



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE HIDALGO**

**ESCUELA SUPERIOR DE TIZAYUCA**

**“Implementación de una VSAT para la obtención de internet por medio  
de un enlace satelital”**

**Tesina**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA  
Y TELECOMUNICACIONES**

**PRESENTA**

**Miguel Ángel Mercado Martínez**

**ASESOR: Ing. Jorge Bautista López**

**Ing. Félix Luis Morales Castro**

**Tizayuca, Hgo. Julio 2009**

# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>7</b>
<b>Abstract</b>	<b>8</b>
<b>Introducción</b>	<b>9</b>
<b>Justificación</b>	<b>11</b>
<b>Objetivos</b>	<b>12</b>
Objetivos Específicos . . . . .	12
<b>Planteamiento del Problema</b>	<b>13</b>
<b>Alcance del Trabajo</b>	<b>14</b>
<b>Estructura de la Tesis</b>	<b>15</b>
<b>1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE UNA VSAT</b>	<b>16</b>
1.1. Introducción . . . . .	16
1.2. Enlaces satelitales . . . . .	16
1.2.1. ¿Qué es un satélite? . . . . .	16
1.2.2. Tipos de satélites . . . . .	17
1.2.3. Huella satelital . . . . .	18
1.3. Órbita geoestacionaria . . . . .	19
1.3.1. La visión de Arthur C. Clarke . . . . .	19
1.3.2. Requisitos para que un satélite sea geoestacionario . . . . .	20
1.4. Estructura y funcionamiento de un satélite . . . . .	21
1.4.1. Subsistemas de un satélite . . . . .	21
1.5. Enlace de los sistemas satelitales . . . . .	24
1.5.1. Transmisor (tx), sección de subida . . . . .	25
1.5.2. Transpondedor . . . . .	25
1.5.3. Receptor (rx), sección de bajada . . . . .	26
1.6. Factores que alteran el funcionamiento de un satélite . . . . .	27
1.7. Terminal de apertura muy pequeña “VSAT” . . . . .	28

1.7.1.	Unidad exterior (ODU, Outdoor Unit)	29
1.7.2.	Unidad interna (IDU, Indoor Unit)	29
1.7.3.	Principales características de una VSAT	30
1.8.	Redes VSAT	31
1.8.1.	Red VSAT en estrella	31
1.8.2.	Red VSAT en malla	32
1.9.	Direccionamiento de una VSAT	33
1.9.1.	Línea de vista	33
1.9.2.	Espectro radio eléctrico, bandas de frecuencias	40
1.9.3.	Banda utilizada por la VSAT	42
1.10.	Modulación y tipos de modulación de una señal	42
1.10.1.	Modulación PSK (Phase Shift Keying)	42
1.11.	Tipos y técnicas de multicanalización	46
1.11.1.	Multicanalización por división de frecuencia (FDM)	46
1.11.2.	Multicanalización por división de tiempo (TDM)	47
1.12.	Difusión de video digital satelital 2 (Digital Video Broadcast Satellite-2, DVB-S2)	48
1.13.	Atenuación	50
<b>2.</b>	<b>ENSAMBLE Y CONFIGURACIÓN DE UNA TERMINAL VSAT</b>	<b>51</b>
2.1.	Introducción	51
2.1.1.	Componentes de la VSAT	51
2.2.	Instalación y armado de una VSAT	55
2.2.1.	Base de la antena	55
2.2.2.	Verificación con el nivel	56
2.2.3.	Armado de la VSAT	58
2.2.4.	Terminal VSAT ensamblada e instalada	60
2.3.	Configuración, apuntamiento y activación de la VSAT	61
2.3.1.	Configuración de la PC	61
2.3.2.	Acceso al sistema de autocomisionamiento	64
	<b>Conclusiones y tendencias</b>	<b>79</b>
	<b>Bibliografías</b>	<b>79</b>
	<b>Apéndices</b>	<b>81</b>
	Acrónimos	81
	Glosario	82

# Índice de figuras

1.	Internet satelital en zona rural . . . . .	13
1.1.	Zonas específicas de cobertura . . . . .	17
1.2.	Satélite artificial . . . . .	18
1.3.	Huella del satélite Satmex 6 en el continente Americano (unidades en dBW)	19
1.4.	Cobertura global con tres satélites en órbita geoestacionaria . . . . .	20
1.5.	Satélites geoestacionarios sobre el plano ecuatorial Vista lateral; b) Vista superior . . . . .	21
1.6.	Diagrama de un enlace satelital . . . . .	23
1.7.	Esquema del enlace de los sistemas satelitales . . . . .	24
1.8.	Diagrama de la sección de subida . . . . .	25
1.9.	Diagrama del transpondedor . . . . .	26
1.10.	Diagrama de la sección de bajada . . . . .	26
1.11.	Fuerzas y factores que alteran el funcionamiento de un satélite . . . . .	27
1.12.	Terminal VSAT de la empresa UNESAT . . . . .	28
1.13.	Arquitectura interna de la ODU e IDU de una VSAT . . . . .	28
1.14.	Arquitectura de red en estrella . . . . .	31
1.15.	NOC de Satélites de México (SATMEX) . . . . .	32
1.16.	Arquitectura de red en malla . . . . .	32
1.17.	Ejemplo para la localización de los grados acimut . . . . .	33
1.18.	a) Línea de vista optima b) Sin línea de vista . . . . .	34
1.19.	Línea de vista correcta . . . . .	34
1.20.	Línea de vista incorrecta . . . . .	35
1.21.	Movimientos de orientación. . . . .	35
1.22.	Satélites sobre longitud del Ecuador . . . . .	36
1.23.	Meridiano de Greenwich . . . . .	37
1.24.	Elevación en dirección al Ecuador . . . . .	38
1.25.	Ángulos de a) elevación b) acimut . . . . .	39
1.26.	Movimientos para la obtención del direccionamiento . . . . .	39
1.27.	Regiones 1,2 y 3 en el mundo . . . . .	41
1.28.	Esquema de una señal modulada . . . . .	42
1.29.	Modulación PSK . . . . .	43
1.30.	Ejemplos de desplazamiento de fase . . . . .	43
1.31.	Diagrama de constelación para BPSK . . . . .	44

1.32. Desplazamiento de fase por llaveo binario . . . . .	44
1.33. Modulación QPSK: a) ángulo de fase de la portadora para diferentes pares de bits b) representación fasorial de la onda sinusoidal portadora . . . . .	45
1.34. Diagrama de constelación para QPSK . . . . .	45
1.35. Multicanalización . . . . .	46
1.36. Ejemplificación de FDM . . . . .	47
1.37. Ejemplificación de TDM . . . . .	47
1.38. Esquema ACM y FEC . . . . .	49
1.39. Atenuación de una señal . . . . .	50
2.1. a) Terminal satelital HN7000S b) Reflector Hughes 74cm . . . . .	51
2.2. Modem HN7000S . . . . .	52
2.3. Parte trasera del modem HN7000S . . . . .	53
2.4. Parte delantera del modem HN7000S . . . . .	53
2.5. Alimentador o Feed . . . . .	54
2.6. Radio transmisor y receptor . . . . .	54
2.7. LNB (Low Noise Block) . . . . .	55
2.8. BUC (Block UP Converter) . . . . .	55
2.9. Armado e instalado de la base . . . . .	56
2.10. Nivelación vertical . . . . .	56
2.11. Nivelación horizontal . . . . .	57
2.12. Nivelación del contenedor . . . . .	57
2.13. Ensamblado del contenedor . . . . .	58
2.14. Montaje del contenedor en reflector . . . . .	58
2.15. Ensamblado del brazo . . . . .	59
2.16. Montaje del brazo sobre el plato . . . . .	59
2.17. Ensamble radio-soporte . . . . .	60
2.18. Montaje del plato sobre la base . . . . .	60
2.19. Herramienta de apuntamiento . . . . .	61
2.20. Pantalla inicial “Mis sitios de red” . . . . .	61
2.21. Seleccionar “Conexiones de red” . . . . .	62
2.22. Conexiones de área local . . . . .	62
2.23. Propiedades de conexiones . . . . .	63
2.24. Protocolo TCP/IP . . . . .	63
2.25. Centro de control del sistema . . . . .	64
2.26. Pantalla de registro . . . . .	64
2.27. Ubicación de la antena . . . . .	65
2.28. Dispositivo GPS . . . . .	65
2.29. Captura manual de la ubicación de la antena . . . . .	65
2.30. Parámetros de localización . . . . .	67
2.31. Parámetros del satélite . . . . .	67
2.32. Introducción manual de parámetros . . . . .	68
2.33. Parámetros del radio transmisor . . . . .	68

2.34. Apuntamiento de la antena receptora . . . . .	69
2.35. Movimiento del acimut . . . . .	69
2.36. Movimiento de Elevación . . . . .	70
2.37. Ángulo de polarización . . . . .	70
2.38. Autopolarización de la antena . . . . .	71
2.39. Precaución por radiación de radio frecuencia . . . . .	71
2.40. Prueba de polarización cruzada . . . . .	72
2.41. Movimiento de Polarización para la antena de 74 cm . . . . .	72
2.42. Prueba satisfactoria de polarización cruzada . . . . .	73
2.43. Selección del servidor para el comisionamiento . . . . .	73
2.44. Registro del comisionamiento en proceso . . . . .	74
2.45. Proceso de encriptación . . . . .	74
2.46. Registro para la puesta en servicio . . . . .	75
2.47. Proceso de asignación del servicio . . . . .	75
2.48. Aceptación del registro de puesta en servicio. . . . .	76
2.49. Terminación del registro . . . . .	76
2.50. Reinicio de la estación . . . . .	77
2.51. Confirmación de la operación de la terminal . . . . .	77
2.52. Estado del sistema . . . . .	78

# Índice de cuadros

1.1. Subsistemas de un satélite . . . . .	22
1.2. Espectro radio eléctrico . . . . .	40
1.3. Frecuencias asignadas a los diferentes tipos de bandas, entre paréntesis se indica el ancho de banda . . . . .	41
2.1. Propiedades de protocolo de internet . . . . .	61
2.2. Conversión de minutos a decimales . . . . .	66

# Resumen

En la actualidad existen muchas regiones de nuestro país en donde los servicios de telecomunicaciones no existen, hay muchas zonas rurales las cuales aún no cuentan ni con el servicio básico de comunicación que es la telefonía ni mucho menos internet; esto es debido a que muchas comunidades se encuentran ubicadas en geografías de difícil acceso y la infraestructura necesaria para colocar un servicio terrestre no se ve remunerado ante la poca población y demanda que pueden llegar a tener estas comunidades; este trabajo escribe acerca de una solución que se ha venido aplicando a este problema, la cual por medio de un centro de operaciones en red (NOC, Network Operation Center) que es quien brinda el servicio, un satélite que es el que servirá de repetidor en el espacio para la comunicación y una antena de tipo offset mejor conocida como terminal de apertura muy pequeña (VSAT, Very Small Aperture Terminal), se podrá realizar un enlace satelital por medio del cual se pueda obtener el servicio de internet. El principal tema de interés en éste reporte técnico será la VSAT, en donde se describirán sus componentes, ensamble de la antena, direccionamiento, configuración y puesta en servicio del mismo, haciendo énfasis en el transmisor y receptor de dicha terminal así como los tipos de modulación y multicanalización que se utilizan para llevar a cabo un enlace satelital.

# Abstract

Nowadays it seems that there is not scarcity of telecommunications services in México, but in reality, there are too many rural places which still do not have even the basic voice service, not to say Internet or multimedia services, mainly due to the fact of geography inaccessibility and economic factors such as demand and costs; in these technical report it will be described a solution to this problem using the services of a NOC (Network Operations Center), a satellite that functions as a repeater in the space, and an offset antenna known as a VSAT (Very Small aperture Terminal). The main objective of this technical report is the description of the VSAT, its components, its assembly, pointing, set-up and commissioning, specifically the transmitter and receiver of the terminal as well as the types of modulation and multiplexing used to make the satellite connection.

# Introducción

Durante el desarrollo de la práctica laboral, se ha requerido comprender el funcionamiento de varios elementos técnicos con el fin de resolver problemas durante la instalación y puesta en servicio de una gran cantidad de enlaces VSAT, por todo el país.

Aunque el trabajo profesional requiere en muchas ocasiones de solamente aplicar el seguimiento de manuales para lograr cumplir con las metas laborales, la obligación de un profesional de ingeniería es comprender a fondo cuál es el funcionamiento de la tecnología de la cual se está responsabilizando. De otra manera, se podría volver obsoleto el conocimiento del ingeniero al cambiar la tecnología empleada o al cambiar de empleo.

Para desarrollar una red de telecomunicaciones satelitales deben cumplirse varios requisitos técnicos, entre ellos:

- Continuidad del servicio
- Potencia radiada reducida
- Calidad de servicio adecuada
- Capacidad adecuada del sistema

También se tienen ciertas regulaciones legales:

- Determinación de los anchos de banda dentro de los rangos de frecuencia asignados
- Compatibilidad del sistema con otros sistemas
- Obtención de las licencias para operar el sistema
- Colaboración con los demás operadores de telecomunicaciones

Algunas de estas condicionantes socio-tecnológicas se comentarán durante el desarrollo de este trabajo.

Es necesario considerar varios conceptos tales como las órbitas satelitales empleadas y su razón, las bandas de transmisión empleadas, tipo de antena utilizada y otros más.

El propósito de esta tesina es presentar los diferentes conceptos de ingeniería, enfocándose principalmente a los conceptos de modulación y multicanalización, que se aplican para poder proporcionar los servicios de telecomunicaciones en comunidades rurales y en negocios que

se encuentran lejanos o inaccesibles utilizando para tal fin las comunicaciones satelitales de banda ancha.

Con tal objetivo se hace un análisis detallado de la plataforma de difusión de video digital satelital (DVB-S, Digital Video Broadcasting-Satellite) y específicamente la empleada en la actualidad difusión de video digital satelital 2 (DVB-S2, Digital Video Broadcasting-Satellite 2) ya que es el principal avance tecnológico que ha permitido la construcción de terminales de usuario de tamaño pequeño y bajo costo.

Todo lo anterior ejemplificado con los procedimientos de instalación y puesta en servicio de una VSAT.

# Justificación

En la actualidad existe un mundo muy cambiante en donde día a día nos encontramos con nuevas tendencias, las cuales hacen la vida más cómoda y placentera, pero existen zonas las cuales aun no cuentan con algun medio de comunicación tan simple como el internet, multiples son las razones por las cuales estas zonas a pesar de estar en plena era tecnologica aún no pueden contar con este servicio por un medio terrestre el cual más allá de ser un lujo es una necesidad.

Sin embargo para resolver este tipo de problemas se implemento una terminal satelital la cual por medio de dispositivos electronicos, un reflector, un satélite y un centro de operaciones pueden satisfacer la necesidad de comunicación y conectividad hasta en las comunidades más alejadas y de difícil acceso, estas terminales son mejor conocidas como terminales de apertura muy pequeña "VSAT", por medio de las cuales se lleva a cabo un enlace satelital pudiendo así brindar el servicio.

En este trabajo se lleva a cabo una investigación justificada y detallada de una necesidad real, en el cual se pueden observar los dispositivos ocupados así como también su ensamble, direccionamiento y puesta en servicio de una terminal de apertura pequeña.

# Objetivos

El principal objetivo es que el lector tenga una opción de consulta viable sobre los servicios que podrá llegar a obtener de una terminal de apertura pequeña “VSAT” así como una visión más amplia de los componentes y su funcionamiento, de sus dispositivos electrónicos a modo de que el lector pueda realizar una instalación de dicha terminal si así lo requiere.

## Objetivos Específicos

- Dar a conocer la órbita en la que se encuentran los satélites que brindan el enlace
- Presentar conceptos y componentes de una VSAT
- Mostrar el ensamble de una terminal VSAT
- Hacer una descripción del enlace satelital y el direccionamiento que se lleva a cabo
- Describir los métodos de modulación y multicanalización empleados en una VSAT de banda ancha.

# Planteamiento del Problema

En todos los estados de la republica mexicana existen una gran cantidad de comunidades rurales las cuales no cuentan con los servicios basicos de telecomunicaciones tales como telefonía ni internet,esto es debido en la mayoria de los casos a la inaccesibilidad de su geografía que rodea a dicha entidad, por lo tanto a las grandes empresas de telecomunicaciones les es casi imposible brindar el servicio ya que la infraestructura que estos pueden llegar a utilizar es muy costosa y ante la baja población que suelen tener estas comunidades su inversión no seria remunerada dejando sin comunicación alguna a este tipo de zonas.



