

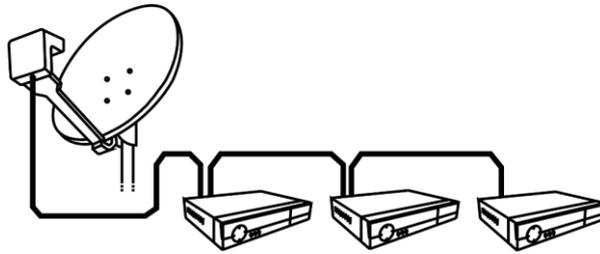


Figura 4.23 Instalación de tres decodificadores SD en cascada

Para conectar más de tres decodificadores como en el caso de la figura 4.24, se hace necesario el uso de un conmutador que permita alternar entre las dos bandas y dos polarizaciones disponibles. Este tipo de conmutador trabaja perfectamente con un LNB quattro, el cual entrega de manera independiente las bandas y polarizaciones en sus salidas, de esta forma cada decodificador puede sintonizar la banda y polarización que desee. Las salidas del conmutador que no se usen deberán estar conectadas a una carga de 75Ω .

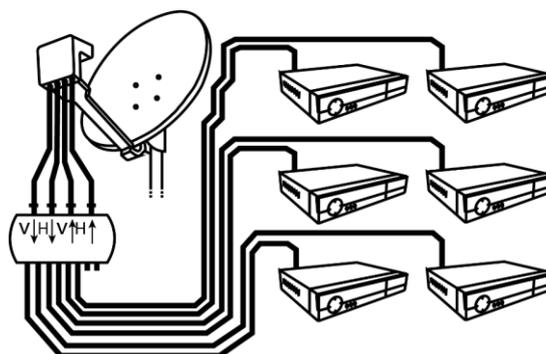


Figura 4.24 Instalación de tres o más decodificadores SD con conmutador

4.4.2 USUARIO HD

Al momento de instalar el servicio HD es recomendable utilizar el LNB twin para conexiones futuras de otros decodificadores. Este tipo de LNB tiene dos conectores coaxiales de los cuales uno debe ser exclusivo para el decodificador HD y con el otro conector se pueden realizar combinaciones con cada tipo de decodificador como las mostradas en la instalación de decodificadores SD.

- **Instalación con un Decodificador HD**

En el caso de que se vaya a instalar el servicio HD en un solo decodificador, se debe utilizar el LNB sencillo como se aprecia en la figura 4.25.

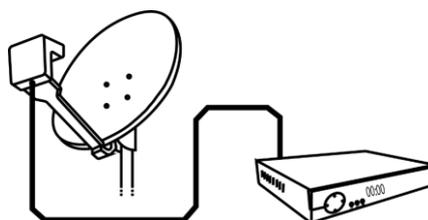


Figura 4.25 Instalación con un decodificador HD

- **Instalación con dos Decodificadores HD**

La instalación de dos decodificadores HD se lo realiza mediante el LNB twin, como se lo puede observar en la figura 4.26. Esta configuración también es válida si uno de los decodificadores es SD.

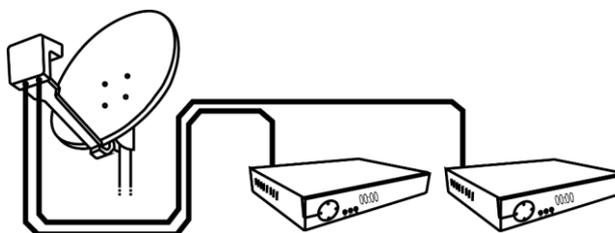


Figura 4.26 Instalación de dos decodificadores HD

Como se aprecia en la figura 4.27, también se puede realizar la conexión de dos decodificadores HD en cascada, teniendo en cuenta que el primero de ellos será el decodificador maestro.

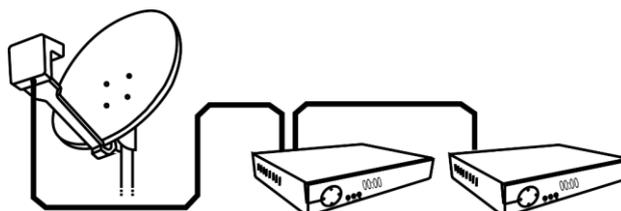


Figura 4.27 Instalación de dos decodificadores HD en cascada

- **Instalación con tres o más Decodificadores HD**

La instalación de tres o hasta cuatro decodificadores HD se lo realiza mediante el LNB quad, como se lo puede ver en la figura 4.28. Esta combinación también es válida con decodificadores SD.

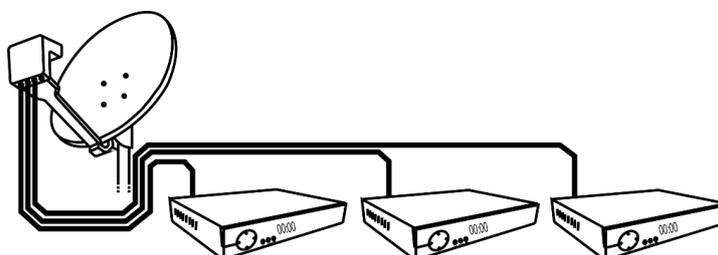


Figura 4.28 Instalación de tres decodificadores HD

Para instalar más de tres decodificadores HD o en combinación con decodificadores SD, como se ilustra en la figura 4.29, se debe seguir la instalación de tres o más decodificadores SD presentada anteriormente donde se hace uso de un conmutador, recordando que las salidas que no se usen deberán estar conectadas a una carga de 75Ω .

