



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGON

"CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL
DISEÑO DE UNA ESTACIÓN TERRENA TRANSPORTABLE
PARA SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR SATÉLITE EN LA
BANDA KU"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A :
ALEJANDRO CASTILLO GARCÍA

ASESOR: ING. NARCISO ACEVEDO HERNÁNDEZ

México

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

9
2ej



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**PAGINACION
DISCONTINUA**



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

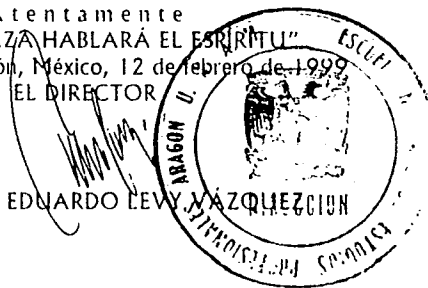
ALEJANDRO CASTILLO GARCÍA
P R E S E N T E.

En contestación a la solicitud de fecha 8 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. NARCISO ACEVEDO HERNÁNDEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR SATÉLITE EN LA BANDA KU", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 12 de febrero de 1999
EL DIRECTOR

Lic. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ



c c p Secretaria Académica.
c c p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.
c c p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/MCA/IIa.

[Firma manuscrita]


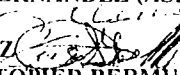





ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/289/99

ASUNTO: Revisión previa de Tesis antes de
autorizar su impresión.

ING. NARCISO ACEVEDO HERNANDEZ (ASESOR) 
ING. RAUL BARRON VERA 
ING. JUAN GASTALDI PEREZ 
ING. DAVID BERNARDO ESTÓPIER BERMUDEZ 
ING. DAVID MOISES TERAN PEREZ 

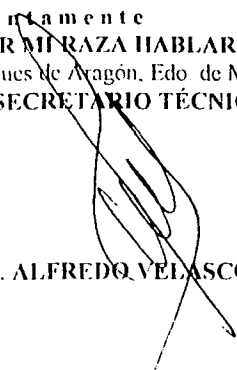
En forma anexa le hago entrega de un ejemplar del proyecto de tesis titulado
"CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO DE UNA
ESTACIÓN TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE
TELEVISIÓN POR SATELITE EN LA BANDA KU" del alumno ALEJANDRO
CASTILLO GARCÍA, con número de cuenta 8714752-4.

Esto con el fin de que sea revisada por usted, y nos dé su evaluación y comentarios
por escrito, mismos que le pido me haga llegar a la brevedad posible

Agradezco de antemano su colaboración y aprovecho la oportunidad para enviarle
un cordial saludo

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Bosques de Aragón, Edo. de México, abril 12 de 1999
EL SECRETARIO TÉCNICO


ING. ALFREDO VELASCO RODRÍGUEZ



C c p Alumno

AVR*ghi



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGÓN - UNAM

JEFATURA DE CARRERA DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA

OFICIO: ENAR/JAME/EXT11/99

ASUNTO: Constancia de estudios

Lic. Alberto Ibarra Rosas
Secretario Académico
Presente

Por este medio me permito relacionar los nombres de los Profesores que sugiero integren el Síndico del Examen Profesional del alumno CASTILLO GARCÍA ALEJANDRO, con número de cuenta: 8714752-4, con el tema de tesis "CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACIÓN TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISIÓN POR SATÉLITE EN LA BANDA KU "

| | |
|------------|---------------------------------|
| PRESIDENTE | ING. RAÚL BARRÓN V. |
| VOCAL | ING. JUAN GASTALI P. |
| SECRETARIO | ING. NARCISO ACEVEDO H. |
| SUPLENTE | ING. DAVID BERNARDO ESTOPIER B. |
| SUPLENTE | ING. DAVID MOISES TERAN P. |

Asimismo le informo que el examen profesional del alumno, está programado para celebrarse el día 02 de Julio, a las 11:00 en la Universidad Saleciana.
Sin otro particular por e momento, me despido de usted.

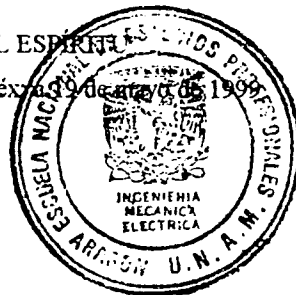
Atentamente

POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU

San Juan de Aragón, Edo. de México, a 19 de mayo de 1999

EL JEFE DE LA CARRERA

ING. IVÁN MUÑOZ SOLÍS



c.c.p. Lic. Ma. Teresa Luna Sanchez. Jefe del Departamento de Servicios Escolares
c.c.p. Ing. Narciso Acevedo Hernández Asesor de Tesis
c.c.p. Alumno

DEDICATORIA.

Quiero dedicar en especial mi trabajo de tesis a mi hermana Magdalena (q.e.p.d.) quien por ella fue que logre mi titulo de INGENIERO MECANICO ELECTRICO.

RECONOCIMIENTOS.

A DIOS por haber sido una luz en mi camino de fe y ayudarme a concluir mi trabajo de tesis.

A MIS PADRES Jesús y Magdalena que sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer toda una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante, sólo quiero que sientan que el objetivo logrado también es suyo, y que la fuerza que me ayudó a conseguirlo fue su incondicional apoyo. GRACIAS.

A MIS HERMANOS José de Jesús y Hector por su comprensión y afecto de hermanos que tuvieron hacia mi.

A MIS CUÑADAS Rosa Adriana y Ana María por ser unas buenas madres y esposas.

A MIS SOBRINOS Víctor Hugo, Dulce Alejandra, Adriana Salomé, Rosa Samaria e Ingrid Berenice por ser unos buenos estudiantes y buenos sobrinos.

A MI TIA Irma Hoyo viuda de Cabral por haberme brindado sus valiosos consejos y por ser una buena madre y abuela.

A MI ASESOR el Ing. Raymundo Zepeda (operador de una E/T transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku propiedad de Televisa) por inculcarme sus conocimientos en el área y haberme brindado su valioso tiempo.

A MI ASESOR el Ing. Narciso Acevedo (Jefe de laboratorios de electricidad-eletrónica de la ENEP ARAGON) por su amistad y conocimientos en la materia.

A MIS SINODALES los Ing. Raúl Barrón, Ing. Juan Gastaldi, Ing. David B. Estopiza y el Ing. David M. Terán.

A MIS AMIGOS el Ing. Juan de Dios Flores por haberme ayudado a concluir mi trabajo de tesis y a Carlos A. Gómez (CHIS) amigo de la infancia, padre y esposo.

A MIS COMPAÑEROS a todos los compañeros de TELECOMM (Coordinación de estaciones terrenas banda C operación y mantenimiento, a la Coordinación de estaciones terrenas banda Ku y a los compañeros de energía), por haberme facilitado su gran ayuda.

A MI ESCUELA la máxima casa de estudios, la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial al Campus Aragón, de la cual egresé y de la cual me siento orgulloso.

**“CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL
DISEÑO DE UNA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE
PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA
BANDA KU”.**

INDICE

| | |
|---|------------|
| OBJETIVO. | VII |
| INTRODUCCION. | IX |
| CAPITULO 1 COMUNICACIONES VIA SATELITE. | 1 |
| 1.1 Antecedentes de las comunicaciones en México. | 2 |
| 1.2 Satélites de comunicación. | 4 |
| 1.3 Satélites orbitales. | 5 |
| 1.4 Satélites geostacionarios. | 7 |
| 1.5 Patrones orbitales. | 8 |
| 1.6 Clasificaciones orbitales, espaciamento y asignaciones de frecuencia. | 9 |
| 1.7 Segmento espacial. | 11 |
| 1.8 Segmento terrestre. | 12 |
| 1.9 Satélites mexicanos. | 13 |
| 1.9.1. Sistema de satélites Morelos. | 15 |
| 1.9.2. Sistema de satélites Solidaridad. | 18 |

| | |
|--|-----------|
| 1.9.2.1. Estructura y funcionamiento de los satélites Solidaridad. | 20 |
| 1.9.2.2. Ventajas y servicios de los satélites Solidaridad. | 24 |
| 1.9.2.3. Huellas de la banda C. | 25 |
| 1.9.2.4. Huellas de la banda Ku. | 28 |
| 1.9.2.5. Huellas de la banda L. | 30 |
| 1.9.3. Sistema de satélite SATMEX 5. | 30 |
| 1.9.3.1. Ventajas y servicios del satélite SATMEX 5. | 32 |
| 1.9.3.2. Huellas de la banda C y la banda Ku. | 33 |
| | |
| CAPITULO 2 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACION TERRENA. | 34 |
| | |
| 2.1 Tipos de estaciones terrenas. | 35 |
| 2.1.1. Estación terrena fija. | 35 |
| 2.1.2. Estación terrena móvil. | 36 |
| 2.1.3. Estación terrena transportable. | 36 |
| 2.2 Factores para la evaluación del rendimiento de las antenas. | 36 |
| 2.2.1. Ganancia. | 37 |
| 2.2.2. Eficiencia. | 37 |
| 2.2.3. Abertura del haz y lóbulos secundarios. | 38 |
| 2.2.4. Ruido de antena. | 39 |
| 2.2.5. Alimentadores. | 39 |
| 2.3 Tipos de antenas. | 40 |
| 2.3.1. Alimentación frontal. | 40 |
| 2.3.2. Alimentación descentrada. | 41 |
| 2.3.3. Alimentación Cassegrain. | 42 |
| 2.3.4. Alimentación Gregoriana. | 43 |
| 2.4 Orientación de antenas en elevación y en azimut. | 44 |
| 2.4.1. Angulo de elevación. | 44 |

| | |
|---|----|
| 2.4.2. Angulo de azimut. | 46 |
| 2.5 Modulador. | 46 |
| 2.6 Convertidor de frecuencia (ascendente). | 46 |
| 2.7 Amplificadores de potencia. | 47 |
| 2.7.1. Amplificador de potencia tipo Klystron. | 47 |
| 2.7.2. Amplificador de potencia de tubo de ondas progresivas (TWT). | 48 |
| 2.7.3. Amplificador de potencia de estado sólido (SSPA). | 49 |
| 2.8 Amplificador de bajo nivel de ruido. | 50 |
| 2.8.1. Amplificador de bajo nivel de ruido (LNA). | 51 |
| 2.9 Convertidor de frecuencia (descendente). | 52 |
| 2.10 Demodulador. | 53 |
| 2.11 Subsistema de rastreo del satélite. | 54 |
| 2.12 Subsistema de alimentación de energía. | 55 |
| 2.13 Técnicas de acceso a satélite. | 56 |
| 2.13.1. Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). | 57 |
| 2.13.2. Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA). | 58 |
| 2.13.2.1. Canal único por portadora (SCPC Single Channel per Carrier). | 59 |
| 2.13.3. Acceso múltiple por división de código (CDMA). | 60 |
| 2.14 Tipos de modulación. | 61 |
| 2.14.1. Analógicas. | 62 |
| 2.14.1.1. Modulación de amplitud (AM). | 62 |
| 2.14.1.2. Modulación de frecuencia (FM). | 63 |
| 2.14.2. Digitales. | 64 |
| 2.14.2.1. Modulación por corrimiento de amplitud (ASK). | 65 |
| 2.14.2.2. Modulación por corrimiento de frecuencia (FSK). | 66 |
| 2.14.2.3. Modulación por corrimiento de fase (PSK). | 67 |
| 2.14.2.4. Modulación por corrimiento de fase en cuadratura (QPSK). | 70 |

| | |
|--|-----------|
| CAPITULO 3 CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BASICAS PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU. | 72 |
| 3.1 Banda de frecuencia. | 73 |
| 3.2 Técnica de acceso a satélite. | 74 |
| 3.3 Tipo de modulación. | 74 |
| 3.4 Subsistema de RF. | 75 |
| 3.4.1. Antena. | 76 |
| 3.4.2. Amplificador de potencia. | 77 |
| 3.4.3. Convertidor de frecuencia (ascendente). | 80 |
| 3.4.4. Conversor de bloques de bajo ruido (LNB). | 81 |
| 3.5 Subsistema de banda base. | 82 |
| 3.5.1. Codificador de vídeo. | 82 |
| 3.5.1.1. Codificador de audio. | 85 |
| 3.5.1.2. Módem. | 85 |
| 3.5.2. Decodificador de vídeo y audio (IRD). | 86 |
| 3.6 Subsistema de medición y monitoreo. | 87 |
| 3.6.1. Analizador de espectros. | 88 |
| 3.6.2. Monitor forma de onda/vectroscopio. | 89 |
| 3.6.3. Monitor de vídeo. | 90 |
| 3.6.4. Generador de patrones de vídeo. | 91 |
| 3.6.5. Monitor de audio. | 93 |
| 3.6.6. Amplificador de audio. | 94 |
| 3.6.7. Unidad de parcheo y monitoreo. | 95 |
| 3.7 Configuración en redundancia 1+1. | 97 |
| 3.8 Subsistemas complementarios de la estación terrena. | 98 |
| 3.8.1. Sistema de aire acondicionado. | 99 |
| 3.8.2. Sistema deshidratador de guías de onda. | 99 |

| | |
|--|------------|
| 3.8.3. Sistema de comunicación entre la estación terrena transportable y la estación terrena maestra. | 100 |
| 3.9 Subsistema de energía. | 102 |
| 3.10 Sistema móvil de la estación terrena transportable. | 104 |
| 3.11 Distribución del equipo de comunicaciones en Rack's para la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku. | 107 |
| 3.12 Estación terrena maestra. | 109 |
| | |
| CAPITULO 4 TRANSMISION Y RECEPCION DE UNA SEÑAL DE TELEVISION VIA SATELITE EN LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU. | 111 |
| | |
| 4.1 Procedimiento de acceso para transmisiones al sistema de satélites mexicanos "Solidaridad y SATMEX 5". México D.F., Abril de 1998. | 112 |
| 4.2 Transmisión y recepción de una señal de televisión vía satélite en la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku. | 122 |
| 4.3 Análisis de costos de una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku. | 134 |
| | |
| CAPITULO 5 CALCULO DE ENLACE SATELITAL. | 137 |
| | |
| 5.1 Cálculo de enlace satelital. | 138 |
| 5.1.1. Ancho de banda de la señal de vídeo. | 141 |
| 5.1.2. Cálculo de la elevación y azimut. | 142 |

| | |
|---|------|
| 5.1.2.1 Estación terrena transmisora ubicada en la ciudad de Matamoros Tamps. | 142 |
| 5.1.2.2. Estación terrena receptora ubicada en la ciudad de México D.F. | 144 |
| 5.1.3. Cálculo de la distancia al satélite. | 145 |
| 5.1.3.1. De la estación terrena transmisora al satélite. | 145 |
| 5.1.3.2. De la estación terrena receptora al satélite. | 146 |
| 5.1.4. Cálculo de la atenuación en el espacio libre. | 146 |
| 5.1.4.1. De la estación terrena transmisora al satélite. | 146 |
| 5.1.4.2. De la estación terrena receptora al satélite. | 147 |
| 5.1.5. Cálculo del (C/N). | 148 |
| 5.1.5.1. (C/N) ascendente. | 148 |
| 5.1.5.2. (C/N) descendente. | 149 |
| 5.1.5.3. (C/N) total. | 151 |
| 5.1.6. Cálculo de la potencia del HPA. | 152 |
| 5.1.7. Cálculo de las atenuaciones por lluvia. | 154 |
| 5.1.7.1. En Matamoros Tamps., enlace ascendente. | 154 |
| 5.1.7.2. En México D.F., enlace descendente. | 157 |
| | |
| CONCLUSIONES. | 160 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA. | 163 |
| | |
| GLOSARIO. | 169 |
| | |
| ANEXO I. ANALISIS DE LA SEÑAL DE TELEVISION. | i |
| | |
| ANEXO II. COMPRESION DE VIDEO. | xiii |

OBJETIVO.

Conocer el desarrollo actual de las telecomunicaciones, así como los conceptos básicos de una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku, y desarrollar criterios como consideraciones sobre las características y arquitectura de los equipos de telecomunicaciones.

Tener conocimiento de los equipos de telecomunicaciones que nos ofrece el mercado internacional en una gran variedad de marcas; así como la operación, funcionamiento y el enlace de una señal de televisión desde una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda ku.

INTRODUCCION.

Durante el periodo comprendido entre 1968 y 1992, las telecomunicaciones registraron un notable crecimiento en nuestro país; en 1968 se iniciaron las comunicaciones por satélite con la transmisión de los Juegos Olímpicos, este fue un gran paso hacia las telecomunicaciones vía satélite.

Con el exitoso lanzamiento en 1985 del primer satélite mexicano, las autoridades mexicanas contaban con un servicio de satélites llamados Morelos I y II. En México, la asignación de los servicios públicos de telecomunicaciones son propiedad y responsabilidad del estado. En 1994 se lanzó al espacio la segunda generación de satélites de comunicaciones en México, los satélites Solidaridad I y II. La empresa SATMEX (Satélites Mexicanos) adquirió en el año de 1997 el control de los satélites mexicanos. A finales de 1998 lanzó al espacio el quinto satélite mexicano denominado SATMEX 5.

Con el crecimiento de las telecomunicaciones en México, el país y las televisoras más importantes se han visto en la necesidad de contar con nuevo equipo como lo son las estaciones terrenas transportables para servicios de televisión por satélite en la banda Ku. El uso de estaciones terrenas transportables se debe a la necesidad de transmitir eventos de lugares remotos donde no se tiene la facilidad de contar con medios de transmisión; estas unidades cuentan con el equipo necesario para transmitir un señal de televisión de alta calidad de vídeo y audio, ya que el equipo con el que opera es digital.

Gracias a la compacta estructura y a el equipo de tecnología de punta de la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku, se facilita la transportación de todo el equipo a cualquier parte donde se requiera para ser utilizado. El uso en la actualidad de métodos de compresión de vídeo ayuda a optimizar los canales asignados en el satélite.

CAPITULO 1
COMUNICACIONES VIA SATELITE.

1.1 ANTECEDENTES DE LAS COMUNICACIONES EN MEXICO.

En México surgen las comunicaciones sin hilos a consecuencia de la revolución de 1910 y debido a este movimiento hubo grandes desastres a las comunicaciones ya existentes como fueron las líneas telegráficas. De ahí surgió la necesidad de restablecer las comunicaciones por enlaces inalámbricos como fueron las estaciones radioeléctricas distribuidas estratégicamente en el territorio mexicano.

De 1913 a 1917 las estaciones radioeléctricas sustituyeron a la telegrafía, siendo México uno de los iniciadores en la utilización de los adelantos científicos y tecnológicos de los sistemas de comunicación.

De 1914 a 1919 se conforma la red de Radiotelegrafía Nacional donde en la mayoría de los estados se instaló una estación de radiotelegrafía y de aquí en adelante se busca el perfeccionamiento y autoeficiencia de las mismas.

En 1922 a cargo de la Secretaría de Guerra y Marina, se instala formalmente la primera estación radioeléctrica de divulgación y además se instala la estación transmisora central de Chapultepec, la cuál estableció comunicación con países de Centroamérica.

En 1926 el presidente Calles promulga la "Ley de Comunicaciones", dicha ley cubría los medios de comunicación de telegrafía, telefonía, radioeléctrica, radiotelefonía y cualquier otro sistema de comunicación eléctrica ya fuera inalámbrico o alámbrico, de sonidos o imágenes. La ley se creó debido a que el decreto de 1916 no funciono y los radioaficionados continuaban con la instalación de estaciones de radio sin control alguno.

De 1943 a 1948 después de la Segunda Guerra Mundial, en la cual México participo y por razones de seguridad del país se fabricaron equipos de radar y UHF con la colaboración del Ing. Buchanas.

En 1947 el presidente Alemán determina realizar la rehabilitación de la Red Nacional de Telecomunicaciones existiendo la necesidad del Norte y Sur de América, por tal motivo se equipo una estación en Iztapalapa con mayor potencia y con las características necesarias para la comunicación radioeléctrica Transoceánica y Transcontinental. Observando las ventajas que se tenían por este medio y para aprovechar con mayor amplitud y eficacia, se creó la compañía de Teléfonos de México por acuerdo de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas y en 1950 se fusiona Teléfonos de México y Telegrafía Mexicana.

En 1954 la Secretaría de Comunicaciones decide adquirir e instalar a gran escala el Sistema de Microondas para mejorar en primera instancia el servicio telegráfico, servicio de larga distancia y dar impulso a la idea de crear un sistema interamericano de telecomunicaciones que ligara a todos los países del continente.

Para 1964 la infraestructura de telecomunicaciones ya no era suficiente, por lo que se considero un sistema de ampliación de la red de microondas, la transmisión automática de datos, un programa nacional de Radió ayudas a la navegación aérea y marítima.

En el periodo de 1958 a 1968 la Dirección General de Telecomunicaciones construyó las redes federales de microondas, de transmisión telegráfica, telex y la estación terrena de comunicaciones internacionales "Tulancingo", durante los Juegos Olímpicos de México 1968 se proporcionaron los servicios de telecomunicaciones necesarios para transmitir vía satélite este evento a todo el mundo, y así México se incorpora a las telecomunicaciones modernas vía satélite.

En 1980 se complementa la infraestructura de telecomunicaciones con la instalación del Sistema de Satélites Morelos, las Redes Telepac, la Red Federal de Microondas. De esta forma México contaba con la infraestructura básica de comunicaciones.

En Junio de 1985 se efectúa la puesta en órbita de los Satélites Morelos, con el fin de satisfacer las comunicaciones del país. El Sistema de Satélites Morelos permitió impulsar la ampliación de la telefonía, la transmisión de televisión a lugares remotos, telegrafía, telex y teleinformática.

Durante 1993 se lanzan los Satélites Solidaridad, que vienen a sustituir al Sistema Morelos, este nuevo sistema cuenta con mejores ventajas como mayor potencia y mejor cobertura en las bandas tradicionales C y Ku, cuenta además con transpondedores para comunicación en banda L.

A finales de 1998 sale de operación el satélite Morelos II y se lanza a finales del mismo año el satélite SATMEX 5.

1.2 SATELITES DE COMUNICACION.

El tipo más sencillo de satélites es el reflector pasivo, un dispositivo que simplemente "rebota" una señal de un lugar a otro. La Luna es un satélite natural de la Tierra y, como consecuencia, a finales de la década de 1940 y principios de la década de 1950, se convirtió en el primer satélite pasivo. En 1954 la marina de los Estados Unidos transmitió exitosamente los primeros mensajes de Tierra a Luna a Tierra. En 1956 se estableció un servicio de transmisión entre Washington D.C. y Hawaii y, hasta 1962 ofreció comunicaciones de larga distancia confiables. El servicio estaba limitado sólo por la disponibilidad de la Luna.

En 1957 Rusia lanzó el Sputnik I, el primer satélite terrestre activo. Un satélite activo capaz de recibir, amplificar y retransmitir información de las estaciones terrestres y a las estaciones terrestres. Más adelante en el mismo año, Estados Unidos lanzó el Explorer I, el cual transmitió información telemétrica por casi 5 meses.

En 1958, la NASA lanzó el Score, un satélite con forma cónica de 150 libras. Con una grabación a bordo, Score emitió el mensaje navideño de 1958 del presidente Eisenhower. Score fue el primer satélite artificial usado para retransmitir las comunicaciones terrestres.

En 1960 la NASA en conjunción con los Bell Telephone Laboratories y el Jet Propulsion Laboratory, lanzaron a Echo, un globo de plástico de 100 pies de diámetro con una capa de aluminio. La primera transmisión transatlántica utilizando un satélite fue lograda usando Echo. Además, en 1960 el Departamento de Defensa lanzó a Courier, el cual transmitió 3 W de potencia y duró solo 17 días.

En 1962 AT & T lanzó a Telstar I, el primer satélite que recibía y transmitía simultáneamente. Telstar II era electrónicamente idéntico a Telstar I, pero estaba hecho más resistente a la radiación. Este satélite fue lanzado en forma exitosa en 1963 y fue usado para transmisiones de teléfono, televisión, facsímiles y de datos. La primera transmisión transatlántica exitosa de vídeo fue lograda a través de Telstar II.

1.3 SATELITES ORBITALES.

Los satélites orbitales o no síncronos giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite está girando en la misma dirección

que la rotación de la Tierra, la órbita se llama órbita propagada. Si el satélite está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, la órbita se llama órbita retrógrada. Consecuentemente, los satélites no síncronos están alejándose continuamente o cayendo a Tierra y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto en particular a la Tierra. Por lo tanto los satélites no síncronos se tienen que usar cuando están disponibles, lo cual puede ser un corto periodo de tiempo, como 15 minutos por órbita. Otra desventaja de los satélites orbitales es la necesidad de equipo complicado y costoso para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar el satélite conforme está disponible en cada órbita y después unir su antena al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Una gran ventaja de los satélites orbitales es que los motores de propulsión no se requieren a bordo de los satélites para mantenerlos en sus órbitas respectivas.

Uno de los más interesantes sistemas de satélite orbital, es el sistema Soviético Molniya. Esto también se escribe Molnya y Molnia, lo cual significa "relámpago". Los satélites Molniya son usados para la transmisión de televisión y, actualmente son el único sistema de satélites comerciales de órbitas no síncronos en uso. Molniya utiliza una órbita altamente elíptica con un apogeo de aproximadamente 40,000 Km y un perigeo de aproximadamente 1000 Km. El apogeo es la distancia más lejana de la Tierra que un satélite orbital alcanza, el perigeo es la distancia mínima; la línea colateral es la línea que une al perigeo y al apogeo en el centro de la Tierra. Con el sistema Molniya el apogeo es alcanzado mientras está sobre el hemisferio norte y el perigeo cuando está sobre el hemisferio sur. El tamaño de la elipse se eligió para hacer su periodo exactamente la mitad de un día sideral (el tiempo que requiere la Tierra para girar de regreso a la misma constelación). Debido a su patrón orbital único el satélite Molniya es síncrono con la rotación de la Tierra. Durante su órbita de 12 hrs. se pasa como 11 hrs sobre el hemisferio norte.

1.4 SATELITES GEOESTACIONARIOS.

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

Syncom I, lanzado en febrero de 1963, fue el primer intento de colocar un satélite geosíncrono en órbita. Syncom I se perdió durante la colocación en órbita. Syncom II y Syncom III fueron lanzados de manera exitosa en febrero de 1963 y agosto de 1964 respectivamente. El satélite Syncom III fue usado para transmitir los Juegos Olímpicos de 1964 desde Tokio.

Hay más de 200 sistemas de comunicaciones por satélite funcionando en el mundo hoy en día. Proporcionan circuitos de datos y teléfono de portadora común fija mundial, televisión de cable punto a punto (CATV), distribución de televisión en red, radiodifusión de música, servicio de telefonía móvil, redes privadas para corporaciones, agencias del gobierno y aplicaciones militares.

En 1964 se estableció una red de satélite comercial global conocida como Intelsat (Organización Satelital para Telecomunicaciones Internacionales). Intelsat es propiedad y operada por un consorcio de más de 100 países. Intelsat es manejada por las entidades de comunicaciones designadas en sus países respectivos. El primer satélite Intelsat fue Early Bird I, el cual fue lanzado en 1965 y proporcionaba 480 canales de voz. De 1966 a 1987 se lanzaron una serie de

satélites designados Intelsat II, Intelsat III, IV, V y VI. Intelsat VI tiene capacidad de 80,000 canales de voz.

1.5 PATRONES ORBITALES.

Una vez proyectado un satélite permanece en órbita debido a que la fuerza centrífuga causada por su rotación alrededor de la Tierra, es contrabalaceada por la atracción gravitacional de la Tierra. Entre más cerca gire de la Tierra el satélite, más grande es la atracción gravitacional y será mayor la velocidad requerida para mantenerlo alejado de la Tierra. Los satélites de baja altitud tienen órbitas cercanas a la Tierra (160 a 480 kilómetros de altura), viajan aproximadamente a 28,160 kilómetros por hora. A esta velocidad se requiere aproximadamente de 1 1/2 hrs., para girar alrededor de toda la Tierra. Consecuentemente, el tiempo que el satélite está visible en una estación terrestre en particular es solamente 1/4 hr., ó menos por órbita.

Los satélites de altitud media (9,650 a 19,300 kilómetros de altura) tienen un periodo de rotación de 5 a 12 hrs., y permanecen a la vista en una estación terrestre específica de 2 a 4 hrs., por órbita. Los satélites geosíncronos de alta altitud (30,500 a 40,200 kilómetros de altura), viajan a aproximadamente 11,070 kilómetros por hora y tienen un periodo de rotación de 24 hrs., exactamente el mismo que la Tierra. Consecuentemente permanecen en una posición fija con respecto a una estación de la Tierra específica y tiene un tiempo de disponibilidad de 24 hrs.

Cuando el satélite gira en una órbita arriba del ecuador se llama órbita ecuatorial. Cuando un satélite gira en una órbita que lo lleva arriba de los polos norte y sur se llama órbita polar. Cualquier otro trayecto orbital se llama órbita inclinada.

1.6 CLASIFICACIONES ORBITALES, ESPACIAMIENTO Y ASIGNACIONES DE FRECUENCIA.

Hay dos clasificaciones principales para los satélites de comunicaciones: hiladores (spinners) y satélites estabilizadores de tres ejes. Los satélites spinner utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro. Con un estabilizador de tres ejes el cuerpo permanece fijo en relación a la superficie de la Tierra mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro.

Los satélites geosíncronos deben compartir un espacio y espectro de frecuencia limitados dentro de un arco específico en una órbita geoestacionaria. A cada satélite de comunicación se le asigna una longitud en el arco geoestacionario aproximadamente de 35,880 kilómetros arriba del ecuador. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando en casi la misma frecuencia, deben de estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un número realista del número de estructuras satelitales que puedan estar estacionadas (estacionarse), en una área específica en el espacio. La separación espacial requerida depende de las siguientes variables:

- 1.- Ancho del haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite.
- 2.- Frecuencia de la portadora de RF.
- 3.- Técnica de codificación o de modulación usada.
- 4.- Límites aceptables de interferencia.
- 5.- Potencia de la portadora de transmisión.

Generalmente se requieren de 3 a 6 grados de separación espacial dependiendo de las variables establecidas anteriormente.

Las frecuencias de la portadora más comunes usadas para las comunicaciones por satélite son las bandas 6/4 y 14/12 Ghz. El primer número es la frecuencia de subida (ascendente) (estación terrena a transponder) y el segundo número es la frecuencia de bajada (descendente) (transponder a estación terrena). Diferentes frecuencias de subida y de bajada se usan para prevenir que ocurra repetición. La mayoría de los satélites domésticos utilizan la banda de 6/4 Ghz. Desafortunadamente, esta banda también se usa extensamente para los sistemas de microondas terrestres.

Las frecuencias distribuidas por WARC (Conferencia de Radio Administrativa Mundial), de la tabla 1.1 muestra los anchos de banda disponibles para varios servicios. Estos servicios incluyen punto-fijo (entre las estaciones terrestres situadas en puntos geográficos fijos en la Tierra), radiodifusión (cobertura de área amplia), móvil (tierra a aeronaves, barcos o vehículos terrestres), e intersatelital (enlaces cruzados de satélite a satélite).

TABLA 1.1. ANCHOS DE BANDA DE SATELITES DISPONIBLES.

| BANDA | BANDA DE FRECUENCIA (GHZ). | | ANCHO DE BANDA (MHZ) |
|-------|----------------------------|-------------|----------------------|
| | SUBIDA | BAJADA | |
| C | 5.9 - 6.4 | 3.7 - 4.2 | 500 |
| X | 7.9 - 8.4 | 7.25 - 7.75 | 500 |
| Ku | 14 - 14.5 | 11.7 - 12.2 | 500 |
| Ka | 27 - 30 | 17 - 20 | — |
| | 30 - 31 | 20 - 21 | — |
| V | 50 - 51 | 40 - 41 | 1000 |
| Q | — | 41 - 43 | 2000 |
| V | | 54 - 58 | 3900 |
| (ISL) | | 59 - 64 | 5000 |

1.7 SEGMENTO ESPACIAL.

El segmento espacial de un sistema de telecomunicaciones por satélite consiste en los satélites y en las facilidades en tierra que efectúan las funciones de telemetría, comando y seguimiento así como el apoyo logístico para los satélites.

i) El satélite.

El satélite es el núcleo de la red y realiza la función de un repetidor radioeléctrico situado en el espacio que utiliza elementos activos. Comprende un conjunto de diversos subsistemas de telecomunicación y antenas. El satélite está provisto también de equipos para realizar las siguientes funciones:

- Potencia (alimentación de energía).
- Control de altitud.
- Control orbital.
- Control térmico.
- Telemetría, comando y rango (medición de la distancia).

Los equipos de telecomunicaciones denominados transpondedores realizan las mismas funciones que los repetidores de los sistemas relevadores eléctricos; reciben transmisiones de la tierra y después de efectuar la amplificación y transposición de frecuencia, las devuelven a la tierra. Las antenas asociadas con estos transpondedores están diseñadas especialmente a fin de proporcionar cobertura a las regiones de la Tierra comprendida dentro de la zona de servicio del sistema de satélites.

ii) Telemetría, comando y seguimiento.

Estos subsistemas se emplean para realizar desde Tierra en apoyo logístico de los satélites las siguientes operaciones:

- Seguimiento de la posición del satélite (posición angular, distancia) y determinación de la actitud cuando la estación espacial se coloca en órbita y después durante su vida útil para supervisar el funcionamiento y transmitir instrucciones de corrección.
- Telemetría de las diversas funciones a bordo.
- Telemando de diversas funciones a bordo.
- Supervisión de las funciones de telecomunicaciones en especial de las portadoras en los diversos transpondedores.

Esta última función se utiliza para verificar el funcionamiento de la red y garantizar que las emisiones procedentes de las estaciones terrenas cumplan con las especificaciones de potencia, frecuencia, etc. Estas funciones las realiza específicamente y en concreto el Centro de Control y Telemetría.

1.8 SEGMENTO TERRESTRE.

El segmento terrestre es el final con el que se denomina la parte de un sistema de telecomunicaciones por satélite que está constituida por las estaciones terrenas que transmiten a los satélites y reciben de éstos señales de tráfico de todas clases, y constituyen la interfaz con las redes terrestres.

Se denomina segmento terrestre a la infraestructura en tierra necesaria para la comunicación vía satélite, el segmento terrestre se refiere genéricamente a las estaciones terrenas. Una estación terrena se conforma básicamente por una antena de reflector parabólico, un amplificador de potencia, un amplificador de bajo nivel de ruido, convertidores de subida y/o bajada así como uno o varios

módem's (en el caso de estaciones terrenas para portadoras moduladas digitalmente).

1.9 SATELITES MEXICANOS.

El primer Sistema de Satélites Mexicanos fue el recurso más avanzado de que se disponía, en materia de telecomunicaciones, para fortalecer y afirmar nuestra calidad de país soberano, nuestros valores culturales y nuestra esencia como nación libre independiente.

En Octubre de 1980 durante la administración del presidente José López Portillo, se decide el establecimiento de un sistema internacional de satélites. En abril de 1981, comenzó la creación de la infraestructura necesaria para recibir señales vía satélite en todo el país con la primera etapa de la Red Nacional de Estaciones Terrenas, que de 30 estaciones de ese año pasó a 157 al término de 1982.

En Junio de 1981 se reiteraba la realización del proyecto que permitiría a México contar con su propio segmento espacial, en ese entonces, el proyecto se denominó ILHUICAHUA, que significa señor de los cielos. La creciente demanda de este tipo de servicios impulsó a las autoridades mexicanas a iniciar los trámites con la Unión Internacional de Telecomunicaciones "UIT", con el propósito de obtener las posiciones orbitales para poder colocar un Sistema de Satélites Nacionales.

En Junio de 1982, se firmó el acuerdo entre Canadá, Estados Unidos Y México, en donde se reconocieron las posiciones orbitales de 113.0 grados y 116.8 grados longitud oeste, que serían ocupadas por un par de satélites que

utilizarán las bandas C y Ku para la conducción de señales de radiodifusión, telegráficas y de datos.

El 4 de octubre de 1982, se dio a conocer que la empresa constructora del sistema de satélites sería la Hughes Space and Communications International Inc., a la que le fue adjudicado un contrato de 92 millones de dólares, que incluye el costo de las dos unidades, el equipo y la instalación, de un equipo de rastreo, telemetría, telecomando y monitoreo, servicios de transferencia de órbita y entrenamiento de personal.

La NASA a su vez recibió 12 millones de dólares por el lanzamiento y colocación de cada satélite en órbita baja. Los cohetes de propulsión serán entregados por la compañía Mc Donnell Douglas a un costo de 5.6 millones de dólares por unidad.

En diciembre de 1982, a unos días de haber asumido la presidencia el ciudadano Miguel de la Madrid Hurtado, el Congreso aprueba una adición al artículo 27 de la Constitución Mexicana, en la que se declara que la comunicación vía satélite es función exclusiva del estado, por lo que, la participación de Televisa en el proyecto queda excluida. Desde ese momento, no se mencionó el proyecto ILHUICAHUA y en Marzo de 1983 el Sistema Mexicano de Satélites tuvo un nuevo nombre MORELOS.

En mayo de 1983, a través del Plan Nacional de Desarrollo, se difundió que el Sistema de Satélites Morelos estaría compuesto por dos satélites en órbita y el conjunto de estaciones terrenas para su control.

1.9.1. SISTEMA DE SATELITES MORELOS.

El Sistema Nacional de Satélites Morelos estaba constituido por dos satélites (Morelos I y II) y eran propiedad del Gobierno Mexicano y actualmente desde 1997 el control satelital lo tiene la empresa SATMEX a través del Centro de Control y Telemetría denominado "Walter C. Buchanan", instalado en el Conjunto de Telecomunicaciones (CONTEL), ubicado en iztapalapa, el cual fue inaugurado el 3 de Junio de 1985.

El satélite Morelos I anteriormente localizado en los 113.0 grados longitud oeste (ver la figura 1.2), fue puesto en órbita el 17 de junio de 1985 por medio del transbordador Discovery, operando desde el 29 de agosto de 1985, a partir de esa fecha se calculó una vida útil de 9 años.

El satélite Morelos I, inicio su operación con la canalización de años de servicios que se venían prestando a través de un satélite Intelsat, que no excedían en capacidad al equivalente de 4 transpondedores de 36 Mhz en la banda C. El Morelos I fue retirado de su órbita en el mes de marzo de 1994.

El satélite Morelos II lanzado 5 meses tarde, fue reserva del Morelos I, fue colocado en una órbita de almacenamiento con el objeto de efectuar un gasto mínimo de combustible y prolonga su vida útil.

El satélite Morelos II estaba localizado en los 116.8 grados longitud oeste (ver la figura 1.2), fue lanzado el 26 de noviembre de 1985 por medio del transbordador Atlantis y se encontraba en operación desde el 1 de noviembre de 1989. Para esta segunda puesta en órbita, se convocó a concurso, a los ingenieros de México, para seleccionar el primer viajero espacial mexicano, en donde el Dr. Rodolfo Neri Vela, fue el ganador.

La cobertura de estos satélites abarcaba la totalidad del territorio mexicano, el Sur de los Estados Unidos de América, parte de Centro América y del Caribe. Cada uno de los satélites tenía un total de 22 transpondedores, 18 en banda C, de los cuales 12 son de 36 Mhz y 6 transpondedores de 72 Mhz. En banda Ku se contaba con 4 transpondedores de 108 Mhz.

Su forma era cilíndrica con un diámetro de 216 centímetros y una altura de 236 centímetros ya que mantiene plegadas las antenas receptoras y cuenta con paneles solares telescópicos, su peso era de 666 Kg, al inicio de la operación, ya que 145 Kg corresponden al combustible (hidrosina) que se utilizaba para mantener sus posiciones orbitales correctas (ver la figura 1.1).