Figura 1: Internet satelital en zona rural

# Alcance del Trabajo

En la actualidad las terminales de pequeña apertura son ocupadas para un sin fin de necesidades, se pueden ocupar para la recepción de t.v satelital, como un medio duplex para la transmisión y recepción de tramas de datos, video y voz. Lo que se busca con esta tesina es conocer la orbita espacial geoestacionaria en donde orbitan los satelites que se requieren para realizar el enlace satélital, dar a conocer conceptos y componentes elementales de una VSAT, motrando un ensamble y direccionamiento de dicha terminal asi como el tipo de modulacion y multicanalización que estos necesitan para su puesta en servicio y por medio de ello, tener el servicio de inernet satelital.

# Estructura de la Tesis

El capítulo uno contiene la información necesaria para que el lector comprenda los terminos empleados, así como la descripción de las características de los componentes que contiene y las tecnicas teoricas y practicas que se requieren para llevar acabo la implementación de dicho dispositivo.

En el capítulo dos se explica el ensamble, direccionamiento, configuración y puesta en servicio de una terminal de apertura pequeña para la obtención de internet por medio de un enlace satelital.

# Capítulo 1

## FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PRÁCTICOS DE UNA VSAT

### 1.1. Introducción

En esta unidad se lleva a cabo una recopilación teórica sobre los conceptos y técnicas que se necesitan para realizar un enlace satelital por medio de una terminal de apertura pequeña “VSAT”, así como la orientación o direccionamiento de la misma a un satélite posicionado en alguna longitud de la órbita geoestacionaria.

### 1.2. Enlaces satelitales

Un enlace satelital es utilizado para diversos tipos de comunicación (datos, video, voz), el cual permite realizar un intercambio de información entre dos puntos remotos, los cuales debido a su ubicación y tipo de geografía requieren una forma práctica y sencilla de realizar la comunicación entre ambos puntos; una comunicación satelital se lleva a cabo debido a que la señal a transmitir es enviada al satélite por un transmisor, procesada y regenerada por un transpondedor ubicado en el satélite y reenviada a kilómetros de distancia a un receptor de alguna terminal terrena.[2]

#### 1.2.1. ¿Qué es un satélite?

Un satélite es cualquier objeto que orbita alrededor de otro, se le podría definir como un retransmisor radioeléctrico en el espacio ya que éste recibe, amplifica y reorienta señales hacia la tierra o a otros satélites.

Su ancho de banda es muy grande, alrededor de 500 MHz, por lo tanto, se le subdivide en transpondedores, cada uno de los cuales trabaja con una porción del espectro. Los primeros satélites tenían un haz espacial que cubría todas las estaciones terrestres. En la actualidad, la estrategia de difusión es más sofisticada, cada satélite está equipado con múltiples antenas y transpondedores. Cada uno de los haces de información provenientes del satélite cubre

un área geográfica muy pequeña. Pueden realizarse varias transmisiones de haces hacia el satélite. A estas transmisiones se las llama trazas de ondas dirigidas. (Fig.1.1) [2][10]



Figura 1.1: Zonas específicas de cobertura

### 1.2.2. Tipos de satélites

Existen una gran variedad de servicios que puede brindar un satélite, tales como de difusión directa de tv (broadcast), meteorológicos, de exploración de la tierra, de radionavegación, de radio localización, militares, de comunicaciones móviles y fijas, de comunicación marítima, de telefonía de larga distancia, para celulares, para eventos especiales en redes privadas, etc. En la mayoría de estos servicios el satélite es exclusivamente diseñado para cumplir dicha tarea.

Ventajas

- Conectividad a miles de kilómetros
- Anchos de banda grandes
- Desempeño equivalente a sistemas de microondas

Desventajas

- Retraso de la señal
- Bandas compartidas con otros servicios
- Grandes pérdidas por arriba de 10 GHz

## Satélite natural

Se denomina satélite natural a cualquier objeto que orbita alrededor de un planeta. Generalmente el satélite es mucho más pequeño y acompaña al planeta en su evolución alrededor de la estrella que orbite (si orbita alguna).

En el caso de la Luna, tiene una masa tan similar a la masa de la Tierra que podría considerarse como un sistema de dos planetas que orbitan juntos (sistema binario de planetas). Si dos objetos poseen masas similares, se suele hablar de un sistema binario en lugar de un objeto primario y un satélite. El criterio habitual para considerar un objeto como satélite es que el centro de masas del sistema formado por los dos objetos esté dentro del objeto primario.

## Satélite artificial

Los satélites artificiales como se muestra en la figura 1.2, son enviados en un vehículo de lanzamiento, un tipo de cohete que envía una carga útil al espacio exterior. Los satélites artificiales pueden orbitar alrededor de lunas, cometas, asteroides, planetas, estrellas o incluso galaxias. Tras su vida útil, los satélites artificiales pueden quedar orbitando como basura espacial. Los satélites artificiales de comunicaciones son un medio muy apto para emitir señales de radio en zonas amplias o poco desarrolladas, ya que pueden utilizarse como enormes antenas suspendidas en el espacio. Dado que no hay problema de visión directa se suelen utilizar frecuencias elevadas en el rango de los GHz que son más inmunes a las interferencias; además, la elevada direccionalidad de las ondas a estas frecuencias permite tener cobertura satelital en zonas concretas de la Tierra.[5]

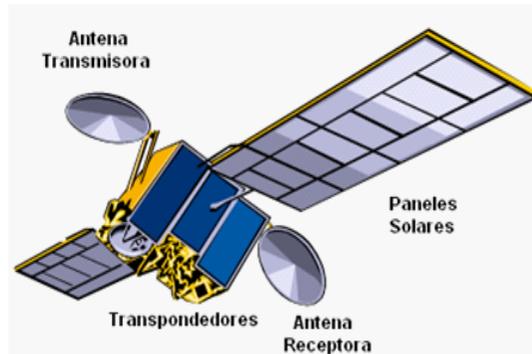


Figura 1.2: Satélite artificial

### 1.2.3. Huella satelital

Un satélite geostacionario puede transmitir sobre aproximadamente el 42% de la superficie de la tierra ya que los polos no pueden recibir señal de un satélite colocado en el ecuador.

El área cubierta por una antena o arreglo de antenas del satélite es llamado “huella” del satélite. (Fig. 1.3)

La antena de un satélite se deforma para cubrir el área geográfica de interés sin desperdiciar potencia en áreas de poco interés.

La desuniformidad en la distribución de las señales dentro de la huella provoca que las estaciones localizadas en áreas con menor cobertura de ganancia y potencia sean más susceptibles a interferencias y pérdidas de señal.[1]

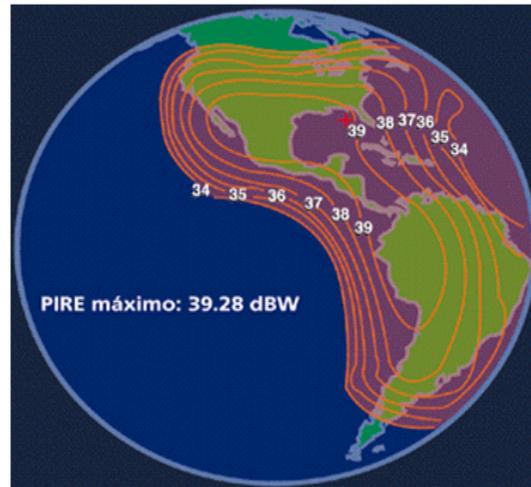


Figura 1.3: Huella del satélite Satmex 6 en el continente Americano (unidades en dBW)

## 1.3. Órbita geoestacionaria

### 1.3.1. La visión de Arthur C. Clarke

En 1945 Arthur C. Clarke sugirió en una de sus publicaciones la posibilidad de colocar satélites artificiales en una órbita tal, que al observarlos desde un punto sobre la superficie de la Tierra parecería que no se moviesen, como si estuviesen fijos en el espacio. El artículo salió publicado en la revista británica *Wireless World* y sugería un sistema de comunicaciones formado por tres estaciones espaciales de cobertura global en órbita geoestacionaria. Los satélites no cambiarían aparentemente de posición y esto traería consigo grandes ventajas pues su operación se simplificaría y el costo de los equipos terrestres necesarios para utilizarlos se reduciría, en relación con el uso de otras órbitas. Casi la totalidad del mundo habitado se podría intercomunicar por radio con sólo tres satélites colocados en esa órbita. (Fig.1.4). A esta órbita sugerida por Clarke se le denomina Cinturón de Clarke u Órbita Geoestacionaria o Geosíncrona.

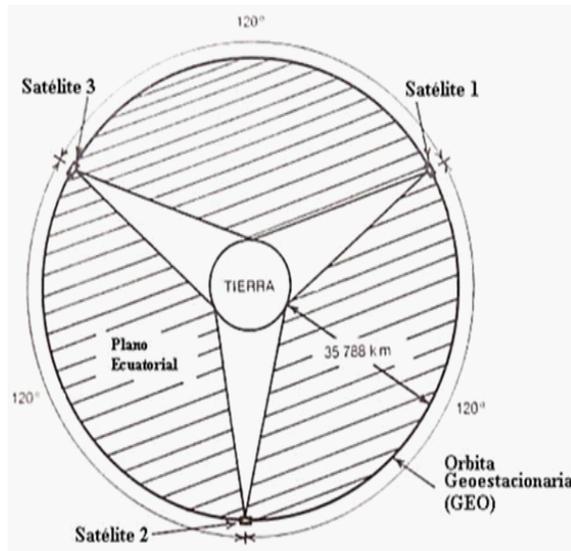


Figura 1.4: Cobertura global con tres satélites en órbita geoestacionaria

¿Cómo sería posible lograr que los satélites estuviesen aparentemente sin movimiento, si los satélites deben moverse a gran velocidad, para no perder altura y caer hacia la Tierra, atraídos por ella? La Tierra gira sobre su propio eje, completando una vuelta cada 24 horas, entonces, para un observador sobre un punto fijo de la Tierra, se produce la ilusión de que el satélite no se mueve.

La idea de Clarke era muy buena y debían cumplirse varios requisitos para que el satélite fuese en verdad fijo con respecto a la Tierra, es decir geoestacionario.[15]

### 1.3.2. Requisitos para que un satélite sea geoestacionario

1. Que el periodo del satélite sea de 24hrs
2. Que la velocidad a la que el satélite se mueva sea constante:  
3,075 m/s.
3. Que la órbita sea circular alrededor de la Tierra.
4. Que esté en órbita geoestacionaria, es decir a una altura de 35,788 Km.  
aproximadamente a 36,000 Km. Por encima del Ecuador.
5. Que el satélite gire a la misma velocidad que la tierra. (Fig.1.5)

En teoría el número de órbitas en las que se puede colocar un satélite es infinito, pero la que más se utiliza es la geoestacionaria o cinturón de Clarke

Actualmente el cinturón de Clarke es la órbita más congestionada.[6][15]

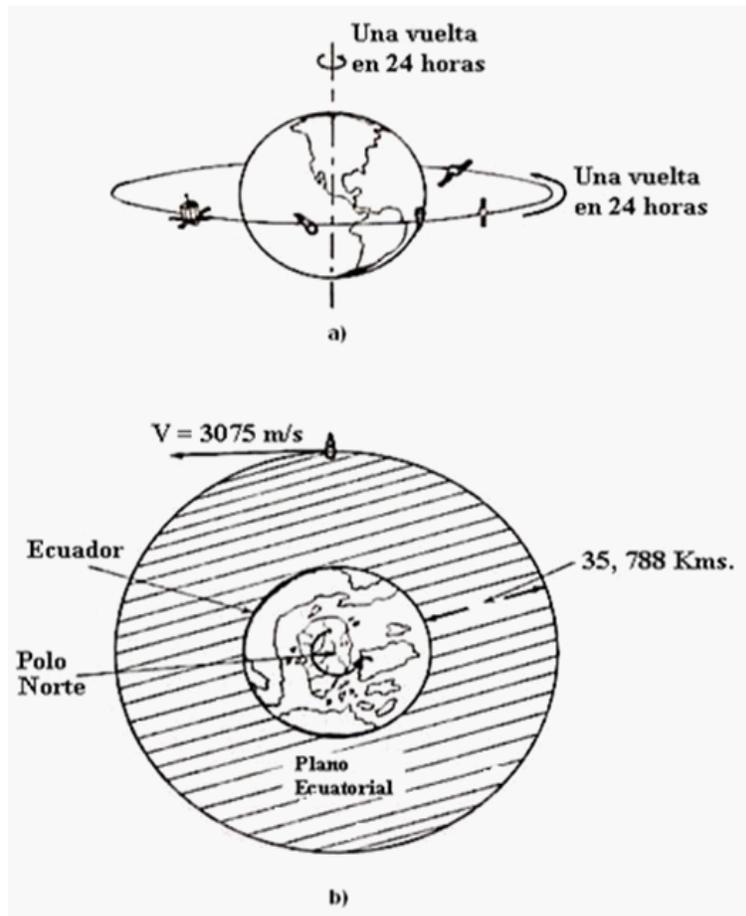


Figura 1.5: Satélites geoestacionarios sobre el plano ecuatorial  
a) Vista lateral; b) Vista superior

## 1.4. Estructura y funcionamiento de un satélite

Un satélite es un sistema muy complejo y delicado, integrado por varios subsistemas; cada uno de ellos es igualmente importante, pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto. El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos y mantenerse en equilibrio, tiene que ser capaz de regular su temperatura, ser resistente al medio en el que permanece y desde luego poder comunicarse con la tierra.

### 1.4.1. Subsistemas de un satélite

A continuación se mencionan y se describen brevemente los subsistemas de un satélite. (Tabla 2.1)[1]

<b>Subsistema</b>	<b>Función</b>
Antenas	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia
Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia
Energía Eléctrica	Suministrar electricidad con los niveles adecuados de voltaje y corriente
Control térmico	Regular la temperatura del conjunto
Posición y orientación	Determinar la posición y orientación del satélite
Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad para corregir la posición y la orientación
Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en la tierra para conservar el funcionamiento del satélite, Conocer y controlar la operación, posición y orientación del satélite
Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto

Cuadro 1.1: Subsistemas de un satélite

### **Subsistema de antenas**

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas y las transmiten de regreso a la Tierra concentradas en un haz de energía.

En todo enlace satelital existen dos secciones:

- Sección de Subida (Uplink).
- Sección de Bajada (Downlink).

La frecuencia del enlace de subida difiere de la del enlace de bajada para evitar interferencia

### **Subsistema de comunicación**

Todas las señales provenientes de la tierra con una determinada frecuencia dentro de cierta banda común entran al satélite por medio de la antena receptora. En este subsistema las señales son separadas por grupos, amplificadas, procesadas digitalmente, y son trasladadas a frecuencias más bajas dentro del espectro electromagnético, posteriormente son amplificadas y reagrupadas, para que todas salgan de regreso hacia la tierra a través de la antena transmisora. Aquí la palabra grupo se refiere a un canal de banda ancha, cada canal de banda tiene un ancho de banda de varios MHz y puede contener uno o cientos de canales

de datos, de telefonía o televisión, según las tasas de transmisión y técnicas de modulación, multicanalización y acceso múltiple. (Fig. 1.6)

Para evitar confusiones, a cada canal de banda ancha o de microondas se le refiere como transpondedor; así por ejemplo un satélite típico tiene doce transpondedores para una determinada banda de trabajo (C, Ku, etc.) y polarización. Un transpondedor es toda la cadena de unidades o equipos interconectados en serie del canal de banda ancha, desde la antena receptora hasta la antena transmisora; algunas unidades o equipos, por ejemplo, el amplificador de bajo ruido o el descanalizador de entrada, son comunes o compartidos entre todos los transpondedores, a de modo que haga referencia a un determinado transpondedor, por ejemplo el octavo dentro de los doce debe de entenderse que se trata de todo un canal con varios equipos interconectados y no solamente de una pieza del equipo.[1]

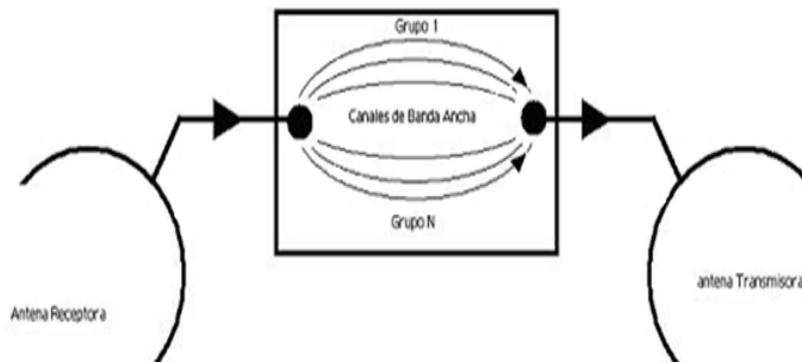


Figura 1.6: Diagrama de un enlace satelital

### Subsistema de energía eléctrica

Todo satélite necesita un suministro de potencia eléctrica sin interrupción y sin variaciones significativas en los niveles de voltaje y corriente, la cantidad de potencia requerida depende del modelo del satélite y de sus características de operación pero actualmente varía entre 1 y 20 Kilowatts. Este subsistema de energía eléctrica consiste en 3 elementos fundamentales, una fuente primaria, una fuente secundaria y un acondicionador de potencia.