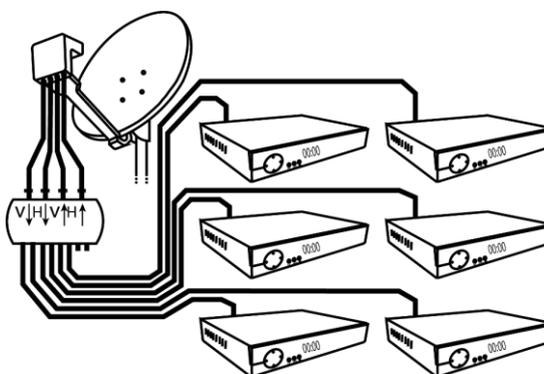


Figura 4.29 Instalación de tres o más decodificadores HD con conmutador

4.4.3 USUARIO HD DVR

Para este tipo de servicio se necesitan dos salidas del LNB para un solo decodificador DVR. Este tipo de decodificador en la mayoría de los casos posee dos sintonizadores, los cuales permiten ver un programa mientras se graba otro diferente, por lo tanto se debe utilizar el LNB twin para un solo decodificador

DVR o el LNB quad si se desea conectar otro equipo DVR o realizar combinaciones con decodificadores SD y HD.

- **Instalación con un Decodificador HD DVR**

Como se puede ver en la figura 4.30, para instalar un decodificador DVR se utiliza un LNB twin para alimentar los dos sintonizadores.

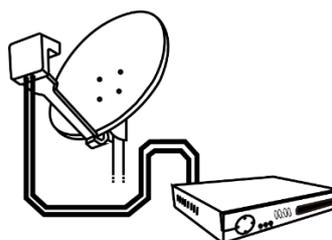


Figura 4.30 Instalación con un decodificador HD DVR

- **Instalación de dos Decodificadores HD DVR**

En este caso y como se puede observar en la figura 4.31, utilizamos el LNB quad con los pares de conectores para cada DVR.

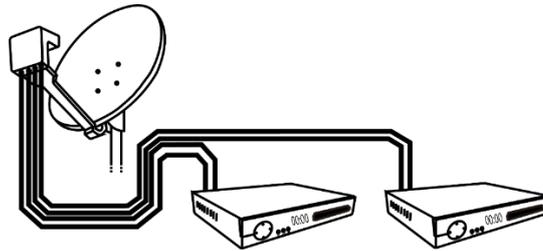


Figura 4.31 Instalación de dos decodificadores HD DVR

- **Instalación de un Decodificador HD DVR con dos Decodificadores HD**

Para esta conexión se utiliza el LNB quad con un par de conectores al decodificador DVR y al otro par se conectan los dos decodificadores HD, como se aprecia en la figura 4.32. Esta configuración también es válida en combinación con decodificadores SD.

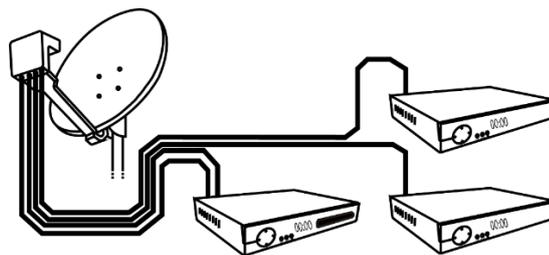


Figura 4.32 Instalación de un decodificador HD DVR con dos decodificadores HD

- **Instalación de un Decodificador HD DVR con dos Decodificadores HD y SD**

Como se ilustra en la figura 4.33, para esta configuración se utiliza un par de conectores del LNB quad para el decodificador DVR y en los otros dos conectores restantes, se conecta el decodificador HD y SD.

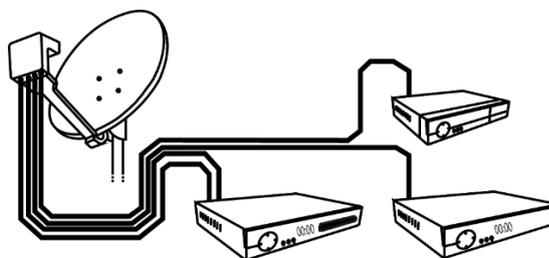


Figura 4.33 Instalación de un decodificador HD DVR con dos decodificadores HD y SD

- **Instalación de tres o más Decodificadores HD DVR en combinación con Decodificadores HD y SD**

Para instalar más de tres decodificadores DVR en combinación con decodificadores HD y SD, como se observa en la figura 4.34, se hace necesario el uso de un

LNB quattro en conjunto con divisores de dos vías y conmutadores.