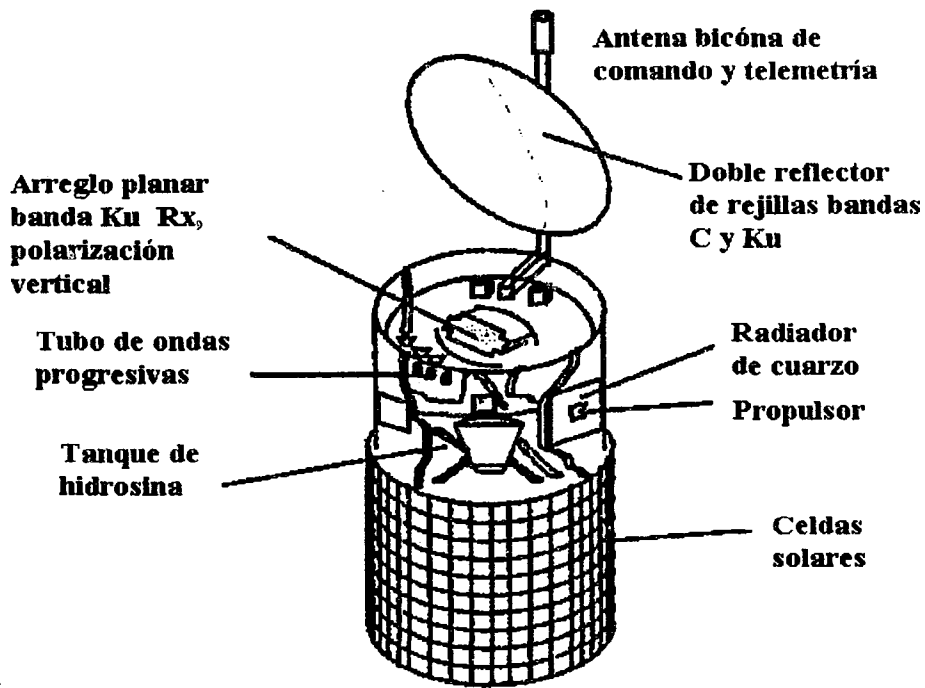


FIGURA 1.1. SISTEMA DE SATELITES MORELOS.

La información recibida era de 6 Ghz, por la antena parabólica y después de ser trasladada la frecuencia en dos de los receptores redundantes, es retransmitida a la Tierra en 4 Ghz; En la banda Ku existían cuatro canales con ancho de banda de 108 Mhz. Para la banda Ku la información se recibía en 14 Ghz y se trasladaba a 12 Ghz, en uno de los receptores redundantes para posteriormente ser transmitida a través de la antena parabólica.

El subsistema de antenas lo constituían primeramente la antena parabólica de 1.8 mts. de diámetro, la cual estaba compuesta por dos receptores polarizados ortogonalmente, uno de tras de otro y con distintos puntos focales. La segunda parte de este subsistema estaba conformada por un arreglo planar diseñado para operar en un espectro de frecuencia de 14.0 a 14.5 Ghz.

La banda Ku en tanto proporcionaba servicios para conducir señales para redes públicas de voz, datos y televisión, servicios empresariales etc.

La creciente demanda de los servicios de conducción de señales vía satélite provocó que en 1991 el satélite Morelos I se hallara ocupado casi en la totalidad de su capacidad, mientras que el Morelos II, se ocupó totalmente en 1992 a solo 3 años de operación.

El terremoto de 1985 que sacudió a la Ciudad de México afectó seriamente los sistemas terrestres de comunicación, afortunadamente iniciaba operaciones el sistema satelital, por lo que fue posible restablecer las señales de radiocomunicación y habilitar 5 portadoras de telefonía que enlazaron las principales ciudades de nuestro país.

Debido a que el Sistema de Satélites Nacionales Morelos ha demostrado que su operación fue eficiente, así como a la creciente demanda de servicios de comunicación vía satélite y a la necesidad de garantizar la continuidad de los que

se proveen mediante este sistema, oportunamente se inició el proceso de adquisición de la Segunda Generación de Satélites Mexicanos denominados Solidaridad.

1.9.2. SISTEMA DE SATELITES SOLIDADRIDAD.

Cuando el gobierno de México planeó la implementación de un sistema de satélites de segunda generación, la responsabilidad de su construcción cayó una vez más en la empresa Hughes Space and Communications International, Inc. El nuevo par de satélites lleva por nombre Solidaridad, indicativo de la forma en que las telecomunicaciones por satélite están unificando a las zonas urbanas y a los lugares remotos del país entre sí y con el resto del mundo. Estos satélites reemplazarán al sistema de Satélites Morelos también fabricados por Hughes.

El contrato de los satélites Solidaridad, por 184 millones de dólares se firmó en Mayo de 1991. Al seleccionar a Hughes sobre dos de sus competidores, el Secretario de Comunicaciones y Transportes hizo referencia a la excelente tecnología, precio más bajo, programa de entrega más corto, vida útil más larga y óptima capacidad de carga útil. El sistema de satélites era operado por el organismo descentralizado gubernamental Telecomunicaciones de México (TELECOMM), pero ahora es operado por SATMEX empresa privada que adquirió el control de los Sistemas de Satélites Mexicanos.

Hughes suministro dos satélites de alta potencia, modelo HS 601, el equipo terrestre asociado y la capacitación. El enérgico programa requirió la entrega del primer satélite en octubre de 1993, y el segundo, tres meses más tarde. Los lanzamientos se realizarán a bordo del vehículo de lanzamiento Ariane 4 desde Kourou, Guayana Francesa. El contrato de Solidaridad exigió una vida útil de 14 años.

Los nuevos satélites permiten que TELECOMM junto con SATMEX continúe brindando servicios tales como telefonía, televisión, teleconferencias, transmisión de telefacsimiles, redes de negocios y transmisiones de televisión educativa, empleando tecnología analógica y digital. Una de las nuevas características es la capacidad de servicios móviles a través de toda la nación.

El satélite Solidaridad I ocupa la posición orbital 109.2° longitud oeste y el satélite Solidaridad II ocupa la posición orbital de los 113.0° longitud oeste, sustituyendo la del satélite Morelos I (ver la figura 1.2).

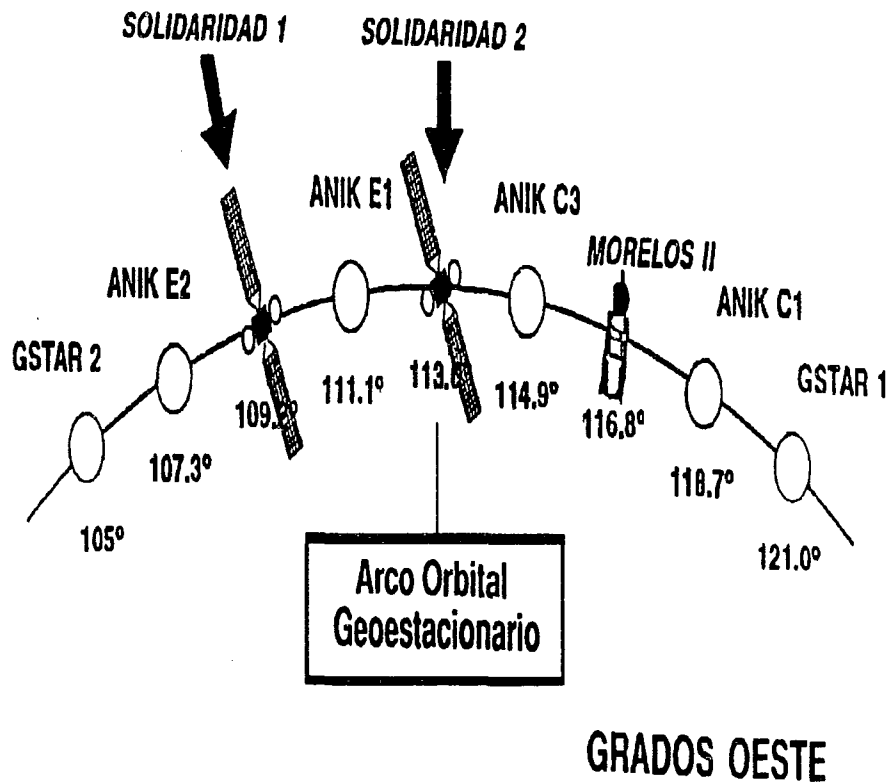


FIGURA 1.2. POSICION Y COLINDANCIA DE LOS SATELITES MEXICANOS.

1.9.2.1. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LOS SATELITES SOLIDARIDAD.

El satélite Solidaridad es una nave espacial de cuerpo estabilizado triaxialmente. Consiste de una porción central en forma de cubo que contiene los sistemas electrónicos y de propulsión, y, a lo largo del eje norte-sur, tiene un par de alerones con tres paneles cada uno con arreglos de celdas solares que miden un total de casi 21 metros de longitud (ver la figura 1.3). Cada nave espacial pesa casi 1280 Kg al inicio de su vida en órbita. Sus paneles solares suministrarán 3,300 vatios, y un sistema de batería de níquel-hidrógeno de cuatro paquetes proporciona la potencia eléctrica durante los eclipses.

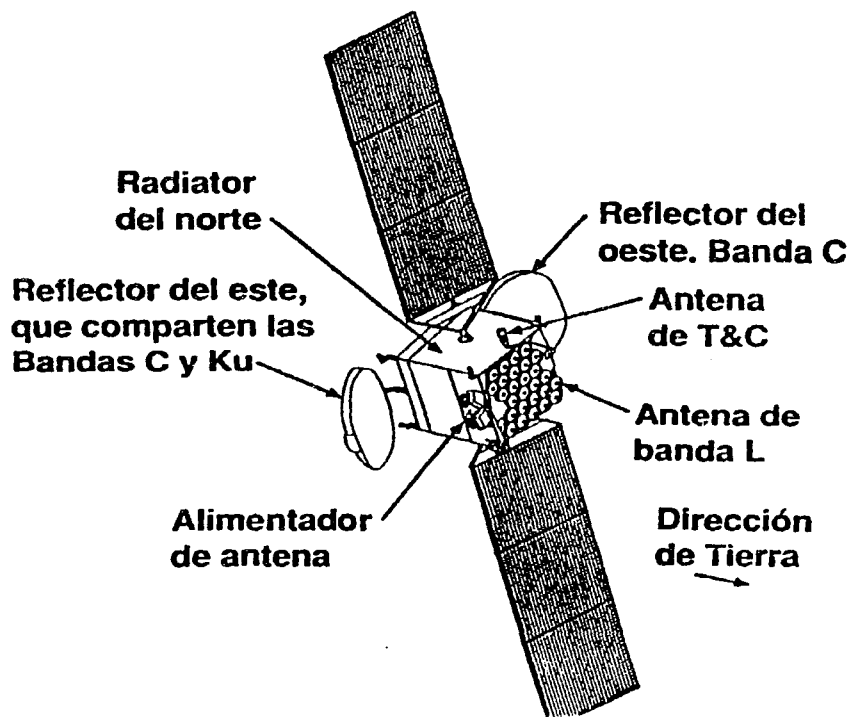


FIGURA 1.3. SISTEMA DE SATELITES SOLIDARIDAD.

Al igual que los satélites Morelos, los Solidaridad portan 18 transpondedores activos en la banda C, de los cuales 12 son de 36 Mhz y 6 de 72 Mhz y con bandas de frecuencia a la transmisión de 5.9 a 6.4 Ghz y a la recepción de 3.7 a 4.2 Ghz, con potencia mucho más elevada para permitir la recepción por terminales pequeñas.

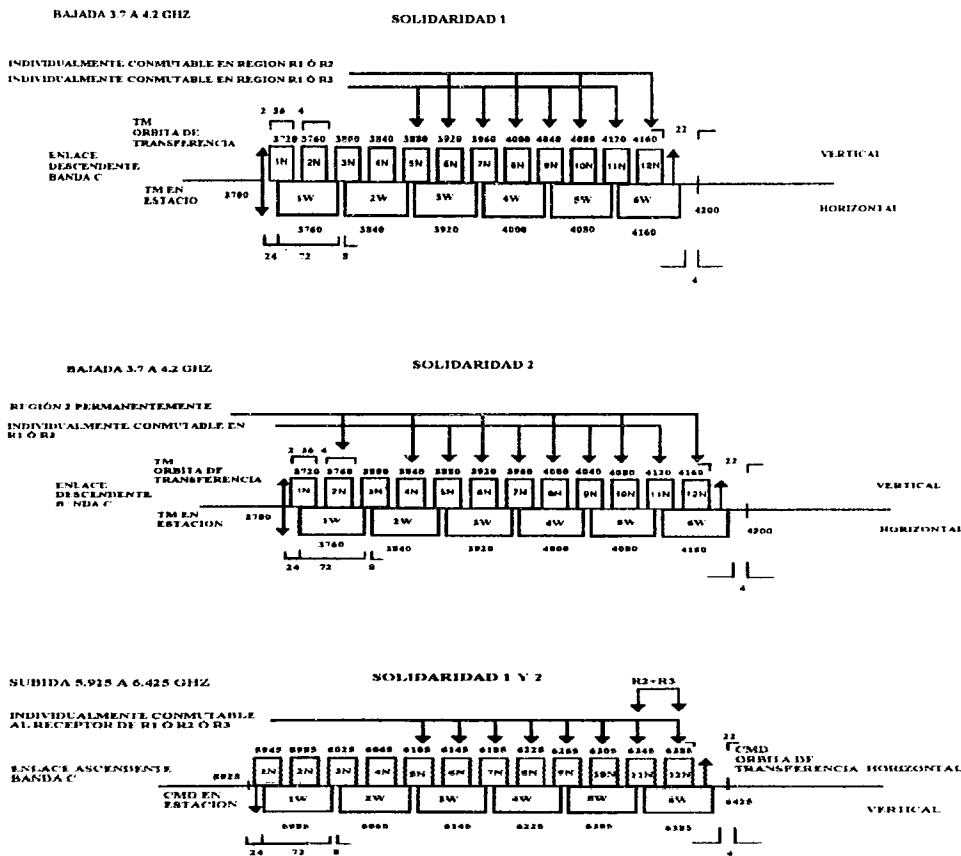


FIGURA 1.4. PLAN DE FRECUENCIAS BANDA C.

Cuenta con 16 transpondedores activos en la banda Ku de 54 Mhz con bandas de frecuencia a la transmisión de 14.0 a 14.5 Ghz y a la recepción de 11.7 a 12.2

Ghz, cuatro veces la capacidad actual con amplificadores de tubos de ondas progresivas de 42.5 vatios (ver la figura 1.12). Además, los Solidaridad tienen un canal de banda L de 29 Mhz con bandas de frecuencia a la transmisión 4 sub-bandas de 1528 a 1559 Mhz y a la recepción 4 sub-bandas de 1629.5 a 1660.5 Mhz, para dar servicio a los usuarios que estén viajando por tierra, mar o aire o que se encuentren en zonas rurales.

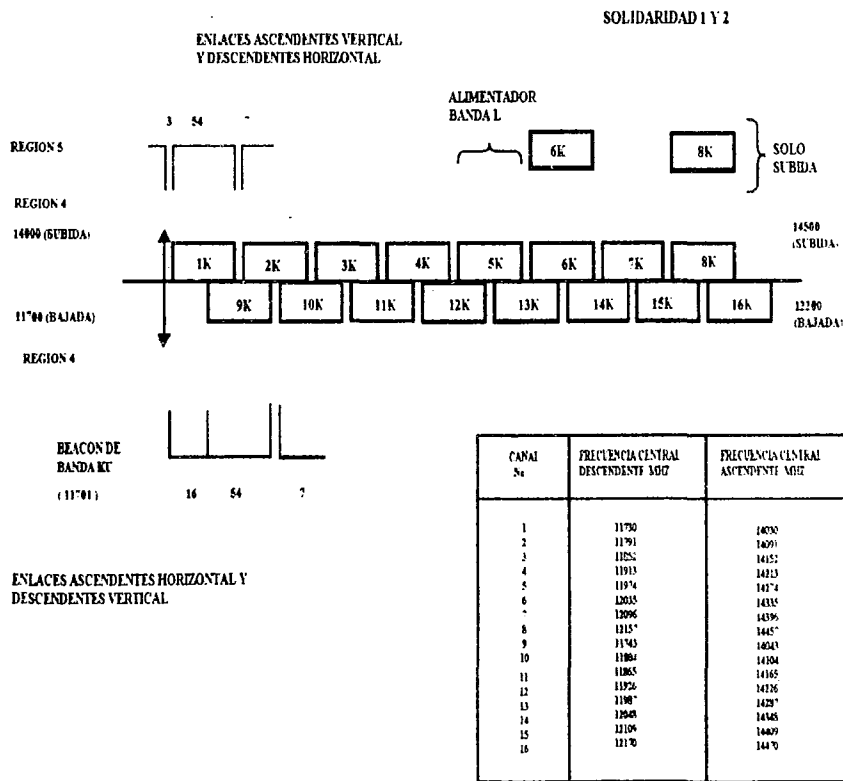


FIGURA 1.5. PLAN DE FRECUENCIAS BANDA KU.

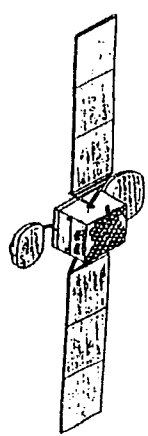

Con las antenas desplegadas, la nave espacial mide 6.67 metros de ancho. La antena de la banda C está en el lado oeste de la nave espacial y de la banda Ku

en el lado este. Ambas antenas tienen 2.4 por 1.8 metros, son ovaladas con alerones en X y con dos superficies reflejantes, una de las cuales es sensible a la polarización vertical y la otra a la horizontal.

El sistema de propulsión bipropulsante que incluye un motor de apogeo integrado de propulsante líquido Marquardt de 490 newtons, más 12 impulsores de 22 newtons para mantenerlo en su órbita.

Las operaciones de seguimiento, telemedición y telecomando del satélite se llevan a cabo desde la estación de control ubicada en Iztapalapa y desde un centro de control alternativo en la ciudad de Hermosillo, Sonora, en el noroeste de México. Hughes construyó la estación en Iztapalapa para los satélites Morelos, y realizó el desarrollo y adecuación del equipo terrestre y continúa adiestrando a especialistas mexicanos para la operación del sistema Solidaridad, el cual es más complejo.

TABLA 1.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SATELITES MEXICANOS.

|  | SOLIDARIDAD | MODELO ESTABILIDAD PESO TOTAL PESO SECO COMBUSTIBLE POTENCIA VIDA UTIL DIMENSIONES | MÓRELOS |  |
|---|---------------------|---|----------|---|
| | HS601 | | HS376 | |
| | Triaxial | | Por giro | |
| | 2776 Kgs | | 666 Kgs | |
| | 1286 Kgs | | 521 Kgs | |
| | 1490 Kgs | | 145 Kgs | |
| | 3370 Watts | | 777Watts | |
| | 14 Años | | 9 Años | |
| | 6.67 mts | | 2.16mts | |
| | Ant-Ant | | Diámetro | |
| | 21 mts | | 6.66 mts | |
| | Páneles desplegados | | Altura | |

1.9.2.2. VENTAJAS Y SERVICIOS DE LOS SATELITES SOLIDARIDAD.

El primer satélite fue lanzado el 19 de noviembre de 1993 y el segundo en octubre de 1994. Entre las mejoras incluidas en todos los subsistemas de los satélites Sojidaridad, destacan los siguientes:

- Mejor relación G/T en los receptores de los satélites.
- Baterías de níquel-hidrógeno con mejor desempeño.
- Mayor flexibilidad en la utilización de los amplificadores de redundancia.
- Transpondedores de mayor potencia.
- Conmutación de transpondedores a distintos haces.
- Menor sensibilidad a los efectos de intermodulación.
- Periodo de vida útil estimado en 14 años.
- Ampliación de los servicios de telecomunicaciones tanto en forma analógica como digital en los siguientes rubros.

- Conducción de señales de televisión para:

- Redes de televisión.
- Enlaces punto a punto.
- Teleeducación.
- Teleconferencia.

- Conducción de señales de teleaudición para:

- Redes de radio.
- Enlaces punto a punto.

- Conducción de señales de voz para:

- Telefonía troncal.
- Circuitos punto a punto.
- Telefonía rural.

- Conducción de distribución de datos para:
 - Difusión unidireccional de información.
 - Punto-multipunto.

1.9.2.3. HUELLAS DE LA BANDA C.

- Cobertura:

Región 1. México, el sur de los Estados Unidos en la frontera con México, Guatemala, BÉlice, Honduras y el Salvador (ver la figura 1.6).

Región 2. Incluye la cobertura 1 más el sur de la Florida, El Caribe, el resto de Centroamérica, Venezuela y Colombia (ver la figura 1.7).

Región 3. Sur de Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, Chile, Argentina, Paraguay, Uruguay y Venezuela (ver la figura 1.8).

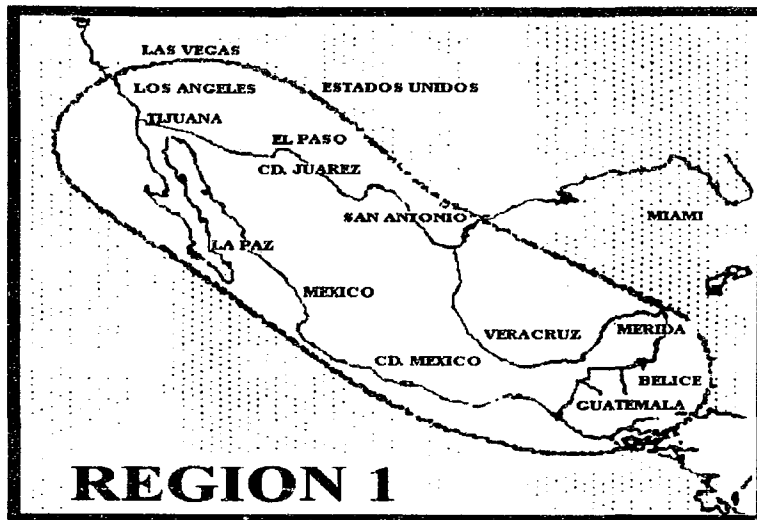


FIGURA 1.6. AREA DE COBERTURA DE LA REGION 1, EN BANDA C.



FIGURA 1.7. AREA DE COBERTURA DE LA REGION 2, EN BANDA C.



FIGURA 1.8. AREA DE COBERTURA DE LA REGION 3, EN BANDA C.

- Ventajas:
 - Se brinda cobertura a los países del Caribe, Centroamérica y en Sudamérica a Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú, Chile, Argentina, Paraguay, Uruguay y Venezuela.
 - Mejoramiento de las características de transmisión al aumentar la potencia de los transpondedores.
 - Flexibilidad al asignar capacidad entre los distintos haces, de forma que se facilita la interconexión de canales y la transferencia de un haz a otro.
 - Reducción del diámetro de las antenas receptoras.

1.9.2.4. HUELLAS DE LA BANDA KU.

- Cobertura:

Región 4. México, la parte sur de los Estados Unidos, Guatemala y Bélize (ver la figura 1.9).

Región 5. San Francisco y el área de la bahía, Houston, Dallas, Atlanta, Miami, Washington D.C., Pittsburg, Detroit, Chicago, Nueva York y otras ciudades del este de los Estados Unidos. Toronto, Canadá; La Habana, Cuba (ver la figura 1.10).

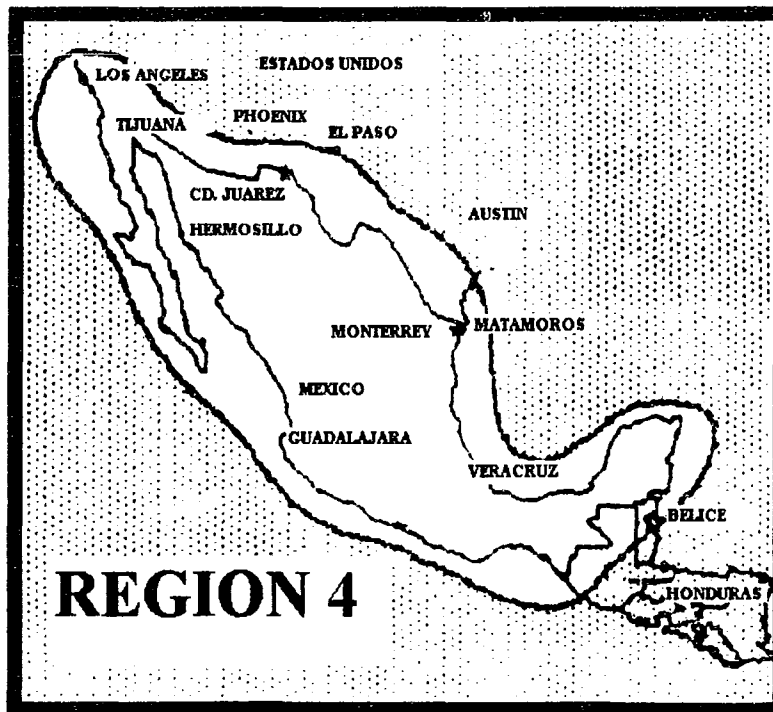


FIGURA 1.9. AREA DE COBERTURA DE LA REGION 4, EN BANDA KU.

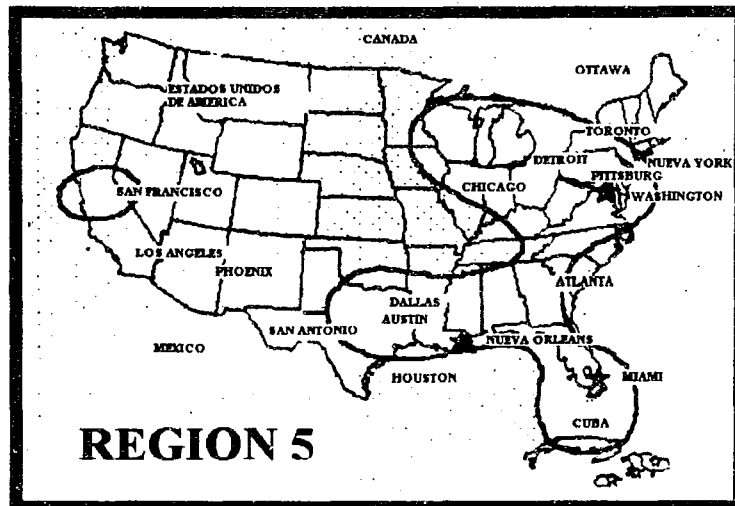


FIGURA 1.10. AREA DE COBERTURA DE LA REGION 5, EN BANDA KU.

- Ventajas:

- Ampliación de la cobertura al abarcar, además del territorio de México, ciudades del territorio estadounidense.
- Reutilización de frecuencias mediante polarización cruzada, lo cual permite duplicar el ancho de banda respecto a los satélites Morelos.
- Incremento de 6 dB en la intensidad de potencia por ancho de banda unitario, lo que permite:

- a) Aumentar la disponibilidad de los enlaces.
- b) Reducir el diámetro de las antenas.
- c) Acrecentar la capacidad de información binaria por unidad de ancho de banda.
- d) Mejorar la distribución de potencia dentro del territorio de México y con ello la comunicación en las zonas más lluviosas del país.
- e) Contar con flexibilidad para realizar interconexión entre haces.

- f) Reducir el ancho de la banda de los transpondedores a al mitad para mejorar la calidad de la transmisión de los enlaces.

1.9.2.5. HUELLAS DE LA BANDA L.

- Cobertura:

Región 6. México, mar y espacio patrimonial mexicano, parte del sur de los Estados Unidos y norte de Centroamérica.

- Ventajas:

- La banda "L" permite enlaces de comunicación entre unidades móviles de transporte terrestre y marítimo, y sus respectivas bases. Es una excelente alternativa para servicios de telefonía y seguridad pública.
- Debido a que este sistema de comunicación utiliza equipo transreceptor de tamaño compacto y antenas pequeñas ya que no requiere de grandes cantidades de energía, puede instalarse en lugares de difícil acceso o que carezcan de infraestructura.

1.9.3. SISTEMA DE SATELITE SATMEX 5.

Con el fin de operación del satélite Morelos II a finales de 1998 la empresa SATMEX empresa privada que controla los satélites mexicanos puso en órbita a finales del mismo año la tercera generación de satélites mexicanos denominado SATMEX 5 que pasa a ocupar la posición del satélite Morelos II.

El satélite SATMEX 5 ocupa actualmente la posición 116.8° grados longitud oeste la posición que ocupaba el satélite Morelos II como se muestra en la figura 1.2.

La empresa Hughes Space and Communications International, Inc., fue la encargada de suministrar el nuevo satélite denominado SATMEX 5. El lanzamiento se realizo a bordo del vehículo Ariane desde Kourou, Guayana Francesa.

El satélite SATMEX 5 es una nave espacial de cuerpo estabilizado triaxialmente que tiene las mismas características que los satélites Solidaridad. Consiste de una porción central en forma de cubo que contiene los sistemas electrónicos y de propulsión y, a lo largo del eje norte-sur, tiene un par de alerones con tres paneles cada uno con arreglos de celdas solares como se puede observar en la figura 1.3 y 1.11. La nave espacial tiene un peso aproximado de 1863.7 Kg y una vida útil de 15 años. El satélite cuenta con 7,000 watts de poder 10 veces más que el Morelos I y el Morelos II.

El satélite SATMEX 5 cuenta con 24 transpondedores angostos en la banda C todos de 36 Mhz y con bandas de frecuencia a la transmisión de 5.9 a 6.4 Ghz y a la recepción de 3.7 a 4.2 Ghz, como podemos notar ya no cuenta con transpondedores de 72 Mhz como los satélites Solidaridad.

Además cuenta con 24 transpondedores en la banda Ku de 36 Mhz con bandas de frecuencia a la transmisión de 14.0 a 14.5 Ghz y a la recepción de 11.7 a 12.2 Ghz.

Las operaciones de seguimiento, telemedición y telecomando del satélite SATMEX 5 se llevan a cabo desde la estación de control ubicada en Iztapalapa y desde un centro de control alternativo en la ciudad de Hermosillo, Sonora.



FIGURA 1.11. SISTEMA DE SATELITE SATMEX 5.

1.9.3.1. VENTAJAS Y SERVICIOS DEL SATELITE SATMEX 5.

Este satélite es del tipo HS-601 HP el primero en la flota de los satélites mexicanos como se puede observar en la figura 1.11 empezó a brindar sus servicios después de haber sido lanzado durante la visita del Papa Juan Pablo II.

Entre las mejoras del satélite SATMEX 5 destacan:

- Transpondedores de mayor potencia.
- Menor sensibilidad a los efectos de intermodulación.
- Periodo de vida útil de 15 años.
- Ampliación de los servicios de telecomunicaciones tanto en forma analógica como digital.

Los servicios que brinda el satélite SATMEX 5 son:

- Conducción de señales de televisión para:
 - Enlaces punto a punto.
 - Redes de televisión.
 - Teleaudición.
 - Teleconferencia.

- Conducción de señales de teleaudición para:
 - Redes de radio.
 - Enlaces punto a punto.

- Conducción de señales de voz para:
 - Telefonía troncal.
 - Telefonía rural.

- Conducción de datos para:
 - Difusión unidireccional de información.
 - Punto-multipunto.

1.9.3.2. HUELLAS DE LA BANDA C Y LA BANDA KU.

- Cobertura:

La cobertura que tiene este satélite es mucho mayor que la de los satélites Solidaridad, tiene la capacidad de cobertura de cubrir todo el continente americano desde Alaska hasta la Tierra de Fuego.

CAPITULO 2

**ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE UNA
ESTACION TERRENA.**

2.1 TIPOS DE ESTACIONES TERRENAS.

Existen varios tipos de estaciones terrenas a continuación daremos una breve explicación de cada una de ellas:

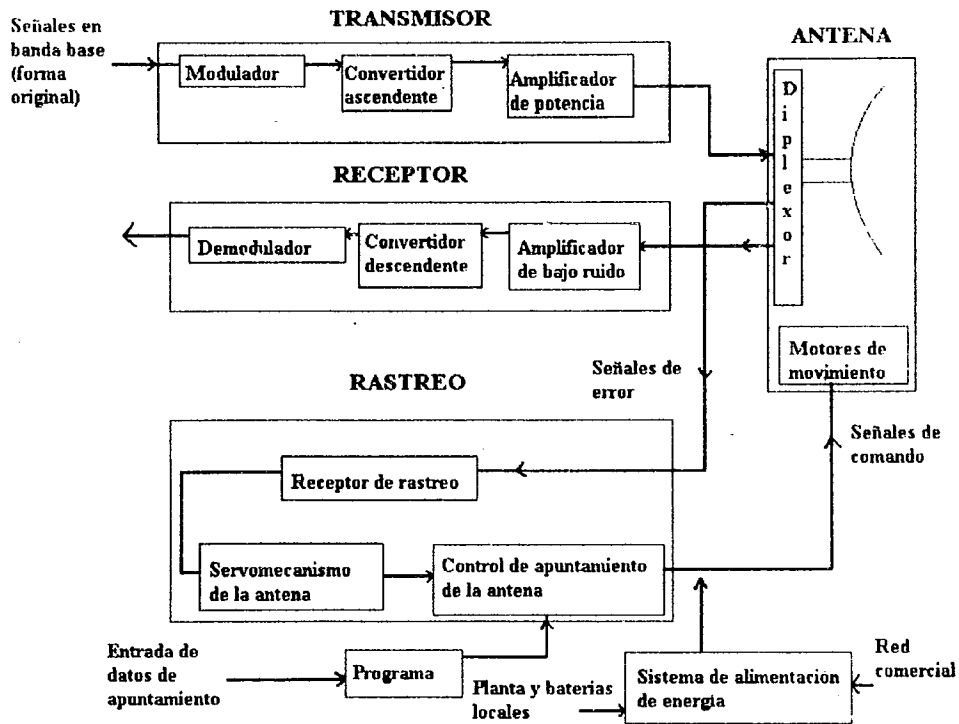


FIGURA 2.1. DIAGRAMA A BLOQUES DE UNA ESTACION TERRENA.

2.1.1. ESTACION TERRENA FIJA.

La estación terrena fija es aquella que cuenta con la infraestructura necesaria para la comunicación ya sea por microondas, vía satélite etc., pero siempre inmóvil por lo que es una estación terrena no transportable ya que su equipo esta

conformado para permanecer en un lugar fijo. Tiene la capacidad de transmitir y recibir información.

2.1.2. ESTACION TERRENA MOVIL.

Muchos usuarios que requieren comunicarse tienen la característica de que sus equipos no permanecen fijos sino que se mueven o cambian de lugar constantemente, por ejemplo, en barcos, aviones, trenes, camiones y automóviles. Esto es un ejemplo de una estación terrena móvil o servicio móvil ya que sus equipos con que cuentan tienen la capacidad de transmitir y recibir al mismo tiempo en movimiento.

2.1.3. ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE.

La estación terrena transportable es aquella que cuenta con la infraestructura para poder transmitir y recibir. Su equipo de comunicación es transportable a cualquier parte pero una vez que empieza a funcionar y en particular a transmitir se vuelve una estación terrena fija.

2.2 FACTORES PARA LA EVALUACION DEL RENDIMIENTO DE LAS ANTENAS.

El rendimiento de las antenas se analiza mediante los factores siguientes:

- 1) Ganancia.
- 2) Eficiencia.
- 3) Abertura del haz y lóbulos laterales o secundarios.

- 4) Ruido de antena.
- 5) Alimentadores.

2.2.1. GANANCIA.

La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica (dBi). Una antena isotrópica es una antena ficticia que radía simultáneamente con la misma densidad de potencia en todas las direcciones alrededor de ella. Se emplea como referencia y se supone que recibe la misma potencia de alimentación que la antena real.

Por lo tanto, siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir, y mínima en todas aquellas direcciones que no sean de interés; de ahí que los lóbulos laterales o secundarios de radiación de la antena debe de ser lo más pequeño posible, para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias.

2.2.2. EFICIENCIA.

La eficiencia de la antena es una medida de porcentaje de la señal efectiva recibida por la ventana de la parabólica y depende del conjunto formado por el alimentador y el LNA. Las eficiencias típicas, van desde un 40% en sistemas de diseño deficientes hasta un 65% o 70% en antenas de alta capacidad.

2.2.3. ABERTURA DEL HAZ Y LOBULOS SECUNDARIOS.

Una antena parabólica tiene la prioridad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas en un punto común llamado foco (modo de recepción); así mismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación (modo de transmisión). Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide que representa matemáticamente a la antena y en el se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de corneta o bocina; el tipo de alimentadores define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos.

Los lóbulos laterales también determinan la capacidad de una antena para ver la radiación que le llega de direcciones fuera del centro, así se puede tener un excelente funcionamiento si los niveles de potencia de los lóbulos laterales están a 20 dB o más por debajo del lóbulo principal (ver la figura 2.2).

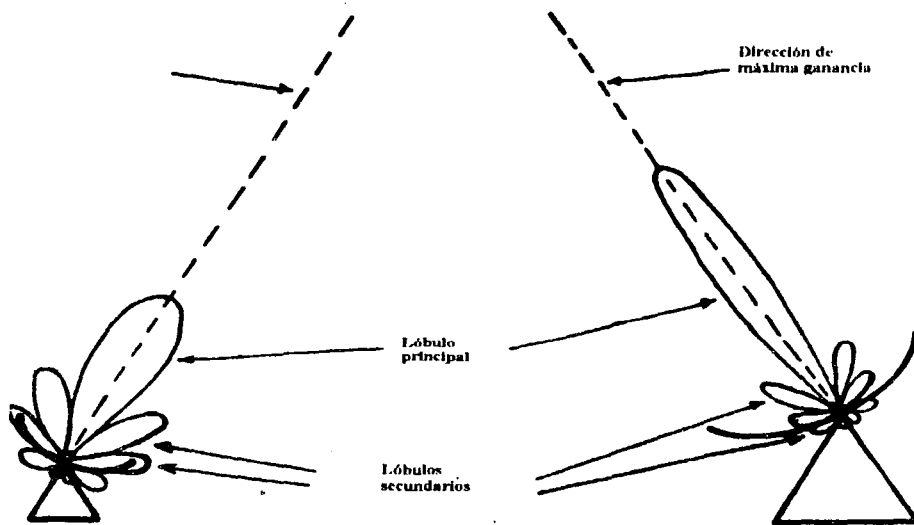


FIGURA 2.2. PATRON DE RADIACION DE LA ANTENA PARABOLICA DE DOS ESTACIONES TERRENAS.

2.2.4. RUIDO DE ANTENA.

La temperatura de ruido es una medida de interferencia proveniente del ambiente circundante y del espacio exterior que es inducido directamente a la antena, por otro lado el calor del suelo emite radiación, por lo que la temperatura de ruido aumenta a medida que la antena apunta a una elevación más baja en regiones que se alejan del ecuador. Las antenas más grandes captan menos ruido por que tienen lóbulos más pequeños.

2.2.5. ALIMENTADORES.

Los alimentadores tienen la función de captar las microondas reflejadas en la superficie de la antena, de ignorar el ruido y las señales que provienen de direcciones diferentes al eje; esto debe lograrse con un mínimo de pérdida de señal y sin agregar una cantidad significativa de ruido.

El alimentador desempeña distintas funciones dependiendo de las características de transmisión adoptadas, estas son:

- a) Separación de las señales transmitidas y recibidas, la cual es realizada por un transductor ortogonal o diplexor.

- b) Proporcionar la polarización adecuada a las señales transmitidas o recibidas, la cual es dada por el polarizador, este dispositivo tiene dos modos de aplicación, uno de ellos consiste, en convertir la polarización de una señal circular en lineal y la otra consiste, en cambiar el ángulo de polarización linealmente.

c) Derivación de señales de rastreo para apuntar a la antena hacia el satélite, esto puede ser realizado por un sistema de rastreo de monoimpulsos, donde el acoplador de rastreo es instalado en el alimentador, cuando el satélite se desplaza fuera de línea de vista de la antena, el acoplador produce una señal de error que es usado por la unidad de control de la antena para poner en la línea de vista al satélite.

2.3 TIPOS DE ANTENAS.

La mayoría de las antenas de microondas que las estaciones terrenas usan actualmente en comunicaciones vía satélite, están diseñadas en base a las combinaciones de superficies circulares y parabólicas.

Existen varios tipos de alimentación de una antena parabólica, pero solamente mencionaremos los más utilizados en dichas antenas:

- 1) Alimentación Frontal.
- 2) Alimentación Descentrada.
- 3) Alimentación Cassegrain.
- 4) Alimentación Gregoriana.

2.3.1. ALIMENTACION FRONTAL.

En una antena con alimentación frontal, el eje del alimentador o corneta coincide con el eje de la antena, y la apertura con la que radía esta orientada hacia el suelo, esto último presenta el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador que se desperdicia por desborde, se refleja al tocar el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida. Así mismo, si la antena esta

recibiendo del satélite, los rayos que incidan sobre el piso cerca de la antena reflejan hacia el alimentador, y pueden causar una degradación de la señal recibida al sumarse con los rayos directos que son reflejados por el plato parabólico (ver figura 2.3).