Todos los satélites utilizan celdas solares para alimentar sus sistemas eléctricos. Las celdas solares funcionan bajo el principio de efecto fotovoltaico; cuanto mayor sea la densidad de flujo de la radiación solar sobre ellas, mayor es la electricidad que generan. Cuando ocurren eclipses se utilizan baterías.

### Subsistema térmico

Verifica la temperatura de diferentes partes del satélite y la trata de mantener constante. Uno de los factores que intervienen en el equilibrio en cuestión es el calor generado constantemente por el satélite en su interior, cuya principal contribución proviene de los

amplificadores de potencia, la energía que absorbe del sol y la tierra son otros factores que deben considerarse también.

### Subsistema de posición, orientación y propulsión

Consiste en una serie de cohetes y motores que se utilizan para mover el satélite a la posición orbital correcta cuando por alguna causa externa (el campo gravitacional, la luna, etc.) el satélite pierde su posición, y también chorros de gas o dispositivos inerciales que controlan la altitud del satélite.

### Subsistemas de rastreo, telemetría y comando

Estos sistemas se reparten en el satélite y en la estación de control terrestre. La parte de telemetría envía datos de los sensores del satélite que dan cuenta del estado del mismo. La parte de rastreo se localiza en la tierra y provee información de la distancia, acimut y elevación hacia el satélite. Con base en los datos anteriores, la parte de control envía información para corregir la posición y altitud del satélite, y también se encarga de controlar la calidad de las comunicaciones.

### Subsistema estructural

La estructura del satélite es el armazón que sostiene a todos los equipos que lo forman y que le da la rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que se ve sujeto desde el momento en que abandona la superficie de la tierra, este subsistema debe de ser durable, resistente y lo más ligero posible. Los materiales más comunes para este fin son aluminio, magnesio, titanio, berilio, acero, y varios plásticos reforzados con fibra de carbón; de estos, el berilio es el más caro y por lo tanto su utilización es limitada.[1]

## 1.5. Enlace de los sistemas satelitales

Estos se llevan a cabo cuando una terminal envía información al satélite por un transmisor, ésta es recibida, procesada y regenerada por un transpondedor y después es reenviada a kilómetros a un transmisor de alguna estación o terminal remota. (Fig. 1.7)



Figura 1.7: Esquema del enlace de los sistemas satelitales

### 1.5.1. Transmisor (tx), sección de subida

El principal elemento en la sección de subida hacia el satélite, es el transmisor de estación terrena. El transmisor de la estación terrena consiste en un modulador de frecuencia intermedia (IF, Intermediate Frequency) un convertidor de microondas de FI a radio frecuencia (FR, Radio Frequency), un amplificador de alta potencia (HPA, High Power Amplifier) y un medio para limitar la banda del último espectro de salida como puede ser un filtro pasa-bandas de salida (BPF, Band Pass Filter). La Figura 1.8 muestra el diagrama de la sección de subida. El modulador de FI convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM, PSK o QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-bandas) convierte la FI a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transpondedor del satélite. Los HPA comúnmente usados son: Klystron y tubos de onda progresiva.[1]

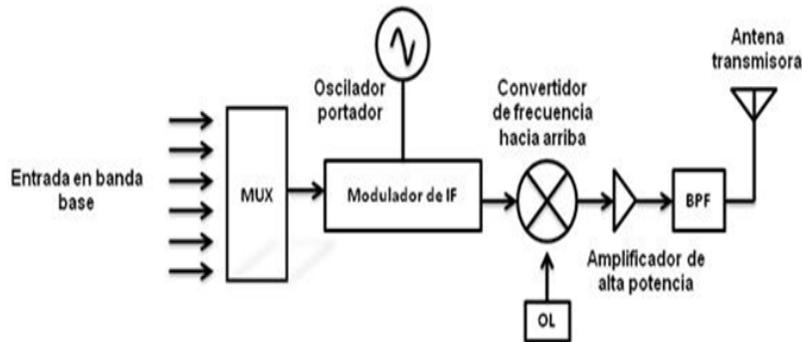


Figura 1.8: Diagrama de la sección de subida

### 1.5.2. Transpondedor

Un transpondedor es un tipo de dispositivo utilizado en telecomunicaciones cuyo nombre se deriva de la unión de las palabras inglesas transmitter (transmisor) y receiver (receptor).

También llamado repetidor es un retransmisor situado a bordo de los satélites, cuya función es retransmitir las señales recibidas desde la sección de subida hacia la sección de bajada. Se le asocia a una o varias antenas de emisión, que determinan, por su forma y orientación, la potencia y la zona de cobertura del haz emitido. Un típico transpondedor satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA, Low Noise Amplifier), un convertidor de frecuencias o mezclador, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida. Fig. 1.9

Son empleados en sistemas de localización, navegación o posicionamiento. De manera más concreta, se puede decir que un transpondedor es toda cadena de unidades o equipos interconectados en serie en un canal, que modifican y adecúan la señal desde el emisor (habitualmente antena transmisora), hasta el receptor (habitualmente antena receptora),

con el fin de retransmitir la información recibida. En algunos casos se utiliza el término, de manera estrictamente incorrecta, para designar al amplificador de señal que se encuentra justo antes del elemento emisor. El transpondedor responde en una frecuencia distinta a la que fue preguntado, y ambas frecuencias, la de entrada y la de salida de datos, están predefinidas de antemano.[7]

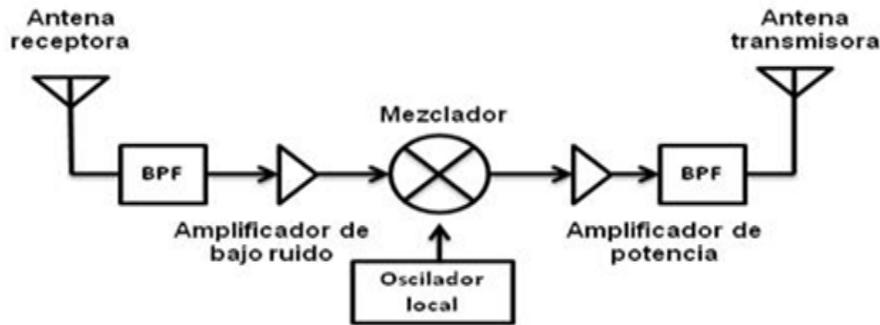


Figura 1.9: Diagrama del transpondedor

### 1.5.3. Receptor (rx), sección de bajada

El receptor de estación terrena incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a FI. Nuevamente, el BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible. El convertidor de RF a FI es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF recibida a una frecuencia de FI. La Figura 1.10 ilustra la sección de bajada.[1]

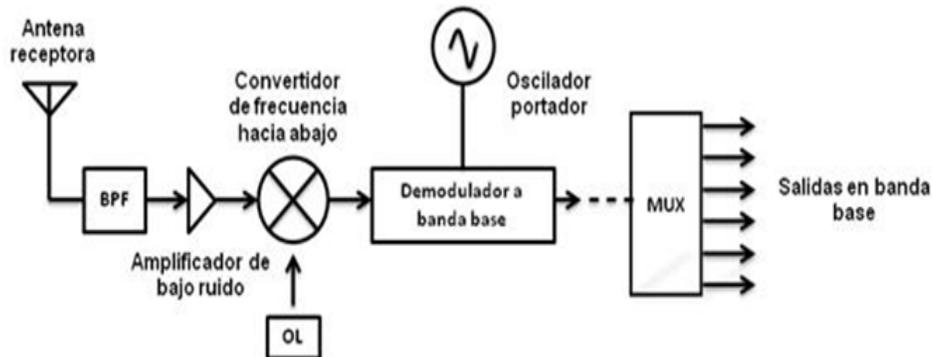


Figura 1.10: Diagrama de la sección de bajada

## 1.6. Factores que alteran el funcionamiento de un satélite

Es importante mencionar que los rangos de temperatura de operación de las partes y elementos que conforman el satélite son diferentes.

En el espacio libre, varias partes del satélite están expuestas a distintas temperaturas, de la noche al día las temperaturas pueden tener variaciones muy grandes. Típicamente la temperatura varía de  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Así pues, es necesario garantizar el control térmico del satélite, en un rango de operación, donde trabajen todos los componentes del satélite. (Fig. 1.11)

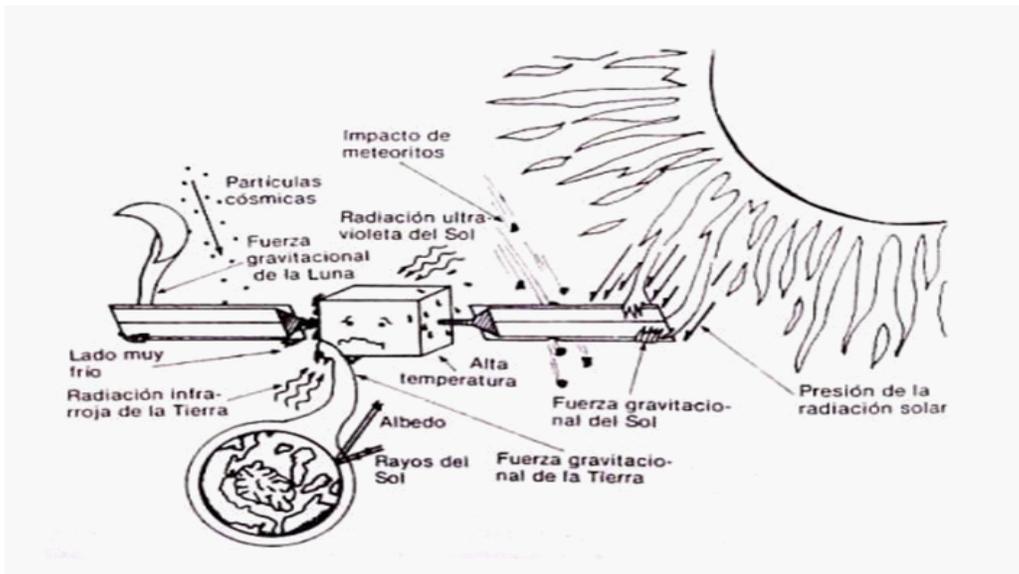


Figura 1.11: Fuerzas y factores que alteran el funcionamiento de un satélite

Otros factores de perturbación pueden ser:

1. Radiación ultravioleta del sol: Provoca ionización en los materiales y esto ocasiona que la conductividad de los dieléctricos aumente. También provoca cambios en las características de emisión y de absorción, degradando así la eficiencia de las celdas solares hasta en un 30%.
2. El Vacío casi absoluto: Provoca que los metales y semiconductores se sublimen y tiendan a evaporarse.
3. La condensación de gases: Cuando el gas se condensa en las superficies frías, se genera la posibilidad de que exista un corto circuito provocado por los dieléctricos.
4. Las partículas cósmicas: Provocan ionización de los plásticos, degradan la eficiencia de las celdas solares y desequilibran el balance térmico del interior del satélite.[1]

## 1.7. Terminal de apertura muy pequeña “VSAT”

La VSAT (Very Small Aperture Terminal, Figura 1.12) es una estación terrena del Servicio Fijo por Satélite (geoestacionario) utilizada para una gran variedad de aplicaciones en el campo de las telecomunicaciones, que incluye, la comunicación y operación de redes con conmutación de paquetes, servicios de voz, transmisión de datos, video y la operación en red en una área geográfica considerable. Fue lanzada al mercado el año de 1980 por Telecom General en los Estados Unidos.

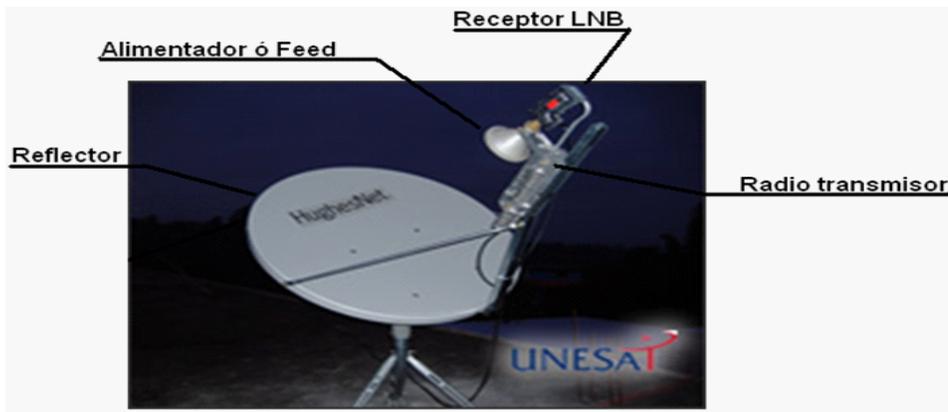


Figura 1.12: Terminal VSAT de la empresa UNESAT

Las VSATS forman redes privadas de comunicación y se utilizan para el intercambio de información, ya sea punto-punto o punto-multipunto.

Las VSATS como se muestra en la figura 1.13, están formadas por dos conjuntos de equipamiento separados los cuales son la unidad exterior (ODU, Outdoor Unit) y la Unidad Interior (IDU, Indoor Unit).[6][2]

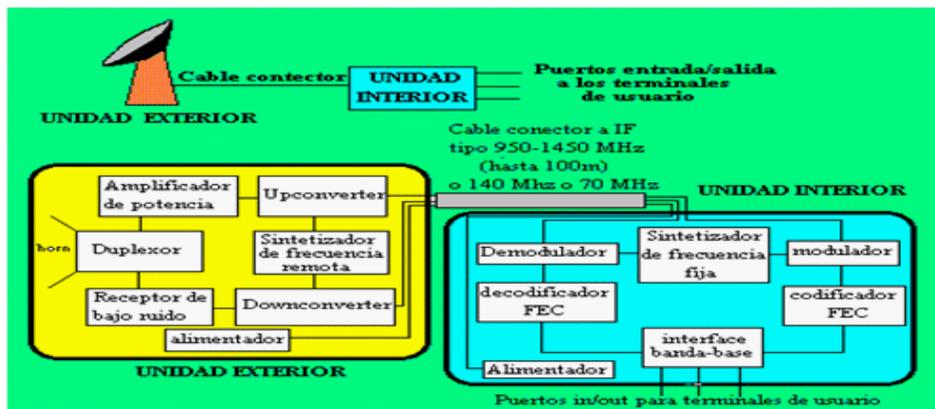


Figura 1.13: Arquitectura interna de la ODU e IDU de una VSAT

### 1.7.1. Unidad exterior (ODU, Outdoor Unit)

La ODU es la interfaz directa hacia el satélite y se compone básicamente de los siguientes elementos:

- Antena tipo offset.- A este tipo de antenas se les conoce como parabólica con alimentación descentrada (Es más conocida por su significado en inglés como antena “off-set”), en este tipo de antena solo emplea una sección del reflector parabólico y la apertura del alimentador es posicionada solo para que apunte hacia una parte específica del reflector, en lugar de que apunte directamente hacia el vértice como en el caso de las antenas parabólicas con alimentador frontal. Con esta configuración se elimina el bloqueo que llega a provocar la sombra del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte.
- Sistemas electrónicos.
  - Amplificador de transmisión.
  - Receptor de bajo ruido.
  - Sintetizador de frecuencia.
  - Osciladores para variar la frecuencia.
  - Duplexor.
  - Amplificador de potencia.

Su función es la de transmitir y recibir tramas de datos a una determinada frecuencia para ser más específicos de 14.0-17.8 GHz transmisión y 11.7-12.7 GHz en recepción. [9]

### 1.7.2. Unidad interna (IDU, Indoor Unit)

- La IDU es la interfaz entre la VSAT y la terminal de usuario o red de area local (LAN, Local Area Network) y consta de los siguientes componentes.
- Modulador y Demodulado
- Codificador y Decodificador
- Tipo de puertos (Banda base y Ethernet LAN RJ45 port)
- Velocidad de los puertos 10/100 base T

### 1.7.3. Principales características de una VSAT

- Redes privadas diseñadas a la medida de las compañías que las contratan.
- El aprovechamiento de todas las ventajas del satélite a un bajo costo.
- Las antenas montadas son de tamaño pequeño.
- Permite la transferencia de voz, datos y video.
- La red puede llegar a tener una gran densidad (hasta 1,000 estaciones VSAT) controladas por una estación central llamada NOC.
- Puede tener enlaces simétricos y asimétricos.
- Las bandas de funcionamiento pueden ser C, Ku o Ka.