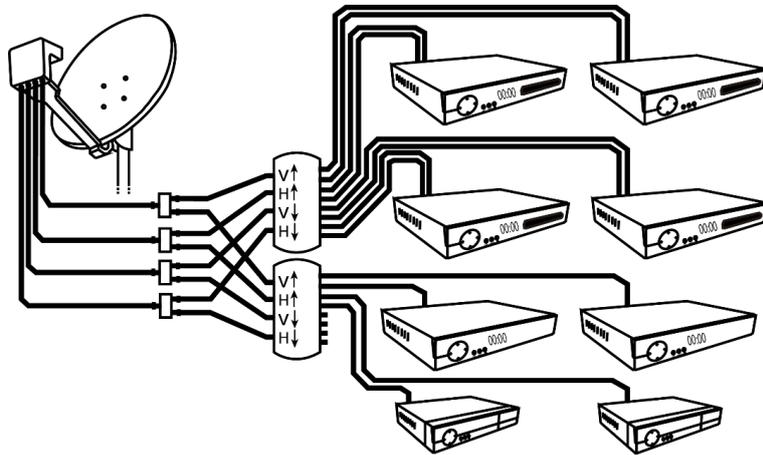


Figura 4.34 Instalación de tres o más decodificadores HD DVR en combinación con decodificadores HD y SD

CAPÍTULO 5

5 CUADROS COMPARATIVOS DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS PARA LA TRANSMISIÓN DTH DE CADA UNA DE LAS OPERADORAS

En este capítulo nos centraremos específicamente en los siguientes parámetros:

- ✓ Satélites que usan cada una de las operadoras.
- ✓ La modulación, junto con el estándar de transmisión.
- ✓ Posición Orbital del satélite, ángulo de elevación de las antenas receptoras, nivel de señal recibida.

5.1 SATÉLITES QUE UTILIZAN LAS PROVEEDORAS DTH EN EL ECUADOR.

Como se hizo referencia en el capítulo tres sobre los satélites que disponen las proveedoras, aquí está la tabla 7 de los satélites y sus operadoras correspondientes.

Tabla 7 Satélites que utilizan las proveedoras DTH en el Ecuador

Proveedor	Satélite	Posición Orbital	Operador	Plataforma
CNT TV	Amazonas 2	61° Oeste	Hispasat	Media Networks Latin America
CLARO TV	Amazonas 1	55.5° Oeste	Hispasat	Claro
CLARO TV	Amazonas 2	61° Oeste	Hispasat	Claro
DIRECTV	Galaxy 3c	95° Oeste	Intelsat	Directv
TVCABLE SATELITAL	Telstar 12	15° Oeste	Telesat	Tuves Hd

Al hacer un cuadro comparativo de los satélites, se debería analizar una extensa lista de detalles que hacen que un satélite se destaque sobre otro, como la cobertura que tiene, redes corporativas y toda la gama de servicios de telecomunicaciones. En este capítulo solo se mencionara algunas especificaciones técnicas importantes.

5.1.1 AMAZONAS 2

La operadora CNT y CLARO TV ofrece su servicio DTH a través del satélite Amazonas 2, este satélite es operado por la compañía HISPASAT, considerada la séptima compañía del mundo por ingresos y líder en la difusión y distribución de contenidos en español y portugués. Se sabe que la compañía ofrece más de 1100 canales de radio y televisión y sus especificaciones técnicas están en la tabla 8.

Tabla 8 Especificaciones técnicas del Satélite Amazonas 2 [42]

Descripción	Amazonas 2
Posición orbital	61° Oeste
Cobertura	Continente Americano entero
Los transpondedores	64 Transpondedores (54 Ku, 10 C)
Ancho de banda	36 MHz (Ku) y 54 MHz (C)
N° de antenas	5 (4 desplegados)
Potencia disponible	15,1 KW
Año de lanzamiento	Octubre 1, 2009
Esperanza de vida	15 años

5.1.2 AMAZONAS 1

La operadora CLARO TV también ofrece sus servicios a través de este satélite. HISPASAT por medio de su filial en Brasil HISPAMAR lanzó el satélite Amazonas 1, esta iniciativa abrió campo hacia los mercados de América Latina. Las especificaciones técnicas de este satélite se presentan en la tabla 9.

Tabla 9 Especificaciones técnicas del Satélite Amazonas 1 [42]

Descripción	Amazonas 1
Posición orbital	55.5° Oeste
Cobertura	América Latina
Los transpondedores	16 en banda Ku
Ancho de banda	36 MHz (Ku) y 54 MHz (C)
N° de antenas	4 (2 desplegados)
Potencia disponible	9,0 KW
Año de lanzamiento	Agosto 4, 2004
Esperanza de vida	15 años

5.1.3 GALAXY 3C

Fue lanzado el 15 de Junio de 2002 y es un modelo Boeing 702. Este satélite tomó el lugar del Galaxy 3R y del Galaxy 8i. Adicionalmente, el Galaxy 3C se unió a otros cuatro satélites como el Galaxy 11, Galaxy 10R, Galaxy 5 y Galaxy 9. Estos 5 satélites conforman lo que se denomina “*Power of Five*”, que proporciona a los operadores de cable acceso simultáneo a cinco satélites vecinales Galaxy, de esta manera se asegura un suministro continuo y variado de programación. Sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 10.