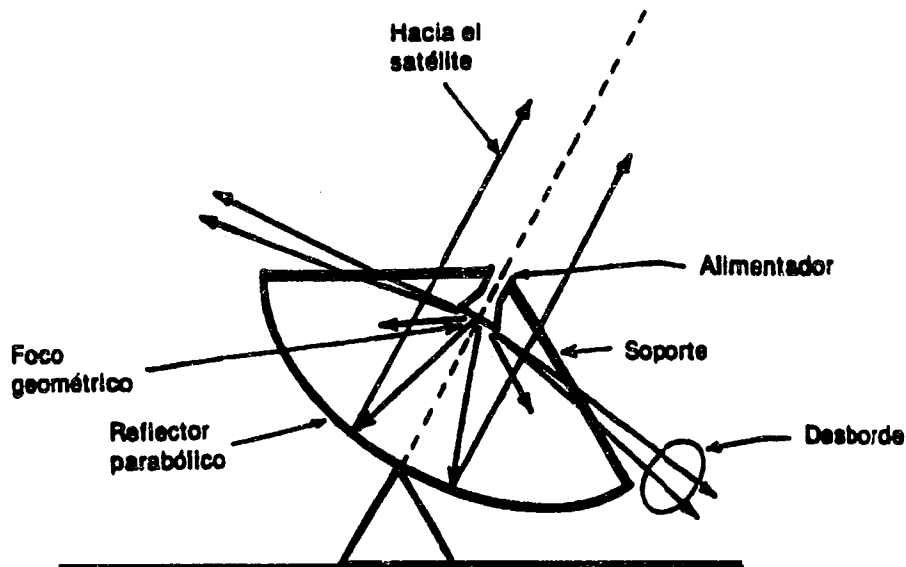


FIGURA 2.3. ANTENA PARABOLICA CON ALIMENTADOR FRONTAL.

2.3.2. ALIMENTACION DESCENTRADA.

Utilizando una antena con alimentación descentrada se puede eliminar el bloque del alimentador, el equipo electrónico y de la estructura del soporte. En este caso, sólo se emplea una sección del plato parabólico, y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella, es decir, los ejes de la corneta (alimentador) y del paraboloide no coinciden, de allí el nombre de alimentación descentrada (ver figura 2.4). Sin embargo, la construcción de toda la estructura reflectora y de soporte es más costosa que la de la alimentación frontal, además

de que no resuelve el problema de desborde por las orillas de la superficie parabólica. De cualquier forma, este tipo de antenas se utilizan en varias estaciones receptoras y transmisoras de datos, televisión y telefonía.

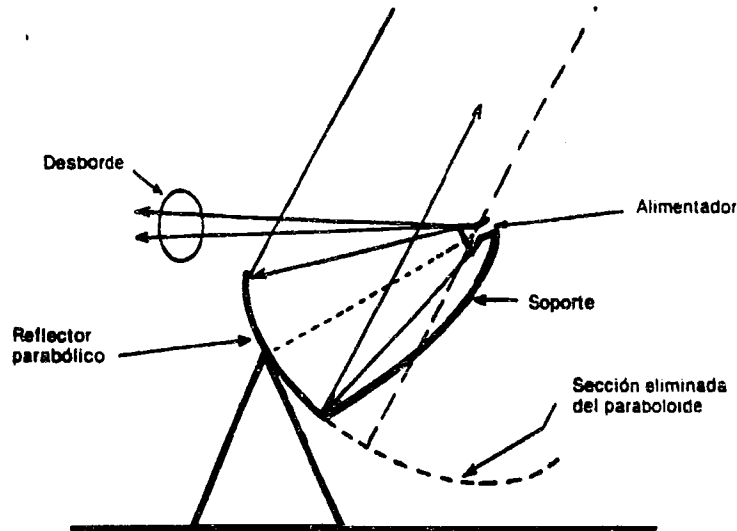


FIGURA 2.4. ANTENA PARABOLICA CON ALIMENTACION DESCENTRADA.

2.3.3. ALIMENTACION CASSEGRAIN.

La antena Cassegrain es mucho más eficiente que cualquiera de los dos tipos ya descritos y su ganancia es mayor, pero su costo es más alto. Este tipo de antena se utiliza en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras de televisión, así como en todas las estaciones que transmiten y reciben cantidades muy grandes de comunicación telefónica y de datos (ver figura 2.5).

Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado subreflector, y el alimentador o corneta ya no tiene su

apertura orientada hacia el piso, sino hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce a las señales ya no es generado por reflexiones en la tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera. Los ejes de la parábola, el alimentador y la hipérbola coinciden y el diseño es equivalente a tener una antena imaginaria menos cóncava y con alimentador más alejado de su vértice, de esta forma, la parábola captura mejor la energía radiada por la corneta y el desborde se reduce significativamente.

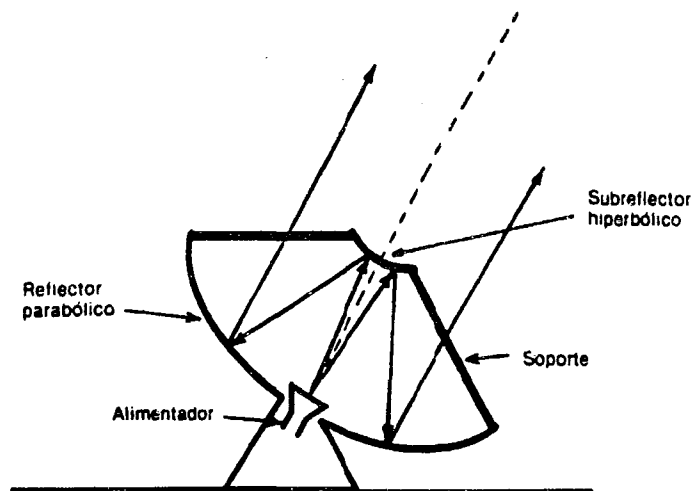


FIGURA 2.5. ANTENA CASSEGRAIN CON ALIMENTACION FRONTAL.

2.3.4. ALIMENTACION GREGORIANA.

Es un tipo de antena con reflector dual, el reflector principal es parabólico y el subreflector es elíptico. A diferencia de la antena Cassegrain esta antena tiene un foco real que enfoca todos los rayos emitidos del radiador (ver la figura 2.6).

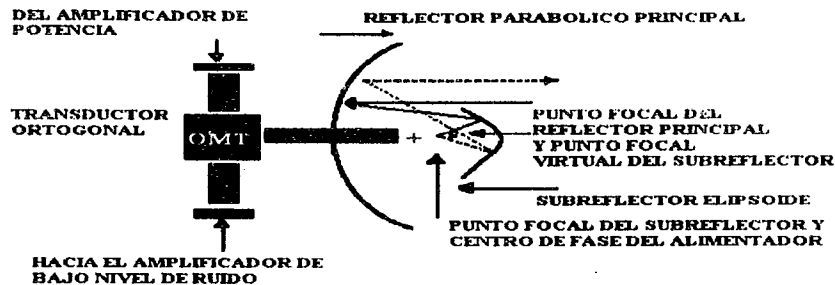


FIGURA 2.6. ANTENA GREGORIANA.

2.4 ORIENTACION DE ANTENAS EN ELEVACION Y EN AZIMUT.

El ajuste de la orientación correcta del plato parabólico de una estación terrena hacia el satélite, se obtiene ajustando dos ángulos, el de elevación y el de azimut; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación, es decir la posición de latitud y longitud de la estación, y la ubicación en longitud del satélite (ver la figura 2.7).

2.4.1. ANGULO DE ELEVACION.

El ángulo de elevación es el ángulo formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal, o el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada deberá pasar por la atmósfera de la Tierra.

Como cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la Tierra, sufre absorción y, también puede contaminarse severamente por el ruido.

El ángulo de elevación afecta la intensidad de la señal de una onda propagada debido a la absorción atmosférica normal, absorción debida a neblina pesada, y absorción debida a fuerte lluvia. La banda 14/12 Ghz., que es la banda Ku es, severamente más afectada que la banda 6/4 Ghz., que es la banda C. Esto se debe a las longitudes de onda más pequeñas asociadas con las frecuencias más altas.

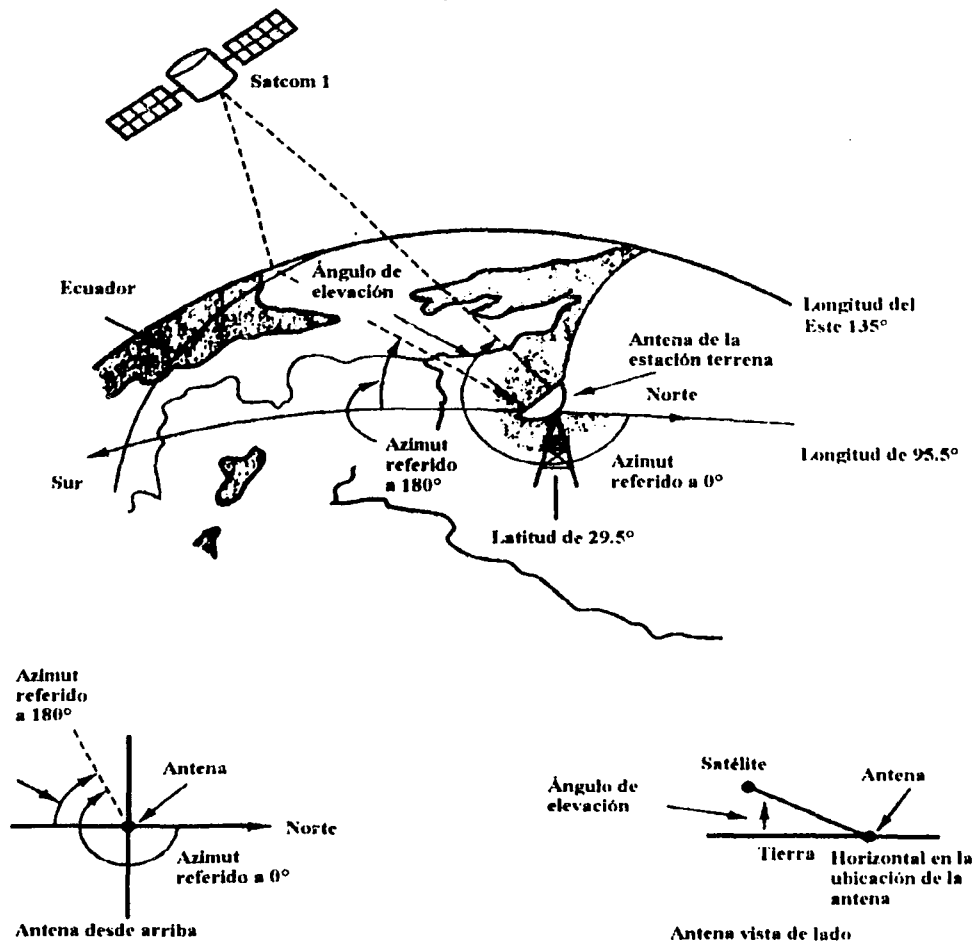


FIGURA 2.7. AZIMUT Y ANGULO DE ELEVACION.

2.4.2. ANGULO DE AZIMUT.

El ángulo de azimut se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Normalmente se mide en sentido horario, en grados del norte geográfico ya que existe el norte magnético. Los ángulos de elevación y de azimut, dependen de la latitud y longitud de la estación terrena, así como de la posición del satélite en órbita.

2.5 MODULADOR.

El modulador de la estación combina la forma de la señal original con la señal portadora, modificando el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información dentro del espectro radioeléctrico, la cual es transferida a frecuencias más altas; este paso de la señal modulada a frecuencia intermedia es el primero en su ascenso de conversión a microondas. Aunque el modulador coloca a la señal modulada en una región más alta del espectro radioeléctrico, la frecuencia intermedia (FI) no es adecuada todavía para radiarla eficientemente a través de la atmósfera. Por lo tanto es necesario subirla más en frecuencia, empleándose para ello un equipo convertidor elevador de frecuencia.

2.6 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA (ASCENDENTE).

El convertidor de frecuencia de ascendente transfiere la señal de la frecuencia intermedia a una posición dentro del espectro radioeléctrico en donde la nueva frecuencia que lo integra es mucho más alta que cuando salió del modulador. La señal tiene ahora la frecuencia apropiada para poder ser radiada al satélite, pero su nivel de potencia es aún muy bajo, por lo que es preciso amplificarla antes de entregársela a la antena; para esto se utiliza un amplificador de alta potencia o

HPA, del cual existen tres tipos: el tubo de ondas progresivas (TWT), el Klystrón y el de estado sólido (SSPA).

2.7 AMPLIFICADORES DE POTENCIA.

Las estaciones terrenas transmisoras sencillas cuentan con un solo bloque de transmisión, y las que conducen grandes cantidades o diversidad de señales tienen varios bloques. El equipo transmisor consiste básicamente en tres módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de potencia (ver la figura 2.1). Después de que una señal ha sido generada (ya sea de canal telefónico, de televisión o de datos) y una vez hechas las combinaciones necesarias de multiplexaje en frecuencia o en el tiempo, se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada eficientemente a través del aire hacia el satélite, sin que sea interferida o esta interfiera con otras señales; este acondicionamiento permite que la señal se pueda recuperar fielmente con la mayor aproximación posible en la estación terrena receptora, aunque su nivel de potencia sea sumamente bajo al llegar.

2.7.1. AMPLIFICADOR DE POTENCIA TIPO KLYSTRON.

Un klystrón es un amplificador de banda estrecha suficiente para manejar uno o dos canales de televisión, varios cientos de canales telefónicos o algunos canales de datos de muy alta velocidad de transmisión. Cuando una estación terrena tiene varios klystrón's y desea transmitir toda la información procedente de ellos a través de una misma antena, se necesita utilizar un combinador de señales, que introduce pérdidas de potencia similares en magnitud a las producidas por la potencia máxima nominal de salida back-off en los tubos de ondas progresivas. Además de estas pérdidas, el combinador se convierte en un

punto de interacción entre las salidas de los distintos klystrón's que puede conducir a interferencias entre ellos; así mismo, cuando se requiere cambiar de transpondedor en el satélite, es preciso volver a sintonizar al klystrón correspondiente. De cualquier forma los klystrón son muy confiables y robustos, duran mucho tiempo en servicio y además son más económicos que un amplificador de tubo de ondas progresivas (TWT) y un amplificado de estado sólido (SSPA).

Por último, es conveniente señalar que antes de adquirir un amplificador es necesario tomar en cuenta las características de potencia que satisfagan las necesidades a futuro tomando en cuenta el posible crecimiento del tráfico en la estación terrena, es decir que aún cuando en un principio el amplificador esté operando a un nivel bajo para su capacidad, éste sea capaz de soportar los requerimientos de potencia de ancho de banda de futuras señales adicionales que la estación tenga que transmitir durante los siguientes años de vida útil

2.7.2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE TUBO DE ONDAS PROGRESIVAS (TWT).

El tubo de ondas progresivas es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande, que abarca todas las frecuencias utilizables del satélite (500 Mhz), por lo que puede amplificar simultáneamente varias señales dirigidas hacia distintos transpondedores del satélite. Sus características de operación son satisfactoriamente uniformes o constantes a cualquier frecuencia, pero cuando se amplifican simultáneamente muchas señales distintas (así estén dirigidas a un mismo transponder o transponder diferentes) su potencia de salida no se puede aumentar al máximo; de hacerlo, el ruido de intermodulación sería muy grande. Para reducir el ruido, es necesario operar al amplificador en un nivel de potencia

de salida baja, con la siguiente pérdida de potencia en relación con la potencia máxima nominal de salida (back-off).

A pesar de este inconveniente, el uso de los tubos de ondas progresivas es más común que el de los klystrón's, pues una de sus ventajas es que se puede efectuar cualquier modificación en la frecuencia central de amplificación, dentro del ancho de banda de operación del satélite (500 Mhz), sin tener que sintonizarlos (como es el caso de los klystrón's).

2.7.3. AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE ESTADO SOLIDO (SSPA).

Este amplificador se caracteriza por su pequeño tamaño, peso ligero, se debe notar específicamente que el amplificador Fet-GaAs (Arseniuro de Galio) provee características superiores que los amplificadores antes mencionados; tales como el bajo ruido, un rango de frecuencia ancho y una gran ganancia.

El Fet-GaAs esta básicamente hecho de una delgada capa epitaxial de GaAs tipo N de cerca de 0.5 mm de espesor, un par de contactos ohmicos de electrodos de fuente de drenaje montado en una capa epitaxial y una barrera Schottky puesta entre estos dos electrodos.

Los factores principales del buen desempeño de un Fet-GaAS son:

- 1.- Que el GaAs tiene gran movilidad de electrones y una gran velocidad de electrones en saturación.
- 2.- La estructura del Fet es relativamente simple.

3.- Comparada con el ruido de un transistor bipolar, el ruido generado por un Fet-GaAs, es menor en altas frecuencias.

4.- La capacitancia parásita puede ser reducida con el uso de un semiaislante GaAs.

El amplificador Fet-GaAs de bajo ruido para las bandas de 4, 12 y 20 Ghz, es usado prácticamente en las estaciones terrenas. Las temperaturas de ruido de menos de 90° K, son conseguidas en la banda de 4 Ghz, y usando sistemas de enfriamiento termoeléctrico de hasta -50° C.

2.8 AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO.

Como sabemos los satélites de comunicación funcionan como un gran espejo directivo en el espacio; la señal transmitida desde la tierra y retransmitida por el satélite son idénticas (sin embargo en realidad estas señales son aproximadamente idénticas, debido a que en el transcurso de la misma se van añadiendo señales indeseables como el ruido, el cual no se puede evitar aún con los mejores equipos electrónicos), con la diferencia de que es colocada en una región de frecuencias más bajas en el espectro radioeléctrico, y por supuesto es amplificada.

En el diagrama 2.1 se muestra la configuración básica del bloque de recepción. Donde la antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite con la polarización y banda de frecuencias con las que son transmitidas, es decir, información de diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 Mhz. Es decir, que la estación, después de capturar toda esa información, debe separar sólo aquella parte que le corresponde procesar. Hay que tomar en cuenta que posiblemente la información dirigida a una estación en

particular provenga de diferentes estaciones terrenas transmisoras que funcionen con transpondedores distintos en el satélite, por lo tanto esas señales ocupan posiciones diferentes dentro de los 500 Mhz del ancho de banda del paquete de información que el satélite retransmite y en consecuencia, la estación receptora debe extraer únicamente las porciones que le interesen.

2.8.1. AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO (LNA).

La antena recibe las señales provenientes del satélite y a través del diplexor se las entrega a un amplificador de bajo ruido, éste funciona de la misma forma que el amplificador de bajo ruido del satélite, por las razones de que a su llegada la señal tiene intensidad muy baja y de que es muy vulnerable ante cualquier ruido que se le pueda añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable. La antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen la calidad de su operación. Por otra parte, el amplificador de bajo ruido tiene una temperatura de ruido como su principal parámetro indicativo, y mientras más bajo sea mejor, por que el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de recepción aumenta.

G/T Es el valor del cociente y es una cantidad que se utiliza comúnmente para definir las cualidades de recepción de una estación terrena. Esta relación de G/T se conoce como factor de calidad o figura de mérito, y como la ganancia de la antena está dada en decibeles y la temperatura de ruido en grados Kelvin, por lo tanto, sus unidades son $db/^{\circ}K$.

La temperatura de ruido usual con la que operan los amplificadores actuales es del orden de unas cuantas decenas de grados Kelvin, o cuando mucho unos $250^{\circ}K$. La tecnología desarrollada hasta ahora en banda C (3.4-4.2 Ghz) ha permitido fabricar fácilmente amplificadores con temperaturas inferiores a los 100

°K, pero en la banda Ku (11.7-12.2 Ghz) es más común encontrarlos con temperaturas entre los 100 y 200 °K. El gran número de la temperatura de ruido de la antena en la banda Ku se debe principalmente al comportamiento de la atmósfera en esas frecuencias y la atenuación de la señal causada por lluvia, por el contrario, las señales que se propagan en la banda C son atenuadas muy poco por la lluvia y la temperatura efectiva de ruido de la antena es relativamente baja. Por lo anterior, cuando un enlace de comunicaciones funciona en la banda Ku, es necesario diseñarlo con un buen margen de operación para que cuando llueva, la señal no se degrade a niveles de potencia indeseables, a este margen de diseño se le da precisamente el nombre de margen de lluvia.

2.9 CONVERTIDOR DE FRECUENCIA (DESCENDENTE).

Para poder explicar mejor esto haremos referencia a la figura 2.1 la cual nos presenta un diagrama a bloques de una estación terrena, se observa que después del amplificador de bajo ruido van conectados en cadena con un convertidor de frecuencia de descendente y un demodulador. La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con un ancho de banda de 500 Mhz, situada aún en la misma región del espectro radioeléctrico, el convertidor de frecuencia ascendente tiene como función transferir toda esa información a una región más baja del espectro, centrándola en una frecuencia intermedia (FI) de recepción, es decir, haciendo una operación inversa al convertidor de frecuencia ascendente del modo de transmisión.

La conversión de reducción de frecuencia se puede hacer en un solo paso, bajando de la frecuencia de llegada a la antena (que es la misma frecuencia en la que opera el amplificador de bajo ruido) hasta la frecuencia intermedia (FI) que se le debe entregar al demodulador. Generalmente, la frecuencia intermedia que se emplea es de 70 Mhz, pero si las señales que desean demodular ocupan un

ancho de banda muy grande, por ejemplo 92 Mhz (existe una tolerancia de ± 18 Mhz), entonces se baja a una frecuencia intermedia de 140 Mhz.

2.10 DEMODULADOR.

La señal de frecuencia intermedia que sale del convertidor reductor aún está modulada (ya sea en FM, PSK o alguna otra forma de modulación) y el paso siguiente para recuperarla en su forma original (banda base) es precisamente demodularla. El grado de distorsión que se produce depende del tipo de modulación que se halla elegido, del nivel de potencia transmitida, de la ganancia de las antenas, y de otros parámetros del diseño del enlace.

Para esto se han establecido normas y recomendaciones internacionales, las cuales son fruto de muchas pruebas subjetivas realizadas por una gran cantidad de gente, a fin de saber de cuanto ruido era permisible en presencia de cada tipo de señal sin que resultase incómodo; es decir, se comprobó que si el cociente de la potencia de la señal deseada (señal de T.V, radio o telefonía) dividida entre la potencia del ruido presente era mayor de cierto valor o estándar, entonces el sistema funcionaba bien. A este cociente se le define como relación señal a ruido (carrier/noise) y se presenta como C/N, que es la medida de la calidad de la señal recibida y se especifica precisamente a la salida del demodulador.

La relación señal a ruido es la medida de la calidad para enlaces analógicos como es televisión o telefonía con modulación FM; en una transmisión digital (telefonía digitalizada o datos con modulación PSK) dicha relación no se utiliza, si no que se emplea la probabilidad de error. La señal digital sea cual sea su contenido está compuesta por unos (1) y ceros (0), el ruido al añadirse a ellos en diferentes etapas del enlace ocasiona que algunos unos y ceros se interpreten

mal en el receptor. Cuanto mayor sean los errores es más difícil la reconstrucción de la señal del receptor y en consecuencia la calidad del servicio se degrada.

El demodulador es un bloque muy importante, el cual constituye parte de la cadena de recepción, ya que determina la calidad final del enlace.

2.11 SUBSISTEMA DE RASTREO DEL SATELITE.

Un sistema de rastreo depende de que tanto se mueva el satélite con respecto a su posición asignada y el ancho del haz de la antena terrestre que desee comunicarse con él. Cuanto más angosto sea el ancho del haz de la antena y ella esta más cerca del ecuador, el apuntamiento se vuelve más importante, especialmente si el satélite esta directamente encima de la estación terrena, en cambio si la estación esta en una latitud alejada no hay mucho problema y el impacto es menor en los ajustes necesarios para la orientación de la antena para rastrearlo.

Si el ancho del haz de la antena es mucho más grande que la ventana del satélite, entonces no se necesita un sistema de rastreo. Existen fundamentalmente dos tipos de sistemas de rastreo, el preprogramado y el automático; en el caso del segundo, el seguimiento del satélite se puede hacer por pasos o en forma continua con monoimpulsos.

El rastreo programado. Consiste en determinar con anticipación los movimientos del satélite y programar acordemente al mecanismo de orientación de la antena de la estación terrena para que lo siga. El satélite no se mueve arbitrariamente o aleatoriamente, si no de acuerdo con las influencias de fuerzas como son: el campo gravitacional de la tierra, la presión de la radiación solar

sobre la estructura del satélite, y el campo magnético de la tierra (mecánica celeste).

Rastreo automático. Este método se conoce como de ascenso. A intervalos regulares, la antena detecta la intensidad de una señal guía emitida por el satélite; la cual gira un poco (es decir un paso en grados) sobre su eje de montaje y compara la intensidad de la señal recibida con respecto a la anterior, si el nivel de la señal baja, entonces se mueve ahora en dirección opuesta, y si es mejor la intensidad de la señal recibida se queda en esa posición de lo contrario buscará hasta detectar el nivel máximo.

Sistema de rastreo monoimpulso. Este sistema es el más preciso y confiable para las antenas grandes, especialmente si trabajan en la banda Ku. Su forma de operación es original de la tecnología del radar ya que la búsqueda es por un nivel mínimo de recepción de la señal guía y para esto la antena parabólica necesita un alimentador especial.

2.12 SUBSISTEMA DE ALIMENTACION DE ENERGIA.

La confiabilidad de un sistema depende mucho del suministro de energía eléctrica, para este caso en la estación terrena todos los módulos excepto la antena se alimentan de energía eléctrica y corren el riesgo que por una falla en el suministro no pueden transmitir importantes paquetes de información entre centros de computó y lugares remotos. Por tal razón, muchas estaciones transmisoras y receptoras deben contar con un sistema de alimentación de energía, ininterrumpida (UPS); es decir, cuando se presente una falla en el suministro de energía, la conmutación o cambio al sistema de energía de respaldo debe de ser suave sin sobrecarga, regulada y rápida, sin ninguna interrupción del servicio al llevar acabo el respaldo este cambio se realiza a través de un UPS.

Tomando en cuenta lo antes expuesto, las estaciones más importantes de una red de comunicaciones vía satélite tienen su propia subestación eléctrica. En condiciones normales, las estaciones obtienen la energía directamente del sistema general de distribución comercial. Pero cuando se presenta una falla en el suministro de energía la potencia que el sistema de respaldo debe soportar es muy grande y hace el respaldo a través de bancos de baterías, los cuales soportan la alimentación de los equipos principales pero esto aproximadamente durante tres horas dependiendo de su capacidad, por lo que normalmente se cuenta con motores alternadores con volantes de inercia y alimentados por gasolina ó diesel para que soporten el abastecimiento de energía hasta que se restablezca la energía principal.

2.13 TECNICAS DE ACCESO A SATELITE.

El acceso múltiple es la posibilidad proporcionada a varias estaciones terrenas de transmitir simultáneamente sus portadoras respectivas al mismo transpondedor del satélite y además buscando un equilibrio entre el ancho de banda y la potencia disponible del transpondedor.

Entre los diversos sistemas de acceso múltiple aplicados actualmente, existen dos tipos fundamentales, FDMA y TDMA.

Los sistemas FDMA en sus siglas en ingles (Acceso Múltiple por División de Frecuencia), segmentan el ancho de banda de un transpondedor (equipo que se encarga de recibir una señal, amplificarla, cambiarla de frecuencia y retransmitirla) para la transmisión de portadoras múltiples, esto quiere decir, que se pueden acceder varias portadoras con diferente frecuencia al mismo tiempo en un mismo transpondedor. FDMA puede ser utilizado para transmisiones con modulación analógica y modulación digital.

Los sistemas TDMA en sus siglas en ingles (Acceso Múltiple por División de Tiempo), se caracterizan por la utilización de una frecuencia en la que el ancho de banda asociado con la portadora es en algunos casos el ancho de banda completo del transpondedor. Este ancho de banda es compartido en tiempo por todos los usuarios en una ocupación denominada por "ranuras de tiempo". TDMA es recomendado exclusivamente en transmisiones que utilizan modulación digital, por ejemplo señales de vídeo, datos y voz codificada. A continuación se describirán las características principales de estos sistemas de acceso.

2.13.1. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA).

El acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) es una técnica de acceso múltiple que permite recibir a el satélite las transmisiones de las diversas estaciones terrenas de la red con un esquema de ranuras de tiempo separadas y evita, por lo tanto, la generación de productos de intermodulación en un transpondedor. Cada estación debe determinar con precisión el tiempo y rango de adquisición de la señal de tal manera que las señales transmitidas son temporizadas para arribar al satélite en la ranura de tiempo apropiada.

La figura 2.8 muestra la configuración típica de una red TDMA en la cual cada ráfaga de alta velocidad de energía de RF, típicamente con modulación QPSK arriba al satélite que es una ranura de tiempo asignada. Debido a que solamente una señal se encuentra presente en un momento dado en el transpondedor no existirán productos de intermodulación.

TDMA permite operar el amplificador de potencia de salida en saturación, resultando en un incremento significativo en la potencia útil de salida.

Cada una de las señales de entrada TDMA tiene señales que son direccionadas a diferentes estaciones utilizando porciones separadas de la ráfaga TDMA que sigue a la ráfaga de preámbulo (ver figura 2.8).

El receptor TDMA demodula cada una de las ráfagas TDMA enviadas para las estaciones transmisoras y las demultiplexa en un flujo de bits individuales.

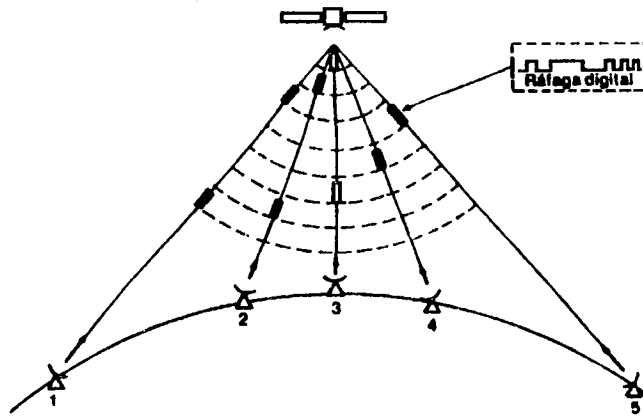


FIGURA 2.8. CONFIGURACION TIPICA DE TDMA.

2.13.2. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA).

El acceso FDMA es el más simple y consiste en la transmisión simultánea de un número diverso de portadoras a diferentes frecuencias con anchos de bandas traslapados.

En el caso de la transmisión de varias portadoras en un mismo transpondedor, se deben utilizar bandas de guarda entre los canales adyacentes para minimizar la interferencia, disminuyendo la eficiencia de utilización del ancho de banda del transpondedor. El tamaño de estas bandas de guarda debe considerar las

imperfecciones de los filtros empleados en los transmisores, así como los corrimientos de frecuencia de los osciladores que controlan la operación de los convertidores de frecuencia empleados.

En FDMA, la capacidad de ancho de banda de un transpondedor se divide en los siguientes tipos de banda:

1.- Se puede tener pocas bandas (hasta una portadora por transpondedor de 36 Mhz.) de gran capacidad donde cada banda pueda manejar un nivel jerárquico del multiplexaje por división de frecuencia con modulación (FDM/FM) o del multiplexaje por división de tiempo con modulación digital (TDM/MPSK).

2.- Se puede tener muchas bandas (con portadoras con un solo canal de voz) cada una de las cuales puede manejar un canal analógico o digital. Este tipo de esquemas se conoce como canal único por portadora (SCPC Single Channel Per Carrier).

3.- Se puede tener una mezcla de las dos anteriores categorías.

2.13.2.1. CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC SINGLE CHANNEL PER CARRIER).

La técnica de canal único por portadora (SCPC) tiene gran aplicación cuando se desea interconectar un gran número de estaciones terrenas de muy baja capacidad o demanda de tráfico y consiste en que cada canal se le asigna una frecuencia portadora de RF, misma que es modulada por la señal en FM o QPSK.

Dado que en telefonía las llamadas son aleatorias, el espectro del transpondedor se puede aprovechar eficientemente si las frecuencias portadoras

de RF se asignan temporalmente a las estaciones terrenas, es decir, únicamente mientras tengan información que enviar. Cuando una estación A termina de transmitir su información, la frecuencia de portadora que se le había asignado a un banco de frecuencias controlado por una computadora central. Si otra estación B desea entonces establecer un enlace, la computadora central le asignará una de las frecuencias disponibles en el banco y quizá se le otorgue la misma frecuencia que antes había utilizado la estación A. Como el sistema funciona en base a éste banco de frecuencias y el criterio es dar servicio a quien pida primero, la técnica recibe el nombre de DAMA en sus siglas en ingles (Acceso Múltiple de Asignación por Demanda). Cuando los canales de voz están codificados en PCM, la técnica se conoce como SPADE en sus siglas en ingles (Equipo de Asignación por Demanda en Acceso Múltiple por Canal PCM Unico por Portadora).

2.13.3. ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO (CDMA).

Además de las técnicas de acceso múltiple FDMA y TDMA que son las de mayor uso en los satélites comerciales de comunicación, existe una tercera alternativa en la que un transpondedor completo es ocupado por varias estaciones que transmiten a la misma frecuencia y al mismo tiempo. Esta técnica denominada acceso múltiple por división de código CDMA y es particularmente útil en transmisiones confidenciales o altamente sensitivas a la interferencia; al igual que TDMA, es totalmente digital, y presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras puedan ser muy pequeñas sin importar que sus ganancias sean bajas y sus haces de radiación muy amplios.

En la figura 2.9 se ilustra una red de seis estaciones terrenas que operan con la técnica de acceso CDMA. Cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información; de las estaciones terrenas receptoras, sólo la destinataria de cierta información

determinada conoce el código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original, aunque llegue superpuesto con todos los demás mensajes que se transmitieron simultáneamente.

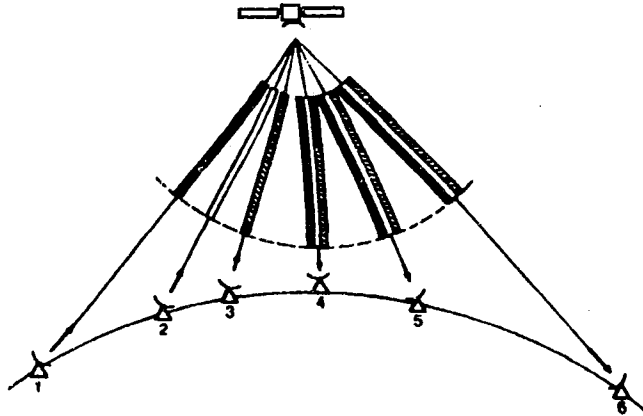


FIGURA 2.9. CONFIGURACION TIPICA DE CDMA.

2.14 TIPOS DE MODULACION.

El proceso de hacer variar una forma de onda, ya sea en amplitud, frecuencia, o fase, con el fin de transmitir es lo que en ingeniería de comunicaciones se le conoce como modulación. De esta manera el término significará procesamiento electrónico, simple o sofisticado, dependiendo del sistema y la tecnología a emplear en ello.

Existen prácticamente dos tipos de modulación analógicas y digitales que a continuación explicaremos cada una de ellas.

2.14.1. ANALOGICAS.

El método común para la comunicación de información de señales a larga distancia, consiste en montar esas variaciones en una onda senoidal continua, llamada portadora, y usualmente de amplitud, frecuencia y fase constantes, de tal manera que al menos uno de los parámetros de esta última onda pueda ser cambiado en función de tales variaciones.

La señal de información, llamada moduladora, generalmente es de amplitud variable debido al contenido de componentes de frecuencia diferente, y con contribución distinta en la potencia de cada una, las cuales comúnmente están muy por abajo de la frecuencia de la onda portadora.

2.14.1.1. MODULACION DE AMPLITUD (AM).

Un método para modular la onda portadora es variar su amplitud de acuerdo con las variaciones de la señal de audio. Se llama modulación de amplitud (M.A.) o amplitud modulada (A.M.). Es mejor utilizar ondas senoidales para explicarlo como en la figura 2.10. La onda (a) es la portadora, la (b) es la onda senoidal audio para modular la portadora, y (c) es el resultado de modular (a) con (b). Debe quedar claro que la frecuencia de la portadora queda constante. Sólo se cambia su amplitud en concordancia con los parámetros de la señal moduladora. La línea punteada de (c) es llamada modulación envolvente. La profundidad de modulación depende de la amplitud de la señal moduladora respecto a la amplitud de la onda portadora.

El proceso de modulación de la amplitud produce una banda lateral superior y otra inferior para cada frecuencia de la señal moduladora, y cada banda lateral está separada de la frecuencia de la portadora un número de hertzios igual a la

frecuencia de la señal moduladora. Cuando se modula con una onda senoidal pura hay dos bandas laterales.

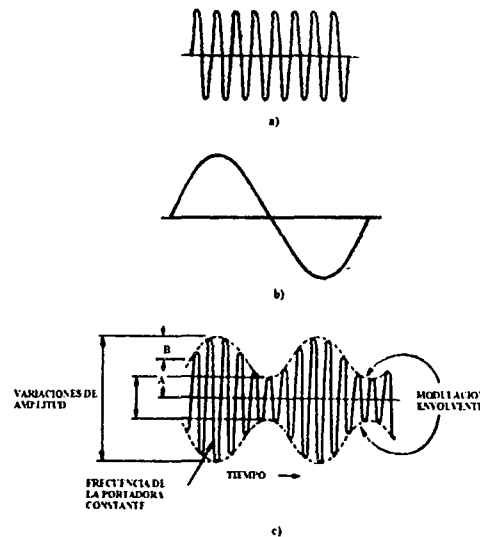


FIGURA 2.10. MODULACION DE AMPLITUD (AM).

2.14.1.2. MODULACION DE FRECUENCIA (FM).

Otro método de modulación produce la variación de la frecuencia de la onda portadora por encima y por debajo de la nominal en un margen correspondiente a la frecuencia de la señal moduladora y una cantidad (la desviación) correspondiente a la amplitud de la señal moduladora. Cuando mayor sea la frecuencia más alta de la señal moduladora, mayor será el margen de variación de la frecuencia portadora y cuanto mayor sea la amplitud de la señal moduladora más grande será la desviación a ambos lados de la frecuencia portadora. Esto es lo que se llama modulación de frecuencia (M.F.) o frecuencia modulada (F.M.) en la que la amplitud de la portadora permanece constante.

La modulación de frecuencia se utiliza en la banda V.H.F. para transmisiones de audio de alta calidad y para el sonido de televisión. La máxima desviación para radiodifusión es más o menos 75 KHz y las frecuencias de modulación llegan hasta 15 KHz, asegurando así una elevada fidelidad (incluso se emplean frecuencias más altas de modulación para lograr F.M. estéreo).

En la figura 2.11 se da una impresión elemental de una señal F.M. La banda lateral de F.M. es más compleja que la de A.M. Para cada señal de modulación hay una serie de pares de bandas laterales separadas de la frecuencia portadora, una, dos, tres, etc. veces la frecuencia moduladora. La estructura de las bandas laterales depende de la frecuencia moduladora y de la desviación de la frecuencia.

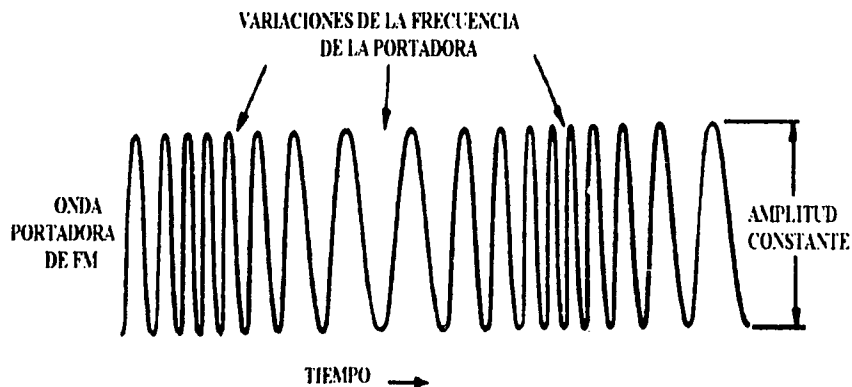


FIGURA 2.11. MODULACION DE FRECUENCIA (FM).