Estas terminales son de gran ayuda en lugares donde los accesos a redes fijas o terrestres no tienen el alcance necesario para cubrir o llegar a alguna área, debido principalmente al alto costo de infraestructura de redes terrestres por la inaccesibilidad de la geografía del sitio, desencadenando así una serie de ventajas y desventajas sobre las VSAT.[3] [2]

#### Ventajas de una VSAT

- Flexibilidad: Servicio de cobertura global e inmediata, limitado solo por la huella del satélite que proporciona el servicio, llevando a cabo así una fácil y rápida implementación de las terminales en lugares de difícil acceso. El uso de un satélite hace que se pueda establecer contacto con cualquier punto dentro de su área de cobertura con lo que los receptores pueden cambiar de ubicación sin más cambio que la reorientación de su antena, del mismo modo la introducción de una nueva terminal no afecta al funcionamiento de los demás.
- Se suelen diseñar para tener una disponibilidad de la red del 99.5% y con un BER de  $10^{-7}$
- Velocidades similares o superiores a las ofrecidas por otras redes.
- Posibilidad de establecer enlaces asimétricos (VSAT al NOC: baja velocidad, NOC a la VSAT: alta velocidad).[2]

#### Desventajas de una VSAT

- Las inversiones iniciales son elevadas comparadas frente a las redes basadas en recursos terrestres.
- En este medio de transmisión se tiene un retardo de propagación típico de 0.5 seg. llamado doble salto el cual puede ser problemático para telefonía y videoconferencia pero puede pasar desapercibido en transferencia de datos.

- El punto más crítico en la red está en el satélite ya que toda la red depende de la disponibilidad de este; si se cae, cae toda la red.
- El uso de un satélite geoestacionario como repetidor hace posible que cualquier usuario no autorizado pueda recibir una portadora y demodular la información, para prevenir esto, se utiliza la encriptación de datos.[2]

## 1.8. Redes VSAT

Las VSAT y sus tecnologías para transmitir pueden dividirse de acuerdo a la arquitectura de la red.

### 1.8.1. Red VSAT en estrella

Hasta el tipo más común de VSAT depende directamente de la operación de la Estación Terrena Maestra (HUB) también conocida como NOC, (Fig. 1.14), la cual cuenta con una antena parabólica de gran diámetro generalmente de 4 a 8 metros para la retransmisión y recepción de datos. Las VSAT individuales no pueden recibir las transmisiones directamente de unas a otras pero se comunican en forma exclusiva con el HUB, utilizando transmisiones generalmente en ráfaga y protocolos de contención para minimizar el ancho de banda necesario (Fig.1.15). El diámetro de la antena de la estación terrena VSAT en general oscila de 74cm a 3.8 m, y puede operar tanto en la Banda C (4-7 GHz) como en la Banda Ku (12-14 GHz).[4] [13]

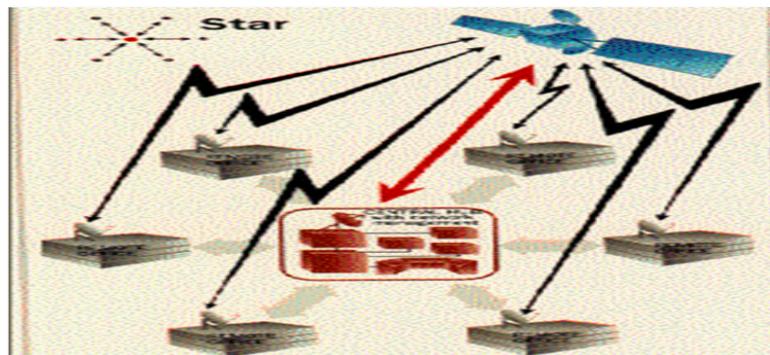


Figura 1.14: Arquitectura de red en estrella



Figura 1.15: NOC de Satélites de México (SATMEX)

### 1.8.2. Red VSAT en malla

Es un tipo de VSAT menos común el cual comparte el mismo grupo de canales y puede recibir directamente las transmisiones entre sí sin pasar por el NOC. Debido a los mayores requerimientos de potencia, generalmente se utilizan parabólicas de mayor diámetro (3 metros o más). Este tipo de VSAT generalmente se limita a operaciones de voz. (Fig. 1.16)[4]

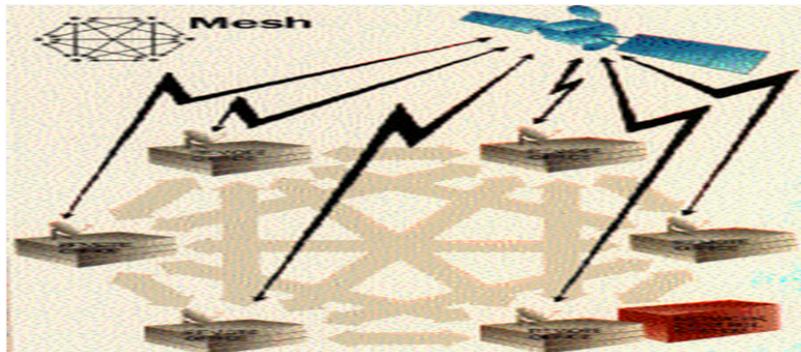


Figura 1.16: Arquitectura de red en malla

La tecnología más evolucionada de las VSAT utiliza antenas más pequeñas (de menos de 1 m de diámetro) y tecnología altamente integrada para permitir el acceso a bajo costo a la red VSAT. Estas operan en red estrella y requieren una estación terrena maestra. Generalmente se usan las técnicas de espectro ensanchado aún dentro de la banda Ku para reducir la interferencia potencial.

Se recomienda el uso de las terminales VSAT cuando es necesario transmitir información desde instalaciones en puntos remotos.

## 1.9. Direccionamiento de una VSAT

Uno de los puntos más importantes cuando se realiza la instalación de una VSAT, es la de instalación y direccionamiento de la misma ya que de esto depende el que la terminal tenga contacto con el satélite; para esto se requiere de tres factores básicos para la orientación tales como son los grados acimut, la elevación y la polarización de la misma, así como previamente la localización del lugar optimo para llevar a cabo la instalación, el cual debe tener una vista libre de cualquier obstáculo hacia la dirección del satélite.

### 1.9.1. Línea de vista

Una de las partes más relevantes durante la instalación de la estación satelital, así como para su operación, es la selección de la ubicación de la antena ya que se debe garantizar la línea de vista al satélite.

La línea de vista indica que no debe haber ninguna obstrucción entre la antena y el satélite.

Una recomendación básica para asegurar la línea de vista al satélite Satmex 6, que dependiendo de la ubicación en la que se esté realizando la instalación ésta siempre se localiza en el Suroeste.(Fig. 1.17)

• A partir del punto seleccionado y con ayuda la de la brújula, buscar el sur magnético (180°). Típicamente, para la República Mexicana, el ángulo de acimut está alrededor de 210°, por lo que a partir del sur, ubicar aproximadamente 30 grados más, ubicando así un ángulo cercano al apuntamiento

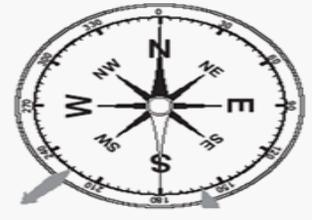


Figura 1.17: Ejemplo para la localización de los grados acimut

Ya con el ángulo de acimut de referencia, observar si no existe algún obstáculo que pueda obstruir la línea de vista hacia el satélite. Los objetos que típicamente puede obstruir la línea de vista son:

- Árboles, cuyo crecimiento puede afectar la operación
- Anuncios espectaculares
- Construcciones en proceso que en su conclusión pueda obstruir la línea de vista. (Fig. 1.18)[4] [1] [7]

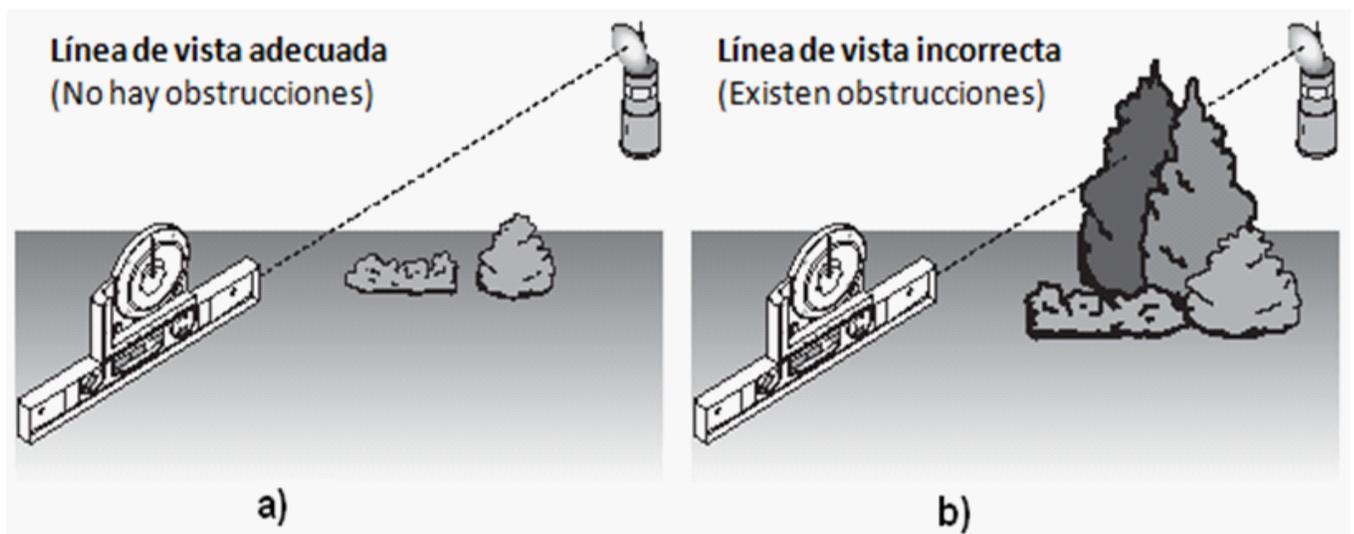


Figura 1.18: a) Línea de vista optima b) Sin línea de vista

Ejemplos de la línea de vista correcta e incorrecta (Fig. 1.19 y Fig. 1.20):



Figura 1.19: Línea de vista correcta



Figura 1.20: Línea de vista incorrecta

### Ángulos de orientación

Para recibir las emisiones de un satélite, se necesita previamente que la antena haya sido direccionada con acimut, elevación y plano de polarización correspondientes al sitio en donde se esté llevando a cabo la instalación de la VSAT. Para esto es necesario tener bien definidos estos conceptos ya que son básicos y necesarios para la instalación.

Para orientar una antena se debe tener en cuenta su desplazamiento horizontal con respecto al horizonte y su elevación con respecto al nivel del suelo, que son las dos coordenadas para localizar el satélite. Además, se debe tener en cuenta la correcta incidencia de la polarización sobre el LNB.[7]

Estos ángulos se ejemplifican en la Figura 2.22 y son:

- Acimut.
- Elevación.
- Polarización.

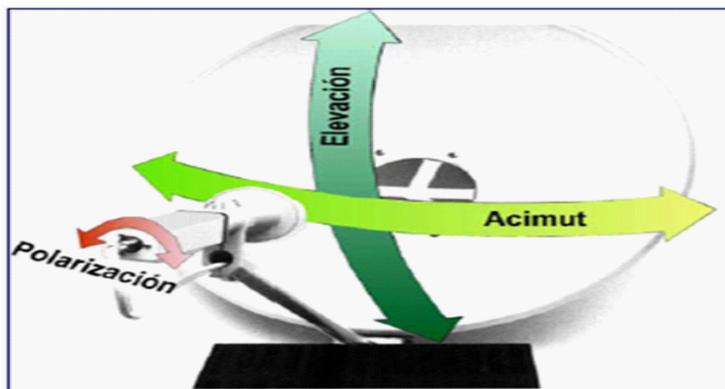


Figura 1.21: Movimientos de orientación.

## Acimut

El valor del acimut indica el punto exacto en el que se debe fijar la antena en el plano horizontal. Este ángulo se mide desde el norte geográfico en sentido de las agujas del reloj.

Hay que tener en cuenta que el polo norte geográfico, utilizado como referencia en todos los mapas, es consecuencia de la división imaginaria del globo terráqueo en diferentes husos horarios a través de los meridianos. El punto de intersección de todos ellos da lugar a los polos Norte y Sur, por los que pasa el eje de giro de la Tierra.

El polo norte magnético es el punto de la superficie terrestre que atrae el extremo de la aguja de la brújula. Este punto no tiene una ubicación física fija pero el aproximado ayudará para saber hacia qué dirección se localiza el satélite a utilizar

La posición del satélite será fácil encontrarla ya que es única para cada satélite tan sólo consta de longitud y no de latitud. Esto es debido a que todos los satélites requeridos se distribuyen en la órbita geoestacionaria (Cinturón de Clark) previamente mencionada. (Fig. 1.22)



Figura 1.22: Satélites sobre longitud del Ecuador

Es por ello que cuando se da la posición de un satélite tan solo se requiere su longitud, por ejemplo Satmex 6  $113^{\circ}$  longitud oeste. La longitud se da respecto al meridiano 0, ó también conocido como meridano de Greenwich (Fig. 1.23).

Si el satélite está a la izquierda del meridiano de Greenwich, se dice que está al Oeste, y si se encuentra a la derecha se dice que está al Este.[7]

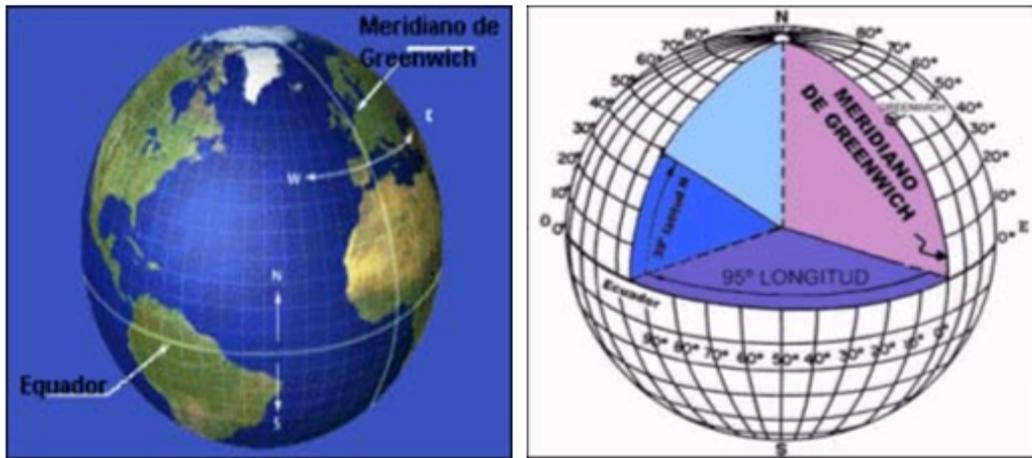


Figura 1.23: Meridiano de Greenwich

Para poder calcular los grados acimut se utiliza la siguiente ecuación:

$$\phi' = \arctan \left[ \frac{\sin \Delta L}{\sin l \cos \Delta L} \right]$$

Esta misma se puede reducir a:

1.

$$\phi' = \arctan \left[ \frac{\tan \Delta L}{\sin l} \right]$$

En donde:

$l$  = Latitud de la estación terrena

$\Delta L$  = [Longitud del satélite – Longitud de la estación terrena ]

Dependiendo de la localización de la estación terrena con relación al satélite el ángulo de acimut es:

$\phi = 180^\circ - \phi'$  Estación en el hemisferio norte y al oeste del satélite.

$\phi = 180^\circ + \phi'$  Estación en el hemisferio norte y al este del satélite.

$\phi = \phi'$  Estación en el hemisferio sur y al oeste del satélite.

$\phi = 360^\circ - \phi'$  Estación en el hemisferio sur y al este del satélite.