Tabla 10 Especificaciones técnicas del Satélite Galaxy 3C [45]

Descripción	Galaxy 3C
Posición orbital	95° Oeste
Cobertura	Continente Americano entero
Los transpondedores	24 Banda C, 28 Ku 2 (América latina), 24 Ku 1 (américa del norte)
Ancho de banda	Banda Ku 2 (24 MHz)
N° de antenas	2 desplegados
Potencia disponible	15 KW
Año de lanzamiento	Junio 15, 2002
Esperanza de vida	15 años

5.1.4 TELSTAR 12

Conocido como Orión 2, fue lanzado en diciembre de 1999 con una esperanza de vida de 15 años. Posee cobertura al oeste de América del Norte y casi toda América del Sur, Europa y Sudáfrica. Se prevé lanzar un nuevo satélite llamado TELSTAR 12R con una potencia disponible de 11KW a finales del 2015 en reemplazo del TELSTAR 12. Sus especificaciones técnicas se observan en la tabla 11.

Tabla 11 Especificaciones técnicas del Satélite Telstar 12 [46]

Descripción	TELSTAR 12
Posición orbital	15° Oeste
Cobertura	Continente Americano entero, Europa y África
Los transpondedores	38 en banda Ku
Ancho de banda	54 MHz (Ku)
N° de antenas	2 desplegados
Potencia disponible	10.6 KW
Año de lanzamiento	Octubre 19, 1999
Esperanza de vida	15 años

5.2 TIPOS DE MODULACIÓN Y COMPRESIÓN

Recordemos que estos datos solo se refieren al tipo de modulación y compresión en la parte de recepción, es decir al enlace de bajada.

5.2.1 DIFUSIÓN EN TÉRMINOS GENERALES

La Unión Europea decidió utilizar el estándar DVB-S (*Digital Video Broadcasting-Satellite*) para la recepción de la señal por satélite. En la tabla 12 se muestra el tipo de modulación, codificación y estándar de transmisión que emplean los satélites utilizados por las operadoras DTH en nuestro país.

Tabla 12 Tipo de modulación y compresión

Satélite	Modulación	Codificación	Estándar
Amazonas 2	QPSK 8PSK	MPEG2 (SD) MPEG4 (HD)	DVB-S DVB-S2
Amazonas 1 Y Amazonas 2	QPSK 8PSK	MPEG2 (SD) MPEG4 (HD)	DVB-S DVB-S2
Galaxy 3c	QPSK 8PSK	MPEG2 (SD) MPEG4 (HD)	DSS DVB-S2D
Telstar 12	QPSK 8PSK	MPEG4 (SD) MPEG4 (HD)	DVB-S2

Gracias al estándar DVB-S, se permitió el acceso de contenido televisivo directo a la vivienda, es decir lo que hoy llamamos *Direct-To-Home* (DTH).

Los estándares de transmisión DVB en general, aplicadas a una plataforma de satélites son las siguientes [47]:

- ✓ DVB-S
- ✓ DVB-S2
- ✓ DVB-SH

- **DVB-S**

Como ya se hizo mención en el capítulo dos, este estándar es la solución más extendida en el mundo. DVB-S es compatible con el estándar de compresión MPEG2 para televisión normal.

- **DVB-S2**

Mejora la eficiencia en tasas de transmisión hasta un 30 % con respecto a su predecesor. Esta nueva generación

permite que una plataforma mantenga, hablando en valores aproximados, el mismo número de programas por transpondedor. Para alta definición el formato compatible es el estándar MPEG4.

- **DVB-SH**

Se utiliza en la recepción multimedia en terminales de mano.

5.2.2 DSS Y DVB-S2D

El aumento de números de abonados tuvo el efecto de desarrollar productos de bajo precio y estándares que se acoplen a dicho productos. Un ejemplo perfecto de esto es el enfoque implacable de bajo costo para las telecomunicaciones por satélite con DIRECTV basado en DSS y EchoStar basado en DVB [48].

- **DSS**

Este estándar se diferencia de DVB por la norma de multiplexación. Ambas se basan en MPEG-2. DSS surgió en 1994 poco antes de finalizar la norma de multiplexación MPEG-2, de ahí la diferencia. Desde el punto de vista de decodificación audio/video, DSS es casi un estándar MPEG-2, aunque la infraestructura establecida impide una conversión completa.

- **DVB-S2D**

Es un estándar de transmisión que va de la mano con la norma de multiplexación MPEG-4 para televisión de alta calidad HD.

5.2.3 CONTENIDO EN TÉRMINOS GENERALES

El término contenido hace mención a video y audio, que normalmente son codificados en MPEG2, pero gracias a la aparición de MPEG4 permite la reducción de contenido en un 30%. No obstante aún se siguen probando nuevos estándares

que permitan la reducción de contenido de hasta un 50% como es el estándar MPEG4-AVC/H-264.

- **MPEG-2**

Moving Pictures Experts Group Layer 2 es uno de los formatos de compresión más utilizados debido a sus códecs (codificadores-decodificadores) de bajas pérdidas.