2.14.2. DIGITALES.

Así como existen técnicas de modulación analógicas, también la información digital se puede imprimir sobre una onda portadora de muchas maneras.

Dado un mensaje digital se puede emplear la modulación por corrimiento de amplitud (ASK) donde la amplitud de la portadora se conmuta entre dos o más valores, o bien la portadora podría manipular la frecuencia o la fase dando como resultado la manipulación por corrimiento de frecuencia (FSK) y la manipulación por corrimiento de fase (PSK). Siendo de estas formas como se envía la información a través del medio de comunicación y llegar al destino deseado. En comunicaciones vía satélite se utiliza principalmente la modulación PSK y en algunos casos la FSK.

Cuando llega a nuestro receptor (demodulador) la información demodulada, el demodulador efectúa un proceso que nos permitirá regenerar la información binaria. Cuando el receptor sabe explorar la fase de la portadora para detectar las señales que llevan el mensaje digital, al proceso se le llama detección no coherente.

La demodulación no coherente se refiere a demoduladores que están diseñados para operar sin conocer el valor absoluto de la fase en la señal que llega; por lo tanto, la estimación de la fase no es requerida.

2.14.2.1. MODULACION POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK).

En el corrimiento de amplitud, la amplitud de una señal portadora de alta frecuencia se conmuta entre dos o más valores en respuesta al código PCM. Para el caso binario, la elección usual es la conmutación encendido-apagado (que a veces se abrevia OOK, on-off keying). La señal modulada en amplitud resultante consta de dos pulsos de RF llamados marcas, que representan unos binarios y espacios que representan ceros binarios. Como en AM el ancho de banda en banda base se duplica en ASK.

2.14.2.2. MODULACION POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA (FSK).

La modulación por corrimiento de frecuencia se caracteriza por el uso de dos frecuencias separadas por una diferencia de frecuencias Δf (Hz), en donde este valor corresponde a la desviación de frecuencia Δf , que comparada con la frecuencia portadora f_p , resulta ser pequeña.

En un sistema binario se usan dos señales cuyas frecuencias son distintas f_1 y f_2 , designadas para una marca ó un espacio (0 y 1 respectivamente) y esta información tendrá diferentes frecuencias con una amplitud constante, figura 2.12.

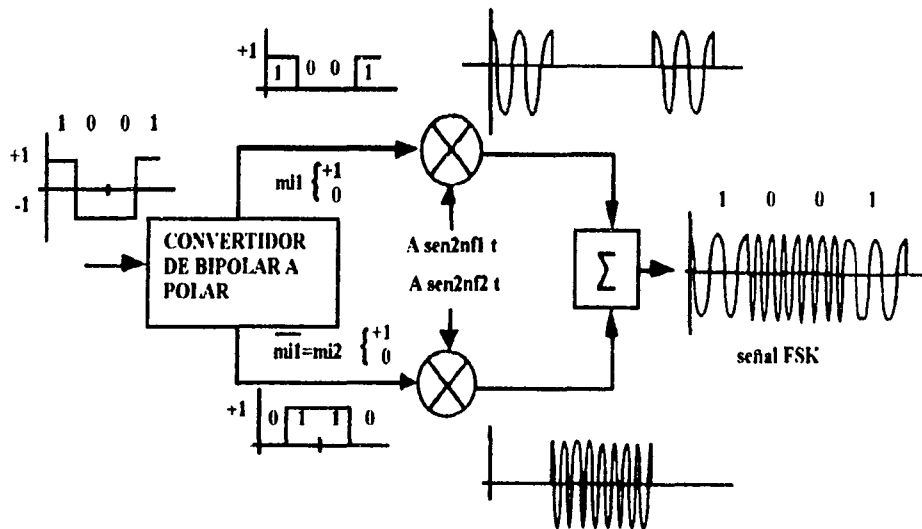


FIGURA 2.12. MODULADOR FSK.

El espectro de la onda FSK es igual a la suma de los dos espectros de las ondas de frecuencia f_1 y f_2 .

El ancho de banda depende de Δf . Si $\Delta f \gg B$ el ancho de banda tiende a $2\Delta f$. De esta forma se tendrá una gran separación entre los tonos del sistema FSK. En este caso el ancho de banda es virtualmente independiente al ancho de banda de la señal de banda base.

Por otro lado, si $\Delta f \ll B$ el ancho de banda tiende a $2B$, estando en este caso, el ancho de banda dependiendo del ancho de banda de la señal de banda base.

Para modular una serie de bits de información en FSK, figura 2.12, se procede a convertir una serie de datos de bipolar a polar y modular cada una de éstas series con una portadora de frecuencia f_1 y f_2 . Posteriormente se suman para formar la señal FSK.

Como la información no esta contenida en la fase, el proceso de demodulación que sufre la señal FSK es el de detección no coherente (o también conocido como detección de envolvente).

2.14.2.3. MODULACION POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK).

La modulación de fase discreta, conocida como manipulación por corrimiento de fase (PSK) M-aria ($M= 2$ a la n , $n =$ número de bits de información) es la técnica de modulación digital más frecuentemente utilizada.

El sistema bifásico ó binario PSK ó BPSK es considerado la forma simple de PSK ($M = 2$). Donde la señal modulada tiene dos estados $m_1(t)$ y $m_2(t)$, dado por:

$$m_1(t) = +C \cos wpt \quad (2.1)$$

$$m_2(t) = -C \cos wpt \quad (2.2)$$

Estas señales pueden ser regeneradas por un sistema tal como el mostrado en la figura 2.13. La señal modulada esta dada por:

$$m(t) = b(t) c(t) \quad (2.3)$$

$$m(t) = C b(t) \cos \omega t \quad (2.3.1)$$

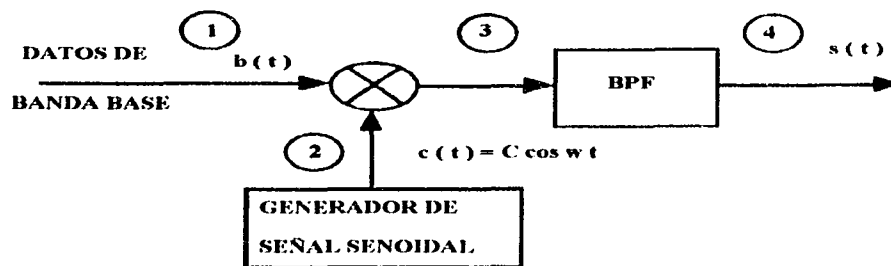


FIGURA 2.13. MODULADOR BPSK.

Si $b(t)$ representa una señal binaria de banda base sincrona teniendo una velocidad de bits, $f_b = 1/T_b$ y niveles -1 y niveles $+1$ entonces la ecuación representa el antipodal (180°) corrimiento de fase de las señales $m_1(t)$ y $m_2(t)$. De este modo la información es contenida en la fase de la señal modulada, esto es:

$$m(t) = C \cos[\omega t + \theta(t)] \quad (2.3.2)$$

donde: $\theta(t) = 0^\circ$ ó 180°

La señal de banda base, $b(t)$, NRZ (voltajes normalizados a $+1$ y -1 volt) la señal portadora $C(t)$, la señal modulada $m(t)$ y la señal filtrada $s(t)$.

Cuando la señal llega a su destino, el equipo demodulador cuenta con un filtro pasa banda sintonizado a una frecuencia de FI, y $r(t)$ es multiplicada por una

señal portadora $k \cos wpt$ que tiene la misma frecuencia y fase que la señal que se demodulará.

La señal PSK recibida esta dada por

$$m(t) = Cr \cos[wp + \theta(t)] \quad (2.3.3)$$

donde Cr es la amplitud pico de la portadora modulada. La salida del multiplicador esta dada por:

$$p(t) = r(t) k \cos wpt \quad (2.4)$$

$$p(t) = Cr \cos[wp + \theta(t)] k \cos wpt \quad (2.4.1)$$

Basándonos en la identidad trigonométrica:

$$\cos \alpha \cos \beta = (1/2) \cos (\alpha - \beta) + (1/2) \cos (\alpha + \beta) \quad (2.5)$$

se obtiene

$$p(t) = (1/2) Cr k [\cos \theta(t) + \cos (2wpt + \theta(t))] \quad (2.4.2)$$

El filtro pasa bajas remueve las componentes espectrales de doble frecuencia. En la entrada del convertidor A/D, analógico/digital (comparador de umbral), tenemos:

$$p(t) = (1/2) Cr k \cos \theta(t) \quad (2.4.3)$$

En la ecuación 2.4.3, $(1/2) Cr k$ representa una ganancia constante, mientras que $\cos \theta(t)$ es la señal de banda base variable en el tiempo. Finalmente el

convertidor A/D nos provee de la información digital. Para $\theta(t) = 0^\circ$ ó 180° la señal equivale a un +1 o -1, respectivamente.

En PSK se utiliza la detección coherente ya que la amplitud y frecuencia de la portadora permanecen constantes y lo único que varía es la fase, siendo en ésta donde reside la información transmitida. El sincronismo es muy difícil de obtener, si la transmisión se realiza a grandes distancias. Esto significa que un reloj del receptor que proporcione el sincronismo deberá encadenarse o amarrarse al reloj del transmisor dentro de una fracción de un ciclo de la portadora.

2.14.2.4. MODULACION POR CORRIMIENTO DE FASE EN CUADRATURA (QPSK).

Si consideramos un sistema en el cual se combinan dos pulsos binarios sucesivos y el resultado es el conjunto de cuatro pares binarios 00, 01, 10 y 11 que se usan para activar una onda senoidal de alta frecuencia con cuatro posibles fases, una por cada uno de los pares binarios, estaremos utilizando una modulación PSK cuaternaria (QPSK) $M = 4$.

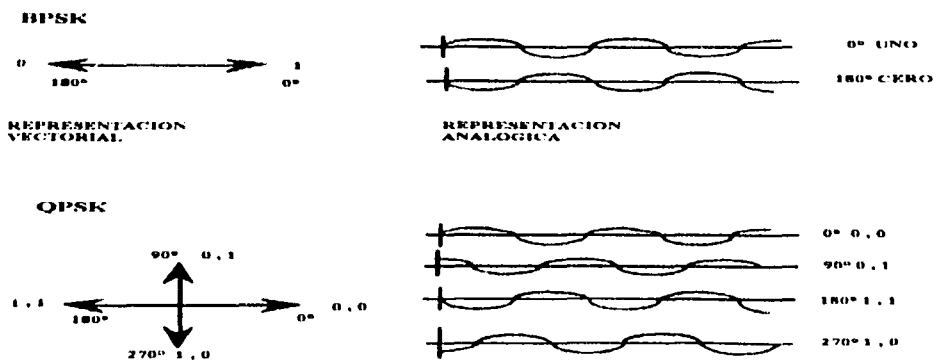


FIGURA 2.14. MODULACION BPSK Y QPSK.

En la figura 2.14 se muestra la representación vectorial de la modulación QPSK. Donde podemos ver que el vector correspondiente a 00 está a 0° , el vector 01 está a 90° el vector 11 está a 180° y el vector 10 está a 270° . Como consecuencia de esto, notamos que un cambio de fase de 90° causa únicamente un bit de error y no dos. La representación matemática de este tipo de modulación es:

$$m(t) = C \cos[wpt + \theta(t)] \quad (2.1)$$

Donde:

$$\theta(t) = 0^\circ \quad \text{para } 00$$

$$\theta(t) = 90^\circ \quad \text{para } 01$$

$$\theta(t) = 180^\circ \quad \text{para } 11$$

$$\theta(t) = 270^\circ \quad \text{para } 10$$

Como se observa QPSK representa dos códigos binarios mediante las fases cuadráticas 0° , 90° , 180° y 270° . Mientras que BPSK representa un código binario mediante dos fases 0° y 180° .

Mediante la elección adecuada de los módem, las señales PSK pueden transmitirse con muy poca degradación, incluso en un canal de satélite no lineal.

El convertidor serie-paralelo cambia la corriente serial binaria (datos de entrada) en corrientes de símbolos paralelos $I(t)$ y $Q(t)$. Estas dos series de símbolos binarios (baudios) tienen contenida la misma información como la serie de datos originales. Por esta razón la velocidad de información ($f_b = 1/t_b$) de los canales individuales $I(t)$ y $Q(t)$ son la mitad que la serial (señal de entrada). Posteriormente $I(t)$ y $Q(t)$ pasarán por el mismo proceso que sufre una señal BPSK. Al final se sumarán para ser transmitidas como una señal QPSK.

CAPITULO 3

**CONCEPTOS Y CONSIDERACIONES BASICAS
PARA EL DISEÑO DE UNA ESTACION
TERRENA TRANSPORTABLE PARA
SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE
EN LA BANDA KU.**

3.1 BANDA DE FRECUENCIA.

La banda de frecuencia utilizada en este tipo de estaciones terrenas transportables es la banda Ku, con bandas de transmisión de 14.0 a 14.5 Ghz y a la recepción de 11.7 a 12.2 Ghz. Como habíamos mencionado antes la generación de satélites Morelos contaba cada uno con 4 transpondedores de 108 Mhz, la generación de satélites Solidaridad cuenta cada uno con 16 transpondedores de 54 Mhz y el satélite SATMEX 5 cuenta con 24 transpondedores de 36 Mhz.

Existen algunas ventajas y desventajas de la utilización de frecuencia y equipo de comunicaciones en la banda Ku:

- **Ventajas:**

- Permite tener una transmisión de vídeo digital comprimido de 4 a 18 canales de vídeo sobre un mismo transpondedor.
- Reducción del diámetro de las antenas, lo que hace más fácil su operación.
- Codificación digital para seguridad del sistema.
- En audio, calidad igual a la de un disco compacto.

- **Desventaja:**

- La intensidad de una onda propagada es afectada debido a la absorción atmosférica, absorción debida a neblina pesada, y absorción debida a fuerte lluvia. Esto se debe a las longitudes de onda más pequeñas asociadas con las frecuencias más altas.

Como observamos tenemos ventajas y desventajas de la utilización de frecuencia de la banda Ku. La compresión digital de vídeo nos permite tener un

mejor aprovechamiento de un transpondedor, bajando así los costos de los canales satelitales.

3.2 TECNICA DE ACCESO A SATELITE.

La técnica de acceso utilizada para acceder a satélite es la técnica de canal único por portadora en sus siglas en ingles (SCPC Single Channel Per Carrier). Consiste en que cada canal se le asigna una frecuencia portadora de RF, misma que es modulada en FM o QPSK.

El espectro de frecuencia del transpondedor se puede aprovechar eficientemente si las frecuencias portadoras de RF se asignan temporalmente a las estaciones terrenas, es decir, únicamente mientras tengan información que enviar. Como el sistema funciona en base a éste banco de frecuencias y el criterio es dar servicio a quien pida primero. En el caso de la estación terrena transportable no siempre esta transmitiendo, como lo es una estación terrena maestra.

3.3 TIPO DE MODULACION.

Como existen técnicas de modulación analógicas para señales analógicas, también la información digital necesita de un tipo de modulación digital.

Los elementos que distinguen un sistema de señal digital con un sistema de señal analógica, es que en un sistema digital, las señales de modulación y demodulación son pulsos digitales, en lugar de formas de ondas analógicas

La señal digital en un principio usa la señal analógica como en el caso de la Estación Terrena Transportable para Servicios de Televisión por Satélite en la Banda Ku, el usuario o cliente nos proporciona su señal en forma analógica en el panel de acceso exterior para la interface de señales de audio y vídeo, y después del proceso que se le da a la señal por medio de los equipos de comunicación de la estación terrena transportable pasa a ser una señal digital.

La requerida para modular nuestra señal digital es la Modulación por Corrimiento de Fase en Cuadratura (QPSK). Si consideramos un sistema en el cual se combinan dos pulsos binarios sucesivos y el resultado es el conjunto de cuatro pares binarios 00, 01, 10 y 11 que se usan para activar una onda senoidal de alta frecuencia con cuatro posibles fases, una por cada uno de los pares binarios, estaremos utilizando una modulación PSK cuaternaria (QPSK)

La representación vectorial de la modulación QPSK muestra que podemos ver que el vector correspondiente a 00 está a 0° , el vector 01 está a 90° , el vector 11 está a 180° y el vector 10 está a 270°

Este tipo de modulación es la más usada en los equipos de comunicación vía satélite.

3.4 SUBSISTEMA DE RF.

El subsistema de RadioFrecuencia comprende los siguientes equipos:

- Antena.
- Amplificador de potencia (SSPA).
- Convertidor de frecuencia (Ascendente).
- Conversor de bloques de bajo nivel de ruido LNB.

3.4.1. ANTENA.

La antena es la encargada de radiar la energía de la señal en dirección al satélite. La antena de 1.5 metros con alimentación descentrada es de alto desempeño para la banda Ku en transmisión/recepción, control de movimiento y está diseñada especialmente para Estaciones Terrenas Transportables para operar vía satélite. Su diseño aerodinámico con movimientos motorizados la hacen ideal para una antena transportable. El completo montaje de la antena arriba del vehículo, resulta en una fácil instalación y que aprovecha al máximo el espacio del vehículo. Este diseño excelente, hace posible un apuntamiento rápido y un plegado y desplegado sin riesgos de la antena (ver la figura 3.1).

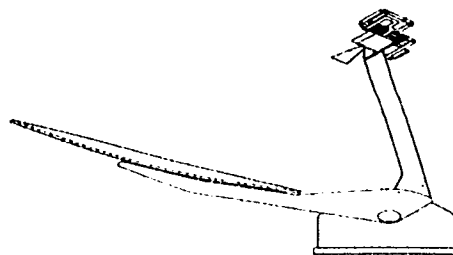
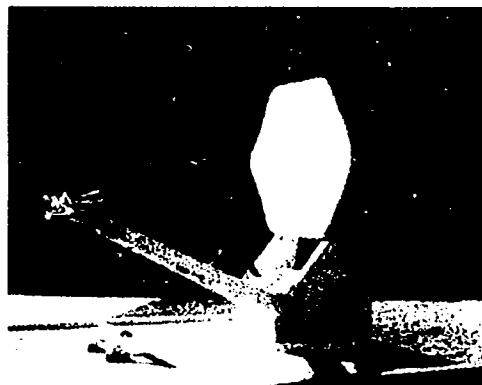


FIGURA 3.1. ANTENA PARABOLICA DE 1.5 M CON ALIMENTACION DESCENTRADA.

La superficie del reflector es formado por fibra de carbono de alta resistencia, asegurando una exactitud en todas sus superficies y una larga vida. El alimentador provee características excelentes de iluminación en la banda de frecuencias de 14.0 a 14.5 Ghz, a la transmisión. El alimentador provee además un excelente valor de aislamiento en polarización cruzada.

El alimentador está conectado a un transductor ortogonal de banda amplia, el cual opera a través de las bandas de 14.0 a 14.5 Ghz. a la transmisión y de 11.7 a 12.2 Ghz. a la recepción.

La antena tiene un sistema de posicionamiento motorizado de tres ejes; elevación, azimut y polarización que es controlado desde el interior del vehículo. El rango de movimiento para el azimut es de ± 180 grados; para elevación es de 0 a 85 grados con una lectura de ángulo real dentro del vehículo y de 180 grados para la polarización.

Este tipo de antenas ha sido usada ampliamente en Estaciones Terrenas Transportables y han demostrado ofrecer un desempeño sin problemas por largo tiempo.

Además cuenta con un sistema de control de localizador de satélite y controlador de la antena combinado en una misma unidad. Utiliza un receptor de navegación y acepta memorias de diferentes lugares determinados.

3.4.2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA.

El amplificador de potencia de estado sólido (SSPA) (ver la figura 3.2), tiene muchas ventajas, las cuales lo hacen muy superior sobre otros tipos de

amplificadores como lo son los klystrón y de ondas progresivas (TWT). Unas de las principales se mencionan a continuación:

- **Ventajas.**

- **No hay reemplazo de tubos.**

Los dispositivos semiconductores tienen un tiempo de vida indefinido, los amplificadores de estado sólido no requieren de reemplazo periódico de transistores.

- **Sistema de enfriamiento.**

El sistema de enfriamiento basado en la inyección de aire lo hace eficaz y confiable en amplificadores de estado sólido.

- **No existen cavidades ni se maneja alto voltaje.**

Al no utilizarse tubos amplificadores de potencia, no existen sockets ni cavidades que requieren diversos voltajes y ni una alimentación de alto voltaje.

- **Alto nivel de confiabilidad de funcionamiento.**

Los amplificadores de estado sólido aseguran un alto nivel de confiabilidad de funcionamiento al aire, debido a su sistema de fuentes múltiples de energización y a su redundancia de operación basada en módulos amplificadores integrados por transistores amplificadores de potencia. Así mismo, al no existir alto voltaje los riesgos de sobrecargas y daños en componentes ocasionan una mayor confiabilidad de desempeño de éstos.

El panel frontal indica el estado de operación, condiciones de falla y desviaciones de los parámetros fuera de los límites de advertencia. Un sistema de paro automático continuamente monitorea los parámetros críticos y toma las acciones bajo condiciones de falla, las cuales previenen un daño al SSPA.

Un sistema de supervisión y control provee el despliegado y monitoreo de un rango amplio de parámetros, junto con una secuencia de inicio y parada automáticos durante la operación normal y bajo condiciones de falla. Bajo ruido en todos los estados de operación.

- No requieren de secuencia de encendido.

Este tipo de amplificadores, inmediatamente después de ser energizados, alcanzan la potencia de salida determinada; consecuentemente, su eficiencia en tiempo de salida al aire es favorable.

- Desventaja.

- Inversión inicial.

La adquisición de un amplificador de estado sólido en condiciones normales de mercado requiere de una fuerte inversión monetaria. Se esta considerando un SSPA de 100 Watts para tener un margen de potencia amplio.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

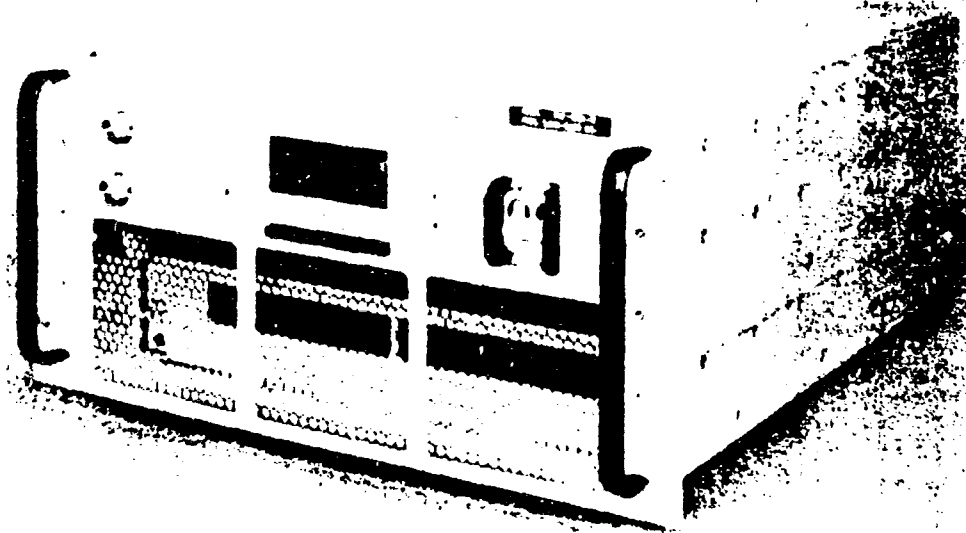


FIGURA 3.2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA DE ESTADO SOLIDO (SSPA).

3.4.3. CONVERTIDOR DE FRECUENCIA (ASCENDENTE).

El convertidor de frecuencia ascendente es el equipo que eleva la frecuencia de la señal modulada desde el rango de frecuencia intermedia hasta el de radiofrecuencia. El subsistema de convertidor de subida consiste de un convertidor de subida que es conectado a la salida del modulador y a la entrada del HPA (ver la figura 3.3).

La frecuencia del convertidor ascendente, traslada la portadora en la banda de los 70 Mhz., a la entrada de la frecuencia portadora en la banda de 14.0 a 14.5 Ghz. El convertidor de frecuencia ascendente esta integrado completamente, de manera que requieren únicamente energía primaria de AC y una portadora de FI de entrada, para proporcionar una portadora de RF de salida.

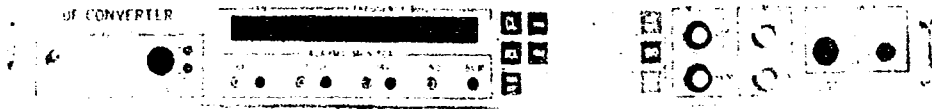


FIGURA 3.3. CONVERTIDOR DE FRECUENCIA ASCENDENTE.

3.4.4. CONVERSOR DE BLOQUES DE BAJO RUIDO (LNB).

Esta estación terrena esta diseñada para trabajar sin LNA debido a que contamos con un conversor de bloques de bajo ruido que es la unidad a la intemperie asociada al reflector. Es probablemente el elemento más importante del equipo de la instalación receptora, ya que sin un LNB eficaz todo el sistema se vería en peligro. Se coloca justamente en el foco del reflector para evitar la inconveniencia de una guía de ondas de gran longitud. Tiene dos funciones, aceptar las débiles señales de entrada reflejadas por la superficie del reflector, amplificarlas y convertirlas en frecuencias más baja.

La bocina de alimentación del LNB es un dispositivo de forma especial adaptado a una sección corta de forma de ondas, desde el que se pueden proyectar ondas hacia el reflector para su transmisión, o igualmente recogerlas del reflector al ser recibidas por éste. Es algo así como un megáfono para transmitir y la anticuada trompetilla de sordos para la recepción.

El cuerpo del LNB contiene los componentes electrónicos, un amplificador de bajo ruido y el convertidor de bloque. Este último es un cambiador de frecuencia, que acepta la banda entrante (o bloque) de señales y las cambia a una banda semejante, pero centrada en una frecuencia inferior.

Se esta considerando para la estación terrena un LNB el cual convierte la banda Ku de recepción de 11.7 a 12.2 Ghz, a la banda de 950 a 1450 Mhz. (banda L) que es una banda de frecuencia intermedia y esta a su vez que va conectada al IRD receptor/decodificador el cual selecciona la señal de vídeo comprimido deseada del espectro de 950 a 1450 Mhz, y demodula la señal recibida.

3.5 SUBSISTEMA DE BANDA BASE.

La señal de banda base es la banda de frecuencias ocupadas por una señal , o por varias señales multiplexadas; destinada a encaminarse por un sistema de transmisión radioeléctrico. En el caso de radiocomunicaciones, la señal de banda base constituye la señal que modula el módem.

El subsistema de banda base comprende los siguientes equipos:

- Codificador de vídeo.
- Codificador de audio.
- Módem.
- Decodificador de audio y vídeo.

3.5.1. CODIFICADOR DE VIDEO.

La compresión de vídeo en un sistema satelital requiere de una compresión de vídeo digital (que se explica más ampliamente en el anexo II), así como una transmisión para transmitir múltiples canales de vídeo sobre un sólo transpondedor satelital.

Algunas de las aplicaciones que se pueden tener con la implementación del sistema de vídeo comprimido son las siguientes:

- Conferencias y cadenas educativas por T.V.
- Radiodifusión satelital.
- Sistemas de cable.
- Sistemas de televisión.

Las empresas que manufacturan los equipos codificadores de vídeo, clasifican los sistemas compresores de vídeo de la siguiente manera:

- Vídeo conferencia.
- Vídeo comprimido.
- Full motion (movimiento total).

Este equipo basa su tecnología en los principios de vídeo conferencia, es decir, de telefonía, ya que en los inicios de las imágenes digitalizadas era posible enviar audio y vídeo con tasas de transmisión del orden de 56 Kbps a 2.048 Mbps. Esto daba como resultado baja calidad y un cambio abrupto entre cuadros (salto de cuadros), así como un audio con calidad de telefonía, con un ancho de banda de 4 KHz.

Un sistema de comunicación satelital de vídeo comprimido está compuesto por un transmisor (codificador) y un receptor (decodificador).

El subsistema de codificación de vídeo puede manejar una señal de vídeo analógico en un sistema NTSC (National Television System Committee) o PAL (Phase Alternate Line), cuenta con un codificador de vídeo en la norma MPEG-2 (Motion Picture Expert Group-2) y codificador de audio en la norma MPEG, el cual interfaza con el subsistema amplificador de distribución de vídeo y audio en el

lado de entrada, además tiene integrado el modulador QPSK, que a la salida interfaza con el convertidor de subida.

El codificador de vídeo acepta una señal de vídeo de color en formato NTSC, hasta tres canales de audio.

El codificador, digitaliza y comprime la señal de vídeo y audio y multiplexa todas las señales digitales dentro de un canal de datos compuesto operando a una velocidad seleccionable por el usuario de 2.5 a 15 Mbps (ver la figura 3.4).

Utilizando la tecnología de compresión digital el Encoder digitaliza y comprime una señal standard de televisión NTSC o PAL de manera que puede ser transmitida en un ancho de banda de 2 a 5 Mhz en un transpondedor.

El codificador de vídeo esta integrado por tres equipos a la vez:

- Codificador de vídeo MPEG-2.
- Codificador de audio MPEG (acepta de 1 a tres canales).
- Modulador integrado QPSK.
- Transporte de salida serial RS422.
- Acepta una señal de vídeo en formato NTSC o PAL.
- Componentes de entrada analógicos.

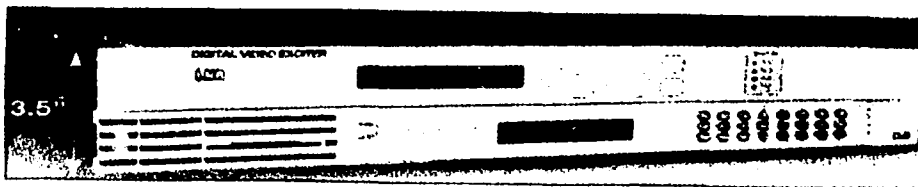


FIGURA 3.4. CODIFICADOR DE VIDEO.

3.5.1.1. CODIFICADOR DE AUDIO.

El codificador de audio el cual esta integrado en el codificador de vídeo tiene la función de digitalizar y comprimir dos canales de audio estéreo. Estos canales de audio son inyectados al codificador de vídeo para ser multiplexado con el vídeo codificado en un canal de datos compuestos y para ser operados a una velocidad de 2.5 a 15 Mbps.

La compresión de audio ofrece una calidad de audio cercana a la del disco compacto a un bajo costo.

3.5.1.2. MODEM.

El módem el cual esta integrado en el codificador de vídeo genera la señal modulada a transmitirse, conjuntando las características deseadas de la señal moduladora y de la señal portadora, la primera es la señal de información en formato digital, provenientes de las fuentes de información en este caso del codificador de vídeo y la segunda, la señal portadora, típicamente es una señal senoidal generada internamente en el módem. La señal portadora es modulada digitalmente en fase (QPSK) en la mayoría de los casos. Este equipo proporciona a su salida el rango conocido como frecuencia intermedia (FI) y admiten a su entrada el rango de banda base.

En la entrada del módem la señal digital (moduladora) tiene una característica de velocidad digital dada en bits por segundo.

Las características técnicas relevantes para nuestro uso son:

- La agilidad para sintonizar frecuencias que tiene el equipo, conocida como los pasos de sintonía que tiene el módem.
- Velocidades variables de 2.5 a 15 Mbps para el caso de vídeo digital comprimido.
- Sintetizadores programables de Tx/Rx, con resoluciones mejores de 100 Hz.
- Modulación QPSK. Relación de FEC (corrección anticipada de errores) de 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 y 7/8 así como operación sin FEC.
- Procesamiento totalmente digital.
- Probador de BER (tasa de bits errados) integrado.
- Desempeño de BER versus (tasa de bits erróneos permitida para conservar la calidad deseada en un enlace) Eb/No.

3.5.2. DECODIFICADOR DE VIDEO Y AUDIO (IRD).

El subsistema de receptor/decodificador integrado (IRD) ó subsistema de recepción/decodificación de vídeo, por medio del cual es posible cambiar la frecuencia de recepción satelital y demodular la señal que esta dentro de la portadora. Asi mismo es capaz de detectar y separar la señal de vídeo y audio (ver la figura 3.5).

El LNB convierte la banda de Ku de recepción, de 11.7 a 12.2 Ghz, a la banda de 950 a 1450 Mhz de banda L que es una banda de frecuencia intermedia y a su vez es conectada al IRD (receptor/decodificador integrado).

El receptor/decodificador integrado es complemento del codificador usado en el lado de transmisión de la estación terrena. El receptor/decodificador, sintoniza la señal de vídeo comprimido deseada del espectro de 950 a 1450 Mhz de satélite y demodula la portadora dentro de un flujo compuesto de datos. Entonces, separa el vídeo original, el audio, los datos y las señales de control. Estas señales de

vídeo y audio, alimentan al panel de conectores del subsistema de monitoreo de vídeo y audio y a la unidad de parcheo de banda base.

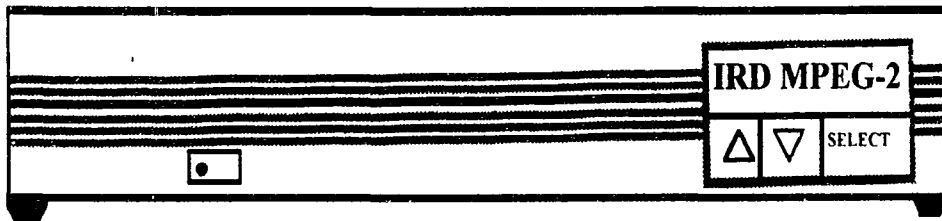


FIGURA 3.5. RECEPTOR/DECODIFICADOR DE VIDEO Y AUDIO (IRD).

3.6 SUBSISTEMA DE MEDICION Y MONITOREO.

Todo tipo de estación terrena necesita de un subsistema de medición y monitoreo, para verificar los parámetros tanto del satélite como son sus transpondedores así como los parámetros de la señal de vídeo y audio tanto a la transmisión como a la recepción.

El subsistema de medición y monitoreo comprende los siguiente equipos:

- Analizador de espectros.
- Monitor vector/forma de onda.
- Monitores de vídeo.
- Generador de patrones de vídeo.
- Monitor de audio.
- Amplificador de audio.
- Unidad de parcheo y monitoreo.

3.6.1. ANALIZADOR DE ESPECTROS.

La principal aplicación del analizador de espectros es la de proveer un conveniente método de localización y identificación de satélites de banda Ku, encontrar el transponder correcto y checar la disponibilidad, y optimizar la posición y polarización de la antena (ver la figura 3.6).

En el presente existen numerosos satélites geostacionarios en órbita. Los transpondedores de cada satélite tienen funciones específicas asignadas, por lo cual el analizador de espectros realiza al menos cuatro funciones para la realización de una transmisión:

- 1.- Localizar un satélite.
- 2.- Identificar el satélite.
- 3.- Encontrar el transpondedor y checar su disponibilidad con el operador del satélite.
- 4.- Optimizar señales intensas y la polarización adecuada de la antena.

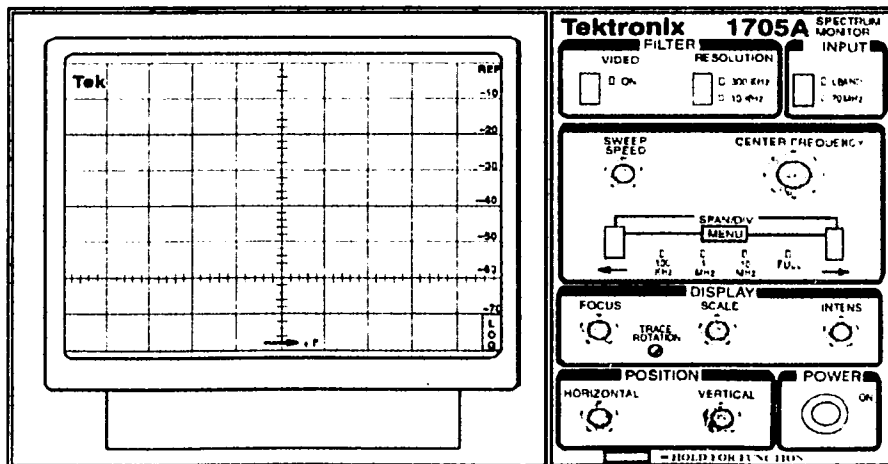


FIGURA 3.6. ANALIZADOR DE ESPECTROS.

3.6.2. MONITOR FORMA DE ONDA/VECTROSCOPIO..

Los monitores forma de onda/vectroscopio son monitores de señal muy versátiles que cuentan con una gran capacidad de medición para la onda electromagnética de la señal de vídeo (ver la figura 3.7).

El monitor forma de onda es un osciloscopio especializado que gráfica el voltaje en función del tiempo y evalúa la señal de televisión. En el modo forma de onda, el amplificador vertical está calibrado para mostrar una señal compuesta de vídeo 1 Volt p.p, terminada en 75 Ohms (se explica más ampliamente en el Anexo I, Análisis de la Señal de Televisión).

El vectorscopio es un osciloscopio especializado que demodula la señal de vídeo y presenta la imagen de R-Y en función de B-Y en el sistema NTSC. El ángulo y magnitud del vector de imagen son respectivamente relacionados al atributo de un color que es función de las longitudes de onda de la energía luminosa contenida en él, y que se designa con los nombres de naranja -amarillo, naranja, rojo, magenta, azul-rojo, azul, verde-azul, ciano, azul-verde, verde y la saturación (se explica más ampliamente en el Anexo I, Análisis de la Señal de Televisión).

En el modo vector, proporciona la oportunidad de observar la señal electromagnética en forma vectorial, esto es, en ejes X y Y de la demodulación cromática; el eje vertical contiene los componentes R-Y y el eje horizontal contiene los componentes B-Y.

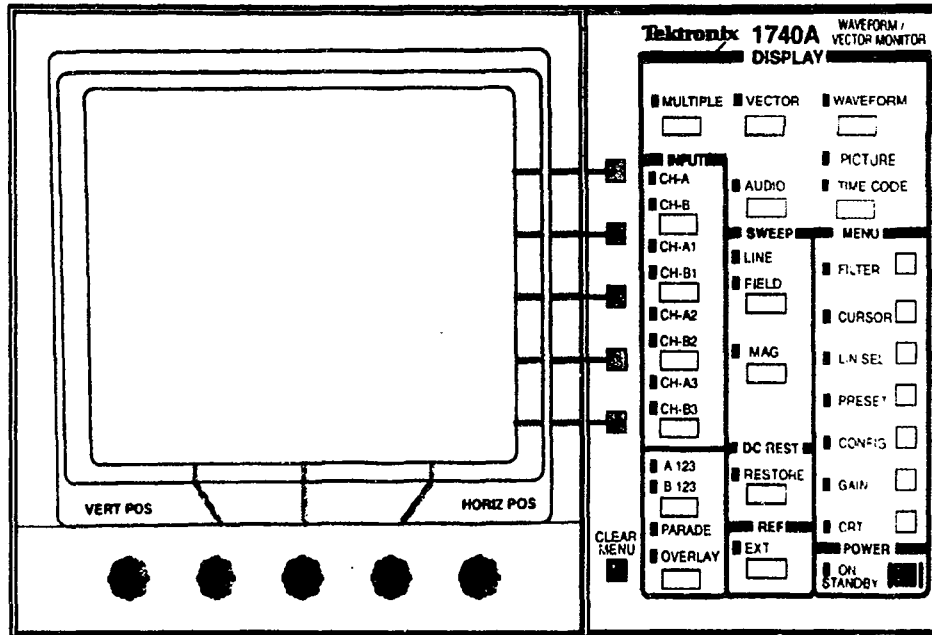


FIGURA 3.7. MONITOR FORMA DE ONDA/VECTROSCOPIO.

3.6.3. MONITOR DE VIDEO.

El monitor de vídeo a color es similar a un receptor de televisión a excepto de unas variantes que a continuación mencionaremos:

- 1.- Alta resolución en la imagen.
- 2.- Controles de seguridad; permiten facilidad y seguridad en la operación.
- 3.- Monitoreo de la señal de sincronía. El switch H/V muestra en pantalla el cruce de la sincronía horizontal y vertical para facilitar su análisis.