Un ejemplo gráfico respecto al movimiento de los grados acimut se puede observar en la figura 2.26[1]

## Elevación

El ángulo de elevación indicará la inclinación que se le debe dar a la antena con respecto al plano vertical de la misma para orientarla hacia el satélite. (Fig. 1.24)

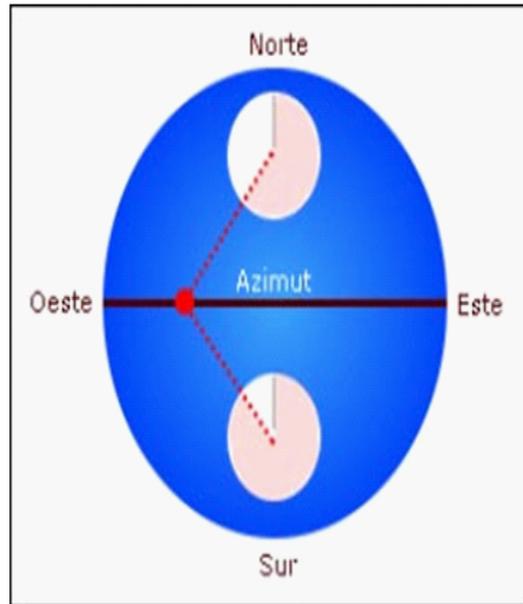


Figura 1.24: Elevación en dirección al Ecuador

Una vez mostrada la ecuación para obtener el acimut, se calcula el valor de la elevación de la antena respecto a la vertical. Este valor proporciona la inclinación que se debe dar a la VSAT para orientarla correctamente (Fig. 2.26 a). Es posible que para satélites muy lejanos, debido a la curvatura de la Tierra, resulten elevaciones negativas, por lo que no se podrán captarlos. La ecuación para calcular la elevación es la siguiente:

1. [1] [7]

$$\phi = \arctan \left( \frac{\cos l \cos \Delta L - \frac{R_e}{h}}{\sin [\arccos (\cos l \cos \Delta L)]} \right)$$

Si  $c = \cos l \cos \Delta L$  y  $\phi' = \arccos c$ :

$$\phi = \arctan \left( \frac{c - \frac{R_e}{h}}{\sin \phi'} \right)$$

En donde:

$l$  = Latitud de la estación terrena

$\Delta L$  = Longitud del satélite - Longitud de la estación terrena

$R_e$  = radio de la tierra = 6,378Km

$h$  = radio de la órbita = 42,164Km

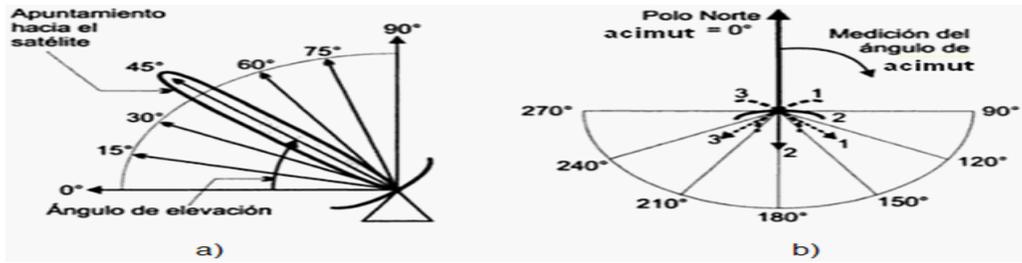


Figura 1.25: Ángulos de a) elevación b) acimut

### Polarización

Es el ángulo donde hay que girar el LNB o el reflector para que la polarización horizontal o vertical del satélite incida perfectamente sobre el mismo.

La polarización que necesita la VSAT de 74cm se aplica girando por la parte trasera del reflector, girar a la derecha (ángulos positivos) y hacia la izquierda (ángulos negativos).

Para que se tenga una visión más gráfica de cómo realizar un direccionamiento se muestra la siguiente figura 2.27.[1] [7]

Para poder obtener estos ángulos se utiliza la siguiente ecuación:

$$\phi = \arctan \left( \frac{\text{sen } -\Delta L}{\tan l} \right)$$

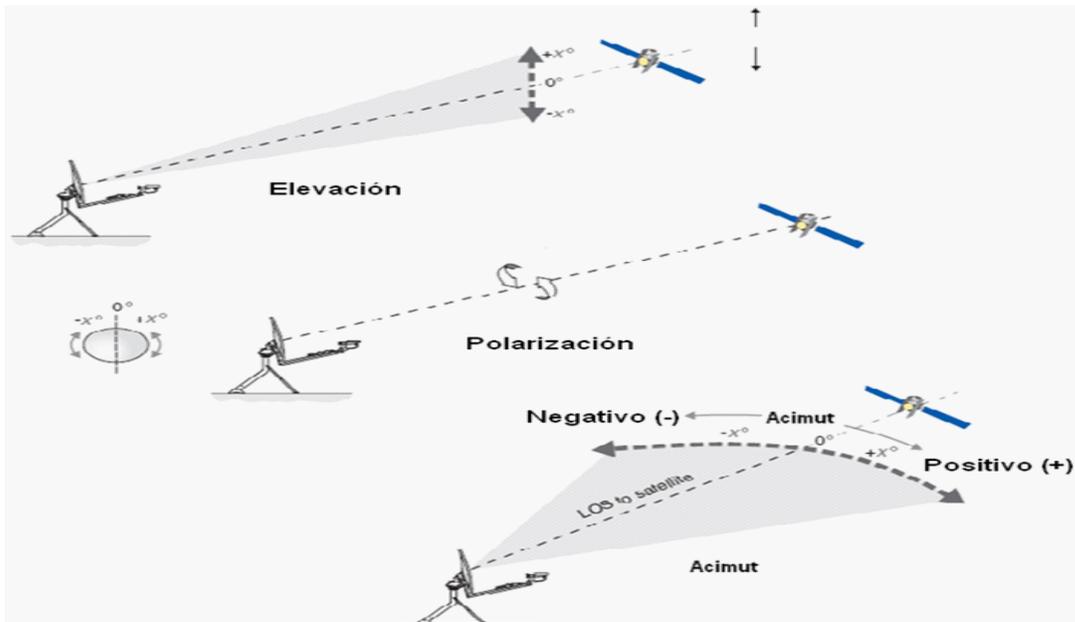


Figura 1.26: Movimientos para la obtención del direccionamiento

### 1.9.2. Espectro radio eléctrico, bandas de frecuencias

El espectro de frecuencias radioeléctricas (Tabla 1.2), es el conjunto de ondas radioeléctricas cuya frecuencia está comprendida entre 3 kiloHertz y 3,000 GigaHertz. El espectro de frecuencias radioeléctricas se divide, de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, anexo al Convenio Internacional de Telecomunicaciones (R1986\1259), en las siguientes bandas:

<b>Banda</b>	<b>Gama de frecuencias</b>	<b>Designación por su frecuencia</b>
Ondas miriamétricas	3 a 30 KHz	VLF (muy baja frecuencia)
Ondas kilométricas	30 a 300 KHz	LF (baja frecuencia)
Ondas hectométricas	300 a 3,000 KHz	MF (media frecuencia)
Ondas decamétrica	3 a 30 MHz	HF (alta frecuencia)
Ondas métricas	30 a 300 MHz	VHF (muy alta frecuencia)
Ondas decimétricas	300 a 3,000 MHz	UHF (ultra alta frecuencia)
Ondas centimétricas	3 a 30 GHz	SHF (súper alta frecuencia)
Ondas milimétricas	30 a 300 GHz	EHF (extrema alta frecuencia)
Ondas decimilimétricas	300 a 3,000 GHz	

Cuadro 1.2: Espectro radio eléctrico

Así mismo, puede definirse el dominio público radioeléctrico como el espacio por el que pueden propagarse las ondas radioeléctricas.

Las redes VSAT están puestas en operación con el sobrenombre de Servicio Satelital Fijo (FSS, Fixed Satellite Service) y Servicio de Radiodifusión por Satélite (BSS, Broadcast Satellite Service) definido por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, International Telecommunication Union).

Las bandas más comúnmente usadas para aplicaciones comerciales son aquellas asignadas al FSS y al BSS mejor conocidas como Banda C y Banda Ku, también se encuentra la militar que es la Banda X y se están realizando pruebas para poner en funcionamiento la Banda Ka. (Tabla 2.3) [6] [8]

Banda	Enlace ascendente	Enlace descendente	Servicio
C: GHz	5.925 - 6.425 (500MHz)	3.700 - 4.200 (500MHz)	FSS
X: GHz	7.900 - 8.400 (500MHz)	7.250 - 7.750 (500MHz)	Comunicaciones militares
Ku: GHz	14.0 - 14.5 (500MHz)	11.7 - 12.2 (500MHz)	FSS
Ku GHz	17.3 - 17.8 (500MHz)	12.2 - 12.7 (500MHz)	FSS
kA GHz	27.5 - 31.0 (500MHz)	17.7 - 21.2 (500MHz)	FSS

Cuadro 1.3: Frecuencias asignadas a los diferentes tipos de bandas, entre paréntesis se indica el ancho de banda

Para que en el mundo se evite un conflicto por las frecuencias que se ocupan en los enlaces satelitales, la ITU llegó a la conclusión de asignar regiones con diferentes frecuencias (Fig. 1.27). Las posibles bandas son: Región 1 y 3, 11.7-12.5 GHz; Región 2, 12.2-12.7GHz.

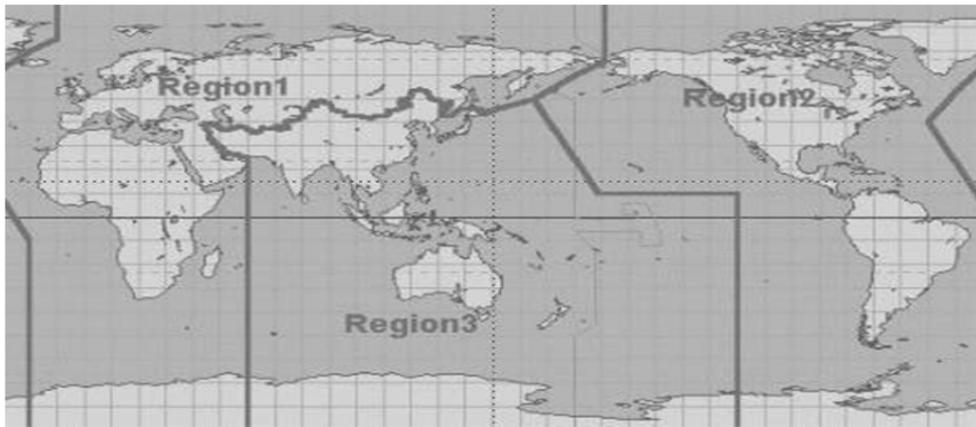


Figura 1.27: Regiones 1,2 y 3 en el mundo

Las diversas longitudes de onda poseen propiedades diferentes. Las longitudes de onda largas pueden recorrer grandes distancias y atravesar obstáculos. También pueden rodear edificios o atravesar montañas, pero cuanto mayor sea la frecuencia (y por tanto, menor la longitud de onda), más fácilmente pueden detenerse las ondas.

Cuando las frecuencias son lo suficientemente altas (decenas de GigaHertz), las ondas pueden ser detenidas por objetos como las hojas de los árboles o las gotas de lluvia, provocando el fenómeno denominado desvanecimiento por lluvia (rain fade). Para superar este fenómeno se necesita bastante más potencia, lo que implica transmisores más potentes o antenas más enfocadas, que provocan que el precio del satélite aumente.

La ventaja de las frecuencias elevadas (las bandas Ku y Ka) es que permiten a los transmisores enviar más información por segundo. Esto es debido a que la información se deposita generalmente en cierta parte de la onda: la cresta, el valle, el principio o el fin. El compromiso de las altas frecuencias es que pueden transportar más información, pero necesitan más potencia para evitar los bloqueos de información, mayores antenas y equipos más caros.[1]

### 1.9.3. Banda utilizada por la VSAT

#### Banda Ku

- Rango de frecuencias: en recepción 11.7-12.7 GHz, y en transmisión 14-17.8 GHz.
- Ventajas: longitudes de onda medianas que traspasan la mayoría de los obstáculos y transportan una gran cantidad de datos.
- Inconvenientes: la mayoría de las ubicaciones están adjudicadas.

## 1.10. Modulación y tipos de modulación de una señal

Se denomina modulación, a la operación mediante la cual ciertas características de una onda denominada portadora, se modifican en función de otra denominada moduladora, que contiene información, para que esta última pueda ser transmitida (Fig. 2.29).

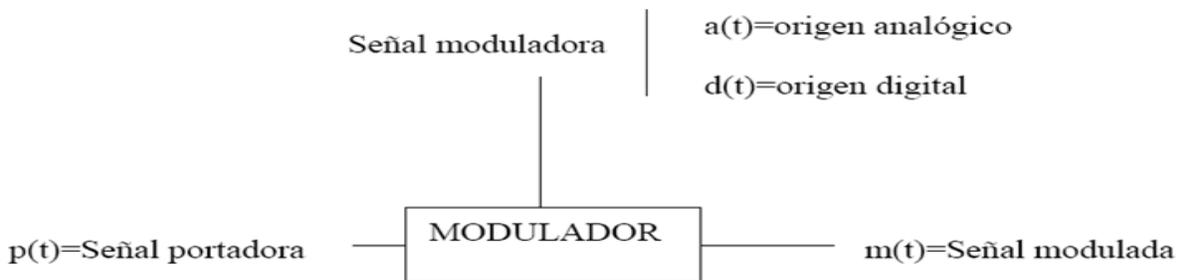


Figura 1.28: Esquema de una señal modulada

La onda en condiciones de ser transmitida, se denomina señal modulada.

El proceso inverso, que consiste en separar de la señal modulada, la onda que contiene solamente la información, se llama demodulación.

La modificación debe hacerse de tal forma, que la información no se altere en ninguna parte del proceso, según la portadora sea una señal del tipo analógico o del tipo digital.

La causa por la cual casi siempre hay un proceso de modulación, es que todas las señales que contienen información, deben ser transmitidas a través de un medio físico (cable multipar, fibra óptica, el espectro electromagnético, etc.) que une al transmisor con el receptor.[11]

Los principales tipos de modulación empleados dentro de los sistemas de comunicaciones por satélite se describen en los siguientes subtemas.

### 1.10.1. Modulación PSK (Phase Shift Keying)

Se denomina modulación de fase, a aquella en que el parámetro de la señal senoidal de la portadora que se va a variar, es la fase. La amplitud de la portadora permanece constante (Fig. 1.29).

Este tipo de modulación, es la más usada para modular señales digitales mediante el uso de módems

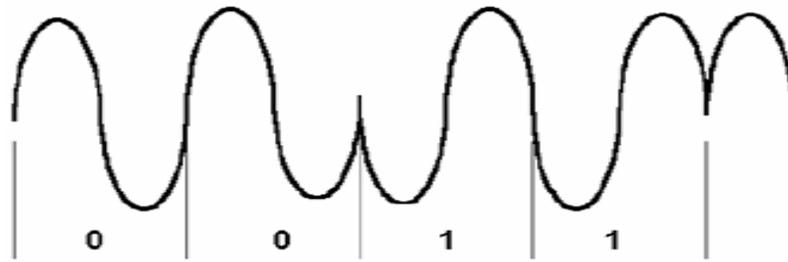


Figura 1.29: Modulación PSK

En el tipo de modulación PSK, la señal binaria que se transmitirá cambia el ángulo de fase de un carácter de onda sinusoidal, dependiendo si se va a transmitir un 0 binario o un 1 binario. Un desplazamiento de fase es una diferencia en tiempo entre dos ondas sinusoidales de la misma frecuencia.

La Figura 1.30 ilustra algunos ejemplos de desplazamiento de fase.