- **MPEG-4**

Representa un avance muy importante en la tecnología de compresión. Permite reducir hasta en un 30 % el contenido que su predecesor. En 2001, el grupo MPEG y el grupo VCEG (*Video Coding Experts Group*) de la ITU-T desarrollaron la norma H.264, con el cual nace este nuevo estándar de compresión.

Es interesante mencionar que MPEG-4 no tiene como finalidad reemplazar a MPEG-2, su principal función es ofrecer nuevas aplicaciones y nuevos tipos de contenidos.

5.2.4 MPEG-2 VS MPEG-4

MPEG-4 es el formato preferido en los dispositivos móviles. Se puede comprimir archivos de alta calidad en menos de 1Gb, esto resulta óptimo en películas de larga duración. A diferencia de MPEG-2, MPEG-4 es muy práctico al momento de ver videos en línea, debido a que utiliza un menor ancho de banda cuando se transmiten videos en tiempo real a través de internet.

Cuando se considera el mejor formato al ajustar el tamaño del archivo, MPEG-2 gana la delantera, ya que proporciona una calidad de imagen superior. Una de las desventajas de MPEG-2 es la diferencia de calidad cuando se trata de ver archivos a través de dispositivos con pantallas pequeñas, pero su calidad es abismal con respecto a MPEG-4 cuando este mismo archivo se reproduce en pantallas grandes, como la mayoría de pantallas de televisión actuales de alta definición. Podemos atribuir esto a la cantidad de pérdida de datos. MPEG-4 descarta más información que el formato MPEG-2, lo que resulta una imagen final más pobre.

MPEG-2 comprime video descartando la información en partes de la imagen que no cambian de una trama a otra, y el ahorro de solo las partes de la imagen donde se añade información nueva. El mecanismo de compresión MPEG-4 es un poco más complicado en comparación con el de MPEG-2, ya que necesita mejores algoritmos para detectar y determinar que pixeles se pueden descartar, de esta manera logra reducir una gran cantidad de datos.

5.3 CUADRO COMPARATIVO DEL VALOR DEL PIRE EN EL ECUADOR

Uno de los principales problemas de las comunicaciones satelitales en comparación con la terrestre, reside en la limitación de potencia disponible en el satélite. La tabla 13 indica el PIRE de los satélites utilizados por las operadoras DTH del país.

Tabla 13 Valor del PIRE en el Ecuador

Proveedor	Satélite	Banda Operación (Enlace De Bajada)	Pire (dBW)
CNT TV	Amazonas 2	10.70 GHz - 12.200 GHz	48
CLARO TV	Amazonas 1	11.45 GHz - 12.200 GHz	47
DIRECTV	Galaxy 3c	11.45 GHz - 12.200 GHz	48
TVCABLE SATELITAL	Telstar 12	11.70 GHz - 12.138 GHz	46

5.3.1 TAMAÑO DE LA ANTENA RECEPTORA VERSUS EL VALOR DEL PIRE

Unas de las preguntas que surgen al momento de colocar una antena satelital es, ¿El diámetro de la antena es suficiente para recibir la señal de un satélite específico? La antena a instalar tiene la capacidad de recibir la señal de varios satélites adyacentes, alguna de estas señales son muy fáciles de captar, pero otras se tornan muy complicadas o imposibles. Al momento de estudiar la cobertura del satélite y la huella que tiene en el Ecuador, rápidamente se descubre que existe una relación directa entre el diámetro de la antena y el valor del PIRE.

Mientras más alto es el valor del PIRE, más fuerte es la señal a recibir y el tamaño de la antena requerida es menor. Si el haz de la huella es pequeña, el coeficiente de ganancia de la antena y el valor del PIRE debe ser mayor.

Tabla 14 Tamaño del reflector parabólico según PIRE con figura de ruido de 0.7dB [49]

Banda Ku	
PIRE (dBW)	Tamaño Antena (cm)
50	55
49	60
48	65
47	72
46	77
44	95
42	115

La tabla 14 muestra como el valor del PIRE está relacionado con el tamaño de la antena. Otro factor importante que deben tomar en cuenta las proveedoras es el valor de la figura de ruido de los LNB.

5.3.2 IMPORTANCIA DE LA FIGURA DE RUIDO CON RELACIÓN AL TAMAÑO DE LA ANTENA.

Tabla 15 Tamaño del reflector en función del PIRE con diferentes valores de figura de ruido

Banda Ku				
Proveedor	PIRE (dBW)	Figura de Ruido LNB (dB)	Tamaño Teórico de reflector (cm)	Tamaño Real de reflector (cm)
CNT TV	48	0.3	65	65 – 75
CLARO TV	47	0.1	60	60 – 90
DIRECTV	48	0.7 – 0.9	60	60
TVCABLE SATELITAL	46	0.3	75	75

En los sistemas de comunicación inalámbrica, la “figura de ruido (*Noise Figure*)”, define el rendimiento de ruido y contribuye a la sensibilidad de la antena receptora. Además, la figura de ruido contiene la información importante sobre el nivel de ruido de un sistema RF.