4 - Modo de sobreexplorado. Este modo de operación permite monitorear fácilmente la señal de vídeo que por lo normal se encuentra fuera de la pantalla.

5 - Permite la conexión y fácil selección de dos entradas de vídeo.

Se usa para el monitoreo de la señal de vídeo compuesta en la estación terrena transportable como en la estación terrena maestra; se consideran dos monitores de vídeo, uno para monitorear la señal a la transmisión y otro para monitorear la señal a la recepción (ver la figura 3.8).

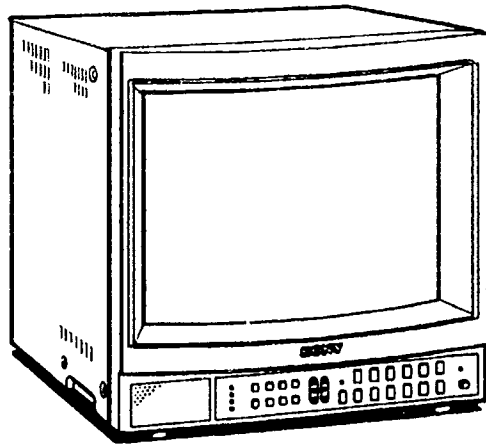


FIGURA 3.8. MONITOR DE VIDEO.

3.6.4. GENERADOR DE PATRONES DE VIDEO.

El generador de patrones de vídeo es un generador de señales de prueba y de pulsos de sincronía. Diseñado para facilitar las funciones de producción y postproducción, también se utiliza en las estaciones terrenas como señales de

prueba entre la estación terrena transportable y la estación terrena maestra (ver la figura 3.9).

La salida de este generador de señal es la prescrita por la norma de EIA (Asociación de Industrias Electrónicas) RS-189 A adoptada en E.E.U.U., por la NTSC.

Como generador de señales de prueba, ofrece un amplio rango de señales de 10 bits tanto para requerimientos de producción como de servicio y de mantenimiento.

Las señales que puede generar y que en ellas se puede insertar un desplegado gráfico de más de 12 caracteres alfanuméricos son:

- | | |
|-------------------------------|-----------------------------|
| 1.- Barras de color. | 2.- 100/10 IRE flat fields. |
| 3.- Convergencia. | 4.- Campo rojo. |
| 5.- Barra de pulso w/ventana. | 6.- Multibarras. |
| 7.- Multiburst. | 8.- NTSC7 compuesta. |
| 9.- 5 Step staircase. | 10.- Barrido de línea. |
| 11.- Rampa Y. | 12.- Multipulso. |
| 13.- Rampa modulada. | 14.- Matriz de prueba. |

Las barras de color para los colores primarios (rojo, verde y azul), con sus colores complementarios (amarillo, cyan y magenta). Las barras de color tienen la amplitud estándar de 75 unidades IRE. También maneja una señal de luminancia estándar de 100 unidades IRE.

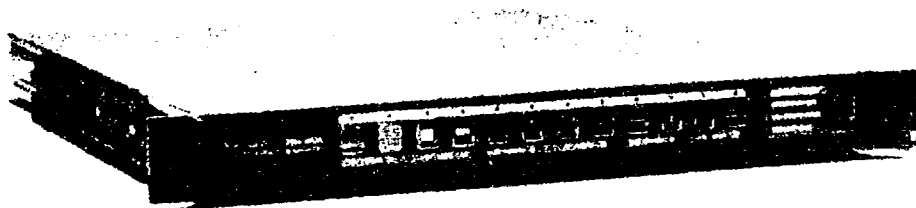


FIGURA 3.9. GENERADOR DE PATRONES DE VIDEO.

3.6.5. MONITOR DE AUDIO.

Acústicamente resulta prácticamente imposible determinar los niveles de señal proporcionados por un equipo. Es por este motivo por lo que se recurre a apreciaciones ópticas, es decir a medidores de pico y vúmetros que indican visualmente al usuario u operador, el nivel alcanzado por el equipo.

El monitor de audio es un equipo que nos determina los valores de audio. su funcionamiento es por medio de un vúmetro que contiene en su interior el equipo de medición (ver la figura 3.10).

El vúmetro es un instrumento de medida utilizado para la medición de unidades de volumen, y el cual dispone de una doble escala: la primera indica el porcentaje de utilización del canal sobre el que se efectúa la medida y la segunda indica unidades de volumen. Esto corresponde de alguna forma a la lectura entre el promedio de los valores máximos o de pico y la forma de la onda compleja de audio. Así pues el vúmetro nos marca la impresión subjetiva que recibe el oyente durante la audición, sin marcar los numerosos picos de nivel instantáneos que puedan producirse.

Los medidores de unidades de volumen o vúmetros son instrumentos de medida que poseen unas características balísticas especiales para poder dar con exactitud medidas de señales de audio que varían continuamente en amplitud y frecuencia.

El vúmetro puede ser de indicación analógica o digital, es decir mediante un instrumento de medida de aguja o mediante diodos leds como lo muestra la figura.

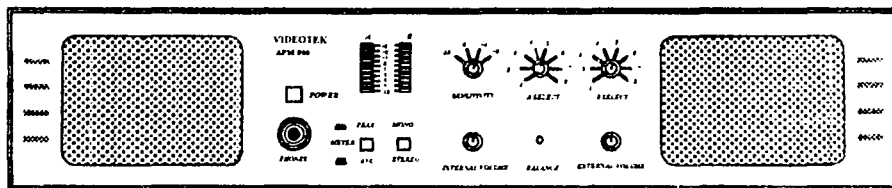


FIGURA 3.10. MONITOR DE AUDIO.

3.6.6. AMPLIFICADOR DE AUDIO.

El amplificador de audio es un amplificador compacto que proporciona una amplificación de poder media de audio entre 10Hz y 10Khz con un mínimo de distorsión, balance de la unidad característica de entrada, realismo de la señal e indicadores, capacidad monofónica y medios para el aislamiento eléctrico del chasis (tierra) (ver la figura 3.11).

Tanto su diseño como los circuitos desarrollados para él representan un nivel de calidad y ejecución sin comparación en el campo de los amplificadores de audio.

Este tipo de amplificador de audio se utiliza en las estaciones terrenas para amplificar el audio en dos bocinas para saber de la calidad de recepción del audio.



FIGURA 3.11. AMPLIFICADOR DE AUDIO.

3.6.7. UNIDAD DE PARCHEO Y MONITOREO.

Con el advenimiento de equipos de conmutación digital altamente sofisticados, los productos de parcheo (conmutación) siguen predominando en el enrutamiento práctico y confiable de las señales de vídeo y audio.

Para conocer la función de este equipo debemos conocer primero que significa parcheo. Se le llama parcheo a la interconexión o enrutamiento de señales de vídeo y audio mediante cuerdas de video y audio en los jacks de control de la unidad de parcheo y monitoreo (ver las figuras 3.12 y 3.13). Mediante estos jacks de control se tiene conexión directa con los equipos de medición, monitoreo, codificador de vídeo, IRD y las señales de vídeo y audio que vienen vía panel de los conectores que se ubican en la parte exterior de la estación terrena transportable.



FIGURA 3.12. CUERDAS DE VIDEO.



FIGURA 3.13. CUERDAS DE AUDIO.

Con la unidad de parcheo y monitoreo podemos hacer enrutamientos de señales de vídeo y audio a las dos cadenas de transmisión, en concreto a los codificadores de vídeo que aceptan señales de banda base así como monitorear los niveles de banda base tanto a la transmisión como a la recepción de la señal de televisión en los equipos de medición y monitoreo.

La estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku necesita de una unidad de parcheo y monitoreo para hacer el enrutamiento de señales de vídeo y audio; se está considerando una unidad de parcheo y monitoreo de 24x24 (entradas y salidas) una para vídeo y una para audio como se puede observar en las figuras 3.14 y 3.15.



FIGURA 3.14. UNIDAD DE PARCHEO Y MONITOREO (VIDEO).

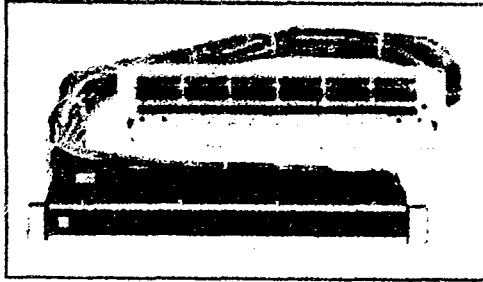


FIGURA 3.15. UNIDAD DE PARCHEO Y MONITOREO (AUDIO).

3.7 CONFIGURACION EN REDUNDANCIA 1+1.

Considerando y previendo las posibles fallas de todo enlace de comunicaciones, en este caso para el amplificador de potencia, por norma general debe tener una configuración en redundancia 1+1. Las estaciones terrenas pueden tener varias configuraciones posibles de redundancia por ejemplo: dos a uno, esto indica que hay dos amplificadores, uno operando y uno de reserva, tres a dos, esto indica que hay tres amplificadores, dos operando y uno de reserva.

También se esta considerando tener en redundancia el convertidor de frecuencia ascendente, el codificador de vídeo (integrado por codificador de vídeo, codificador de audio y modulador) previendo posibles fallas en el equipo (ver la figura 3.16).

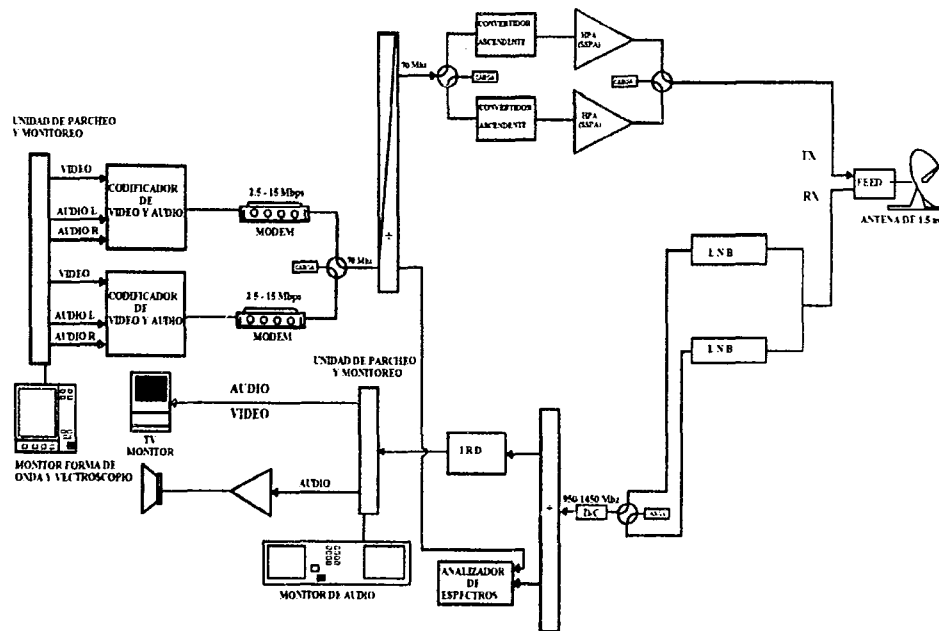


FIGURA 3.16. CONFIGURACION EN REDUNDANCIA 1+1.

3.8 SUBSISTEMAS COMPLEMENTARIOS DE LA ESTACION TERRENA.

Los sistemas complementarios de la estación terrestre transportable son:

- Sistema de aire acondicionado.
- Sistema deshidratador de guías de onda.
- Sistema de comunicación entre la estación terrestre transportable y la estación terrestre maestra.

3.8.1. SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

El sistema de aire acondicionado es un equipo que no puede faltar en cualquier tipo de estación terrena. Para la estación terrena transportable se requiere de un sistema de aire acondicionado debido a que los equipos necesitan de una ventilación adecuada para operar satisfactoriamente, además de que el equipo cuenta con un espacio reducido y se produce calor.

Debemos tener en cuenta un sistema de aire acondicionado para la estación terrena transportable considerando el espacio requerido para lo cual se toma en consideración lo siguiente:

- Para una estación terrena transportable con contenedor se necesitarían dos sistemas de aire acondicionado uno tipo ventana y otro tipo minisplit que se pueden situar uno en la parte trasera del contenedor con sistema de ventilación para el equipo y el segundo para la sala de control respectivamente.
- Para una estación terrena transportable sin contenedor se necesitarían dos sistemas de aire acondicionado tipo minisplit por su tamaño ya que son prácticos, y se puede situar uno en la parte trasera de la unidad con sistema de ventilación para el equipo y el segundo para la sala de control respectivamente.

3.8.2. SISTEMA DESHIDRATADOR DE GUIA DE ONDAS.

Otro sistema complementario de la estación terrena transportable es el deshidratador de guía de ondas.

El deshidratador de guía de ondas cumple con la función de proporcionar aire seco dentro de la guía de ondas, a una presión específica, con el fin de mantener una condición seca óptima y así evitar la introducción de agua o vapor de agua debido a las fluctuaciones de temperatura. La guía de ondas es un conductor hueco de metal que permite la propagación en su interior de frecuencias elevadas llamadas microondas.

3.8.3. SISTEMA DE COMUNICACION ENTRE LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE Y LA ESTACION TERRENA MAESTRA.

La necesidad de un medio de comunicación entre la estación terrena transportable y la estación terrena maestra es indispensable debido a la gran necesidad que existe de comunicarse para proporcionarnos los parámetros de la transmisión de la estación terrena transportable o cualquier por problemas que pudiera sucitarse en la transmisión o recepción de la misma, para tal situación se esta tomando en consideración el sistema de telefonía celular.

El sistema celular es un moderno sistema de telecomunicación que satisface las necesidades de comunicación telefónica, permitiendo estar en contacto a toda hora y desde cualquier lugar dentro del área de servicio celular.

Este sistema viene a revolucionar la telefonía convencional, ya que deja atrás los cables y los sustituye por frecuencias de radio, dando la opción de servicio telefónico móvil.

El termino celular se refiere a la manera en que están agrupadas las zonas de servicio que proporciona el sistema por medio de las estaciones de radio (radiobases). El canal de radio es una trayectoria bidireccional de transmisión de radio entre la estación móvil (teléfono portátil) y la estación base.

Estas radiobases proporcionan el enlace bidireccional de radio con el teléfono y permiten el establecimiento de la conversión telefónica.

Cada radiobase esta conectada a la central de telefonía celular (MTX Central Mobile Telephone Switching). Esta central o MTX a su vez también esta conectada a la Red Pública Telefónica (en México TELMEX) para poder dar paso a llamadas que entran o salen de la Red Celular con la Red Pública.

También se pueden interconectar varios MTX para realizar la función de roaming o vagabundeo entre diferentes zonas o regiones de servicio celular.

Dentro de las características favorables con que cuenta este sistema de comunicación están las siguientes:

- Amplia capacidad para abonados.
- Uso eficiente del espectro.
- Compatibilidad nacional.
- Amplia disponibilidad.
- Adaptabilidad a la densidad de tráfico.
- Servicio a vehículos o en forma portátil.
- Servicios telefónicos regulares.

Varios sistemas de radio cubren las ventajas mencionadas anteriormente, a excepción de las dos primeras; sólo el sistema celular permite alta capacidad para abonados y el uso eficiente del espectro, ya que es capaz de servir a miles de abonados sin necesidad de hacer crecimientos continuos en el espectro de frecuencia.

Desde el punto de vista técnico, el concepto de telefonía celular puede resumirse en dos aspectos principales: rehusos de frecuencias y dispersión de células.

El rehusos de frecuencias se refiere al empleo de canales de radio en la misma frecuencia portadora para cubrir diferentes áreas separadas una de otra por una distancia suficiente que evite interferencias entre canales, esta idea permite cubrir una ciudad por medio de células o radiobases.

Las llamadas celulares son recogidas por radiobases celulares localizadas estratégicamente, las cuales dirigen la llamada a una central de telefonía móvil denominada MTX y de ahí a la red telefónica pública conmutada.

Al moverse el vehículo a través del sistema celular, el MTX rastrea y transfiere la llamada a una célula adyacente. Cada célula puede soportar numerosas comunicaciones simultáneas sobre frecuencias que son rehusadas por células distantes. Este rehusos de frecuencias permite a una célula sobrecargada dividirse en dos o más células pequeñas incrementando así su capacidad.

Tomaríamos en consideración dos teléfonos celulares para la Estación Terrena Transportable para servicios de Televisión por Satélite en la Banda Ku.

3.9 SUBSISTEMA DE ENERGIA.

Las plantas eléctricas son dispositivos que aprovechan cierto tipo de energía para producir energía eléctrica. Dicha energía puede provenir de:

- Un motor de combustión interna.
- Los rayos luminosos del sol.

- Los gases provenientes del subsuelo, etc.

De acuerdo a nuestro subsistema de energía, lo que nos interesa es conocer un poco más a fondo las plantas de combustión interna. A continuación veremos como se clasifican y cual de estas tomaremos en consideración para la estación terrena transportable:

Las plantas de M.C.I. (motor de combustión interna) normalmente se clasifican como sigue:

1) De acuerdo al tipo de combustible:

- Con motor a gas (LP).
- Con motor a gasolina
- Con motor a diesel.

2) De acuerdo al tipo de servicio:

- Servicio continuo.
- Servicio de emergencia.

3) Por su operación:

- Manual.
- Automática.

Para el caso de la estación terrena transportable debemos considerar una planta de eléctrica de servicio continuo, manual y de combustión interna a gasolina.

De acuerdo a las consideraciones hechas de la planta eléctrica:

Las plantas eléctricas de servicio continuo, se aplican en aquellos lugares en donde no hay energía eléctrica por parte de la compañía suministradora de este tipo de energía y en donde es indispensable una continuidad estricta, tales como:

En una radio transmisora, un centro de cómputo, aserraderos etc.

Las plantas manuales son aquéllas que requieren para su operación que se opere manualmente, un interruptor para arrancar o parar dicha planta. Normalmente estas plantas se utilizan en aquellos lugares antes mencionados donde no hay energía eléctrica.

La estación terrena transportable debe estar diseñada para operar con su propio generador de energía eléctrica o de una línea comercial. La energía eléctrica puede ser conectada a la interface externa a través de un interruptor con fusible. Tener dos líneas, una línea la número 1 puede proveer energía para los servicios generales y cargas técnicas. La línea número 2 puede proveer energía únicamente para las cargas técnicas.

El generador a gasolina energiza la estación a través de un centro de carga/distribución, el cual puede estar localizado cerca de la cabina del vehículo. El centro de carga acepta la energía eléctrica proveniente de la energía comercial o del generador a gasolina. Las cargas técnicas deben ser divididas en cargas técnicas y de utilidades o servicios. El centro de carga estará equipado con instrumentos para monitorear la potencia, frecuencia y voltaje.

3.10 SISTEMA MOVIL DE LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE.

La estación terrena transportable requiere de un vehículo para el transporte del equipo de comunicaciones, la planta generadora de energía eléctrica y demás elementos que la componen, para lo cual se dan unas consideraciones básicas del chasis y cuerpo del vehículo:

El chasis del vehículo deberá incluir lo siguiente:

- Chasis de 3.5 Ton., requerido por el peso del equipo. Las estaciones terrenas transportables de TELECOMM, Televisa y T.V. Azteca usan de 3.5 Ton.
- Máquina de 8 cilindros a diesel, gasolina y gas LP.
- Transmisión manual de 5 velocidades o automática.
- Un tanque de combustible de gran capacidad ó dos tanques de combustible para trayectos largos de la unidad.
- Llantas radiales.
- Frenos hidráulicos.
- Aire acondicionado en la cabina, radio AM/FM, etc.
- Equipo contra incendio.
- Cuatro gatos hidráulicos para nivelar la estación terrena transportable en terreno desnivelado ya que pudiera afectar la transmisión/recepcion

El cuerpo del vehículo para una estación terrena transportable con contenedor podría consistir de un contenedor construido de aluminio (por ser ligero), tubo de aluminio y reforzadas con madera comprimida para las paredes, techo y piso. Esta consideración esta tomada de la estación terrena transportable de TELECOMM (ver la figura 3.17). Para el caso de una estación terrena transportable como las utilizadas por Televisa y T.V. Azteca no necesitarían de un contenedor (ver la figura 3.18). Debe de ser un contenedor o vehículo adaptado a las necesidades antes mencionadas de espacio reducido como se puede ver en la figura 3.19 que es la sala de monitoreo de una estación terrena transportable sin contenedor ya que la estación terrena transportable puede ser operada por uno ó dos ingenieros, debido a su equipo sofisticado de comunicación.

Tener dos puertas de acceso una a la sala de equipos (ver la figura 3.19) y otra que acceda a la parte de los bastidores y a la planta generadora. Una o dos escaleras de aluminio en la parte trasera para tener acceso a la antena. Las paredes, piso y la azotea estarán cubiertas por una superficie antiestática

La estación terrena transportable contará con un panel de acceso exterior para la interface del cliente o del usuario para las señales de audio y vídeo.

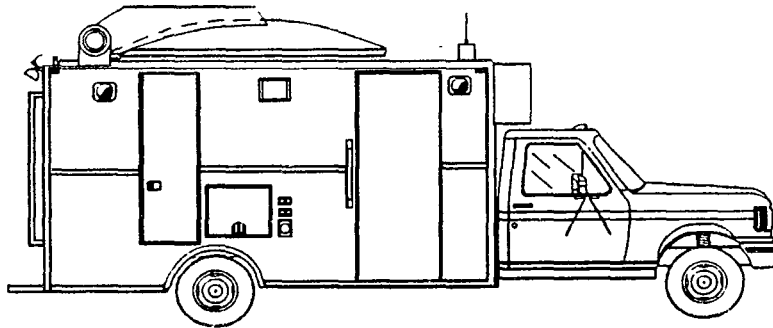


FIGURA 3.17. ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE CON CONTENEDOR.

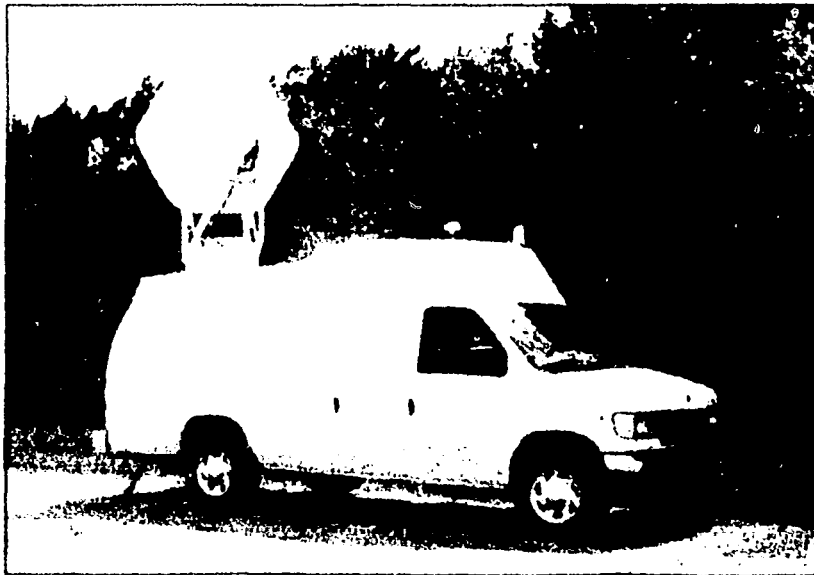


FIGURA 3.18. ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE SIN CONTENEDOR.

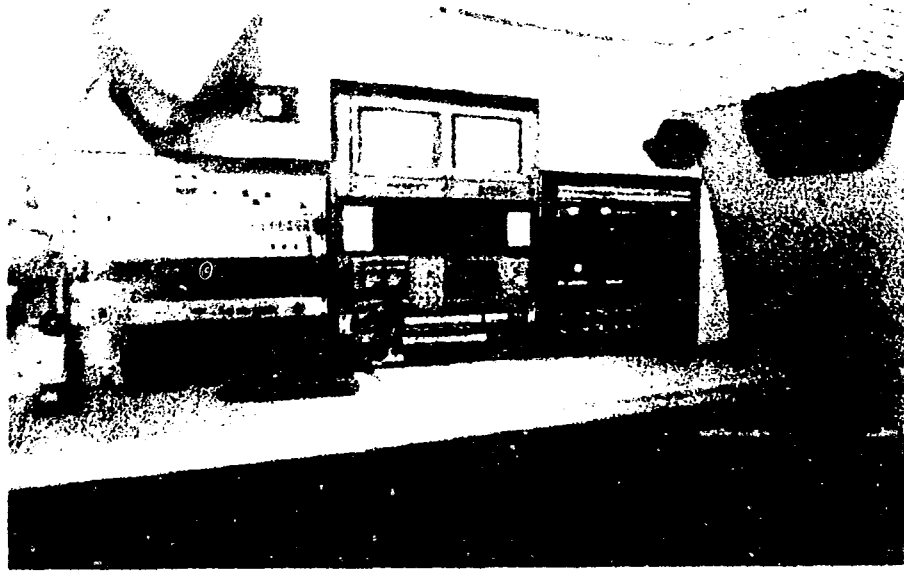


FIGURA 3.19. INTERIOR DE UNA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE SIN CONTENEDOR.

3.11 DISTRIBUCION DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES EN RACK'S PARA LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU.

La estación terrena transportable requiere de una distribución adecuada del equipo de comunicaciones para poderlos operar satisfactoriamente. Se están considerando tres rack's para la estación terrena transportable; esta consideración esta hecha para los dos tipos de estaciones terrenas tanto para la estación terrena transportable con contenedor como para la estación terrena transportable sin contenedor.

En la siguiente figura 3.20 podemos observar la distribución en rack's del equipo de comunicaciones:

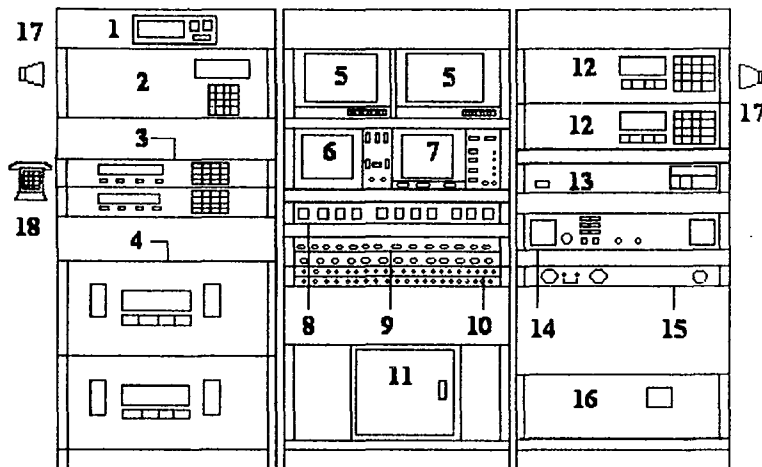


FIGURA 3.20. DISTRIBUCION EN RACK'S DEL EQUIPO DE COMUNICACIONES DE LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE.

Rack's No. 1:

- 1.- Panel de control de la planta de energía eléctrica.
- 2.- Control remoto de la antena.
- 3.- Convertidores de frecuencia ascendentes (configuración en redundancia 1+1).
- 4.- Amplificadores de potencia SSPA (configuración en redundancia 1+1).

Rack's No. 2:

- 5.- Monitores de vídeo (dos unidades).
- 6.- Analizador de espectros.
- 7.- Monitor forma de onda/vectorescopio.
- 8.- Generador de patrones de vídeo.
- 9.- Unidad de parcheo y monitoreo (vídeo 24x24 entradas y salidas).
- 10.- Unidad de parcheo y monitoreo (audio 24x24 entradas y salidas).

11.- Centro de carga de la estación terrena transportable.

Rack's No. 3:

12.- Codificadores de vídeo (configuración en redundancia 1+1).

13.- Decodificador de vídeo y audio (IRD).

14.- Monitor de audio.

15.- Amplificador de audio.

16.- Sistema deshidratador de guías de onda.

Como podemos observar tanto las bocinas como el sistema de comunicación (teléfonos celulares) no están distribuidos en los rack's ya que se esta considerando poner las bocinas aun costado de los rack's es decir en los laterales de la estación terrena. Con respecto a los dos teléfonos celulares uno estará en un lateral de la estación terrena transportable y el otro en la cabina del conductor.

3.12 ESTACION TERRENA MAESTRA.

La estación terrena maestra cuenta con equipo y dispositivos que efectúan la supervisión y el control central de un sistema de comunicaciones por satélite , en el que se integran otras estaciones terrenas remotas o más pequeñas como lo es la estación terrena transportable.

La estación terrena maestra cuenta con equipo para la transmisión y recepción de señales provenientes del satélite (ver la figura 3.20). La estación terrena transportable requiere de una estación terrena maestra debido a los servicios que esta efectuando la Estación Terrena Transportable para Servicios de Televisión por Satélite en la banda Ku:

- Se requiere de una estación terrena maestra para bajar la señal de satélite para el usuario o para el cliente.
- Una de las funciones de la estación terrena maestra es checar los parámetros de la señal de televisión que esta generando la estación terrena transportable y comunicarle a la estación terrena transportable los niveles de banda base de la señal de televisión que se está generando.
- Otra de las funciones de la estación terrena maestra en el caso de Televisa y TV Azteca es procesar las señales de vídeo y audio y canalizarlas a sus áreas de central de vídeo tape, estudios de producción y postproducción, cabinas de operación de los canales etc.,
- La estación terrena maestra de TELECOMM baja la señal de satélite la envía por medio de un radio de microondas al CNO (Centro Nacional de Operaciones ubicado en el piso 13 de la Secretaria de Comunicaciones y Transportes) y de ahí al usuario correspondiente, mediante un radio de microondas o fibra óptica.

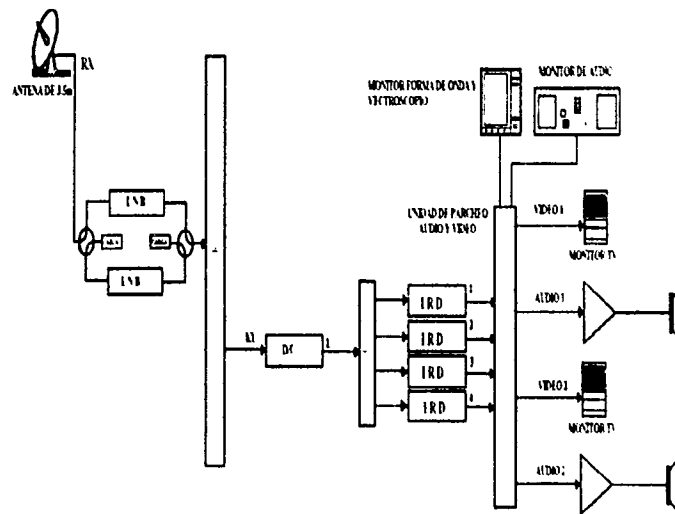


FIGURA 3.21. ESTACION TERRENA MAESTRA.

CAPITULO 4

TRANSMISION Y RECEPCION DE UNA SEÑAL DE TELEVISION VIA SATELITE EN LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU.

**4.1 PROCEDIMIENTO DE ACCESO PARA TRANSMISIONES AL SISTEMA DE
SATELITES MEXICANOS "SOLIDARIDAD Y SATMEX 5". MEXICO D.F., ABRIL
DE 1998.**

Una vez que se tienen las características de los equipos y la unidad armada, el siguiente paso es darla de alta ante el Centro de Control del Sistema de Satélites Mexicanos, este proporciona un protocolo el cual hay que cumplir al 100%, de lo contrario se pudiera negar el acceso a los satélites mexicanos. A continuación se transcribe el protocolo de acceso a los satélites nacionales.

1. OBJETIVO.

El objetivo de este procedimiento es el de regular a las estaciones terrenas que transmiten al Sistema de Satélites Mexicanos (SSM), con el fin de evitar interferencias ya sea entre satélites adyacentes, portadoras adyacentes, interferencias producidas por inducciones y/o retransmisiones generadas por las mismas estaciones terrenas.

2. ENFOQUE.

El presente documento se elaboró con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-113-SCT1-1995 y a recomendaciones hechas por el Centro de Monitoreo y Supervisión de Redes (CMSR), en el cual se indica a los clientes, hacer el mejor uso del servicio fijo por satélite para garantizar la operación óptima de los servicios satelitales, así como evitar interferencias a otros sistemas

Este procedimiento se aplica a cualquier Estación Terrena Fija o Transportable que previamente ha sido autorizada por la Secretaria de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.) y por Satélites Mexicanos (SATMEX) de acuerdo a las

disposiciones legales, administrativas y técnicas vigentes, bajo las siguientes circunstancias:

- a) La transmisión por primera vez de cualquier estación terrena fija.
- b) Cada vez que haya un cambio mayor en la cadena transmisora, reparación mayor y/o modificación de los parámetros de la portadora.
- c) Cuando la antena haya sido reorientada, cambiada de domicilio y/o tenga modificaciones en el polarizador ó en cualquier otra parte de la antena.
- d) Cuando se realice cambio de satélite a solicitud del cliente o ya sea que ésta prestadora de servicio (SATMEX) se lo solicite.
- e) Cada vez que la estación terrena móvil quiera transmitir desde un diferente domicilio o localidad.

La prestadora de servicio podrá revisar este procedimiento a su conveniencia haciendo las modificaciones necesarias en cualquier momento, entregando la nueva edición del documento a todos los clientes y proveedores que estén relacionados con el SSM.

3. CENTRO DE MONITOREO Y SUPERVISION DE REDES (CMSR).

El CMSR tanto en el Centro de Control Primario (PCC) como en el Centro de Control Alternativo (ACC), son los únicos puntos donde el cliente o proveedor deberá contactar para la coordinación de acceso a cualquier satélite del SSM. Asimismo, como el CMSR tiene la responsabilidad de apoyar en el acceso de señales, análisis en la detección de fallas y supervisión de señales que sean cursadas a través del SSM.

Col. El Llano,
Hermosillo, Sonora
C.P. 83210

| | | |
|------------|----------|--------------|
| Teléfonos: | Directos | (62) 60-0287 |
| | | (62) 60-0288 |
| | | (62) 60-0289 |
| | Fax | (62) 60-0286 |

Horario de operación: de 8:00 a 20:00 h. (tiempo de Hermosillo)
de lunes a viernes.

4. NOTIFICACION INICIAL.

Es necesario que cualquier notificación de acceso se haga por lo menos con una anticipación de 24 horas al CMSR del PCC, en el cual programará pruebas con el cliente en base a los documentos de asignación de parámetros de transmisión y al finiquito de contratación asociado; esto último sólo es aplicable a los servicios permanentes y para servicios ocasionales se recomienda llamar al menos 30 minutos antes del evento, previamente autorizado. El PCC será el encargado de la planeación de la agenda de actividades diarias.

La siguiente información deberá proporcionarse al CMSR al momento de programar el acceso al SSM:

- a) Razón social del cliente.
- b) Localidad de transmisión.
- c) Satélite a accesar.

- d) Transpondedor y polarización a utilizar.
- e) Frecuencia(s) asignada(s).
- f) Modulación, Velocidad y FEC solicitadas.
- g) Técnica de acceso de la portadora a transmitir: FM vídeo, FDM/FM/FDMA, SCPC/FM/FDMA, SCPC/PSK/FDMA, TDM/PSK/TDMA, TDM/PSK/CDMA, ACSSB, etc.
- h) Nombre y teléfono del operador de la estación terrena para ser localizado en cualquier momento, ya que el operador deberá modificar o cesar la transmisión en cualquier momento, si así lo requiere el CMSR.
- i) Ancho de banda de cada portadora a transmitir.
- j) La PIRE de satélite y la PIRE de estación terrena por portadora.
- k) Características técnicas de los subsistemas que conforman la estación terrena.
- l) Topología de la red satelital.

Se le negará la cita en caso de omitir algún punto importante para el CMSR, de la información antes mencionada. La negación del servicio también procederá, si la información solicitada no corresponde con la que al CMSR fue notificada por áreas internas de SATMEX. Asimismo, si se solicita, el cliente entregará un juego de copias de la memoria técnica al CMSR.

5. AJUSTE FINAL.

El operador de la estación terrena realizará los siguientes ajustes preliminares, antes de transmitir cualquier portadora a satélite.

- 5.1 Asegurar que se cumplan los requerimientos de temperatura de operación de los subsistemas de transmisión y equipo de prueba.
- 5.2 Orientar la antena de la estación terrena al satélite asignado: sea cual sea el método que se elija se tendrá que verificar que se tenga la máxima ganancia a la recepción y no que quede orientada a un lóbulo lateral. En el SSM se cuenta con las señales beacon correspondientes a cada satélite y tipo de banda, para poderse orientar con portadora limpia.
- 5.3 Es responsabilidad del cliente el contar con el equipo de medición necesario, para identificar el satélite en el cual tiene asignado el servicio.
- 5.4 Ajustar el ángulo del polarizador para obtener el máximo nivel de portadora en la polarización deseada.
- 5.5 Sintonizar en el subsistema de transmisión la frecuencia asignada por el CMSR, ya sea la de prueba o la de operación, siendo capaz el equipo de sintonizar cualquier frecuencia en el rango de los 500Mhz, de acuerdo con la NOM-113 sección 4 punto 1.6 y sección 6, punto 4.4.
- 5.6 Para el caso de señales que estén en una banda con reuso de frecuencias, se realizará la prueba de aislamiento de polarización ortogonal con el propósito de tratar de nulificar la componente en la polarización contraria; para tal fin el equipo transmisor deberá ser capaz de enviar portadora sin modulación y estable en frecuencia y potencia, esto de

acuerdo con la NOM-113 sección 4, puntos 1.3, 2.2 y 3.1.2 y de la sección 6 punto 5.5.4.

6 PROCEDIMIENTO DE ACCESO (NOM-113 sección 6.5).

Considerando que el cliente de la red satelital ha sido programado con anterioridad, se recomienda al operador de la estación transmisora comunicarse vía telefónica con el CMSR 5 minutos antes de iniciar sus transmisiones y mantener dicha comunicación durante todo el proceso de acceso satelital, cubriendo los siguientes puntos:

- 6.1 Cuando el CMSR lo indique, el operador deberá iniciar transmisiones con portadora continua y sin modulación a un nivel de -6 dB respecto al valor de potencia asignado.
- 6.2 El CMSR confirmará la presencia de señal.
- 6.3 El CMSR coordinará con el operador el incremento de potencia a radiar por la estación transmisora, hasta alcanzar el valor asignado y contratado por el cliente para cada portadora o dependiendo del valor que se requiera para la prueba de aislamiento y/o patrón de radiación.
- 6.4 El CMSR coordinará con el operador el ajuste fino del polarizador de la antena, para obtener el máximo aislamiento de polarización cruzada que al menos sea de 30 dB, lo cual requiere de una portadora pura para su correcta evaluación. Este punto se aplica para servicios que transmitan en bandas con reuso de frecuencias.

La norma establece que el equipo transmisor debe ser capaz de mantener estable una portadora sin modular, tanto en amplitud como en frecuencia y

además el CMSR requiere que la portadora se mantenga estable con los siguientes parámetros en el analizador de espectros (HP 8566B):

Ancho de banda (SPAN): 10.0 KHz. db/div: 5.0 db.
Resolución (RBW): 300.0 Hz. vídeo (VBW): 30.0Hz.

6.5 El CMSR verificará el patrón de radiación de las antenas mayores o igual a 3.6 m de los clientes del SSM, si están van a utilizarse como antenas maestras o semi-maestras o si van a transmitir con un amplificador de potencia mayor de 1 watt; la prueba se realizará como a continuación se describe:

6.5.1. El primer giro de la antena se efectuará en el eje de elevación, es decir, el operador moverá la antena "hacia arriba" hasta 20° o el número de grados acordados previamente. Posteriormente se iniciará un movimiento uniforme "hacia abajo" hasta 20° o el número de grados acordados. Si el CMSR considera que no son satisfactorios los datos registrados durante el movimiento de la antena, se notificará al operador, para repetir la prueba. El CMSR graficará el patrón de radiación correspondiente. Una vez terminada la elevación, la antena se regresará a "cero grados", tomando en cuenta que "cero grados" es la máxima ganancia o máximo apuntamiento obtenido en la antena.