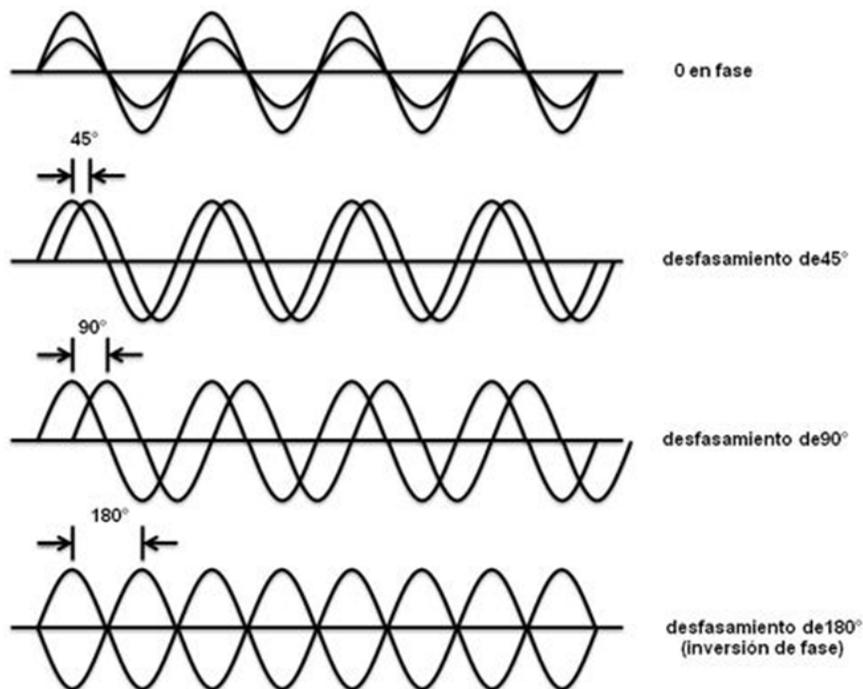


Figura 1.30: Ejemplos de desplazamiento de fase

## Modulación BPSK (Binary Phase Shift Keying)

Es la más sencilla de todas, puesto que solo emplea dos símbolos, con un bit de información cada uno. Son posibles dos fases de salida para una sola frecuencia de portadora, una fase es para “1” y la otra para “0” el cual se puede observar en el diagrama de constelación de la figura 1.31. Es también la que presenta mayor inmunidad al ruido, puesto que la diferencia entre símbolos es máxima ( $180^\circ$ ). Dichos símbolos suelen tener un valor de salto de fase de  $0^\circ$  para el 1 y  $180^\circ$  para el 0 (Fig. 1.32). En cambio, su velocidad de transmisión es la más baja de las modulaciones de fase debido a que cada símbolo solo aporta un bit de información. También se le conoce como 2-PSK o PRK (Phase Reversal Keying).[11] [12]

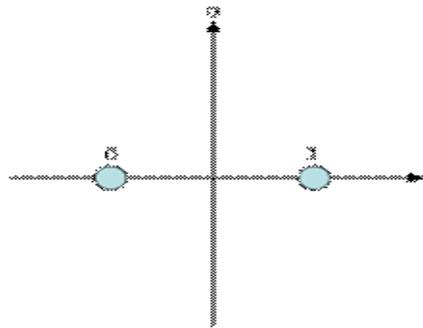


Figura 1.31: Diagrama de constelación para BPSK

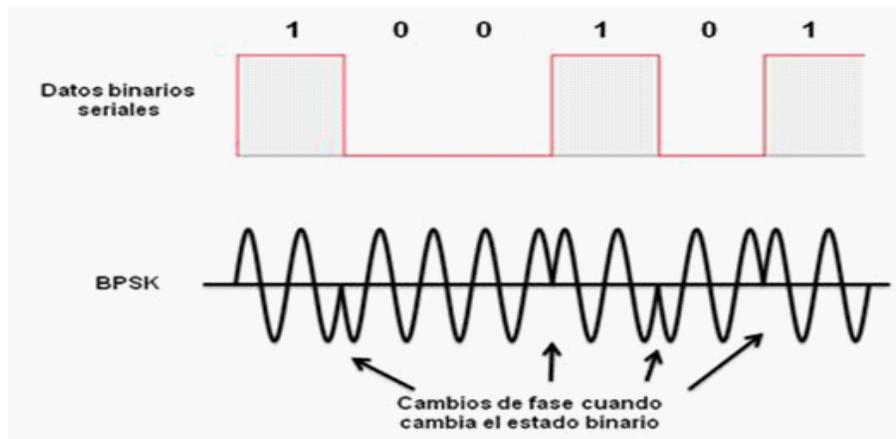


Figura 1.32: Desplazamiento de fase por llaveo binario

## Modulación QPSK (Quadrature Phase Shift Keying)

La modulación QPSK es igualmente conocida como 4-PSK. Describe el desplazamiento de fase de cuatro símbolos, desplazados entre sí  $90^\circ$ . Normalmente se usan como valores de salto de fase  $45^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $225^\circ$ , y  $315^\circ$ . Cada símbolo aporta dos bits. Suele dividirse el flujo de cada bit que forman los símbolos como I y Q (Fig. 1.33).

El diagrama de constelación muestra 4 símbolos equiespaciados (Fig. 1.34). La asignación de bits a cada símbolo suele hacerse mediante el código Gray, el cual consiste en que entre dos símbolos adyacentes éstos solo se diferencian en un bit. Esto se escoge así para minimizar la tasa de bits erróneos.

La probabilidad de bit erróneo para QPSK es la misma que para BPSK.[11] [12]

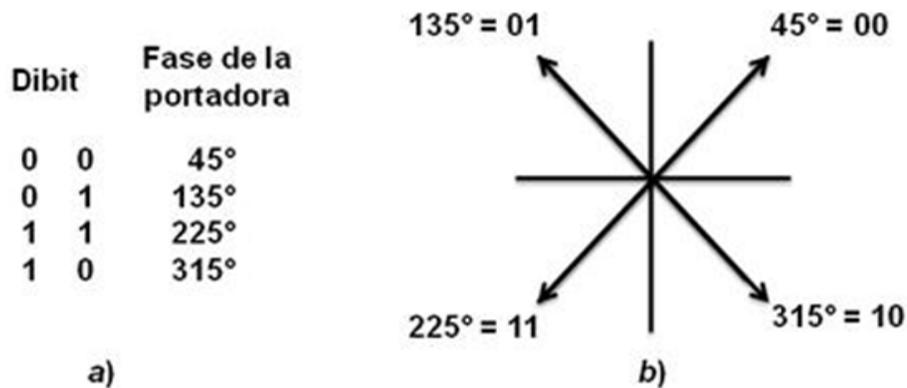


Figura 1.33: Modulación QPSK: a) ángulo de fase de la portadora para diferentes pares de bits b) representación fasorial de la onda sinusoidal portadora

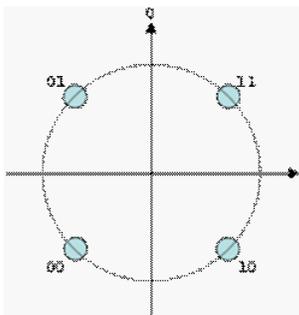


Figura 1.34: Diagrama de constelación para QPSK

## 1.11. Tipos y técnicas de multicanalización

El objetivo principal de la multicanalización es compartir la capacidad de transmisión de datos sobre un mismo enlace, esto para aumentar la eficiencia (sobre todo en líneas de distancias grandes) (Fig.1.35).

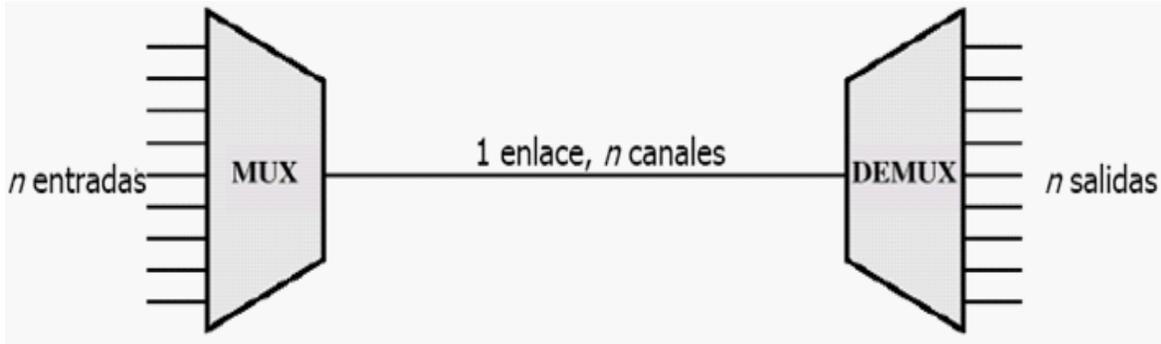


Figura 1.35: Multicanalización

- MUX.- Combina los datos de  $n$  líneas de entrada y los envía por un único enlace de salida.
- DEMUX.- Combina los datos de  $n$  líneas de entrada y los envía por un único enlace de salida.

El proceso inverso, que consiste en separar de la señal modulada, la onda que contiene solamente la información, se llama demodulación. La modificación debe hacerse de tal forma, que la información no se altere en ninguna parte del proceso.[5]

### 1.11.1. Multicanalización por división de frecuencia (FDM)

En este tipo de multicanalización se requiere que el ancho de banda del medio útil de transmisión sea mayor que el ancho de banda de la señal transmitida, por este medio se pueden transmitir simultáneamente varias señales modulando cada señal con una frecuencia portadora distinta, las portadoras tienen que estar suficientemente separadas para que los distintos anchos de banda no se solapen (Fig. 1.36). Cada señal modulada necesita cierto ancho de banda al cual se le denomina canal, para evitar interferencias los canales se separan por una banda de seguridad.[5]

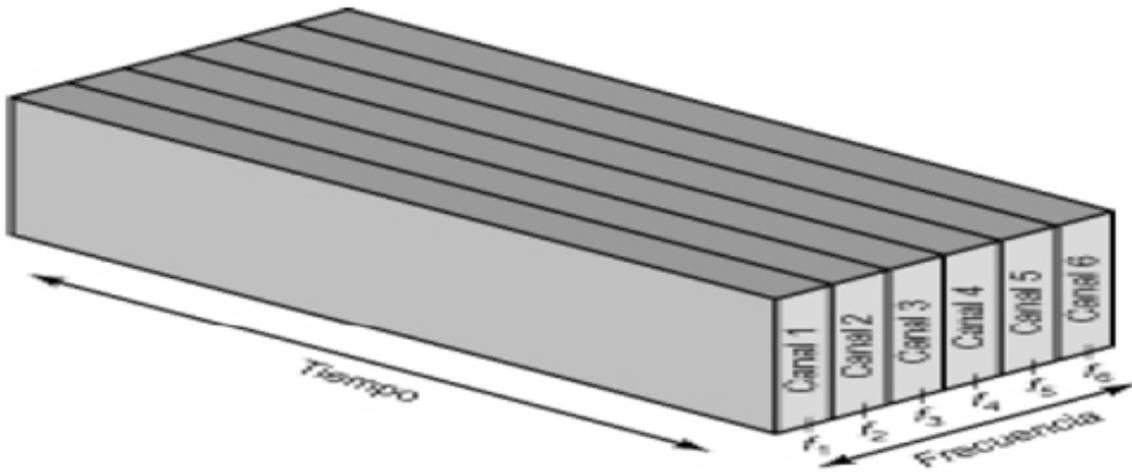


Figura 1.36: Ejemplificación de FDM

### 1.11.2. Multicanalización por división de tiempo (TDM)

Este tipo de multicanalización mezcla en el tiempo varias señales digitales (Fig. 1.37). La velocidad de transmisión por el medio excede la velocidad de las señales digitales a transmitir, el proceso de mezcla puede ser a nivel de bits o en bloques de octetos. Las ranuras temporales se preasignan y fijan a las distintas fuentes, estas se asignan, incluso, si no hay datos. Las ranuras temporales no se tienen que distribuir de manera igualitaria entre las fuentes[5]

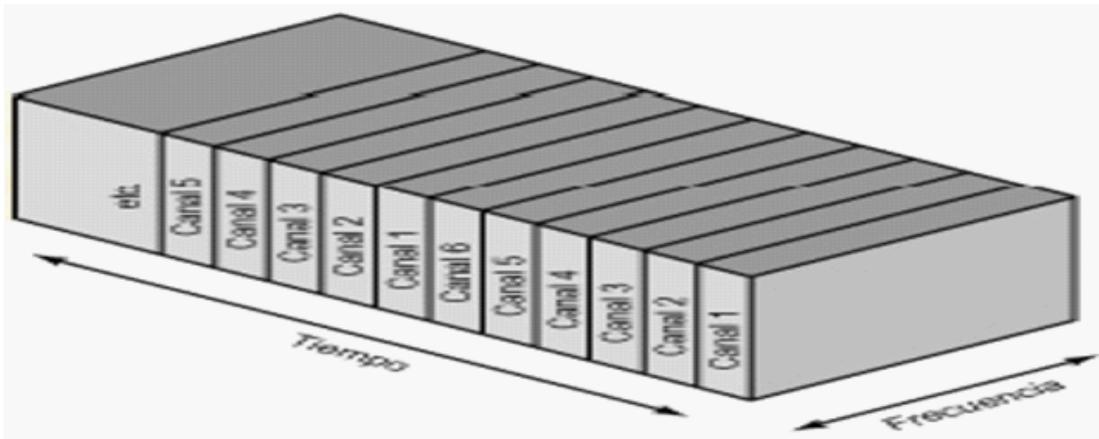


Figura 1.37: Ejemplificación de TDM

## 1.12. Difusión de video digital satelital 2 (Digital Video Broadcast Satellite-2, DVB-S2)

La transmisión digital vía satélite ha evolucionado considerablemente debido a la aparición de nuevos esquemas de modulación y de protección de errores más eficaces.

DVB-S2 recoge las técnicas más avanzadas de transmisión por satélite, mejorando la generación anterior (DVB-S). DVB-S2 se ha diseñado con una gran flexibilidad, de modo que cubre un amplio espectro de aplicaciones, entre las que destacan:

- Servicios de radiodifusión (broadcast).

Estos servicios se cubren actualmente mediante DVB-S con un esquema de modulación y codificación constantes. El estándar define así mismo servicios

BC-BS (Backwards Compatible Broadcast Services) que añaden interoperabilidad con los decodificadores DVB-S, es decir, permiten que los receptores DVB-S puedan decodificar parte de la señal DVB-S2 mediante el uso de modulaciones.

- Servicios Interactivos.

DVB-S2 se ha diseñado para utilizarse con los estándares de canal de retorno existentes, ACM (Adaptive Coding and Modulation).

DVB-S se desarrolló para aplicaciones de redifusión en las que la protección de errores es constante con el tiempo, es decir, el enlace se optimiza para el peor

caso, peor servicio, peor minuto, peor ubicación. Por el contrario, el modo adaptativo o ACM de DVB-S2, resulta adecuado para aplicaciones interactivas

o punto a punto, ya que permite que cada estación receptora controle la protección del tráfico dirigido a ella. En concreto, ACM permite la adaptación

del esquema FEC (la tasa de código) y la modulación trama a trama, de acuerdo con las condiciones de propagación del canal (lluvia, cielo claro, ubicación fuera del centro del haz, etc.) mediante el envío al enlace de subida de las condiciones del canal de cada estación receptora por medio de un canal de retorno, de modo que cada usuario pueda operar con relación al cociente de potencia C/N (C del inglés carrier o portadora y N del inglés noise o ruido ) muy bajas y maximizando la velocidad, lo cual se traduce en ahorros económicos. (Fig. 1.38)

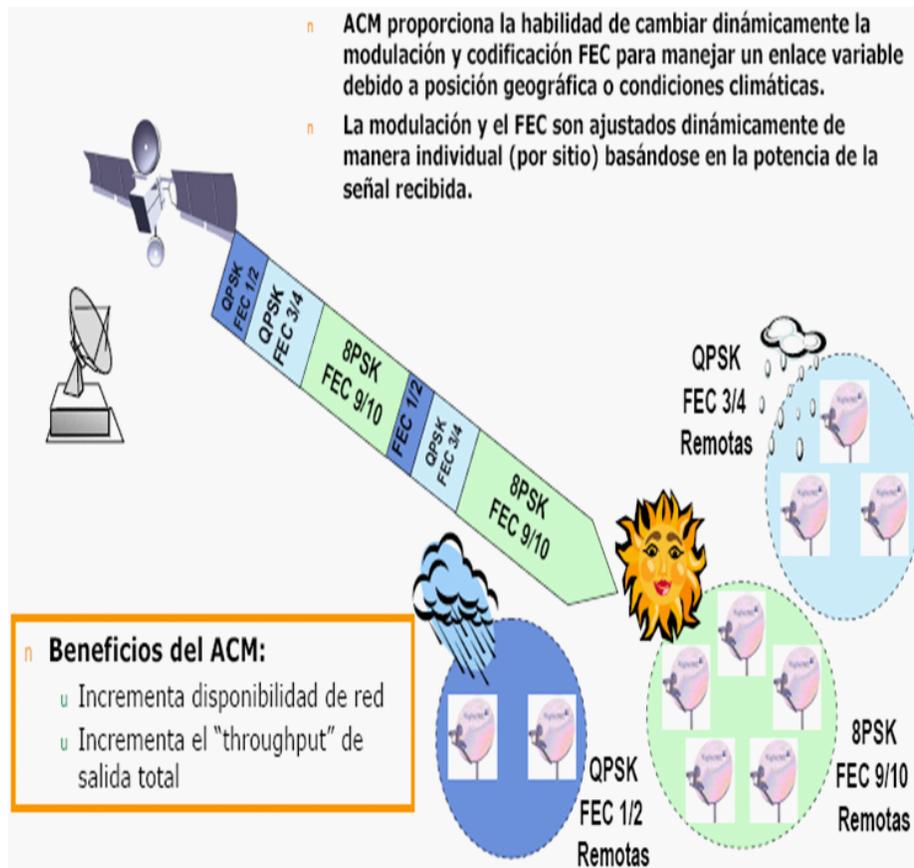


Figura 1.38: Esquema ACM y FEC

- Servicios de recolección digital de noticias (Digital Satellite News Gathering- DSNG) que permiten comunicaciones punto a punto o punto a multipunto de uno o múltiples torrents de transporte MPEG.