Como observamos en la tabla 15, los proveedores ponen mucho énfasis en la figura de ruido del LNB que utilizan. Es interesante notar que se debe utilizar LNB con baja figura de

ruido, caso contrario; la antena satelital para los usuarios tendría que incrementarse. Otro dato que presenta la tabla 16 es que algunos proveedores ofrecen tamaños de antenas diferentes, como en el caso de CNT TV y CLARO TV. Esto se debe a que en los sectores donde se presenta un registro mayor por lluvia, se debe utilizar antenas de mayor diámetro, así la señal no se ve muy afectada por la atenuación producida por estas.

5.4 CUADRO COMPARATIVO POSICIÓN ORBITAL Y ÁNGULO DE ELEVACIÓN EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Tabla 16 Posición Orbital y Angulo de Elevación en Guayaquil

Proveedor	Satélite	Posición Orbital	Localización	Elevación
CNT TV	Amazonas 2	61° Oeste	Guayaquil	61.2°
CLARO TV	Amazonas 1	55.5 Oeste	Guayaquil	67.7°
DIRECTV	Galaxy 3c	95° Oeste	Guayaquil	72.1°
TVCABLE SATELITAL	Telstar 12	15° Oeste	Guayaquil	16.7°

5.4.1 EFECTO DE LA POSICIÓN ORBITAL EN LA ELEVACIÓN

La posición orbital asignada a cada satélite tiene una importancia estratégica porque permite determinar hacia qué sectores se desea dar cobertura. La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo encargado de establecer los criterios para la asignación de posiciones orbitales.

Al analizar la posición orbital del satélite que utiliza cada proveedor (tabla 16), el efecto más relevante que se produce es respecto a la elevación de la antena parabólica. Por ejemplo, la empresa TVCABLE al hacer uso del satélite TELSTAR 12 ubicado en 61° Oeste, cada antena a colocarse en la ciudad de Guayaquil debe hacerse con una elevación de 16.7°, es decir; que la elevación de la misma debe apuntar casi a la horizontal, lo que produce que cualquier objeto crea una obstrucción limitando la línea de vista. Pero este inconveniente no solo se presenta en la ciudad porteña, se repite en varios sectores de país.

En la figura 5.1 se puede comparar de forma visual la inclinación de la antena de TVCABLE dirigida al satélite TELSTAR 12 con respecto al satélite AMAZONAS 2 de CNT TV. Se observa que la línea de vista de la antena que apunta al AMAZONAS 2 tiene una mayor inclinación que la antena que apunta al TELSTAR 12.

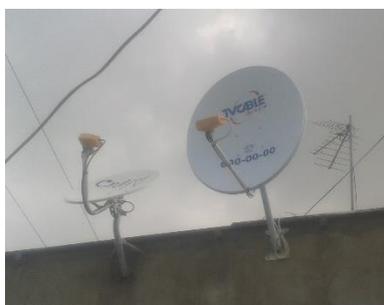


Figura 5.1 Antenas apuntando al Amazonas y al Telstar 12 [50]

Los demás proveedores no reportan ningún inconveniente con respecto al ángulo de elevación necesario para apuntar al satélite.

CONCLUSIONES

1. El Satélite ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de la televisión en alta definición, pues este ha sido el canal más eficiente para la difusión de la abundante información que disponemos hoy en día. La televisión satelital aporta posibilidades adicionales de entretenimiento a una gran cantidad de personas en todo el mundo.
2. Sin duda la gran potencia de emisión de sus 64 transpondedores en banda Ku y C, junto con la ayuda de la versión avanzada del procesador inteligente Amerhis, convierte al Amazonas 2 en el mayor satélite de comunicaciones con cobertura panamericana.
3. Es responsabilidad de las empresas estar a la vanguardia de la tecnología que ofrecen a sus usuarios como también de las

actualizaciones en satélites, así como en los receptores y telepuertos, con el objeto de sumar más funcionalidades interactivas y mejor calidad de imagen.

4. Es notable como se ha incrementado el consumo de televisión en los últimos años. Ecuador está mostrando uno de los más altos ritmos de crecimiento en América Latina, este efecto ha permitido que las compañías ofrezcan mejores servicios a sus usuarios, a bajos costos y de calidad. Según los datos publicados por la Supertel, la industria en el país está claramente liderada por DirecTV y sus opciones de pre-pago y de suscripción. Sin duda esta compañía lleva una gran ventaja con respecto a sus dispositivos de recepción que ofrecen frente a la demás compañías DTH.
5. La compañía TVCABLE presenta una limitación en la instalación de los receptores debido a la posición orbital del satélite Telstar.
6. Las proveedoras no presentan problemas con el tamaño de la antena, permitiendo al usuario adquirir una antena de bajo costo, inclusive en sectores de mayor registro de lluvia.

RECOMENDACIONES

1. Las empresas deben estar obligadas a informar continuamente a sus usuarios sobre las actualizaciones que presenten en todo el servicio DTH.
2. La tecnología DTH permite llegar a zonas remotas del país, pero su costo aún es un poco elevado para los sectores de bajo recursos. Es importante que se lleve a cabo la iniciativa de incorporar usuarios en estos sectores, por medio de tarifas sociales.
3. Para llegar al 100 por ciento de la población por medio del servicio DTH, se podría brindar de manera gratuita la recepción de canales abiertos nacionales, incluso internaciones, como lo hizo Colombia con el plan DTH social. El usuario solo tendría que adquirir a bajo costo la antena

y el decodificador proporcionada por el gobierno, pero sin tener que pagar una mensualidad.