6.5.2. El siguiente giro de la antena se hará en el eje de azimut. Donde el operador moverá la antena primero en sentido de las manecillas del reloj, llegando a posicionarla hasta 20° o el número de grados acordados. Si fuera necesario repetir el movimiento descrito, el CMSR lo indicará. El CMSR graficará el patrón de radiación correspondiente al eje de azimut, usando los datos registrados durante el movimiento de la antena. Una

vez terminado el movimiento de azimut, la antena debe regresarse a "cero grados".

6.5.3. El CMSR informará al cliente u operador los resultados obtenidos con base en la comprobación del patrón de radiación.

6.5.4. En caso de que el patrón de radiación no cumpliera con lo especificado, el operador de la estación terrena se comprometerá a efectuar los ajustes correspondientes, en coordinación con su proveedor y/o el fabricante de la antena, y a repetir la comprobación con el CMSR hasta que quede dentro de la norma. NOM-113.

6.6 El CMSR checará la frecuencia central de operación, emisión de espurias, modulación, C/N, ancho de banda ocupado por la portadora, estabilidad en frecuencia y potencia, velocidad de transmisión de portadoras digitales, PIRE de satélite, así como otros parámetros que sean necesarios medir. En caso de no ajustarse conforme a los parámetros, el CMSR requerirá la suspensión de la transmisión.

6.7 El operador deberá informar al CMSR la potencia de salida de la portadora medida en el punto de prueba del amplificador en línea.

6.8 El CMSR le indicará al operador cuando su red o su estación haya quedado dentro de parámetros para iniciar transmisiones regulares.

6.9 El CMSR informará a las áreas internas de SATMEX el inicio de operaciones y si las portadoras han quedado dentro de los parámetros o no.

6.10 El CMSR elaborará una constancia de aprobación del patrón de radiación, la cual será enviada al cliente

7 CONSIDERACIONES ESPECIALES.

- a) El cliente u operador de la red deberá contar con el equipo de medición necesario para efectuar los ajustes indicados por el CMSR.
- b) Cuando el cliente u operador haya detectado la pérdida de señal de retorno en su transmisor, deberá inhibirlo inmediatamente.
- c) En el caso de que el CMSR detecte cualquier tipo de interferencia ocasionado(s) por la(s) estacione(s) terrena(s), avisará al centro de la red del cliente para inhibir la transmisión de la estación remota, VSAT, maestra o transportable, hasta que se solucione el problema indicado. En el caso de las señales de retransmisión tendrá que realizar las indicaciones que le de el CMSR en su debido momento, para inhibir estas señales y dejar de afectar a terceros.

8. MANTENIMIENTO OPERATIVO DE LOS TRANSPONDEDORES.

La prestadora de servicio (SATMEX) podrá solicitar al menos una vez al año la liberación de algún transpondedor, teniendo por objetivo la verificación operativa de dicho canal. La afectación por canal no deberá sobrepasar un período de 120 minutos anuales. Para esto se le notificará con la suficiente anticipación.

9. INICIO DE OPERACIONES DE REDES SATELITALES.

Se considera inicio de operaciones al SSM, cuando el cliente active una portadora modulada, ya sea en forma coordinada o no al satélite asignado. Cuando es de forma coordinada el acceso es de acuerdo a los parámetros de transmisión especificados por SATMEX.

4.2 TRANSMISION Y RECEPCION DE UNA SEÑAL DE TELEVISION VIA SATELITE EN LA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU.

En este subcapítulo desarrollaremos en forma general la operación de una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda ku; con la finalidad de conocer el procedimiento para enlazar una señal de televisión a satélite y la operación del equipo de comunicaciones de la estación terrena transportable.

El procedimiento para enlazar una señal de televisión a satélite y operación del equipo de comunicaciones de la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku esta basado en la estación terrena transportable propiedad de TELECOMM a cargo de la Coordinación de Operación de Estaciones Terrenas Banda C.

Lo que necesita una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda ku es una señal de vídeo y audio. Estos dos tipos de señal las tiene que generar el cliente, llamado así por que estas estaciones terrenas son alquiladas por TELECOMM a diversas empresas televisoras como lo son: PCTV, Multivision, Canal 11, etc., y las televisoras como TV Azteca y Televisa cuentan con sus propias estaciones terrenas transportables

1. SUBSISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA.

Una vez estacionada la unidad móvil se procede a poner en operación la planta generadora de energía eléctrica. Estando funcionando la planta se checan los instrumentos de medición para monitorear la potencia, frecuencia y voltaje. Una vez checados estos parámetros se procede a estabilizar y nivelar la unidad con los gatos hidráulicos (ver la figura 4.1).

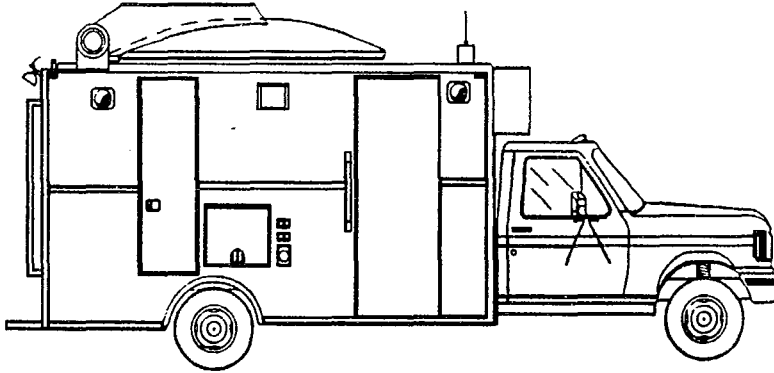


FIGURA 4.1. ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PROPIEDAD DE TELECOMM.

Se ponen en funcionamiento los interruptores que alimentan de energía a todos los equipos de comunicación y se vuelve a monitorear los instrumentos de medición del centro de carga para ver que todo este bien. Se ponen en operación los aires acondicionados. Se encienden todos los equipos de comunicación HPA, convertidores de frecuencia ascendentes y descendente, módem's, codificadores de vídeo, monitores de vídeo, forma de onda, analizador de espectros, etc.,

2. SUBSISTEMA DE ANTENA.

Para el despliegado y operación de la antena de 2.4 mts se mencionan los pasos a seguir:

- a) Quitar el seguro de transportación de la antena, situado en la parte superior del vehículo el cual sirve para sujetar a la misma durante el viaje.

- b) Conectar el cable/interface a la unidad de control de antena y encender la unidad. Este cable/interface sirve de control remoto.

c) Ajustar la perrilla de regulación de voltaje casi al máximo lo cual hace que se aplique más voltaje a los motores de la antena y por lo tanto se mueva más rápido

d) Para hacer la elevación de la antena, activamos el switch de "ELEVATION". El display indicara los grados de movimiento.

Con un inclinometro, se ajusta el grado de elevación de la antena (según los grados correspondientes al sitio). El inclinometro se coloca en la barra metálica situada en la parte trasera de la antena y que sirve de soporte a la antena. Para el ajuste de elevación es necesario considerar el OFFSET del foco de la antena, el cual es de 22.3 grados. Por ejemplo: si la elevación correspondiente al sitio es de 64.5 se debe realizar la siguiente operación $EL = 64.5 - 22.3 = 42.2$ grados.

e) Con el switch de azimut, orientar la antena hacia la posición calculada para el sitio deseado.

Una vez realizado estos procedimientos y en operación los equipos de comunicación se habla al Centro de Control Primario para realizar el procedimiento de acceso para transmisiones al sistema de satélites mexicanos. Después de haber realizado el procedimiento de acceso antes mencionado en el punto 4.1 y de darnos luz verde el Centro de Control procedemos a hacer una transmisión y recepción de una señal de pruebas para monitorear parámetros tanto a la transmisión como a la recepción en la estación terrena transportable y en la estación terrena maestra.

3. SUBSISTEMA DE RF, FI, BANDA BASE, MEDICION Y MONITOREO.

Antes de empezar a operar el equipo de comunicaciones nos comunicamos a la estación terrena maestra subiendo una portadora de ingeniería en TDMA, en

este caso a la sala de monitoreo que se encuentra ubicada en CONTEL en la Coordinación de Estaciones Terrenas en Banda C, para notificar que vamos a acceder una portadora o señal de prueba en una frecuencia determinada para que los operadores de la sala de monitoreo en su IRD receptor/decodificador integrado hagan la selección del canal adecuado para que pueda abrir la señal enviada.

Procedemos a seleccionar la potencia en los dos HPA en el principal y en el de reserva en el modo de automático y en STAND BY como se observa en la figura 4.2 y 4.3.

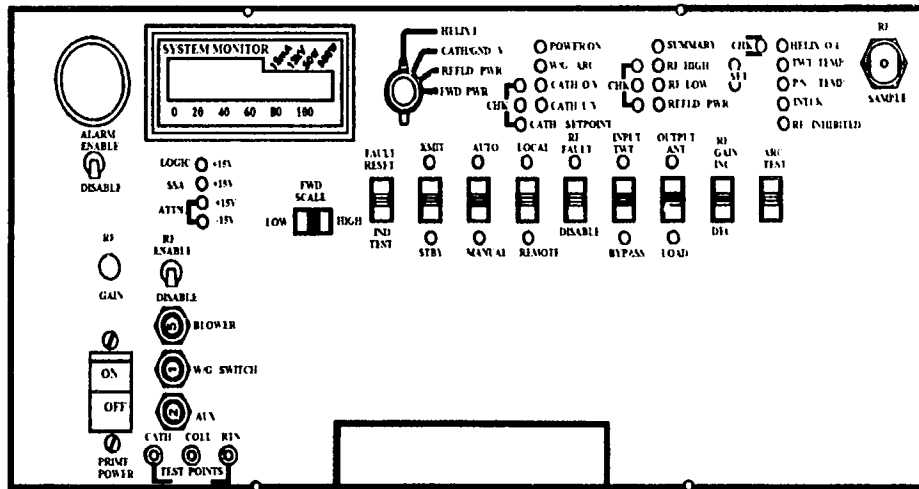


FIGURA 4.2. AMPLIFICADOR DE POTENCIA (TWT).

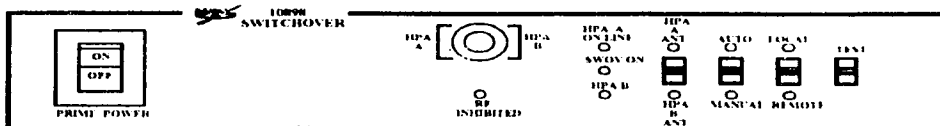


FIGURA 4.3. SWITCH DE PROTECCION DE LOS HPA.

Seleccionamos en el UP CONVERTER (convertidor de frecuencia ascendente) la frecuencia de subida correspondiente para transmitir nuestra señal de RF en el transpondedor deseado, y en el DOWN CONVERTER (convertidor de frecuencia descendente) seleccionamos la frecuencia de bajada para nuestra portadora de ingeniería, los convertidores de frecuencia ascendentes necesitan una portadora de FI de entrada, para proporcionar una portadora de RF a la salida (ver la figura 4.4).

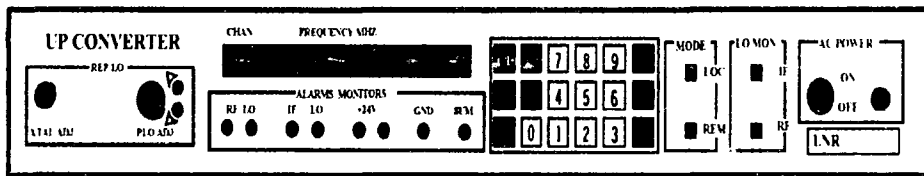


FIGURA 4.4. CONVERTIDOR DE FRECUENCIA ASCENDENTE.

En el Módem Protection Switch que es donde se manejan los dos módem ya que están en redundancia, seleccionamos la velocidad, la modulación y la relación de FEC a que vamos a transmitir. El módem acepta la salida proveniente del codificador de vídeo y la modula en QPSK sobre una portadora de 70 Mhz (ver la figura 4.5).

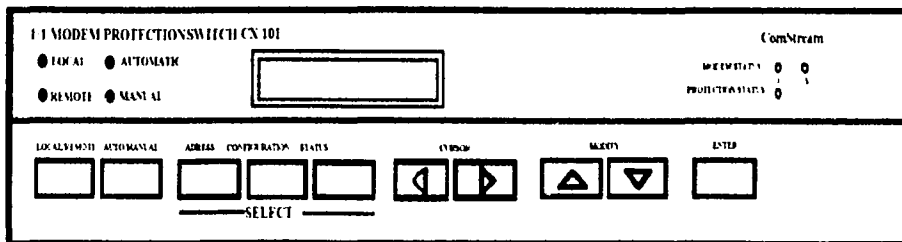


FIGURA 4.5. SWITCH DE PROTECCION DE LOS MODEM.

En el subsistema de codificador de vídeo (figura 4.7), cada una de las unidades interfaza con el subsistema de distribución de vídeo en banda base y el audio que viene del codificador de audio (figura 4.8), en el lado de entrada y con el subsistema de módem a la salida. En este equipo se hace la selección del vídeo y audio así como la selección del FEC, como se observa en la figura 4.6. Aquí seleccionamos la calidad de vídeo que requiramos transmitir.

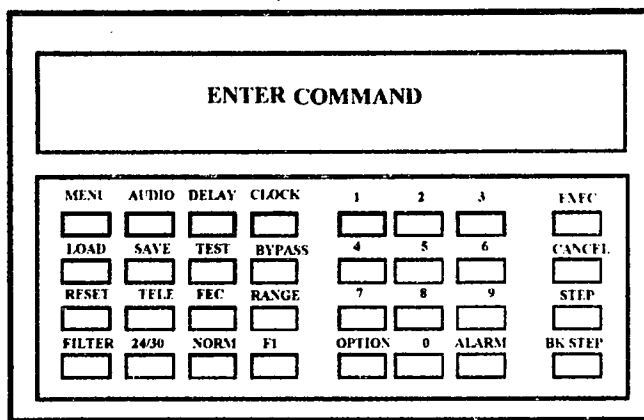


FIGURA 4.6. CARATULA DEL CODIFICADOR DE VIDEO.

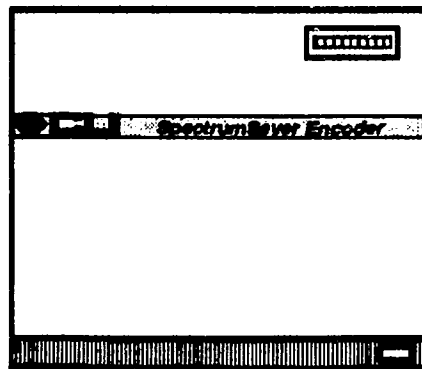


FIGURA 4.7. CODIFICADOR DE VIDEO.

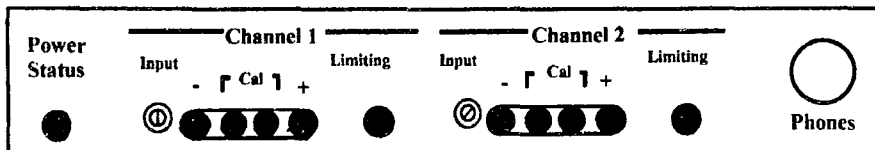


FIGURA 4.8. CARATULA DEL CODIFICADOR DE AUDIO.

Todo esto antes mencionado es con respecto a la transmisión de la señal de prueba, y con respecto a la recepción, tenemos los LNA y LNB (ver la figura 4.10), y su redundant switch (ver la figura 4.9) control de redundancia de los LNA.

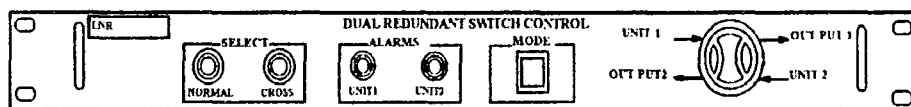


FIGURA 4.9. SWITCH DE REDUNDANCIA DE LOS LNA.

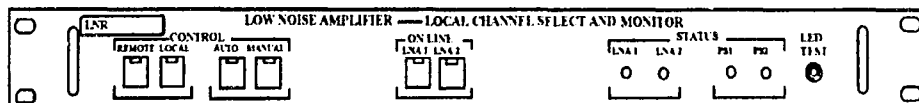


FIGURA 4.10. AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO (LNA).

El IRD receptor/decodificador integrado (ver la figura 4.11), aquí seleccionamos el canal en el que vamos a recibir la señal de prueba. Para saber que número de canal seleccionar es indispensable consultar unas tablas de frecuencia de bajada del IRD que el fabricante proporciona en la cual hay que realizar una operación sencilla, se da un ejemplo a continuación:

Si la estación terrena transportable va a subir una frecuencia de transmisión de 14,882 Mhz tendremos que restarle 2300 a la frecuencia de subida y el resultado sería 12,182, entonces se localiza la frecuencia 12,182 en tablas y corresponde al canal 3868-3875, tiene un intervalo de 8 canales esto es un rango de canales para que pueda abrir la carta en ese parámetro.

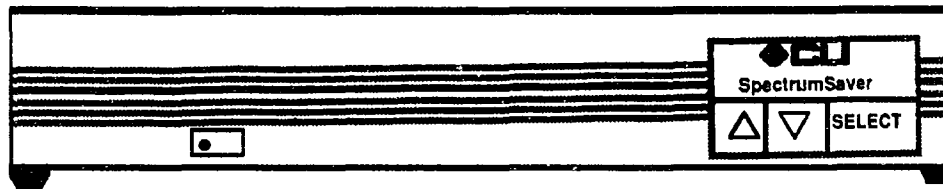


FIGURA 4.11. RECEPTOR/DECODIFICADOR DE VIDEO Y AUDIO (IRD).

En nuestro subsistema de medición y monitoreo tenemos el analizador de espectros y seleccionamos el botón de 70 Mhz y en el menú el SPAN/DIV seleccionamos el intervalo de frecuencia para poder monitorear la frecuencia central en el transpondedor (ver la figura 4.12).

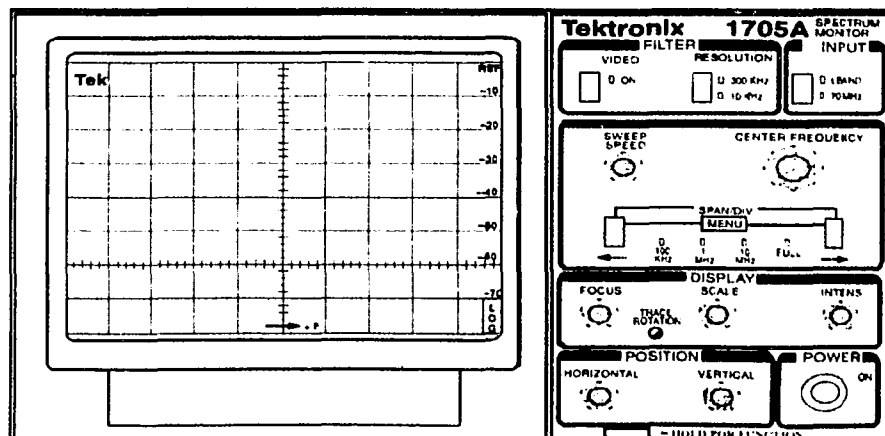


FIGURA 4.12. ANALIZADOR DE ESPECTROS.

En el monitor forma de onda y vectroscopio seleccionamos con el botón WAVEFORM (forma de onda) (ver la figura 4.13), y con el botón CH-A en la entrada para monitorear los niveles de banda base de la señal de televisión o señal de prueba a la transmisión y con el CH-B para monitorear la señal de televisión o señal de prueba a la recepción. El vectroscopio no es muy usado puesto que la estación terrena transportable no funciona como una central de vídeo donde realmente se usa para ver el defasamiento de los colores.

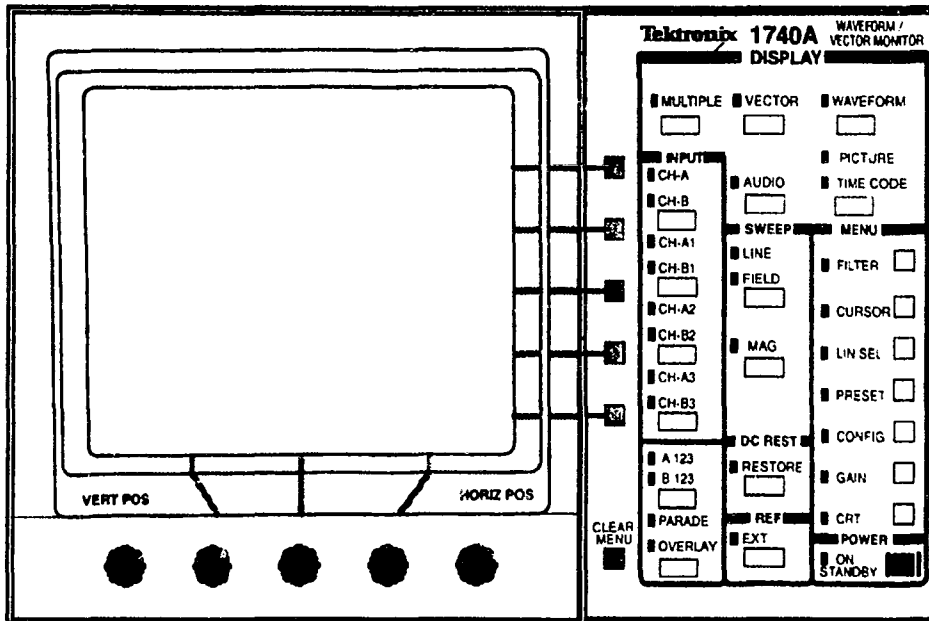


FIGURA 4.13. MONITOR FORMA DE ONDA VECTROSCOPIO.

Entonces procedemos a generar un señal de pruebas con el NTSC Television Generator (ver la figura 4.14), por lo regular o por no decir que siempre se toma la señal llamada barra de colores del generador y generar un tono del monitor de audio o VIDEOTEK (vúmetro) (ver la figura 4.15). Antes de dejar pasar la señal de

prueba al HPA para accesarla monitoreamos los niveles de banda base en el forma de onda y el tono en el vúmetro.

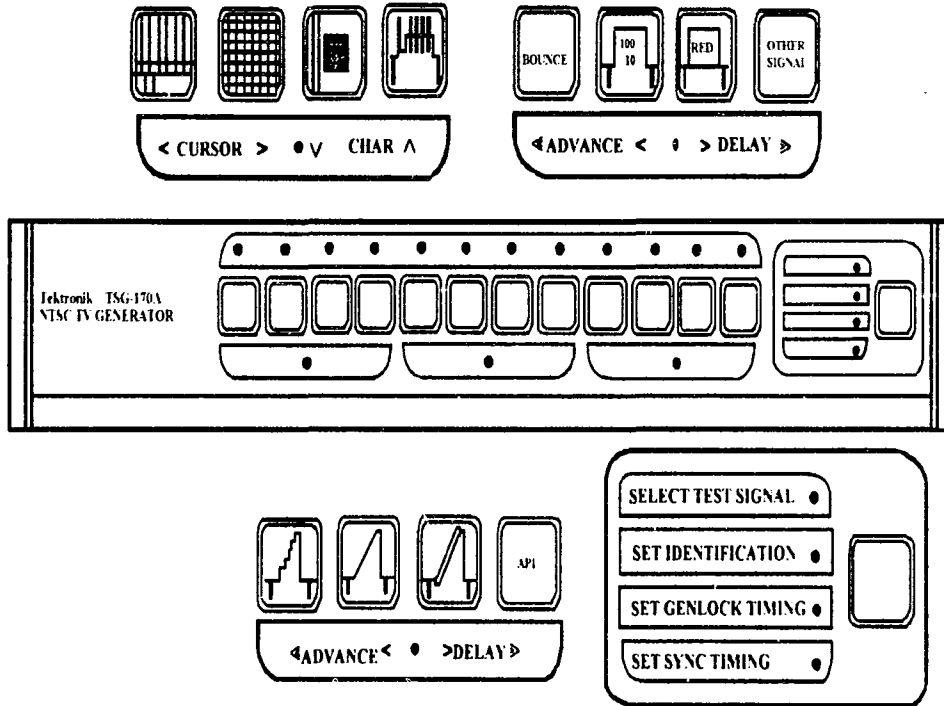


FIGURA 4.14. GENERADOR DE PATRONES DE VIDEO.

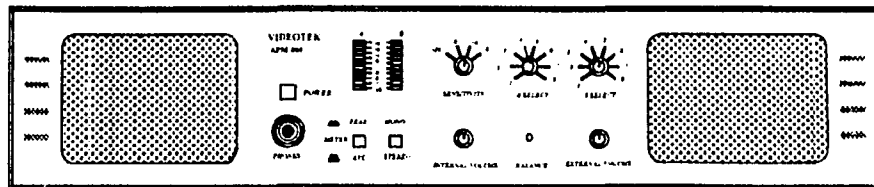


FIGURA 4.15. MONITOR DE AUDIO.

La estación terrena transportable cuenta con dos monitores de vídeo, en el canal A de un monitor de vídeo observamos la señal de televisión a la transmisión, y en el segundo monitor de vídeo monitoreamos la señal de televisión a la recepción (ver la figura 4.16).

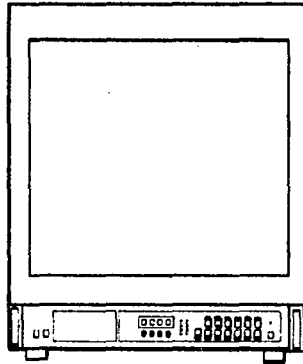


FIGURA 4.16. MONITOR DE VIDEO.

Procedemos hablar nuevamente a la estación terrena maestra para avisar que vamos a subir una señal de prueba a satélite, en ningún momento interrumpimos la comunicación telefónica, el siguiente paso sería dejar pasar la señal de prueba, como todo nuestro equipo ya esta enrutado, en el HPA con el RF enable dejamos pasar nuestra señal, pedimos que chequen los niveles de banda base de la señal de prueba y el tono generado, una vez checados los niveles de banda base de la señal de prueba y los niveles del tono, notificamos que en un momento más nos comunicaremos para que reciban la señal activa y nos monitoreen los niveles de banda base a la recepción y así poder ajustar nuestros equipos en caso de que los niveles de banda base estuvieran bajos.

En la estación terrena transportable para servicios de televisión tenemos la ventaja de monitorear la señal tanto a la transmisión como a la recepción.

Cuando el usuario nos entrega señal activa los cuales se introducen vía panel de conectores localizados a un lado del vehículo y alimentan a la unidad de parcheo de audio y vídeo dentro de la unidad. Posterior a la unidad de parcheo, las señales de audio y vídeo son monitoreadas y se realiza la distribución de vídeo y audio, en los cuales se asegura que los niveles de banda base en el monitor forma de onda y visualmente en el monitor de vídeo sean los apropiados para alimentar a las dos cadenas de transmisión. Si hubiera algún problema con los niveles de banda base del cliente se le notifica al centro de producción o al master que sus niveles de banda base están ya sea elevados o bajos con respecto a los niveles permitidos.

Se vuelve a notificar a la estación terrena maestra que vamos a mandar señal activa del cliente, pedimos niveles de banda base de la señal activa y valores de pico del audio, una vez que están en los valores óptimos, pedimos a la estación terrena maestra que nos notifique cualquier alteración de los niveles de la señal de banda base en la señal activa y parámetros del audio.

Sacamos el audio de la señal activa por medio de los jack de parcheo y lo parchamos al amplificador de audio (crown) para amplificarla en las bocinas y saber su calidad de audio auditivamente (ver la figura 4.17).



FIGURA 4.17. AMPLIFICADOR DE AUDIO.

El tiempo que dure la transmisión es el de monitorear en la estación terrena transportable los niveles de banda base en el forma de onda, los niveles de RF en el analizador de espectros, los niveles de audio en el vúmetro y vigilar el buen

funcionamiento de nuestro equipo de comunicaciones, observar que no se alarmen los equipos.

Llegado el tiempo de finalización de la transmisión nos comunicamos a la sala de monitoreo de CONTEL para informar que la transmisión ha concluido y que vamos a bajar portadora y damos las gracias a los ingenieros encargados de turno.

4.3 ANALISIS DE COSTOS DE UNA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELEVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU.

A continuación se enlista en una tabla el estudio del análisis de costos de la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku.

La cotización de los equipos de comunicación de la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku, está realizado en dólares debido a que son de producción extranjera.

TABLA 4.1. ANALISIS DE COSTOS DE UNA ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE PARA SERVICIOS DE TELVISION POR SATELITE EN LA BANDA KU.

| Equipo de comunicaciones para la E/T transportable: | Unidades. | Marca: | Costo: |
|---|-----------|--------------|--------------|
| Sistema móvil de la estación terrena transportable (acondicionado). | 1 | Ford-3500 | \$ 80,000.00 |
| Antena, GPS (control remoto) | 1 | Vertex Comm. | \$ 22,000.00 |

| | | | |
|---|---|--------------------------------|---------------|
| y LNB. | | | |
| Amplificador de potencia (SSPA). | 2 | MCL. Inc. | \$ 60,000.00 |
| Convertidor de frecuencia (ascendente). | 2 | LNR Inc. | \$ 14,200.00 |
| Codificador de vídeo (integrado en el mismo modulo codificador de vídeo, codificador de audio y modulador) y receptor/decodificador integrado de vídeo y audio (IRD). | 2 | Wegener Comm. | \$ 172,500.00 |
| Monitor forma de onda y vectroscopio. | 1 | Tektronix. | \$ 6,215.00 |
| Analizador de espectros. | 1 | Tektronix. | \$ 6,090.00 |
| Generador de patrones de televisión. | 1 | Tektronix. | \$ 7,545.00 |
| Monitores de vídeo a color. | 2 | Sony Corporation. | \$ 2,625.00 |
| Monitor de audio. | 1 | Videotek. | \$ 1,340.00 |
| Amplificador de audio y dos bocinas. | 1 | Crown Inc Y JBL. | \$ 1,150.00 |
| Unidad de parcheo y monitoreo (vídeo y audio). | 2 | ADC Telecommunications. | \$ 950.00 |
| Sistema deshidratador de guía de ondas. | 1 | Environmental Technology, Inc. | \$6,500.00 |
| Sistema de comunicación entre la E/T transportable y la E/T maestra considerando | 2 | Motorola. | \$ 800.00 |

| | | | |
|---|---|--------------|---------------|
| (teléfonos celulares con accesorios). | | | |
| Sistema de aire acondicionado (tipo ventana y minisplit). | 2 | Carrier. | \$ 2,500.00 |
| Subsistema de energía (planta de energía eléctrica). | 1 | Caterpillar. | \$ 9,700.00 |
| Total: | | | \$ 394,115.00 |

Como podemos observar el costo del equipo de comunicaciones de la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku es de \$ 394,115.00 dólares, esto en pesos mexicanos al tipo de cambio del 31 de marzo de 1999 que fue de \$ 9.70 pesos mexicanos por dólar es de \$ 3,822,915.50 pesos mexicanos.

CAPITULO 5
CALCULO DE ENLACE SATELITAL.

5.1 CALCULO DE ENLACE SATELITAL.

El cálculo de enlace es un procedimiento matemático que nos permite evaluar la calidad de la señal existente en un canal de comunicación vía satélite considerando los niveles de potencia en todo el sistema.

El cálculo de enlace vía satélite nos permite obtener los valores de potencia necesaria para comunicar dos o más estaciones terrenas (E/T) tomando en cuenta las consideraciones físicas relacionadas con el viaje de la señal por el espacio libre, con el tratamiento que recibe por parte de los equipos (entre ellos el satélite mismo), y a la ubicación geográfica de los puntos a comunicar.

En el contexto del diseño de una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite, el cálculo de enlace constituye la base matemática para el dimensionamiento de los equipos que se utilizan en las E/T, en tanto que en la operación del equipo de comunicaciones, nos es útil para determinar la cantidad de potencia necesaria que se necesita para establecer un enlace cuando los equipos de las E/T ya fueron seleccionados.

El presente cálculo se realiza tomando en cuenta la transmisión de una señal de vídeo comprimido con dos canales de audio con modulación digital QPSK y un tipo de acceso FDMA/SCPC.

El cálculo se divide de la siguiente manera:

5.1.1. ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL DE VIDEO.

5.1.2. CALCULO DE LA ELEVACION Y AZIMUT.

5.1.2.1. ESTACION TERRENA TRANSMISORA UBICADA EN LA CIUDAD DE MATAMOROS TAMPS.

5.1.2.2. ESTACION TERRENA RECEPTORA UBICADA EN LA CIUDAD DE MEXICO D.F.

5.1.3. CALCULO DE LA DISTANCIA AL SATELITE.

5.1.3.1. DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA AL SATELITE.

5.1.3.2. DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA AL SATELITE.

5.1.4. CALCULO DE LA ATENUACION EN EL ESPACIO LIBRE.

5.1.4.1. DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA AL SATELITE.

5.1.4.2. DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA AL SATELITE.

5.1.5. CALCULO DEL (C/N).

5.1.5.1. (C/N) ASCENDENTE.

5.1.5.2. (C/N) DESCENDENTE.

5.1.5.3. (C/N) TOTAL.

5.1.6. CALCULO DE LA POTENCIA DEL HPA.

5.1.7. CALCULO DE LAS ATENUACIONES POR LLUVIA.

5.1.7.1. EN MATAMOROS TAMPS., ENLACE ASCENDENTE.

5.1.7.2. EN MEXICO D.F., ENLACE DESCENDENTE.

DATOS:**DATOS DEL SATELITE**

| | |
|---------------------------------|---------------|
| Satélite: | Solidaridad 1 |
| Longitud: | 109.2 °W |
| Transponder: | 4 Ku |
| Ancho de banda del transponder: | 49 Mhz |
| Región: | 4 |
| Frecuencia ascendente: | 14.230 Ghz |
| Frecuencia descendente: | 11.930 Ghz |
| Back-off de entrada (MIPBO): | 12.5 dB |
| Back-off de salida (MOMBO): | 4 dB |
| ATP: | 15 dB |

DATOS DE LA SEÑAL A TRANSMITIR

| | |
|---------------------------|--------|
| Velocidad de información: | 6 Mbps |
| Modulación: | QPSK |
| Roll off: | 14% |
| FEC: | 3/4 |

DATOS DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA (E/T TRANSPORTABLE)

| | |
|------------|-------------------|
| Localidad: | Matamoros, Tamps. |
| Latitud: | 25.53 °W |
| Longitud: | 97.30 °N |

| | |
|------------------------|-----------|
| Diámetro de antena: | 1.5 Mts |
| Ganancia de antena Tx: | 46.28 dBi |
| Ganancia de antena Rx: | 44.79 dBi |
| Temperatura de ruido: | 35 °K |

DATOS DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA (E/T MAESTRA)

| | |
|------------------------|-------------|
| Localidad: | México D.F. |
| Latitud: | 19.35 °W |
| Longitud: | 99.01 °N |
| Diámetro de antena: | 3.5 Mts |
| Ganancia de antena Tx: | 53.64 dBi |
| Ganancia de antena Rx: | 52.1 dBi |
| Temperatura de ruido: | 26 °K |

PARAMETROS DEL SATELITE PARA LAS LOCALIDADES DE INTERES

| | | |
|----------------|-------------------|----------------------------|
| Localidad: | Matamoros, Tamps. | México D.F. |
| DFS satu-sat: | -98.00 | -100.80 dBW/m ² |
| PIRE satu-sat: | 50.30 | 50.50 dBW |
| (G/T): | 6.50 | 9.3 dB/K |

5.1.1. ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL DE VIDEO.

$$AB = V_{inf} \cdot (FEC) \cdot (FM) \cdot (1 + \text{Roll-off}) \text{ (Hz)}$$

V_{inf} = Velocidad de información.

FEC = Factor debido al código de corrección de errores por adelantado.

FM = Factor de modulación, su valor depende de la modulación empleada.

Si la modulación es BPSK FM = 1.0

Si la modulación es QPSK FM = 0.5

Roll-off = Factor de ensanchamiento del espectro (característica de los módem).

Sustituyendo:

Ancho de banda

$$AB_{ocu} = 6 (3/4)^{-1} (0.5) 1.14$$

$$\underline{AB_{ocu} = 4.56 \text{ Mhz}}$$

5.1.2. CALCULO DE LA ELEVACION Y AZIMUT.

5.1.2.1. ESTACION TERRENA TRANSMISORA UBICADA EN LA CIUDAD DE MATAMOROS TAMPS.

Angulo de elevación para la E/T Matamoros, Tamps.

$$E = \tan^{-1} \left(\frac{r - R \cos \theta_{LAT} \cos |\theta_{SAT} - \theta_{LONG}|}{R \sin [\cos^{-1} (\cos \theta_{LAT} \cos |\theta_{SAT} - \theta_{LONG}|)]} \right) - \cos^{-1} (\cos \theta_{LAT} \cos |\theta_{SAT} - \theta_{LONG}|)$$

Donde:

$$\theta_{SAT} = \text{Longitud del satélite} = 109.2 \text{ }^\circ\text{W}$$

$$\theta_{LONG} = \text{Longitud de la E/T} = 97.30 \text{ }^\circ\text{W}$$

$$\theta_{LAT} = \text{Latitud de la E/T} = 25.53^\circ \text{N}$$

$$r = \text{Distancia del centro de la tierra al satélite} = 42,164 \text{ Kmts.}$$

$$R_e = \text{Radio medio de la tierra} = 6,378 \text{ Kmts.}$$

$$E = \tan^{-1} \left(\frac{42164 \times 10^3 - 6378 \times 10^3 \cos 25.53 \cos |109.2 - 97.30|}{6378 \times 10^3 \sin [\cos^{-1} (\cos 25.53 \cos |109.2 - 97.30|)]} \right) - \cos^{-1} (\cos 25.53 \cos |109.2 - 97.30|)$$

$$E = \tan^{-1} \left(\frac{36532435.72}{2994055.395} \right) - 27.997$$

$$\underline{E = 57.31^\circ}$$

El ángulo de azimut esta dado por:

$$A' = \tan^{-1} \left(\frac{\tan |\theta_{SAT} - \theta_{LONG}|}{\sin \theta_{LAT}} \right)$$

Donde:

$$\theta_{SAT} = \text{Longitud del satélite} = 109.2^\circ \text{W}$$

$$\theta_{LONG} = \text{Longitud de la E/T} = 97.30^\circ \text{W}$$

$$\theta_{LAT} = \text{Latitud de la E/T} = 25.53^\circ \text{N}$$

Si la E/T se ubica en el Hemisferio Norte y la :

$$\text{E/T al oeste del satélite: } A = 180 - A'$$

$$\text{E/T al este del satélite: } A = 180 + A'$$

Si la E/T se ubica en el Hemisferio Sur y la:

$$\text{E/T al oeste del satélite: } A = A'$$

E/T al este del satélite: $A = 360$

$$A' = \tan^{-1} \left(\frac{\tan |109.2 - 97.30|}{\sin 25.53} \right)$$

$$A' = 26.05^\circ$$

$$A = 180 + 26.05$$

$$\underline{A = 206.05^\circ}$$

5.1.2.2. ESTACION TERRENA RECEPTORA UBICADA EN LA CIUDAD DE MEXICO D.F.

Angulo de elevación para la E/T México D.F.

$$\theta_{SAT} = \text{Longitud del satélite} = 109.2^\circ \text{W}$$

$$\theta_{LONG} = \text{Longitud de la E/T} = 99.01^\circ \text{W}$$

$$\theta_{LAT} = \text{Latitud de la E/T} = 19.35^\circ \text{N}$$

$$r = \text{Distancia del centro de la tierra al satélite} = 42,164 \text{ Kmts.}$$

$$R_e = \text{Radio medio de la tierra} = 6,378 \text{ Kmts.}$$

$$E = \tan^{-1} \left(\frac{42164 \times 10^3 - 6378 \times 10^3 \cos 19.35 \cos |109.2 - 99.01|}{6378 \times 10^3 \sin [\cos^{-1} (\cos 19.35 \cos |109.2 - 99.01|)]} \right) - \cos^{-1} (\cos 19.35 \cos |109.2 - 99.01|)$$

$$E = \tan^{-1} \left(\frac{36241199.93}{2366288.944} \right) - 21.777$$

$$\underline{E = 64.48^\circ}$$

El ángulo de azimut esta dado por:

$$A' = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{\text{Tan} |\theta_{\text{SAT}} - \theta_{\text{LONG}}|}{\text{Sen } \theta_{\text{LAT}}} \right)$$

Donde:

θ_{SAT} = Longitud del satélite = 109.2 °W

θ_{LONG} = Longitud de la E/T = 99.01 °W

θ_{LAT} = Latitud de la E/T = 19.35 °N

Si la E/T se ubica en el Hemisferio Norte y la :

E/T al oeste del satélite: $A = 180 - A'$

E/T al este del satélite: $A = 180 + A'$

Si la E/T se ubica en el Hemisferio Sur y la:

E/T al oeste del satélite: $A = A'$

E/T al este del satélite: $A = 360$

$$A' = \text{Tan}^{-1} \left(\frac{\text{Tan} |109.2 - 99.01|}{\text{Sen } 19.35} \right)$$

$$A' = 28.47^\circ$$

$$A = 180 + 28.47$$

$$\underline{\underline{A = 208.47^\circ}}$$

5.1.3. CALCULO DE LA DISTANCIA AL SATELITE.

5.1.3.1. DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA AL SATELITE.

La distancia se calcula mediante la siguiente formula:

$$d = ((Re + H)^2 + Re^2 - 2 Re(Re + H) \text{Sen}[E + \text{Sen}^{-1}(\frac{Re}{Re + H}) \text{Cos}E])^{1/2}$$

H = Altura del satélite en la órbita geoestacionaria = 35,786 Kmts.

$$d = ((6378 + 35786)^2 + 6378^2 - 2 \cdot 6378 (6378 + 35786) \text{Sen} [57.31 + \text{Sen}^{-1}$$

$$(\frac{6378}{6378 + 35786}) \text{Cos } 57.31])^{1/2}$$

$$\mathbf{d = 36,655.29 \text{ Kmts.}}$$

5.1.3.2. DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA AL SATELITE.

De la misma manera pero para México D.F.

$$d = ((6378 + 35786)^2 + 6378^2 - 2 \cdot 6378 (6378 + 35786) \text{Sen} [64.48 + \text{Sen}^{-1}$$

$$(\frac{6378}{6378 + 35786}) \text{Cos } 64.48])^{1/2}$$

$$\mathbf{d = 36,318.63 \text{ Kmts.}}$$

5.1.4. CALCULO DE LA ATENUACION EN EL ESPACIO LIBRE.

5.1.4.1. DE LA ESTACION TERRENA TRANSMISORA AL SATELITE.

La atenuación en el espacio libre esta dada por:

$$L_{u,asc} = 20 \text{ Log} \left(\frac{4 \pi F_{asc} d_{asc}}{C} \right)$$

Donde:

$L_{u,asc}$ = Pérdida en el espacio libre a la transmisión (ascendente).