Desde el punto de vista técnico cabe destacar que DVB-S2 proporciona:

- Una eficiencia en términos de capacidad de canal, un 30 % superior con respecto al DVB-S para un mismo PIRE y ancho de banda.
- Soporte de cuatro modos de modulación distintos: QPSK y 8PSK para aplicaciones de difusión a través de transpondedores no lineales llevados cerca de la saturación; y los modos 16APSK y 32APSK que requieren transpondedores semi-lineales,
- Corrección de error adelantada (Forward Error Correction, FEC). El sistema FEC es el que permite la recuperación de un flujo de bits virtualmente libre de errores incluso en presencia de señales débiles o interferidas. DVB-S2 usa un potente sistema FEC basado en la concatenación de una codificación externa BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem) con una interna de verificación de paridad de densidad

baja, LDPC (Low Density Parity Check) en lugar de la concatenación tradicional de Reed-Solomon y Viterbi usados en DVB-S. Esta protección consiste en añadir un conjunto de octetos a cada paquete al tiempo que se reestructura el orden de cada octeto en la trama. Al resultado se le añade un código convolucional al cual por cada N bit de información se le añade uno más como protección contra errores, a este código de protección se le denomina FEC.

Ejemplo: un código de 7/8 significa que por cada 8 bits enviados uno es de protección.[14]

### 1.13. Atenuación

La atenuación es una característica intrínseca del canal, que se manifiesta con la pérdida de energía de la señal cuando se propaga por el mismo. Las ondas electromagnéticas se atenúan exponencialmente a medida que progresan sobre un medio de transmisión (es por esto que la distancia es un factor muy importante al hablar de atenuación), alejándose del emisor. Por lo tanto cabe mencionar que es imprescindible verificar la atenuación para que nuestra línea de transmisión no se vea afectada la cual tiene como unidad de medición el decibel. (Fig. 1.39)[7]

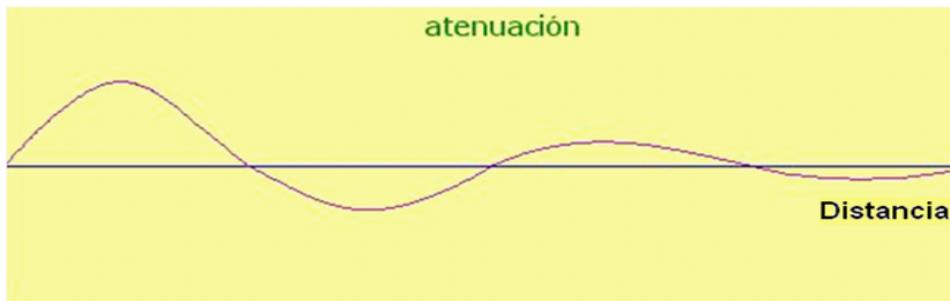


Figura 1.39: Atenuación de una señal

## Capítulo 2

# ENSAMBLE Y CONFIGURACIÓN DE UNA TERMINAL VSAT

### 2.1. Introducción

Este capítulo explica de una forma detallada y gráfica cuales son los componentes de una VSAT así como su armado y la configuración que requiere para que esta antena tipo desplazada (offset) pueda realizar un enlace satelital por medio del cual se obtiene servicio de Internet en cualquier parte de la república mexicana.

#### 2.1.1. Componentes de la VSAT

A continuación se describen los componentes de una terminal satelital HN7000S de 74cm. (Fig.2.1)



a)



b)

Figura 2.1: a) Terminal satelital HN7000S b) Reflector Hughes 74cm

Se pueden observar los componentes empacados consistentes de:

1. Base de la antena
2. Antena, contenedor y soporte del equipo de RF
3. Unidad de RF (ODU)
4. Modem HN7000S (IDU)

### **Antena de 74 cm**

- Reflector o plato.- Es el mejor candidato en los sistemas de antenas para satélites debido a su peso ligero y a su estructura simple, debe ser del tipo desplazado para evitar el bloqueo producido por el alimentador, el tamaño varía de acuerdo al tipo de servicio a brindar. (Fig. 2.1)
- Contenedor (Fig. 3.13).- Esta parte metálica del kit de la VSAT se encarga de contener al reflector y fijarse en la base de montaje universal.
- Base de montaje universal (Fig. 3.9).- Es la encargada de soportar el peso de la VSAT.

### **Unidad Interna (IDU) o modem satelital HN7000S**

El HN7000S es una terminal remota que conectada a una antena alineada apropiadamente a un satélite puede proveer conectividad para el acceso a Internet o intranet para uno o múltiples equipos host en una red de área local (LAN).

Externamente el modem incluye dos interfaces con conector F para la conexión al ODU, un puerto Ethernet hembra y una entrada para la fuente de alimentación del propio modem. (Fig. 2.2).



Figura 2.2: Modem HN7000S

La alimentación de corriente directa y los tonos de señalización necesarios para habilitar los componentes electrónicos del ODU son proporcionados por el mismo modem. Las funciones internas del modem son las de modular y demodular, además de diversas funciones de procesamiento del sistema. (Fig. 2.3 y 2.4)

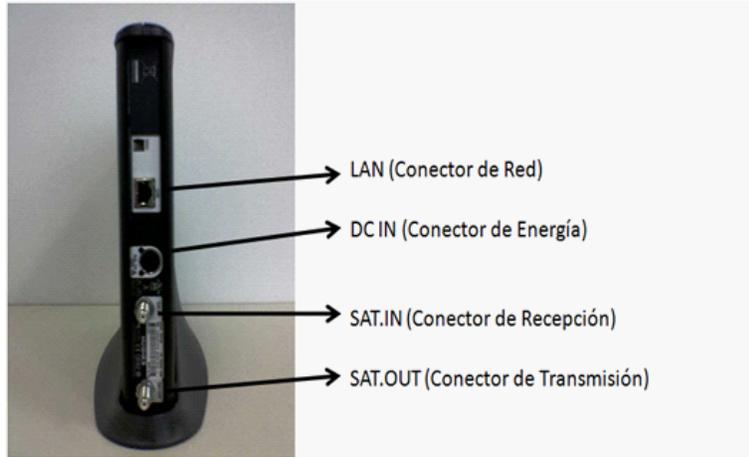


Figura 2.3: Parte trasera del modem HN7000S

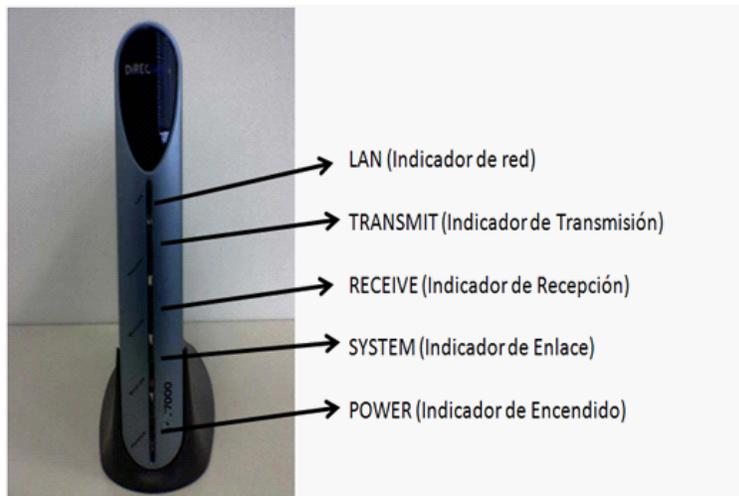


Figura 2.4: Parte delantera del modem HN7000S

### Unidad Externa (ODU)

- Alimentador (OMT) o FEED (Fig. 2.5)
- Radio transmisor y receptor, puede ser de 1 o 2 Watt (Fig. 2.6),
- Bloque de bajo ruido o LNB (Low Noise Block) (Fig. 2.7),
- Radio de Transmisión o BUC (Block UP Converter) (Fig. 2.8).



Figura 2.5: Alimentador o Feed



Figura 2.6: Radio transmisor y receptor



Figura 2.7: LNB (Low Noise Block)

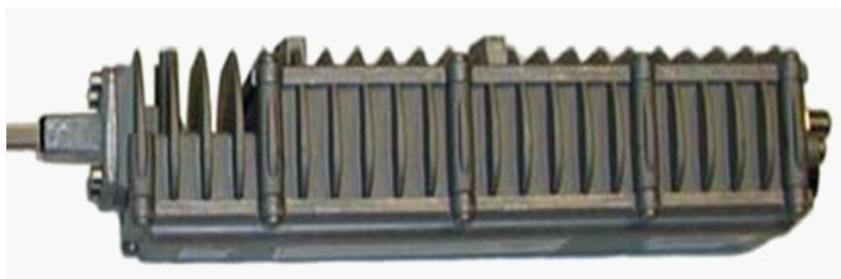


Figura 2.8: BUC (Block UP Converter)

## 2.2. Instalación y armado de una VSAT

### 2.2.1. Base de la antena

- El lugar donde se instala la base y por consiguiente la VSAT, debe garantizar que exista línea de vista al satélite, además de soportar el peso del sistema exterior completo (base de la antena, antena y equipo de RF), así como también se tiene que evitar zonas de tránsito de gente.
- La superficie de instalación puede ser a nivel de piso, techo o pared, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones iniciales.
- La fijación de la base es, utilizando taquetes de expansión tipo ancla de  $\frac{1}{2}$ " y tornillo de  $\frac{3}{8}$ " x 3" de longitud.
- La base de antena deberá quedar perfectamente nivelada, a fin facilitar el apuntamiento. (Fig. 2.9)

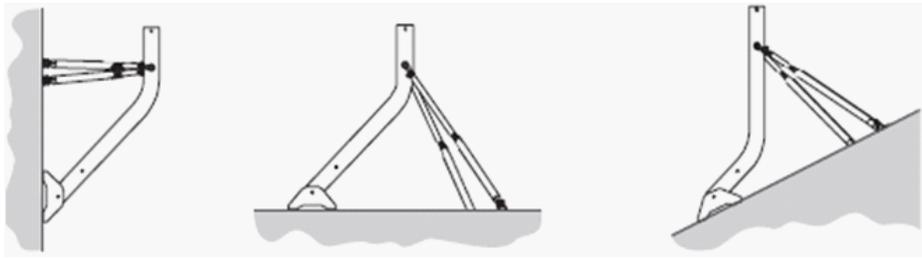


Figura 2.9: Armado e instalado de la base

### 2.2.2. Verificación con el nivel

Para encontrar la vertical del mástil de la antena se recomienda utilizar un nivel de burbuja o un inclinómetro para realizar los ajustes necesarios, a fin de dejar perfectamente nivelada la base de la antena y facilitar su apuntamiento con mediciones adecuadas. A continuación se muestran los ejemplos para antenas de 74cm. (Figuras 2.10 a 2.11)

Para establecer el nivel vertical, es necesario colocar el nivel en tres diferentes posiciones del mástil.



Figura 2.10: Nivelación vertical



Figura 2.11: Nivelación horizontal

El nivel horizontal se establece colocando el nivel en la punta del mástil. Verificar que el corte del mástil sea parejo.(Fig. 2.12)

El nivel se utiliza para verificar el nivel horizontal; el contenedor no permite ajustes.



Figura 2.12: Nivelación del contenedor

### 2.2.3. Armado de la VSAT

Ensamble y montaje del contenedor y brazo con radio en el

#### Ensamble y montaje del contenedor y brazo con radio en el reflector o plato

- Inicialmente se debe ensamblar el contenedor, confirmando que exista movimiento entre las partes fija y móvil. (Fig. 2.13)

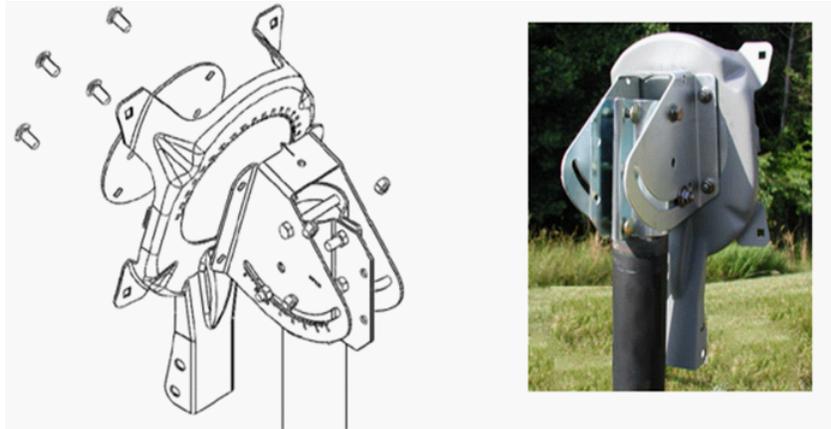


Figura 2.13: Ensamblado del contenedor

- Una vez ensamblado el contenedor se monta en el reflecto o plato por medio de los tornillos que indican las flechas. (Fig. 2.14)



Figura 2.14: Montaje del contenedor en reflector

- Se ensamblan las piezas al brazo. (Fig. 3.15)



Figura 2.15: Ensamblado del brazo

- Se fija el brazo al plato con dos tornillos por el lado de abajo y un tornillo por el frente; es importante que queden apretados ya que cualquier juego que pueda tener la VSAT puede verse reflejado en el apuntamiento de la misma. (Fig. 2.16).



Figura 2.16: Montaje del brazo sobre el plato

- Fijar el radio al soporte. (Fig. 2.17)

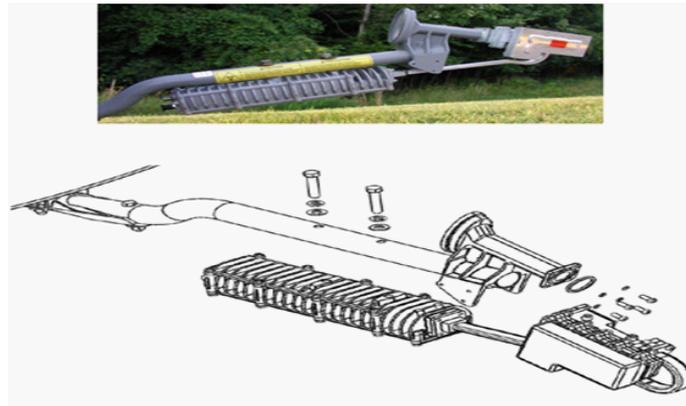


Figura 2.17: Ensamble radio-soporte

#### 2.2.4. Terminal VSAT ensamblada e instalada

- Montar el plato a la base previamente nivelada. (Fig. 2.18)



Figura 2.18: Montaje del plato sobre la base

Colocar la herramienta de apuntamiento para que este sea más preciso y facilite la orientación. (Fig. 2.19)



Figura 2.19: Herramienta de apuntamiento

## 2.3. Configuración, apuntamiento y activación de la VSAT

Una vez que ya se tiene completamente instalada la VSAT se inicia el proceso de configuración y apuntamiento. Para ello se necesita el modem HN7000S, una computadora, un par de cables coaxiales RG6 de 3 metros con sus respectivos conectores en cada extremo, un cable de red y corriente eléctrica.

### 2.3.1. Configuración de la PC

Antes de iniciar la configuración del equipo HN7000S, se deberá configurar la PC con los siguientes parámetros de red:

Dirección IP	Obtener de manera automática (DHCP)
Máscara de subred	Obtener de manera automática (DHCP)
Puerta de enlace predeterminada	Obtener de manera automática (DHCP)

Cuadro 2.1: Propiedades de protocolo de internet

Ejemplo de configuración

Seleccionar “Mis sitios de red” (Fig. 2.20).