4. Existen canales educativos como National Geographic y Discovery con los cuales las escuelas y colegios podrían beneficiarse de la programación que ofrecen, si se implementa de forma gratuita el servicio DTH en dichos centros educativos. Así, por medio de los decodificadores DVR, los docentes pueden grabar los programas para reproducirlos en clases futuras.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dai, L. , Choi, P. , Chan, V. , «Communication Satellites - Technologies and Systems,» 2005. [En línea]. Disponible: <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C05/E6-108-10-00.pdf>. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [2] Rosado, C. , «Comunicación por Satélite: Principios, Tecnologías y Sistemas», Limusa, 1999.
- [3] Airbus Defense, «Airbus Defense and Space Products,» 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.space-airbusds.com/es/noticias-articulos/airbus-defence-and-space-products-crecimiento-en-el-mercado-mundial.html>. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [4] Quesada, F. , «Comunicaciones Espaciales: Subsistemas del Satélite y entorno espacial,» 2010. [En línea]. Disponible: http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6091/mod_resource/content/1/tema3_2009.pdf. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [5] Kwok, R. , Fiedziuszko, S. , «Advanced Filter Technology in Communication Satellite Systems,» 1996. [En línea]. Disponible: http://www.engr.sjsu.edu/rkwok/Publications/Adv_Filter_Proc_ICCASS_p155_1996.pdf. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [6] Roddy, D. , «Satellite Communication, » 4 ed., McGraw-Hill, 2006.

- [7] Malinga, S. , Owolawi, P. , Afullo, T. , «Estimation of Rain Attenuation at C, Ka, Ku and V Bands for Satellite Links in South Africa,» 2013. [En línea]. Disponible: <http://piers.org/piersproceedings/piers2013TaipeiProc.php?start=200>. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [8] Dulac, S. , «Satellite Direct-to-home,» Enero 2006. [En línea]. Disponible: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1566626>. [Último acceso: Noviembre 2014].
- [9] RRsat, «RRsat Teleport,» [En línea]. Disponible: <http://www.rrsat.com/service/2/teleport>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [10] Adams, M. , «Digital Broadcast Technologies, Cisco Press,» 2001. [En línea]. Disponible: <http://www.ciscopress.com/articles/article.asp?p=106971>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [11] DVB, «DVB-S2-2nd Generation Satellite Broadcasting,» 2012. [En línea]. Disponible: https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-S2_Factsheet.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [12] Directv, «Directv Ecuador,» [En línea]. Disponible: www.directv.com.ec. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [13] Cnt, «Cnt Tv,» [En línea]. Disponible: <https://www.cnt.gob.ec/tv/>. [Último acceso: Diciembre 2014].

- [14] Claro, «Claro Tv,» [En línea]. Disponible: <http://www.claro.com.ec/wps/portal/ec/sc/personas/tv/television-satelital>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [15] GrupoTvcable , «Grupo Tvcable Satelital,» [En línea]. Disponible: <http://www.grupotvcable.com/tvcablesatelital>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [16] Parabolastv , «Parabolastv.blogspot,» [En línea]. Disponible: <http://parabolastv.blogspot.com/>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [17] Colombia FTA, «FTA Colombia orientación antena parabólica,» [En línea]. Disponible: <http://blog.ftacolombia.org/p/orientacion-antena-parabolica.html>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [18] Chile Comparte, «<http://www.chilecomparte.cl/>,» [En línea]. Disponible: <http://www.chilecomparte.cl/foros/topic/2037481-ayuda-orientar-antena-directv/>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [19] Precio Landia, «PrecioLandia,» [En línea]. Disponible: <http://www.preciolandia.com/ec/oportunidad-antena-parabolica-cnt-y-otra-6ny4vt-a.html>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [20] Televes, «Televes Antenas Satélites,» [En línea]. Disponible: http://www.televes.com/sites/default/files/catalogos/02.antenas_satelite.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].

- [21] Televisión Paraguay, «Televisión Paraguay,» [En línea]. Disponible: <http://www.television.com.py/claro-tv-ya-cuenta-con-mas-de-35-mil-abonados-en-paraguay>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [22] Comandato, «Comandato.com,» [En línea]. Disponible: <http://www.comandato.com/kit-prepago-hd-tvcable-satelital-antena-decodificador-hd-control-remoto/p>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [23] CP Electronics, «CP Electronics,» [En línea]. Disponible: <http://www.cp-electronics.com/esp/proddetail.php?prod=DTV32>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [24] Eutelsat, «Digital Satellite Equipment Control, Bus Functional Specification,» Febrero 1998. [En línea]. Disponible: http://www.eutelsat.com/files/contributed/satellites/pdf/Diseqc/Reference%20docs/bus_spec.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [25] WNC, «Wistron Neweb Corp,» [En línea]. Disponible: http://www.wnc.com.tw/index.php?action=pro_detail&top_id=28&scid=29&tid=38&lid=38&id=210. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [26] Televes, «Televes, catálogo y productos,» [En línea]. Disponible: <http://www.televes.com/es/catalogo/producto/conversor-lnb-twin-hv-hv-con-bocina-offset>. [Último acceso: Diciembre 2014].