F_{asc} = Frecuencia ascendente = 14230 Mhz.

d_{asc} = Distancia al satélite = 36,655.29 Kmts

C = Velocidad de la luz = 3×10^8 mts/s.

$$L_{u,asc} = 20 \text{ Log} \left(\frac{4 \pi (14.23 \times 10^9) (36655.29 \times 10^3)}{3 \times 10^8} \right)$$

$$\underline{L_{u,asc} = 206.788 \text{ dB}}$$

5.1.4.2. DE LA ESTACION TERRENA RECEPTORA AL SATELITE.

Donde:

$L_{u,des}$ = Pérdida en el espacio libre a la recepción (descendente)

F_{des} = Frecuencia descendente = 11930 Mhz.

d_{des} = Distancia al satélite = 36,318.63 Kmts

C = Velocidad de la luz = 3×10^8 mts/s.

$$L_{u,asc} = 20 \text{ Log} \left(\frac{4 \pi (11.93 \times 10^9) (36318.63 \times 10^3)}{3 \times 10^8} \right)$$

$$\underline{L_{u,asc} = 205.177 \text{ dB}}$$

5.1.5. CALCULO DEL (C/N).

5.1.5.1. (C/N) ASCENDENTE.

La relación del (C/N) esta dada por:

$$(C/N)_{asc} = \Omega_{SATPOT-VIDEO} - 10\text{Log}\left(\frac{4 \pi F_{asc}^2}{C^2}\right) + (G/T)_{SAT} - 10\text{Log}K - 10\text{Log}AB \\ - \text{BOI} + \text{ATP}$$

Donde:

$\Omega_{SATPOT-VIDEO}$ = Densidad de flujo de saturación de la portadora.

$(G/T)_{SAT}$ = Cifra de Mérito del satélite = 6.50 dB/K.

K = Constante de Boltzman = 1.38×10^{-23} K.

AB = Ancho de banda de la señal de vídeo = 4.56 Mhz.

BOI = Back-off de entrada al satélite = 12.5 dB.

ATP = Atenuador de posición = 15 dB.

F_{asc} = Frecuencia ascendente = 14,230 Mhz.

C = Velocidad de la luz = 3×10^8 mts/s.

Para calcular la $\Omega_{SATPOT-VIDEO}$ se tiene:

$$\Omega_{SATPOT-VIDEO} = \Omega_{SATU-SAT} + 10\text{Log}\left(\frac{AB}{ABTP}\right)$$

Donde:

$\Omega_{\text{SATU-SAT}}$ = Densidad de flujo de saturación del satélite = -98.00 dBW/m².

AB = Ancho de banda de la señal de vídeo = 4.6 Mhz.

AB_{TTP} = Ancho de banda del transpondedor = 49 Mhz.

Sustituyendo:

$$\Omega_{\text{SATPOT-VIDEO}} = -98 + 10\text{Log}\left(\frac{4.56 \times 10^6}{49 \times 10^6}\right)$$

$$\underline{\Omega_{\text{SATPOT-VIDEO}} = -108.312 \text{ dBW/m}^2.}$$

$$(C/N)_{\text{asc}} = -108.312 - 10\text{Log}\left(\frac{4\pi (14.23 \times 10^9)^2}{3 \times 10^8}\right) + 6.5 - \text{Log}(1.38 \times 10^{-23}) - 10\text{Log}$$

$$(4.56 \times 10^6) - 12.5 + 15$$

$$(C/N)_{\text{asc}} = -108.312 - 44.51 + 6.5 + 228.6 - 66.59 - 12.5 + 15$$

$$\underline{(C/N)_{\text{asc}} = 18.188 \text{ dB}}$$

5.1.5.2. (C/N) DESCENDENTE.

La relación esta dada por:

$$(C/N)_{\text{des}} = \text{PIRE}_{\text{PORT-VIDEO}} - 20\text{Log}\left(\frac{4\pi F_{\text{des}} d_{\text{des}}}{C}\right) + (G/T)_{\text{RX}} - 10\text{Log}K - 10\text{Log}B$$

$$- \text{BOO} + L'$$

Donde:

PIRE PORT-VIDEO = PIRE de la portadora.

$(G/T)_{Rx}$ = Cifra de Mérito de la estación terrena receptora.

BOO = Back-off de salida = 4.0 dB.

L' = Pérdidas por absorción atmosférica y por error de apuntamiento = 1.5 dB

F_{des} = frecuencia descendente = 11,930 Mhz.

d_{des} = Distancia al satélite = 36,318.63 Kmts.

Para calcular la PIRE PORT-VIDEO se tiene:

$$PIRE_{PORT-VIDEO} = PIRE_{SATU-SAT} + 10\log\left(\frac{AB}{ABTP}\right)$$

Donde:

PIRE_{SATU-SAT} = PIRE de saturación del satélite.

$$PIRE_{SATU-SAT} = 50.50 + 10\log\left(\frac{4.56 \times 10^6}{49 \times 10^6}\right)$$

$$\underline{PIRE_{SATU-SAT} = 40.187 \text{ dBW}}$$

Para calcular la $(G/T)_{Rx}$ se tiene que:

$$(G/T)_{Rx} = G_{Rx} - 10\log T$$

Donde:

G_{rx} = Ganancia de la antena de la estación terrena maestra a la recepción.

T = temperatura de ruido de la antena de la estación maestra.

$$(G/T)_{Rx} = 52.1 - 10\text{Log}(26)$$

$$\underline{(G/T)_{Rx} = 37.95 \text{ dB/K}}$$

$$(C/N)_{des} = 40.187 - 20\text{Log}\left(\frac{4 \pi (11930 \times 10^6)^2 (36318.63 \times 10^3)}{3 \times 10^8}\right) + 37.95 + 228.6$$

$$- 10\text{Log}(4.56 \times 10^{-4}) - 4 + 1.5$$

$$(C/N)_{des} = 40.187 - 205.177 + 37.95 + 228.6 - 66.589 - 4 + 1.5$$

$$\underline{(C/N)_{des} = 32.471 \text{ dB}}$$

5.1.5.3. (C/N) TOTAL.

La relación (C/N) total esta dada por:

$$(C/N)_{total} = 10\text{Log}\left(\frac{1}{\frac{1}{\text{antilog}(C/N_{asc} / 10)} + \frac{1}{\text{antilog}(C/N_{des} / 10)}}\right)$$

$$(C/N)_{total} = 10\text{Log}\left(\frac{1}{\frac{1}{\text{antilog}(18.188 / 10)} + \frac{1}{\text{antilog}(32.471 / 10)}}\right)$$

(C/N) total = 18.028 dB

5.1.6. CALCULO DE LA POTENCIA DEL HPA.

Cálculo de la potencia del HPA para la portadora de vídeo.

Partiendo de la formula:

$$P_{\text{TX PORT-VIDEO}} = \text{antilog}\left(\frac{(\text{PIRE}_{\text{TX-IP}} - G_{\text{tx}} + L_{\text{go}})}{10}\right)$$

Donde:

PIRE_{TX-IP} = PIRE necesaria para transmitir una portadora

G_{tx} = ganancia de la antena transmisora.

L_{go} = Pérdida en el sistema de guía de ondas = 1.3 dB.

Para calcular la PIRE_{TX-IP} tenemos que:

$$\text{PIRE}_{\text{TX-IP}} = \text{DFS}_{\text{PORT-VIDEO}} + L_{\text{dis}}$$

Donde:

DFS_{PORT-VIDEO} = Densidad de flujo de saturación de la portadora de vídeo.

L_{dis} = Pérdida por dispersión.

Para lo cuál:

$$\text{DFS PORT-VIDEO} = \text{DFS SATU-SAT} - \text{BOI} + 10\text{Log}\left(\frac{\text{AB}}{\text{ABTP}}\right) + \text{ATP}$$

$$\text{DFS PORT-VIDEO} = -98 - 12.5 + 10\text{Log}\left(\frac{4.56 \times 10^6}{49 \times 10^6}\right) + 15$$

$$\underline{\text{DFS PORT-VIDEO} = -105.8123 \text{ dBW/m}^2}$$

y.

$$L_{\text{dis}} = 10\text{Log}(4 \pi d_{\text{asc}}^2)$$

$$L_{\text{dis}} = 10\text{Log}[(4 \pi (36655.29 \times 10^3)^2)]$$

$$\underline{L_{\text{dis}} = 162.274 \text{ dB}}$$

con lo que tenemos:

$$\text{PIRE TX-IP} = -105.8123 + 162.274$$

$$\underline{\text{PIRE TX-IP} = 56.4617}$$

y así finalmente,

$$\text{Pt PORT-VIDEO} = \text{antilog}\left[\frac{(56.4617 - 46.28 + 1.3)}{10}\right]$$

$$\underline{\text{Pt PORT-VIDEO} = 14.065 \text{ Watts.}}$$

5.1.7. CALCULO DE LAS ATENUACIONES POR LLUVIA.

5.1.7.1. EN MATAMOROS TAMPS., ENLACE ASCENDENTE.

Este cálculo se desarrollará mediante el modelo de Crane para considerar los casos que se sufra atenuación la señal debido a la lluvia y observar en que cantidad afecta a la potencia del HPA en Watts al momento de transmitir y así estimar la potencia total del HPA para superar dicha atenuación.

DATOS:

| | |
|--|----------------|
| Fu = frecuencia ascendente | = 14.230 Ghz |
| Región de lluvia | = D |
| % de lluvia | = 0.05 |
| Rp = distribución puntual de lluvia | = 22 mm/h |
| H = altura de la isoterma a 0°C | = 4.9381 Kmts. |
| Ho = altura sobre el nivel del mar | = 0.010 Kmts. |
| E = ángulo de elevación de la estación terrena | = 57.31° |
| D = longitud de la trayectoria Kmts. | |
| L = longitud de la trayectoria Kmts. | |

La atenuación por lluvia esta dada por:

$$L_r \text{ (dB)} = \frac{a R_p^b L}{D} \left[\frac{\exp(ubD) - 1}{ub} \right] \quad (1) \quad 0 \leq D \leq d$$

$$L_r \text{ (dB)} = \frac{a R_p^b L}{D} \left[\frac{\exp(ubD) - 1}{ub} + \frac{x^b \exp(vbd)}{vb} + \frac{x^b \exp(vbD)}{vb} \right]$$

$$(2) \quad d \leq D \leq 22.5 \text{ Km}$$

Donde:

$$d = 3.8 - 0.6 \ln R_p$$

$$x = 2.3 R_p^{-0.17}$$

$$v = 0.026 - 0.03 \ln R_p$$

$$u = \frac{\ln [x \exp (vd)]}{d}$$

Como $E \geq 10^\circ$

$$D = \frac{H - H_o}{\tan E}$$

$$L = \frac{D}{\cos E}$$

Calculando:

$$d = 3.8 - 0.6 \ln (22) = 1.9453$$

$$x = 2.3 (22)^{-0.17} = 1.3599$$

$$v = 0.026 - 0.03 \ln (22) = -0.0667$$

$$u = \frac{\ln (1.3599 \exp (-0.0677) (1.9453))}{1.9453} = 0.0913$$

$$D = \frac{4.9381 - 0.010}{\tan 57.31} = 3.1625$$

$$L = \frac{3.1625}{\cos 57.31} = 5.8554$$

Como $d \leq D \leq 22.5$ Km tendremos que usar (2)

Los coeficientes a y b son dependientes de la frecuencia y son tomados de las tablas del modelo de Crane, para las frecuencias de este cálculo son calculados por interpolación:

Para 14.230 Ghz., (frecuencia ascendente).

$$a = 0.03082 \quad b = 1.1270 \quad R_p > 30 \text{ mm/h}$$

$$a = 0.02863 \quad b = 1.14713 \quad R_p \leq 30 \text{ mm/h}$$

La atenuación por lluvia será:

$$L_r (\text{dB}) = \frac{(0.02863) (22^{1.14713}) (5.8554) \exp((0.0913) (1.14713) (1.9453)) - 1}{3.1625} \left[\frac{1.3599^{1.14713} \exp(-0.0667) (1.14713) (1.9453)}{(-0.0667) (1.14713)} + \frac{1.3599^{1.14713} \exp(-0.0667) (1.14713) (3.1625)}{(-0.0667) (1.14713)} \right]$$

$$\underline{L_r (\text{dB}) = 7.8412}$$

A continuación se presenta una tabla para diferentes porcentajes de lluvia. Es importante mencionar que varía la H la cual se calcula por interpolación partiendo de la gráfica del modelo de Crane para H contra latitud de la estación terrena:

| P% | H | Rp | Lr (dB) |
|------|--------|------|---------|
| 0.01 | 5.1212 | 49 | 14.7959 |
| 0.02 | 5.0742 | 35 | 10.6688 |
| 0.05 | 4.9381 | 22 | 7.8412 |
| 0.10 | 4.7272 | 14.5 | 4.1577 |
| 0.20 | 4.3643 | 9.5 | 2.4743 |

5.1.7.2. EN MEXICO D.F., ENLACE DESCENDENTE.

En este caso la metodología del cálculo es la misma sólo que hay que tomar en cuenta los cambios de algunos parámetros que a continuación se enlistan.

DATOS:

| | |
|--|----------------|
| Fu = frecuencia descendente | = 11.930 Ghz |
| Región de lluvia | = G |
| % de lluvia | = 0.05 |
| Rp = distribución puntual de lluvia | = 47 mm/h |
| H = altura de la isoterma a 0°C | = 5.0430 Kmts. |
| Ho = altura sobre el nivel del mar | = 2.230 Kmts. |
| E = ángulo de elevación de la estación terrena | = 64.48° |
| D = longitud de la trayectoria Kmts. | |
| L = longitud de la trayectoria Kmts. | |

$$d = 3.8 - 0.6 \ln (47) = 1.4899$$

$$x = 2.3 (47)^{-0.17} = 1.1952$$

$$v = 0.026 - 0.03 \ln (47) = -0.0895$$

$$u = \frac{\ln (1.1952 \exp (-0.0895) (1.4899))}{1.4899} = 0.0301$$

$$D = \frac{5.0430 - 2.230}{\tan 64.48} = 1.3429$$

$$L = \frac{1.3429}{\cos 64.48} = 3.1170$$

Como $d \leq D \leq 22.5$ Km tendremos que usar (2)

Los coeficientes a y b son dependientes de la frecuencia y son tomados de las tablas del modelo de Crane, para las frecuencias de este cálculo son calculados por interpolación:

Para 11.930 Ghz., (frecuencia ascendente).

$$a = 0.01929 \quad b = 1.15119 \quad R_p > 30 \text{ mm/h}$$

$$a = 0.01833 \quad b = 1.16263 \quad R_p \leq 30 \text{ mm/h}$$

$$L_r (\text{dB}) = \frac{(0.01929) (47^{1.15119}) (3.1170) \exp ((0.0301) (1.15119) (1.4899)) - 1}{1.3429} - \frac{(0.0301) (1.15119)}{(0.0301) (1.15119)}$$

$$= \frac{1.1952^{1.15119} \exp (-0.0895) (1.15119) (1.4899)}{(-0.0895) (1.15119)}$$

$$+ \frac{1.1952^{1.15119} \exp(-0.0895)(1.15119)(1.3429)}{(-0.0895)(1.15119)}$$

$$\mathbf{Lr (dB) = 5.1833}$$

A continuación se presenta una tabla para diferentes porcentajes de lluvia. Es importante mencionar que varía la H la cual se calcula por interpolación partiendo de la gráfica del modelo de Crane para H contra latitud de la estación terrena.

| P% | H | Rp | Lr (dB) |
|------|--------|------|---------|
| 0.01 | 5.2121 | 94 | 11.3993 |
| 0.02 | 5.1687 | 72 | 8.5238 |
| 0.05 | 5.0430 | 47 | 5.1833 |
| 0.10 | 4.8494 | 32 | 3.1182 |
| 0.20 | 4.5147 | 21.8 | 1.7911 |

Con esto podemos observar que en el peor de los casos tendremos una atenuación de 26.1952 dB en total, es obvio que esto representa una lluvia de grandes dimensiones en ambas localidades del enlace, en la cual lo más recomendable sería posponer la transmisión hasta que mejorara el tiempo por lo menos en una localidad del enlace.

CONCLUSIONES.

CONCLUSIONES

El empleo de la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku tiene un papel fundamental en la transmisión de la señal de televisión en vivo y en directo de cualquier tipo de evento como noticieros, documentales, videoconferencias y eventos deportivos desde cualquier punto.

Los conceptos y consideraciones que se han presentado en este trabajo de tesis son una fuente de información indispensable para el diseño de una estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku; existen una gran variedad de marcas de equipos de telecomunicaciones en el mercado internacional y con el que nosotros podemos hacer la selección del equipo que nos brinde mejores ventajas tanto tecnológicas, económicas como de funcionalidad.

El conocer el equipo de telecomunicaciones de tecnología de punta que nos ofrece el ámbito internacional de una estación terrena transportable como es funcionamiento y la operación del equipo que realiza cada uno de ellos es importante para poder enlazar una señal de televisión desde la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku; en el capítulo 4 realice una demostración a grandes rasgos de como sería la transmisión y recepción de una señal de televisión desde la estación terrena transportable para servicios de televisión por satélite en la banda Ku; cabe mencionar que la demostración del enlace de una señal de televisión se tomo como base una de las cuatro estaciones terrenas transportables para servicios de televisión por satélite en la banda Ku con las que cuenta TELECOMM (Telecomunicaciones de México).

El principio de operación como de funcionamiento de la estación terrena transportable propiedad de Telecomm como la que se hizo mención en este trabajo de tesis es el mismo, la única diferencia que existe es la norma de compresión con que trabajan. La estación terrena transportable propiedad de

CONCLUSIONES

TELECOMM trabaja con la norma MPEG-1 (Motion Picture Expert Group 1) que maneja velocidades de 2.9, 3.3 ó 6.6 Mbps y la considerada en este trabajo de tesis trabaja con la norma MPEG-2 que maneja velocidades de 2.5 a 15 Mbps.

Uno de los equipos más importantes de la estación terrena transportable es el codificador de vídeo que nos ofrece la técnica de compresión de vídeo en la norma MPEG-2 en un sistema satelital que nos permite tener un mejor aprovechamiento de un transpondedor, reduciendo así los costos de las cadenas satelitales. Podemos tener un sistema típico de transmisión de vídeo digital desde uno a veinte canales de vídeo sobre un mismo transponder.

Así de esta forma se espera que este trabajo de tesis sea una fuente de información teórica, práctica y bibliográfica para el ingeniero como para el estudiante aspirante a ser Ingeniero Mecánico Eléctrico en el área de eléctrica - electrónica y comunicaciones.

Finalmente, deseo expresar el orgullo y satisfacción que me proporciona, el haber escrito este trabajo de tesis; debido a que la investigación realizada fue un proceso que me permitió conocer y explicar una realidad actual, en un momento específico en el campo de las telecomunicaciones. Así mismo me brindo las bases teóricas, herramientas e instrumentos para alcanzar un nivel superior

Este trabajo de tesis reafirma la importancia del compromiso adquirido entre los universitarios y la Universidad Nacional Autónoma de México, que sabrán enfrentarse con dignidad a los nuevos retos del mañana, demostrando que los ingenieros formados en ella están a la altura de cualquier universidad del país.

BIBLIOGRAFIA.

BIBLIOGRAFIA

■ Digital Satellite Communications.

Tri T. Ha.

Mc Graw Hill.

■ Estado sólido en ingeniería de radiocomunicación.

Herbert L. Krauss.

Limusa.

■ Introducción a los sistemas de comunicación.

F.G. Stremler.

Addison-Wesley Iberoamerican.

■ Los satélites de comunicaciones.

J.J.G. Ruiz de Angulo.

Marcombo.

■ Principles of Communications Satellites.

Gary D. Gordon

Prentice Hall.

■ Radio.

G.J. King.

Alhambra.

■ Review of the IEEE. Vol. Com-28, No.9 Sept. 1980, 1717-1735. "Prediction of Attenuation by Rain". R.K. Crane.

■ Satélites de comunicación.

Neri Vela Rodolfo.

Mc. Graw-Hill

■ **Sistemas de comunicaciones electrónicas.**

Wayne Tomasi.

Prentice Hall.

■ **Sistema de satélites Morelos.**

Hughes Space and Communications Company.

■ **Sistema de satélites Solidaridad.**

TELECOMM (Telecomunicaciones de México).

■ **Sistema de satélite Morelos 3 (SATMEX 5).**

Hughes Space and Communications Company.

■ **Televisión a colores.**

Pedro Sala

CECSA.

■ **Televisión digital comprimida.**

INTELSAT.

■ **Televisión por satélite.**

F.A. Wilson.

Ediciones CEAC.

Manuales:

■ **APM-800 Stereo Audio Program Monitor Instruction and Service Manual.**

Videotek.

BIBLIOGRAFIA

- Curso de entrenamiento para la operación de las estaciones terrenas transportables en la banda Ku.
Proveedora Electrónica Industrial S.A.

- DP90 Digital Audio Encoder Users' Manual
Dolby Laboratories Incorporated.

- Instruction Manual 1740/1750A-Series Waveform/Vector Monitor.
Tektronik.

- Instruction Manual 1705A Spectrum Monitor.
Tektronik.

- Ku-Band 40-100 W Rack-Mount SSPA Operation and Maintenance Manual.
Maxtech, INC.

- Manual de operación y mantenimiento de plantas electricas.
SELMEC.

- Manual for 200 W Ku-Band 1:1 Redundant TWTA.
MCL.

- 1:1 Modem Protection Switch Operation and Manual.
ComStream Corporation.

- NTSC Spectrum Saver Encoder Installation/User's Manual.
CLI (Compression Labs, Incorporated).

- NTSC Spectrum Saver Integrated Receiver/Decoder (IRD) Installation/User's Manual.
CLI (Compression Labs, Incorporated).

- Operation and maintenance manual for Vertex model 1.5 Ku-Band Earth Station Antenna.
Vertex Communications Corporations.

- Operation and Maintenance Manual Redundant Fet LNA Assembly Ku-Band.
LNR Communications INC.

- Operation and Maintenance Manual Slimline Synthesized Ku Band Up Converter.
LNR Communications INC.

- Owner's Manual Power Amplifier D-75.
Crown international.

- Procedimiento de acceso para transmisiones al sistema de satélites mexicanos.
SATMEX.

- Trinitron Color Video Monitor.
Sony Corporation.

- TSG-170A NTSC Television Generator.
Tektronik.

- Información obtenida vía internet.

BIBLIOGRAFIA

Dirección:

- <http://www.adc.com/> Empresa: ADC Telecommunications.
<http://www.hughespace.com/> Empresa: Hughes Space and Communications.
<http://www.lnr.com/> Empresa: LNR Communications.
<http://www.maxtech-sat.com/> Empresa: Maxtech Inc.
<http://www.mcl.com/> Empresa: MCL Communications.
<http://www.shook-usa.com/> Empresa: Shook-Electronics USA.
<http://www.vertexcomm.com/> Empresa: Vertex Communications.
<http://www.videotek.com/> Empresa: Videotek Inc.
<http://www.wegener.com/> Empresa: Wegener Communications.

GLOSARIO

A

ACCESO MULTIPLE. Técnica que permite que cierto número de terminales compartan la capacidad de transmisión de un enlace en forma predeterminada, o conforme a la demanda del tráfico.

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE CODIGO (CDMA). Método por el cual se pueden introducir o enviar señales de diferente información en un mismo periodo normado por valores binarios.

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE FRECUENCIA (FDMA). Método para compartir la capacidad de comunicaciones de un satélite, mediante la capacidad múltiple de frecuencias, en el que cada estación tiene asignada una frecuencia portadora.

ACCESO MULTIPLE POR DIVISION DE TIEMPO (TDMA). Técnica de acceso múltiple que permite al satélite recibir las transmisiones de distintas terminales terrenas, entre las que no hay superposición en intervalos separados, y en los que se almacena temporalmente la información.

ALGORITMO. Proceso definido o secuencia de operaciones finitas para dar respuesta a la resolución de un problema determinado.

AMPLIFICADOR DE AUDIO. Amplificador que permite aumentar la magnitud del sonido para su distribución a bocinas.

AMPLIFICADOR DE BAJO NIVEL DE RUIDO (LNA). Es aquel que tiene como función amplificar la señal recibida del satélite a través de una antena, con una contribución mínima de ruido.

AMPLIFICADOR DE POTENCIA. Es aquel que incrementa el nivel de la señal en una etapa final para ser transmitido al satélite.

ANALIZADOR DE ESPECTROS. Aparato que presenta una gráfica de la distribución de la amplitud y potencia de una señal en función de la frecuencia.

ANCHO DE BANDA. Rango de frecuencia ocupada por una señal que transporta información que difiera de su valor máximo más allá de lo especificado.

ANGULO DE ELEVACION. Es el ángulo de la antena de la estación terrena entre el satélite y la horizontal.

ANGULO DE AZIMUT. Es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena.

ANTENA. Dispositivo de cualquier clase destinado a la radiación o la captación de ondas radioeléctricas.

ATENUACION POR INTENSIDAD DE LLUVIA. Pérdida o reducción de las características de las señales electromagnéticas cuando el frente de ondas se colapsa con las partículas microscópicas de agua de una región húmeda o lluviosa.

AUDIO. Percepción auditiva de la compresión y expansión del aire debido a ondas sonoras en el rango de 20 a 20,000 Hz frecuencias que corresponden a las ondas sonoras normalmente audibles.

B

BANDA. Conjunto de las frecuencias comprendidas entre límites determinados y pertenecientes a un espectro o gama de mayor extensión.

BANDA C. Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 3.9 y 6.2 Gigahertz.

BANDA KU. Rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 12 y 14 Gigahertz.

BANDA L. rango de frecuencia que se encuentra en los límites de 0.94 y 1.55 Gigahertz.

BANDA BASE. Banda de frecuencia ocupadas por una señal, o por varias señales multiplexadas; destinada a encaminarse por un sistema de transmisión radioeléctrico o por un sistema de transmisión por línea.

BER. Tasa de bits erróneos.

BIT. Unidad de información más pequeña que puede ser procesada o transportada por un circuito. Es representado por la presencia o ausencia de un pulso electrónico (1 ó 0).

C

CANAL UNICO POR PORTADORA (SCPC). Método por el cual un canal de transmisión se asigna solamente durante el periodo de una comunicación.

CODIFICADOR. Instrumento que altera electrónicamente una señal programada a fin de que solo pueda ser captada por equipos con decodificadores apropiados, genera impulsos de duración y/o esparcimiento, variables de acuerdo con un código determinado.

COMPRESION DE VIDEO. En general, es una técnica de codificación que permite almacenarlos en una área de memoria lo más reducida posible, y permite hacer más eficiente el uso de un canal de comunicación.

CONFIGURACION EN REDUNDANCIA. Arreglo en el cual varios equipos tienen su reserva para su utilización en casos de emergencia.

CONVERSOR DE BLOQUES DE BAJO RUIDO (LNB). Tiene la función de aceptar señales débiles de entrada reflejadas por la superficie del reflector, amplificarlas y convertirlas en frecuencias más bajas

CONVERTIDOR DE FRECUENCIA ASCENDENTE. Equipo de donde una señal de frecuencia intermedia (FI), es convertida a una señal de radiofrecuencia (RF), para ser transmitida al satélite.

CONVERTIDOR DE FRECUENCIA DESCENDENTE. Equipo de donde una señal de radiofrecuencia (RF) que es recibida del satélite, es convertida a una señal de frecuencia intermedia (FI).

CORRECCION ANTICIPADA DE ERRORES (FEC). Técnica utilizada en telecomunicaciones con el fin de corregir errores, sin tener que volver a retransmitir la señal, en caso de que se produzcan los mismos. Permite detectar los bits erróneos por medio de adicionar bits de redundancia con esa función.

D

DECODIFICADOR. Dispositivo que efectúa la decodificación. Realiza la operación inversa a la codificación, decodificando una información de entrada con un determinado formato.

DEMODULADOR. Dispositivo cuya acción sobre una portadora, permite recuperar o recomponer la onda moduladora original.

DESHIDRATADOR DE GUIAS DE ONDA. Cumple con la función de proporcionar aire seco de la guía de ondas, a una presión específica, con el fin de mantener una condición seca óptima y así evitar la introducción de agua o vapor.

E

EFICIENCIA DE LA ANTENA. Es una medida de porcentaje de la señal efectiva recibida por la ventana de la parabólica y depende del conjunto formado por el alimentador y el LNA.

ENLACE. Medio de telecomunicación de características específicas entre dos puntos, representada por una trayectoria de comunicación de características determinadas.

ESTACION TERRENA FIJA. Estación terrena situada en la superficie de la Tierra destinada a establecer comunicación con una o varias estaciones espaciales o con una o varias estaciones de la misma naturaleza.

ESTACION TERRENA MAESTRA. Equipo y dispositivos que efectúan la supervisión y el control central de un sistema de comunicaciones, en el que se integran otras estaciones terrenas remotas o más pequeñas.

ESTACION TERRENA MOVIL. Estación terrena del servicio móvil destinada a ser utilizada en movimiento o mientras está detenida en puntos no determinados.

ESTACION TERRENA TRANSPORTABLE. Estación terrena del servicio fijo que es transportada a un lugar remoto para establecer servicios de comunicación en los periodos que disponga el usuario.

F

FIGURA DE MERITO (G/T). Relación ganancia a temperatura de ruido expresado en decibeles por un grado Kelvin.

FRECUENCIA. Representa el número de ciclos completos por unidad de tiempo para una magnitud periódica tal como corriente alterna, las ondas acústicas u ondas de radio.

FRECUENCIA INTERMEDIA (FI). Frecuencia resultante de la mezcla o combinación de la señal recibida y una señal de origen local.

G

GANANCIA. Es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica (dBi).

GENERADOR DE PATRONES DE VIDEO. Es un generador de señales de prueba y de pulsos de sincronía.

GUIA DE ONDAS. Conductor hueco de metal que permite la propagación en su interior de frecuencias ultraelevadas (microondas).

I

IRE (INSTITUTE OF RADIO ENGINEERS). Unidades de medición utilizadas en el monitor forma de onda, 140 IRE es igual a 1 V p.p.

IRD. Receptor/decodificador integrado.

ISOTERMA. Es la línea ideal que pasa por todos los puntos de la superficie terrestre que tienen la misma temperatura media anual.

M

MEDICION. Acción de verificación de ciertos parámetros de operación de distintos equipos.

MICROONDAS. Término con el que se conocen las longitudes de onda del espectro que abarca aproximadamente de 30 a 0.3 cm, y corresponde a frecuencias comprendidas entre 1 y 100 Ghz.

MODULACION. Proceso por el que se modifica algunas de las características de una oscilación y onda de acuerdo con las variaciones de otra señal llamada generalmente moduladora.

MODULACION ANALOGICA. Modulación para comunicaciones analógicas en las que las ondas originales son directamente moduladas en portadoras en el transmisor, utilizando alguna forma de modulación.

MODULACION DE AMPLITUD (AM). Modulación en la cual la amplitud de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora.

MODULACION DE FRECUENCIA (FM). Modulación en la cual la frecuencia de la portadora se hace variar en concordancia con la señal moduladora.

MODULACION DIGITAL. Modulación para comunicaciones digitales en las que las ondas originales son primero convertidas en secuencia de bits y después transformadas por codificación en portadoras de RF para su transmisión

MODULACION POR CORRIMIENTO DE AMPLITUD (ASK). Proceso de conversión de señales analógicas en digitales, en el cual la amplitud de una onda modulada es desplazada entre un conjunto de valores discretos, relacionados con las condiciones significativas de la señal digital modulada a fin de convertirla en una señal continuamente variable.

MODULACION POR CORRIMIENTO DE FASE (PSK). Proceso de conversión de señales analógicas en digitales, en el cual la fase de los impulsos de una onda modulada es desplazada entre un conjunto de valores discretos, relacionados con las condiciones significativas de la señal digital modulada a fin de convertirla en una señal continuamente variable.

MODULACION POR CORRIMIENTO DE FASE EN CUADRATURA (QPSK). Técnica de modulación en cuatro estados, en la cual la fase y los pulsos han sido predeterminados. Consiste en que dos secuencias separadas de datos son codificadas simultáneamente, mediante modulación por desplazamiento de fase binaria, en una versión en cuadratura de la misma portadora.

MODULACION POR CORRIMIENTO DE FRECUENCIA (FSK). Proceso de conversión de señales analógicas en digitales, en el cual la frecuencia instantánea, resultante de la onda modulada, es desplazada entre un conjunto de valores discretos relacionados con las condiciones significativas de la señal digital modulada.

MODULADOR. Dispositivo empleado para modular o variar las características fundamentales de una onda senoidal con otra señal llamada moduladora.

MONITOR DE AUDIO. Dispositivo que permite recibir la señal eléctrica emitida por el micrófono, y monitorear las ondas sonoras audibles.

MONITOR DE VIDEO. Dispositivo que permite recibir la señal eléctrica emitida por la cámara, transformándola en imagen visual a través del tubo de rayos catódicos.

MONITOREO. Acción de verificación de las condiciones operativas del equipo.

MONITOR FORMA DE ONDA. Dispositivo de señal muy versátil que cuenta con una gran capacidad de medición para la onda electromagnética de la señal de vídeo. Es un osciloscopio especializado que gráfica el voltaje en función del tiempo y evalúa la señal de televisión.

MONITOR VECTROSCOPIO. Dispositivo de señal muy versátil que cuenta con una gran capacidad de medición para la onda electromagnética de la señal de vídeo. Es un osciloscopio especializado que demodula la señal de vídeo y presenta la imagen de R-Y en función de B-Y en el sistema NTSC.

MPEG (MOTION PICTURE EXPERT GROUP). Es una técnica de compresión de vídeo desarrollada por el Grupo de Expertos de Vídeo en Movimiento.

MULTIPLEXOR. Equipo o dispositivo que toma un cierto número de canales de comunicación y combina las señales en un canal común de forma tal que las señales pueden extraerse de nuevo por un demultiplexor.

N

NTSC (NATIONAL TELEVISION SYSTEMS COMMITTEE). Comité fundado en los Estados Unidos para estudiar y emitir recomendaciones acerca de los aspectos técnicos de la televisión. Sus normas son aprobadas por la Comisión Federal de Comunicaciones, y, por regla general, son adoptadas por la industria televisiva. 625 Línea/Cuadro 30 Cuadro/Segundo.

P

PAL (PHASE ALTERNATION LINE). El sistema PAL fue desarrollado en Alemania por Bruch (Telefunken) para mejorar algunas características del sistema NTSC. 625 Línea/Cuadro 25 Cuadro/Segundo.

PARCHEO. Se le llama parcheo a la interconexión o enrutamiento de señales de vídeo y audio mediante cuerdas de vídeo y audio.

PIXEL. Elemento de imagen, representa el más pequeño elemento de información de vídeo.

PORTADORA. Onda de radio generada por un transmisor cuando no existe señal de modulación.

POTENCIA ISOTROPICA RADIADA EFECTIVA (PIRE). Producto de la potencia suministrada a la antena por su ganancia en relación con una antena isotrópica en una dirección dada.

PROTOCOLO O PROCEDIMIENTO. Conjunto de reglas que se utilizan en el intercambio de información entre sistemas o dispositivos.

R

RADIODIFUSION. Radiocomunicación unilateral cuyas emisiones se destinan a ser recibidas por el público en general.

RADIOFRECUENCIA (RF). Frecuencia a la cual la radiación de energía electromagnética coherente es útil para las comunicaciones, superior a las frecuencias acústicas, pero inferior a las de la luz y el calor.

RELACION PORTADORA A RUIDO (C/N). Relación de potencia de señal a potencia de ruido que existe en algún punto específico de un sistema electrónico.

S

SATELITE DE COMUNICACION. Nave espacial puesto en órbita alrededor de la Tierra o de otro cuerpo del espacio; es empleado para reflejar información, o como medio de comunicación.

SATELITE GEOSTACIONARIO. Satélite geosincrónico cuya órbita circular y directa se encuentra en el plano ecuatorial de la Tierra y que por consiguiente aparenta estar fijo.

SATELITE ORBITAL. El satélite orbital o no síncrono son los que giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud.

SECAM (SEQUENTIAL CHROMINANCE AND MEMORY). Este sistema fue desarrollado por Henry de France. El sistema SECAM está basado en la idea de la reducción de la definición vertical de la crominancia transmitiendo para cada línea solo una pieza de información de color, mientras la segunda es transmitida en la siguiente línea. 625 Línea/Cuadro 25 Cuadro/Segundo.

SEÑAL. Conjunto de ondas propagadas a lo largo de un canal de transmisión y que sirven para actuar sobre un dispositivo receptor, por sentido general ha de entenderse el campo de las telecomunicaciones.

SEÑAL ANALÓGICA. Magnitudes cuyas variaciones en función del tiempo o del espacio son representadas gráficamente por una senoidal.

SEÑAL DE TELEVISIÓN. Conjunto de ondas que se propagan por una vía de transmisión, las cuales conducen señales de vídeo y audio.

SEÑAL DIGITAL. Señal de temporización discreta en la cual la información está representada por un número de valores discretos bien definidos que pueden ser adoptados por una de sus características en función del tiempo.

T

TELECOMUNICACIONES. Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.

TELEVISION. Significa, literalmente, visión a distancia. Forma de telecomunicación destinada a la transmisión de señales que representan escenas, cuyas imágenes se reproducen en una pantalla a medida que se recibe.

TEMPERATURA DE RUIDO. La temperatura de ruido está referida a la salida de la antena receptora de la estación terrena que corresponda a la potencia de ruido de radiofrecuencia que produce el ruido total observado en la salida del enlace por satélite.

TRANSPONDEDOR. Parte de un satélite que tiene como función principal la de amplificar la señal que recibe de la estación terrena, cambiar la frecuencia y retransmitirla nuevamente a una estación terrena.

V

VELOCIDAD DE TRANSMISION. Velocidad de transmisión de la información en palabras por minuto en baudios, caracteres o bits por segundo.