- [27] NexoLocal, «NexoLocal,» [En línea]. Disponible: <http://lima.nexolocal.com.pe/p14655236-antena-parabolica-satelital-banda-ku-60cm-promocion->. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [28] Inverto, «Inverto, productos LNB,» [En línea]. Disponible: <http://www.inverto.tv/products/product.php?id=55>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [29] IndiaMart, «IndiaMart Electronics,» [En línea]. Disponible: <http://www.indiamart.com/maneeshaelectronics/electrical-home-appliances.html>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [30] Directv, «Infodirectv,» [En línea]. Disponible: http://infodirectv.com/images/tecnologia/descargas/documentos/pdf/Anexo%20%20Decodificador%20L14_final%20ALTA.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [31] Directv, «Infodirectv,» [En línea]. Disponible: http://infodirectv.com/images/tecnologia/descargas/documentos/pdf/Anexo%20%20Decodificador%20LH26_final%20ALTA.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [32] Directv, «Infodirectv,» [En línea]. Disponible: http://infodirectv.com/images/tecnologia/descargas/documentos/pdf/Anexo%20%20Decodificador%20LHR26_final%20ALTA.pdf. [Último acceso: Diciembre 2014].

- [33] Movistar, «Movistar, manual del usuario,» [En línea]. Disponible: http://www.movistar.cl/PortalMovistarWeb/ShowDoc/WLP+Repository/Portlets/P030_Generico/Recursivo/CentroDeAyudaNuevo/archivos/echostar_626_636_646. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [34] Entel, «Entel, Guía de uso decodificador,» [En línea]. Disponible: <http://www.entel.cl/soporte/decodificadores/pdf/MANUAL-HOGAR-1.pdf>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [35] DreamSatelliteTV, «Dream Satellite TV, Shanghai Service Center,» [En línea]. Disponible: <http://www.dreamsatellite.com/receivers/arion.htm>. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [36] ClaroTV, «Normativa de instalación ClaroTV satelital,» ClaroTV, 2012.
- [37] Arion, «Arion Product,» [En línea]. Disponible: http://arion.co.kr/global/product/product_view.php?idx=130&_code=4&m_code=12&gubun=&subImg=. [Último acceso: Diciembre 2014].
- [38] Intek, «Intek, Convenient Embedded USB PVR ready,» Intek, 2012.
- [39] Directv, «Directv, manual de autoinstalación,» Directv, 2012.
- [40] DishPointer, «Satellite Finder / Dish Alignment Calculator with Google Maps,» [En línea]. Disponible: <http://www.dishpointer.com/>. [Último acceso: Enero 2015].

- [41] KVH, «Satellite Coverage Maps,» [En línea]. Disponible: <http://www.kvh.com/Pages/Satellite-Coverage-Maps/Satellite-Coverage-Maps/TracVision-Maps/Latin-South-America/DIRECTV-Latin-America.aspx>. [Último acceso: Enero 2015].
- [42] Hispasat, «Hispasat Flota de Satélites,» [En línea]. Disponible: <http://www.hispasat.com/es/flota-de-satelites/>. [Último acceso: Enero 2015].
- [43] Telstar, «Telstar Our Fleet,» [En línea]. Disponible: <https://www.telesat.com/our-fleet#telstar-12>. [Último acceso: Enero 2015].
- [44] Televes, «Televes Cable Coaxial,» [En línea]. Disponible: http://www.televes.com/sites/default/files/catalogos/10.cable_coaxial.pdf. [Último acceso: Enero 2015].
- [45] Dirk, G. , «Gunter's Space Page,» [En línea]. Disponible: http://space.skyrocket.de/doc_sdat/galaxy-3c.htm. [Último acceso: Febrero 2015].
- [46] Wikipedia, «Wikipedia, The Free Encyclopedia,» [En línea]. Disponible: http://en.wikipedia.org/wiki/Telstar_12. [Último acceso: Febrero 2015].
- [47] Wikitel, «Difusión por satélite de la TV de alta definición,» [En línea]. Disponible: http://wikitel.info/wiki/Difusi%C3%B3n_por_sat%C3%A9lite_de_la_TV_de_alta_definici%C3%B3n. [Último acceso: Febrero 2015].
- [48] Mannion, P. , «Electronic Design, Satellite Systems Gear Up To Meet The Challenges Of Global Networks,» 2000. [En línea]. Disponible:

<http://electronicdesign.com/communications/satellite-systems-gear-meet-challenges-global-networks>. [Último acceso: Febrero 2015].

[49] Ecoustics, «Satellite TV Forum,» [En línea]. Disponible: <http://www.ecoustics.com/electronics/forum/home-video/579564.html>. [Último acceso: Febrero 2015].

[50] AzboxPlus, «Fotos de Antenas - Al Amazonas, Telstar 12 e Hispasat,» [En línea]. Disponible: <http://azboxplus.blogspot.com/p/algunas-fotos-de-mis-antenas.html>. [Último acceso: Febrero 2015].