VIDEO. Referente a señales de imagen o a las secciones de un sistema de televisión portadoras de estas señales en forma modulada o no modulada.

VIDEOCONFERENCIA. Teleconferencia en la cual los participantes están conectados por circuitos de televisión que permiten la transmisión de imágenes de los participantes, además de la transmisión de la palabra y documentos gráficos.

ANEXO I

ANALISIS DE LA SEÑAL DE TELEVISION.

LA SEÑAL DE TELEVISION.

Televisión significa, literalmente, visión a distancia. La señal de televisión está formada por imágenes y sonidos, y desde el punto de vista técnico, la señal de imagen se denomina "vídeo" y a la señal de sonido recibe el nombre de "audio".

La señal de televisión se ha diseñado para enviar todos los elementos de imagen en una sucesión rápida, más no instantánea, dentro de un sistema electrónico, circuito cerrado, televisión por cable o transmisión radiada.

LA VISION HUMANA.

El ojo humano es un instrumento óptico verdaderamente eficiente, y en la medida de que requerimos conocer su funcionamiento para el desarrollo de cualquier sistema de creación de imágenes, procederemos primeramente a analizar como trabaja, en una forma simple y clara.

El ojo es un sistema de lentes cristalinos, que reúne la luz de todas las frecuencias del espectro visible y la enfoca sobre una pantalla sensible a la luz (retina) situada en una concavidad alrededor de la parte posterior del ojo.

ELEMENTOS QUE CONFORMAN A LA IMAGEN.

ELEMENTOS DE IMAGEN (PIXEL).

El proceso esencial de la televisión, es la reproducción de imágenes fijas presentadas una tras otra con suficiente rapidez, para generar la ilusión de movimiento. Por otro lado un "cuadro de imagen", es en síntesis un grupo de

áreas de luz y sombra, en donde todos los detalles con puntos de luminosidad variable proveen la señal de vídeo para la formación de la imagen.

A las áreas pequeñas de luz o sombra se les conoce como elementos de imagen o detalle de imagen, mejor conocidos como pixel (pel). El tamaño del pixel determina la definición o resolución de la imagen.

NUMERO DE LINEAS POR CUADRO.

El número de líneas por cuadro está determinado por las normas preestablecidas de los sistemas internacionales de T.V. Existen tres principales sistemas de televisión como se observa en el cuadro 1.

El sistema conocido como NTSC (National Television System Committee) fue desarrollado en Estados Unidos. Se presentó por primera vez en octubre de 1953, y fue diseñado para ser compatible con el sistema estadounidense monocromático.

El sistema PAL. Desarrollado por Bruch, en Alemania, es una variación del sistema NTSC. El nombre PAL se debe a la abreviatura de sus iniciales: Phase Alternation by Line.

El sistema SECAM fue propuesto por Henry de France, en 1958, y perfeccionado después por la compañía francesa de televisión, en París. El nombre SECAM se deriva de Sequential Chrominance and Memory.

El siguiente cuadro contiene las especificaciones principales de estos sistemas:

CUADRO 1 SISTEMAS DE TELEVISION DE LINEAS POR CUADRO.

| SISTEMA | LINEA/CUADRO | CUADRO/SEGUNDO | PAISES |
|---------|--------------|----------------|---|
| NTSC | 525 | 30 | CONTINENTE AMERICANO (EXCEPTO BRASIL Y ARGENTINA), JAPON Y COREA. |
| PAL | 625 | 25 | EUROPA OCCIDENTAL (EXCEPTO FRANCIA) BRASIL, ARGENTINA. PARTE DE ASIA Y AFRICA. |
| SECAM | 625 | 25 | FRANCIA, EUROPA ORIENTAL. PARTE DE ASIA Y AFRICA. |

En México como en casi toda Latinoamérica, se utiliza el sistema NTSC norteamericano.

ANALISIS DE LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA.**LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA.**

Cuando la imagen se concentra adecuadamente en la placa fotosensible del tubo de una cámara, éste la convierte en impulsos eléctricos debido a que es un transductor, cambiando la mayor parte de la energía luminosa en energía eléctrica.

La señal de vídeo puede tener dos polaridades, una está representada por la polaridad positiva con los impulsos de sincronismo en la posición superior,

mientras que la otra polaridad es negativa respecto del sincronismo, con los impulsos de sincronismo en la posición inferior; la representación gráfica sería la inversa a la de la polaridad positiva.

La polaridad negativa de sincronismo esta normalizada para trabajarse en señales dentro y fuera del equipo de vídeo, tales como la cámara de T.V., el equipo de control de vídeo y la líneas telefónicas de distribución. La amplitud estándar o normalizada de voltaje es de 1 V.P.P. con sincronismo negativo.

PARAMETROS DE LA SEÑAL DE VIDEO COMPUESTA.

Pedestal. Se requiere que el nivel de negro de la señal de vídeo esté separada del nivel de borrado (blanking) por un nivel de pedestal de 7.5 (+ 2.5) unidades IRE (Institute of Radio Engineers). Este nivel de pedestal no incluye los componentes del subcarrier de color, los cuales pueden extenderse abajo de este nivel.

Por lo tanto, el nivel de pedestal es la separación que existe entre el blanking y la parte más baja negra de la imagen (ver la figura 1).

Sincronía horizontal. Está flanqueada por el pörtico posterior. Debe tener un tiempo de 4.7 microsegundos y una amplitud de 40 unidades IRE.

Nivel de vídeo. No debe exceder de 100 unidades IRE;L aquí se encuentra toda la información de la imagen.

Blanking horizontal. Mide 10.8 microsegundos. Es el tiempo de borrado o retroceso del haz para iniciar la lectura de las líneas de vídeo. En este tiempo se registran el front porch, la sincronía horizontal, el breeze-way y el back porch.

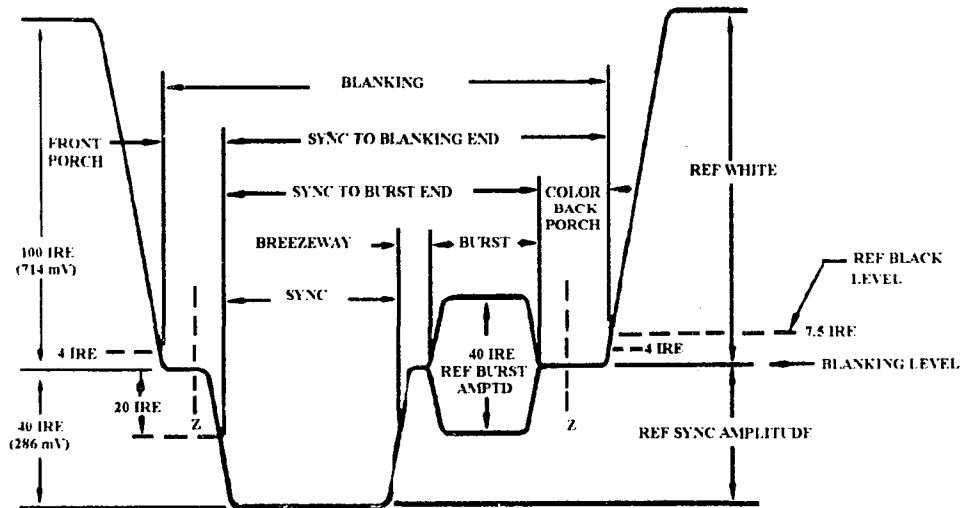


FIGURA 1. POSICION DEL PEDESTAL Y PARAMETROS DEL BORRADO HORIZONTAL.

El tiempo de breezeway es el periodo entre el extremo de subida de la sincronía horizontal (trailing edge) y el primer ciclo de color del burst.

Borrado vertical. Es el tiempo entre la última información de vídeo en la parte inferior de un campo y la parte superior del campo siguiente. El blanking vertical inicia desde el extremo de caída del primer pulso igualador.

Así, tenemos que la señal de vídeo compuesta incluye la señal de cámara con la información de imagen, los pulsos de sincronismo y los pulsos de borrado.

La escala IRE para las amplitudes de señal de vídeo incluye 140 unidades IRE PP. La sincronía contiene 40 unidades IRE, disponiendo de 92.5 unidades para la señal de cámara. El nivel de negro se ajusta en 7.5 unidades IRE desde el nivel de borrado

COLORIMETRIA: LA CIENCIA DEL COLOR.

LA LUZ.

La luz es la radiación de energía electromagnética de frecuencia media que el ojo humano interpreta como tal. La sensación de color está directamente relacionada con la frecuencia de la luz observada. Así, al cambiar las frecuencias de las ondas electromagnéticas que constituyen la luz, el ojo aprecia un cambio de color (ver la figura 2).

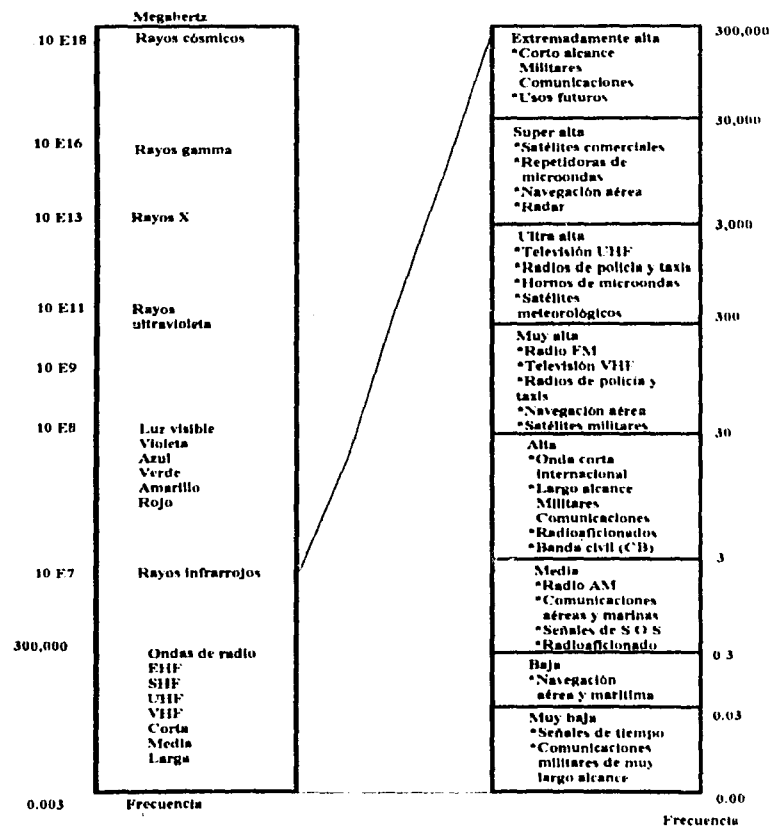


FIGURA 2. ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.

El sistema aditivo tiene características opuestas, por así decirlo, donde las longitudes de onda de los tres colores primarios generados son exactamente contrarios a los colores sustraídos. Los tres colores primarios son: rojo, verde y azul.

La banda de frecuencia es muy amplia y existe una gran superposición, especialmente en rojo y verde. Los elementos del verde muestran también una respuesta a las frecuencias del rojo y azul. Así, por ejemplo, al observar el amarillo se excitan simultáneamente los elementos sensoriales del rojo y verde de manera que el cerebro lo interpreta como amarillo, tal como se muestra en la figura 3.

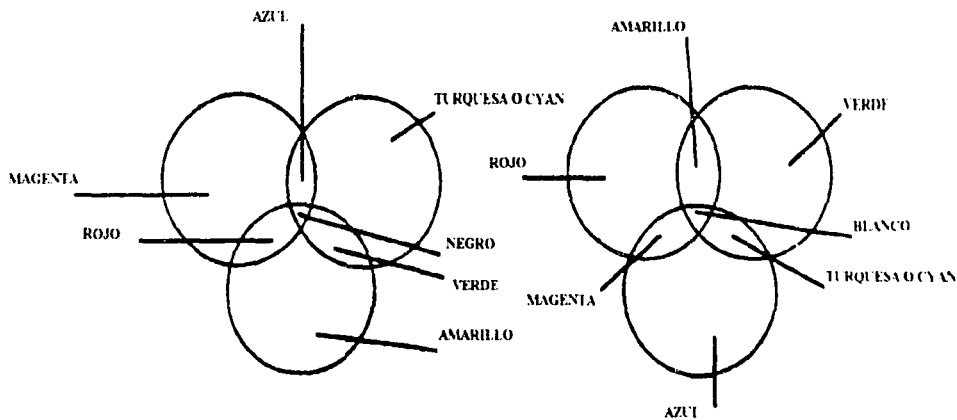


FIGURA 3. COMPOSICION Y COMBINACION DE LOS COLORES.

Aquí observamos que si se sobrepone un filtro amarillo y un turquesa (cían), el área de empalme aparece de color verde, lo que se interpreta como la absorción de todos los colores de la luz blanca excepto el verde. Al empalmar el magenta y el turquesa se ve el color azul, al empalmar el magenta y el amarillo únicamente se ve el rojo y, por último, en el área donde se empalman los tres colores se ve

una superficie negra, lo cual indica que todas las componentes de la luz han sido absorbidas. Esta característica es la causa de que los colores amarillo, magenta y turquesa reciban el nombre de primarios sustractivos.

ESPECIFICACIONES DEL COLOR.

Todo color posee tres especificaciones básicas: matiz, saturación y brillantez.

Matiz. Es el tono del color, es decir , rojo, verde, etc.

Saturación. Es la pureza del color, considerada en relación a la luz blanca, en otras palabras, la cantidad de luz blanca presente con la longitud de onda dominante. Una saturación al 100% indica un matiz espectral puro de un color mientras que una saturación del 0% no es otra cosa más que la luz blanca.

Brillantez. Es la cantidad de luz obtenida en un color dado. Existen ciertos factores concernientes a la brillantez de un color que deberán ser mencionados.

IMAGEN DE COLOR.

La NTSC propuso cierto requisito a cubrir con el sistema para hacer posible la televisión a color, y es que la señal de color fuera compatible con la de blanco y negro con el objeto de que una señal de color pueda reproducirse por un receptor de blanco y negro, con el contenido correcto de brillantez de la imagen. Para tal efecto es necesario que la información de color no produzca componentes visibles indeseados en un receptor blanco y negro.

Las imágenes son exploradas en forma sincrónica para obtener eléctricamente el nivel de voltaje correspondiente a cada punto de la escena de cada uno de los tubos, mezclándose posteriormente para obtener:

1. Información de brillantez o luminancia Y.
2. Información de croma o color I, Q con su fase respectiva.
3. Borrar la información de los extremos superior, inferior, izquierda o derecha de cada campo de vídeo.
4. Agregar pulsos de sincronía horizontal y vertical.

Esto es lo que forma la señal compuesta de vídeo de color.

Las señales I, Q son en realidad las señales que se usan en la reproducción del color junto con la Y, y se obtienen de desplazar vectorialmente las señales (R-Y) y (B-Y) un ángulo de 33° en el sentido contrario de las manecillas del reloj.

El ojo humano tiende a perder su capacidad de distinguir el color cuando se reduce el tamaño del objeto. Así, los objetos abajo de un cierto tamaño dan al ojo únicamente información de luminancia, por lo que no es necesario que la información cromática sobrepase 1.5 Mhz de frecuencia. De esta forma, los elementos de resolución mayor a los 1.5 Mhz se transmiten en blanco y negro, y los elementos pequeños que están entre las frecuencias de 0.5 y 1.5 Mhz pueden ser reproducidos en forma aceptable (ver la figura 4).

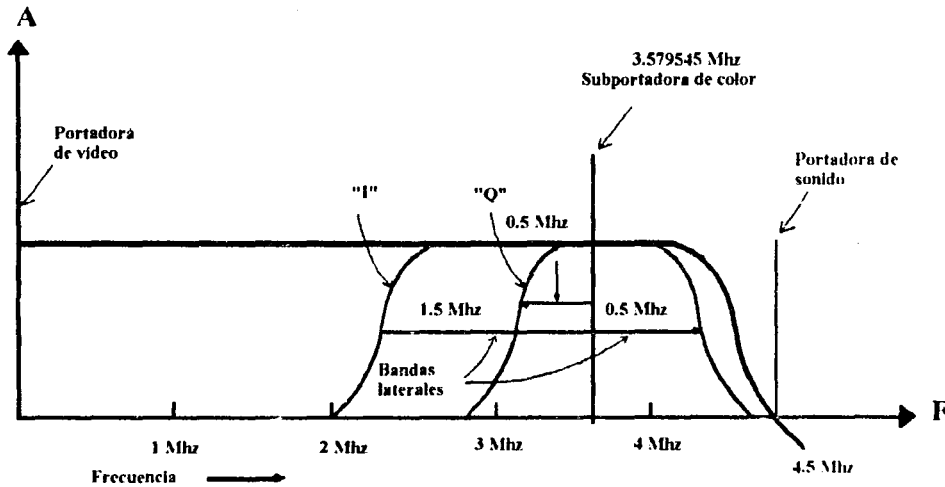


FIGURA 4. ANCHO DE BANDA DE LA SEÑAL DE TELEVISION A COLOR.

ANALISIS DE LA SEÑAL DE AUDIO.

EL SONIDO.

Podemos definir al sonido como el movimiento vibratorio de los cuerpos en forma de ondas de presión transmitidas a través de un medio elástico como el aire; nótese que no sólo hablamos de los gases, también, los líquidos y los sólidos transmiten el sonido.

Estas ondas de presión que se propagan a través de un medio elástico, causan una alteración de la presión o un desplazamiento en las partículas del material, produciendo con ello una sensación en el oído humano que el cerebro interpreta como sonido.

Los sonidos periódicos (repetitivos), a su vez, pueden tener o no carácter musical, mientras que los sonidos aperiódicos (que no se repiten), son generalmente catalogados como ruidos.

El oído humano solamente puede escuchar sonidos comprendidos entre 20 Hz y 20 KHz; aquellos sonidos abajo de los límites se conocen como infrasonidos, y arriba de los límites se les llama ultrasonidos. Los sonidos periódicos se caracterizan por su tono, timbre e intensidad.

ESPECIFICACIONES DEL SONIDO.

Intensidad. Es la magnitud del sonido. Se dice que el sonido es débil o fuerte dependiendo de la amplitud y de la distancia de la fuente que genere el sonido.

Tono. Es la frecuencia del sonido que produce el instrumento sonoro. Se dice que un es grave o bajo cuando su frecuencia es menor de 1 KHz mientras que se le considera agudo o alto cuando su frecuencia es mayor a 1 KHz.

Timbre. Es la característica mediante la cual se distinguen las fuentes sonoras. Depende de unas ondas componentes llamadas armónicas que acompañan al sonido fundamental.

El sonido puede convertirse en una corriente eléctrica y viceversa mediante dispositivos conocidos como transductores electroacústicos.

ANEXO II
COMPRESION DE VIDEO.

ANTECEDENTES.

En las dos últimas dos décadas, el mundo electrónico circundante ha pasado de la era analógica a la era digital. Al igual que en muchos otros sectores tecnológicos, la televisión está digitalizándose rápidamente debido a las múltiples ventajas de la tecnología digital.

La compresión digital desempeña un papel capital a la hora de hacer de la televisión un medio de comunicación verdaderamente interactivo, reduciendo la tremenda cantidad de datos que interviene en la transmisión.

EL DESAFIO DE LA TELEVISION DIGITAL.

Para digitalizar las señales de vídeo compuesta, los contenidos de pantalla se deben dividir en elementos de imagen de tamaño reducido (pixel ó PEL como se puede ver en la figura 1). A mayor número de pixeles, mejor calidad (y por supuesto velocidad).

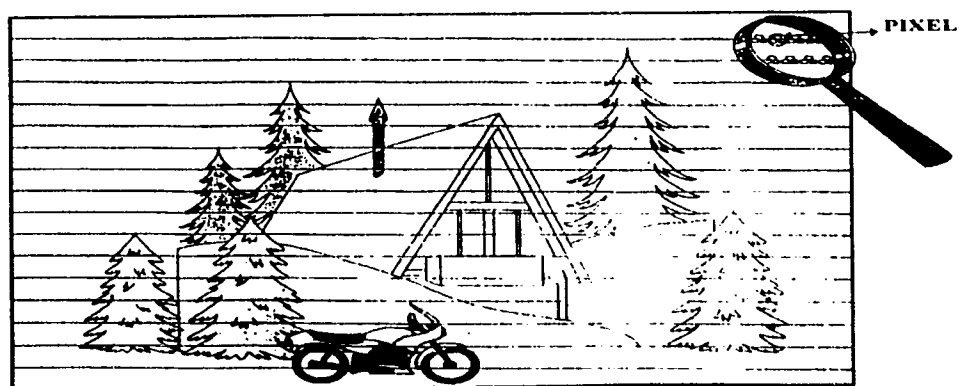


FIGURA 1. PÍXELES EN UNA PANTALLA CON IMAGEN.

Las aplicaciones de televisión común oscilan entre una resolución de 352 x 240 pixeles y una resolución de 720 x 480 pixeles, con mayor definición. Las resoluciones más usuales en difusión son 720 x 480; 544 x 480; 352 x 480 y 352 x 240. En aplicaciones especiales pueden necesitarse resoluciones superiores.

LA COMPRESION.

A continuación se reseñan las principales funciones que realiza un códec de vídeo corriente:

- Interfaces analógicas: conversión de la señal analógica a digital.
- Procesamiento anterior y posterior a la digitalización: reducción de bitios.
- Funciones de reducción de bitios: algoritmos y técnicas de reducción de bitios.
- Funciones periféricas: resto de las funciones, interfaz de canales, encuadre, protocolos de transporte, cifrado para acceso condicional, etc.

PREDICCIÓN TEMPORAL Y COMPENSACION DEL MOVIMIENTO.

Las secuencias de vídeo suelen tener una alta correlación temporal. Dicho de otro modo, cada cuadro de una secuencia es bastante similar al cuadro anterior y al siguiente (ver la figura 2). Por ello, en vez de codificar cada cuadro completo, únicamente se codifica la diferencia entre cuadros. Los sistemas de predicción comprime un grupo de pixeles codificando la diferencia entre el valor previsto y el valor real, este proceso reduce gradualmente la velocidad de bit cuando porciones de una escena esta en movimiento, esto se llama "Compensación de Movimiento". El método más sencillo de codificación predictiva es la modulación por impulsos codificados diferencial (DPCM).

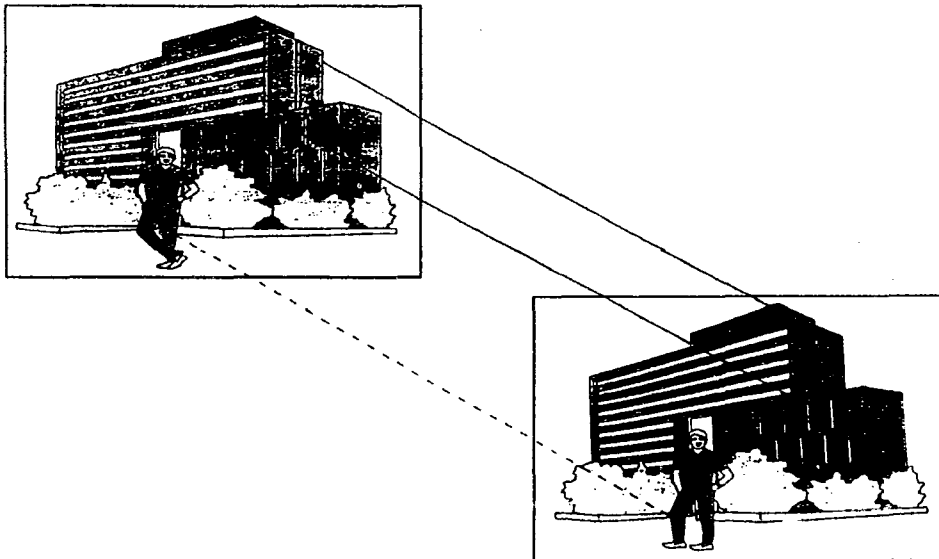


FIGURA 2. EJEMPLO DE CORRELACION TEMPORAL ENTRE CUADROS DE VIDEO. —ELEMENTOS EN MOVIMIENTO; ____ELEMENTOS ESTATICOS.

NORMAS DE ALGORITMOS DE COMPRESION.

La compresión de datos se puede efectuar de diferentes maneras, entre los distintos aspectos por considerar son el cociente de compresión, la calidad de la señal codificada y la complejidad de la operación en particular en el receptor. Teniendo en cuenta estos aspectos, los algoritmos de compresión de vídeo se pueden utilizar en tres campos diferentes:

a) Videoconferencias.

b) Multimedia.

c) Radiodifusión.

VIDEOCONFERENCIA.

La necesidad de cursar servicios de videoconferencia y los avances en los algoritmos de compresión llevaron al UIT-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) a crear la recomendación H.320, que versa sobre los requisitos de sistema para videoconferencia usando toda la capacidad de canal RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Como consecuencia, se elaboró un conjunto completo de recomendaciones similares en otros campos:

- Rec. UIT-T G. 711 Para codificación de audio.
- Rec. UIT-T H. 261 Para algoritmos de compresión de vídeo.
- Rec. UIT-T H. 221 Para alineación de tramas.
- Rec. UIT-T H. 230 Para datos de control.
- Rec. UIT-T H. 242 Para establecimiento de llamadas.

MULTIMEDIA (MPEG-1).

Al hablar de multimedia se hace referencia a un conjunto de diversos medios disponibles en una computadora personal que el usuario puede emplear para manipular textos, gráficos, imágenes, señales de audio y vídeo. A fin de cumplir con los requisitos de la televisión digital para aplicaciones multimedia, la Organización Internacional de Normalización (ISO) y la Comisión Electrotécnica

Internacional (IEC) establecieron el grupo MPEG (Motion Picture Expert Group), Grupo de Expertos de Vídeo en Movimiento encargado de establecer una norma de televisión comprimida para aplicaciones multimedia. En agosto de 1993 se ratificó la Norma ISO/IEC 11172 "codificación de cuadros en movimiento y audio asociado para almacenaje digital arriba de 1.5 Mbps", esta norma es más conocida como MPEG-1, consta de tres partes (vídeo, audio y sistema) y se empleó principalmente en CD-ROM. No obstante, gracias a las ventajas de la norma MPEG-1, se aplicó también en otros campos tales como:

- Juegos interactivos por computadora, nuevos más potentes.
- Videoconferencias entre Pc's.
- Distribución de vídeo a través de Lan.
- Servicios de vídeo a petición.

Por último, con MPEG-1 se establecieron las características básicas para la radiodifusión de televisión digital por satélite.

RADIODIFUSION (MPEG-2 PARA VIDEO).

La segunda fase del MPEG, denominada MPEG-2, también consta de tres partes. El ISO/IEC 13818 parte 1 para el sistema (proyecto de Rec. UIT-T H. 222), la parte 2 para la señal de vídeo (proyecto de Rec. UIT-T H. 262), y la parte 3 para la señal de audio.

La Rec. UIT-T H. 262 trata de codificación de alta velocidad de señales de vídeo con posibilidad de entrelazamiento para NTSC, PAL o televisión de alta definición (HDTV). Si bien en un principio esta idea es para velocidades de entre 2 y 15 Mbps, puede funcionar con velocidades de hasta 100 Mbps. Se puede usar en una gran variedad de aplicaciones, velocidades binarias, resoluciones, niveles

de calidad de señal y servicios, incluyendo toda forma de almacenamiento en medios digitales, televisión (inclusive HDTV), radiodifusión y comunicaciones.

Entre las mejoras de los códecs MPEG-2 cabe mencionar:

- Nuevas modalidades de predicción de campos y cuadros para exploración con entrelazamiento.
- Mejora de cuantificación.
- Nuevos códigos de longitud variable (VLC) entre cuadros.
- Ampliación proporcional de los niveles de resolución para compatibilidad, servicios jerárquicos y resistencia.
- Nuevo sistema de dos capas para multiplexaje y transporte con paquetes y células de vídeo de baja y alta prioridad, de transmitirse por una red conmutada.
- Mayores posibilidades de acceso aleatorio.
- Mayor resistencia a errores.
- Programas multiplexados por un multiplex (al carecer de la norma MPEG-1 de esta función fue uno de los principales motivos de establecimiento de MPEG-2).

SISTEMA DE CODIFICACION ENTRE CUADROS DE VIDEO.

A fin de sacar el máximo provecho a todas las posibilidades de compresión de la compensación del movimiento e incluir la función avance rápido y retroceso rápido (FF/FR), según lo requieran los dispositivos de almacenamiento digital, MPEG-2 dispone de un sistema para la codificación entre cuadros de vídeo.

Este concepto está basado en las imágenes intra (I), las imágenes previstas entre cuadros (P) y las imágenes previstas/interpoladas direccionales (B)

Para codificar una imagen I no se hace referencia alguna a otras imágenes de la misma secuencia de vídeo. Las imágenes I sirven de punto de anclaje para el acceso aleatorio y la función FF/FR. Suponen una compresión muy reducida. En la codificación de imágenes P se hace referencia al cuadro codificado más cercano, ya se trate de I o P. Como en las imágenes P se efectúa una compensación del movimiento, la compensación es mayor que la de las imágenes I.

En las imágenes B es necesario referirse tanto a los cuadros anteriores como a los posteriores. En este tipo de imágenes se utiliza la compensación del movimiento y la interpolación de movimiento, lográndose una alta compresión.

A la proporción entre imágenes I, P y B se les denomina N/M, donde N representa el número de cuadros entre las imágenes I y M es el número de cuadros entre las imágenes P. Los valores más corrientes de N y M son 15 y 3, respectivamente. En la figura 3 se aclara más el concepto de codificación entre cuadros.

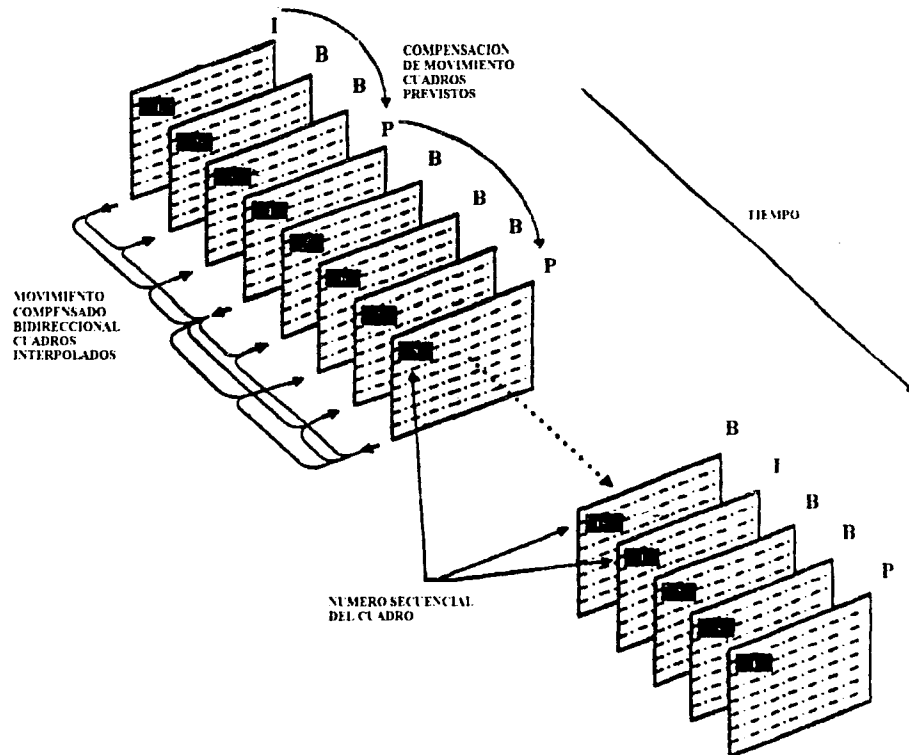


FIGURA 3. SISTEMA DE CODIFICACION ENTRE CUADROS DE VIDEO EN LA NORMA MPEG-2.

COMPRESION DE SEÑALES DE AUDIO.

Un multiplexor de sistema MPEG-2 puede operar con un número indeterminado de canales de audio de entrada, siempre que la velocidad de transporte elegida pueda funcionar a la velocidad de datos total. Los usuarios tienen la posibilidad de elegir su propio algoritmo de compresión entre MPEG-2 audio, Musicam, Dolby AC-2 o AC-3. La configuración de los canales se puede efectuar por separado o en pares en Estéreo. Otra de las características del sistema es que permite diferentes

velocidades binarias para transmisión sonora. En el cuadro 1 se muestran las diferentes velocidades posibles para compresores sonoros sin MPEG.

CUADRO 1. VELOCIDADES DE SEÑALES DE AUDIO SIN MPEG-2.

| Tipo | Velocidad binaria. |
|---|--------------------|
| Calidad estéreo cercana a la de los CD's. | 128-196 Kbps |
| Calidad de radio estéreo. | 96-128 Kbps. |
| Calidad de radio difusión mono. | 32-96 Kbps. |
| Canal de control mono. | 32 Kbps |

DVB-S, LA CONEXIÓN SATELITAL.

Para la transmisión por satélite de las señales MPEG-2/DVB, será necesaria una solución intermedia entre el rendimiento del transpondedor y el tamaño de la antena receptora. Por ello, se prevé que el modulador (así como el demodulador) proporcionen la mayor flexibilidad posible en cuanto al tipo de portadora (SCPC o MCPC), el sistema de modulación (QPSK), el codificador convolucional de velocidad variable (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8) y el código externo Reed- Solomon (RS). El DVB-S es una norma estándar utilizada para adaptar el tren de transporte MPEG-2 al canal del satélite.

ASPECTOS CUALITATIVOS EN LAS TRANSMISIONES POR SATELITE.

Si bien en el sistema de TV/FM analógico, la calidad de la imagen está estrechamente vinculada a la relación portadora a ruido en la recepción, en el sistema de TV digital codificada, la señal depende de:

velocidades binarias para transmisión sonora. En el cuadro 1 se muestran las diferentes velocidades posibles para compresores sonoros sin MPEG.

CUADRO 1. VELOCIDADES DE SEÑALES DE AUDIO SIN MPEG-2.

| Tipo | Velocidad binaria. |
|---|--------------------|
| Calidad estéreo cercana a la de los CD's. | 128-196 Kbps |
| Calidad de radio estéreo. | 96-128 Kbps. |
| Calidad de radio difusión mono. | 32-96 Kbps. |
| Canal de control mono. | 32 Kbps |

DVB-S, LA CONEXIÓN SATELITAL.

Para la transmisión por satélite de las señales MPEG-2/DVB, será necesaria una solución intermedia entre el rendimiento del transpondedor y el tamaño de la antena receptora. Por ello, se prevé que el modulador (así como el demodulador) proporcionen la mayor flexibilidad posible en cuanto al tipo de portadora (SCPC o MCPC), el sistema de modulación (QPSK), el codificador convolucional de velocidad variable ($1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, $7/8$) y el código externo Reed- Solomon (RS). El DVB-S es una norma estándar utilizada para adaptar el tren de transporte MPEG-2 al canal del satélite.

ASPECTOS CUALITATIVOS EN LAS TRANSMISIONES POR SATELITE.

Si bien en el sistema de TV/FM analógico, la calidad de la imagen está estrechamente vinculada a la relación portadora a ruido en la recepción, en el sistema de TV digital codificada, la señal depende de:

- La velocidad de transmisión de datos y el algoritmo de compresión, que determinan la calidad intrínseca del servicio.
- La calidad del enlace de transmisión, que depende de la relación E_b/N_0 en la recepción.

VELOCIDAD DE TRANSMISION DE DATOS DE UN CANAL DE TELEVISION COMPRIMIDA.

Son dos los factores que determinan la elección de una velocidad determinada de transmisión de datos de T.V.:

- 1) Tipo de servicio: Estos servicios abarcan desde las señales VCR hasta las señales deportivas de movimiento completo. Las primeras exigen velocidades más altas.
- 2) Calidad de servicio: La calidad de la T.V. digital comprimida no depende de la relación C/N del enlace, sino de la velocidad de transmisión de datos. Cuanto más elevada ésta, mejor el resultado.

Generalmente, las velocidades oscilan entre < 1.5 Mbits/s y 8 Mbits/s. En el cuadro 2 se dan ejemplos de las velocidades recomendadas según el tipo de aplicación. La velocidad final de un canal determinado, se conseguirá añadiendo las velocidades de transmisión de T.V., audio e información de control. Es importante señalar que la T.V. comprimida les permite a los radiodifusores controlar el acceso de los receptores a la señal codificada MPEG-2

**CUADRO 2. VELOCIDADES DE TRANSMISION DE DATOS DE VIDEO
COMPRESOS RECOMENDADOS.**

| APLICACIÓN | VELOCIDADES DE TRANSMISION DE DATOS T.V. RECOMENDADAS (MBIT/S) |
|--|---|
| PELICULAS Y NOTICIAS A LA CARTA (PPV) | < 1.5 |
| PELICULAS Y RETRANSMISIONES | 3.5 |
| DEPORTES EN DIRECTO | 4.6 |
| SEÑALES DE CALIDAD DE ESTUDIO | 8.6 |
| AUDIO | 0.128 (MONO) 0.256 (ESTEREO) |

MODALIDADES OPERATIVAS DE LA PORTADORAS.

La radiodifusión de señales de T.V. comprimidas puede hacerse según dos modalidades de transmisión distintas, o bien por portadora multicanal (MCPC) o bien por portadora monocanal (SCPC). Con el MPEG-2 pueden utilizarse ambas técnicas.

En la modalidad MCPC se multiplexan varios canales de T.V. (así como los canales de audio correspondientes). A continuación, se realiza el proceso FEC y se modula el tren de transporte en QPSK antes de transmitirlo al satélite.

En la modalidad SCPC hay un canal de T.V. por portadora digital. Por lo tanto, el ancho de banda del transpondedor se comparte entre varias portadoras.

NORMAS, RECOMENDACIONES, COMITES Y ORGANISMOS.

A continuación se enlistan normas, recomendaciones, comités y organismos encargados de regular y aprobar todo lo referente sobre telecomunicaciones. Se hace énfasis de estas normas, recomendaciones, comités y organismos en los cual este trabajo de tesis hace mención de ellos:

- **EIA.** (Asociación de Industrias Electrónicas).
- **IEC.** (Comisión Electrotécnica Internacional). Establecieron el grupo de MPEG.
- **IEEE.** (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos.
- **IRE.** (Institute of Radio Engineers). Creo las unidades IRE para una señal compuesta de 1V p.p.).
- **ISO.** (Organización Internacional de Normalización).
- **MPEG.** (Motion Picture Expert Group). El Grupo de Expertos de Video en Movimiento encargado de establecer una norma de televisión comprimida. En agosto de 1993 se ratificó la Norma ISO/IEC 11172 "codificación de cuadros en movimiento y audio asociado para almacenaje digital arriba de 1.5 Mbps" esta norma es más conocida como MPEG-1. El MPEG-2 también consta de tres partes el ISO/IEC 13818 parte 1 para el sistema (Rec. UIT-T H.222), la parte 2 para la señal de vídeo (Rec. UIT-T H.262), y la parte 3 para la señal de audio. La Rec. UIT-T H. 262 trata de codificación de alta velocidad de señales de video con posibilidad de entrelazamiento para NTSC, PAL o televisión de alta definición (HDTV).

- **NOM.** (Norma Oficial Mexicana). El procedimiento de acceso para transmisiones al sistema de satélites mexicanos "Solidaridad y SATMEX 5" se elaboró con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-113-SCT1-1995.

- **NTSC.** (National Television Systems Committee). Comité Nacional de Sistemas de Televisión fue desarrollado en Estados Unidos y fue diseñado para ser compatible con el sistema estadounidense monocromático.

- **UIT.** (Unión Internacional de Telecomunicaciones). La recomendación H.320, que versa sobre los requisitos de sistema para videoconferencia usando total la capacidad de canal RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). Como consecuencia se elaboraron las siguientes recomendaciones similares en otros campos:
 - Rec. UIT-T G.711 Para codificación de audio.
 - Rec. UIT-T H.261 Para algoritmos de compresión de vídeo.
 - Rec. UIT-T H.221 Para alineación de tramas.
 - Rec. UIT-T H.230 Para datos de control.
 - Rec. UIT-T H.242 Para establecimiento de llamadas.

- **WARC.** (Conferencia de Radio Administrativa Mundial). Fue la encargada de distribuir los anchos de banda disponibles para varios satélites.