Figura 2.20: Pantalla inicial “Mis sitios de red”

A continuación seleccionar “Ver conexiones de red”. (Fig. 2.21)

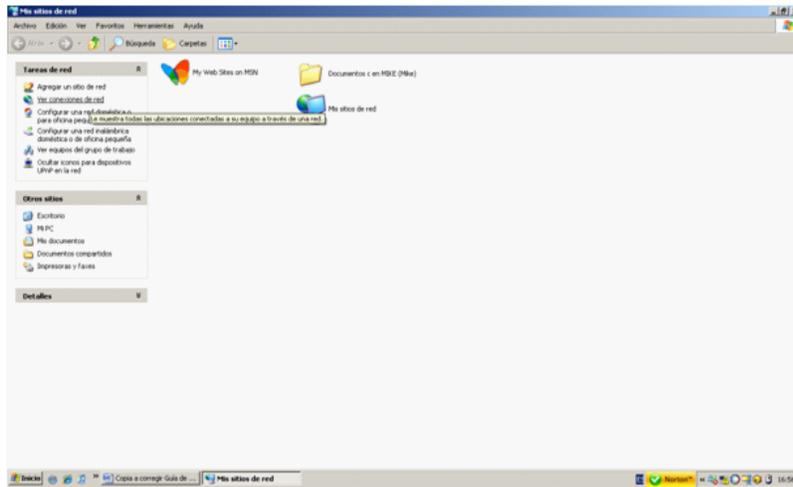


Figura 2.21: Seleccionar “Conexiones de red”

Al aparecer conexiones de red, dar click en “Conexiones de área local” y seleccionar “Propiedades”. (Fig.2.22)

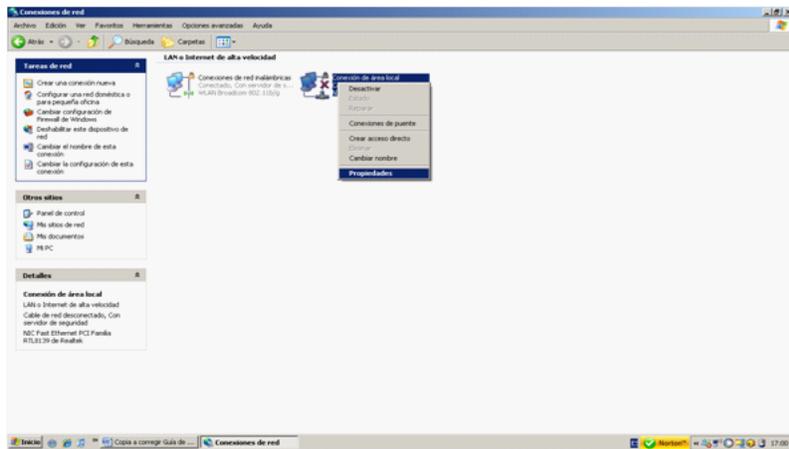


Figura 2.22: Conexiones de área local

Aparece en la pantalla (Fig. 2.23)

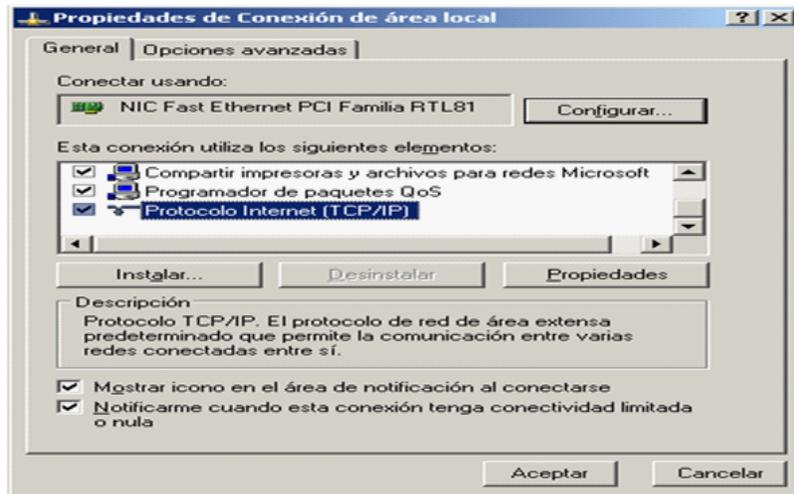


Figura 2.23: Propiedades de conexiones

Ingresar a “Protocolo Internet (TCP/IP)” y en la siguiente imagen ya se puede configurar la IP y el DNS automáticamente. (Fig. 2.24).

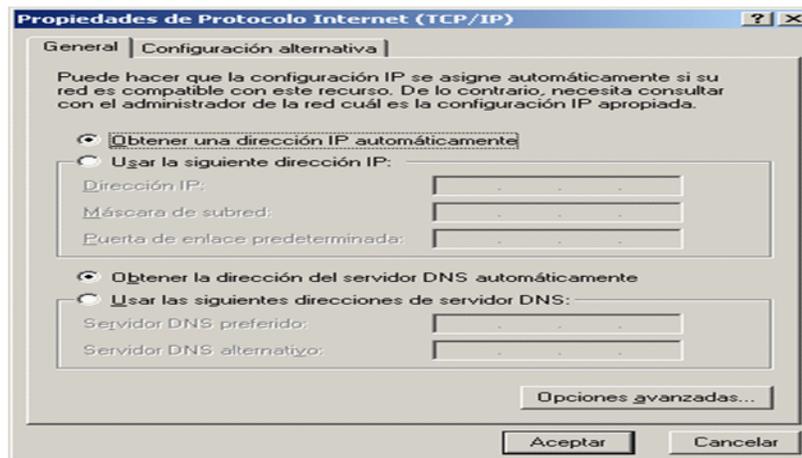


Figura 2.24: Protocolo TCP/IP

Una vez configurada la PC se conecta un cable UTP con conectores RJ45 a la tarjeta de red de la PC y al modem HNS7000S, pudiendo así de esta manera enlazar los dos dispositivos, para así comenzar la configuración y apuntamiento de la terminal.

## 2.3.2. Acceso al sistema de autocomisionamiento

### Configuración del modem HN7000S

Ya con la dirección de red configurada en la PC, se abre un navegador de Internet y se introduce la dirección:

http://192.168.0.1/fs/advanced/advanced.html

Aparece la ventana “HN7000S System Control Center” como se muestra en la Figura. 2.25.

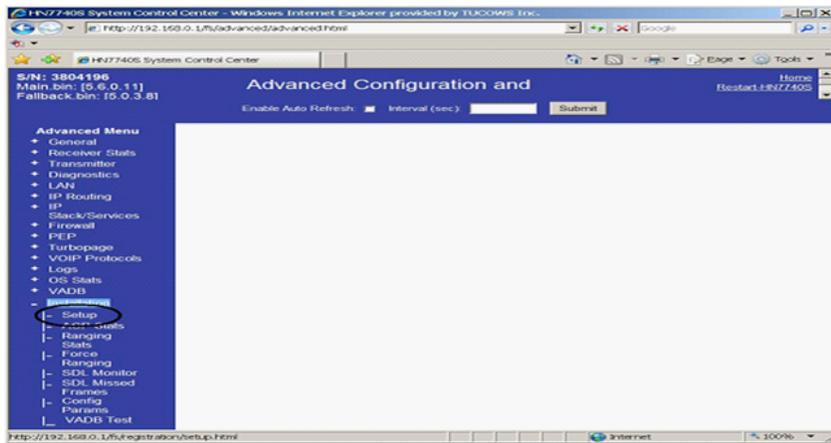


Figura 2.25: Centro de control del sistema

En la sección izquierda de la ventana, con fondo azul, en la parte final de la lista de opciones se encuentra “Setup”, la cual debe ser seleccionada.

En la pantalla de Setup, seleccionar la opción “Registration – Installer” (Fig. 3.26).

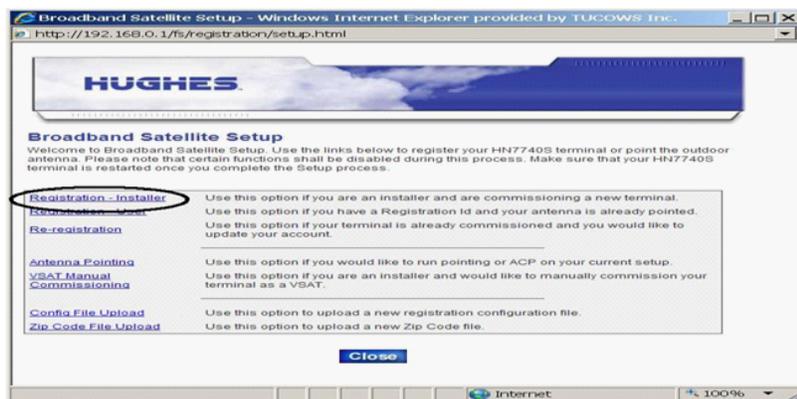


Figura 2.26: Pantalla de registro

La siguiente ventana que aparece es “Antenna Location”, en la que se debe marcar el cuadro “Enter location manually”, con lo que se podrán indicar los datos de la localidad

donde se esté instalando la terminal satelital. Dar clic en el botón “Next”. (Fig. 2.27) Dentro



Figura 2.27: Ubicación de la antena

de la ventana “Manual Entry of Antenna Location” se debe capturar las coordenadas geográficas del sitio donde se instala la terminal satelital, obtenidas del GPS (Global Positioning System: sistema de posicionamiento global). (Fig. 3.28)

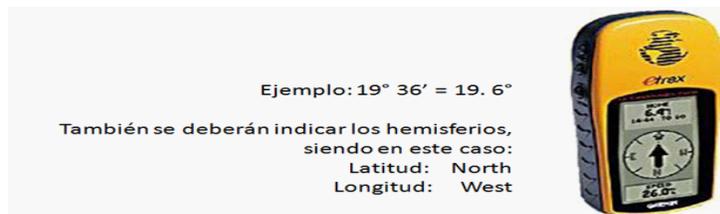


Figura 2.28: Dispositivo GPS

Es importante considerar que el ángulo se debe expresar con decimales, para lo que cual será necesario realizar la conversión de minutos a decimales, añadirlas en la pantalla y seleccionar “Next”. (Fig. 3.29).

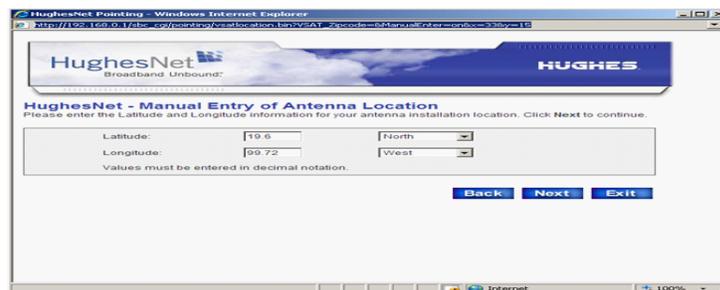


Figura 2.29: Captura manual de la ubicación de la antena

En la Tabla 2.2 se muestran las conversiones entre minutos y decimales.

<b>Decimales 1</b>	<b>Minutos 1</b>	<b>Decimales 2</b>	<b>Minutos 2</b>	<b>Decimales 3</b>	<b>Minutos 3</b>
.01	1	.33	20	.67	40
.02	1	.34	20	.68	41
.03	2	.35	21	.69	41
.04	2	.36	22	.70	42
.05	3	.38	23	.72	43
.06	4	.39	23	.73	44
.07	4	.40	24	.74	44
.08	5	.42	25	.75	45
.09	5	.43	26	.76	46
.10	6	.44	26	.77	46
.11	7	.45	27	.78	47
.12	7	.46	28	.79	47
.13	8	.47	28	.80	48
.14	8	.48	29	.81	49
.15	9	.50	30	.82	49
.16	10	.51	31	.83	50
.17	10	.52	31	.85	51
.18	11	.53	32	.86	52
.19	11	.54	32	.87	52
.20	12	.55	33	.88	53
.21	13	.56	34	.89	53
.22	13	.57	34	.90	54
.23	14	.58	35	.91	55
.26	16	.59	35	.94	55
.27	16	.60	36	.95	56
.29	17	.62	37	.96	58
.30	18	.64	38	.97	58
.31	19	.65	39	.98	59
.32	19	.66	40	.99	59

Cuadro 2.2: Conversión de minutos a decimales

A continuación aparecerá la pantalla de la Fig. 2.30

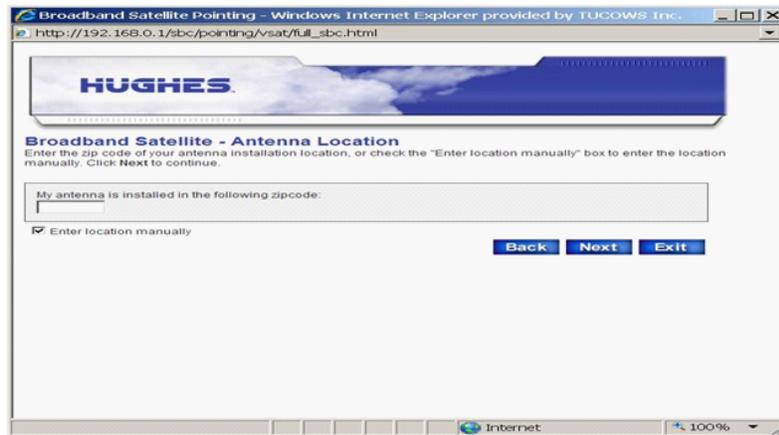


Figura 2.30: Parámetros de localización

Se selecciona Enter satellite parameters manually; dar click en "Next".

En esta sección se configurarán los datos del satélite y de la portadora así como el tipo de modulación y frecuencia que se ocuparán para obtener contacto con el NOC (Network Operation Center). Inicialmente, aparecerá la ventana de la Figura 2.31:

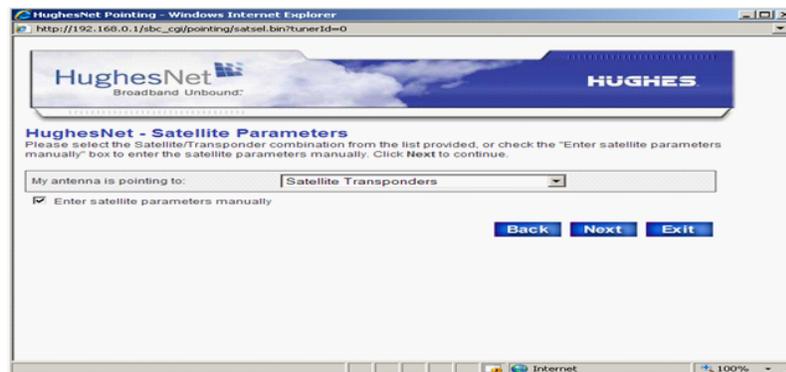


Figura 2.31: Parámetros del satélite

Al dar clic en el botón “Enter satellite parameters manually” y seleccionar Next se obtendrá el panel de configuración manual. (Fig. 2.32)

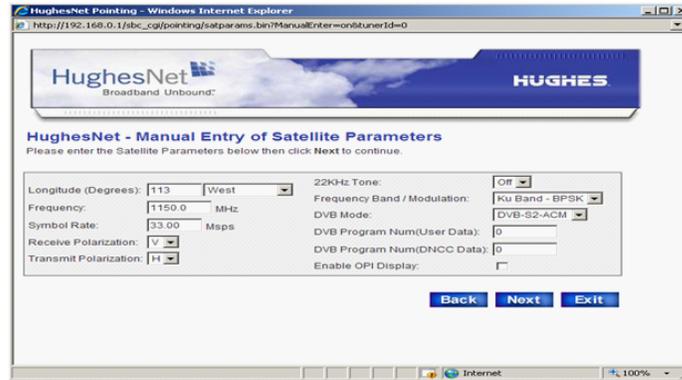


Figura 2.32: Introducción manual de parámetros

Esta sección es una de las más importantes de la puesta en servicio (comisionamiento) ya que aquí se introducirán los datos del satélite tales como la frecuencia, la tasa de símbolos, la polarización, la banda de frecuencia en la que se trabaja, así como la modulación que se ocup, el modo DVB entre otros. En este ejemplo de comisionamiento, los datos que se están ocupando son los del satélite mexicano SATMEX 6 el cual hará la triangulación para poder contactar con el NOC y así por medio de estos tener servicio de Internet. Dar click en el botón “Next”.

La siguiente ventana solicita la capacidad del transmisor instalado. En caso de tener la certeza sobre este valor, se selecciona directamente sobre las opciones disponibles (1 y 2 Watt).

(Fig. 2.33)



Figura 2.33: Parámetros del radio transmisor

Ya con la configuración del equipo, se procede a orientar la antena conforme a los ángulos

de acimut, elevación y polarización mostrados en la ventana “Receive Antenna Pointing“.  
(Fig. 2.34)

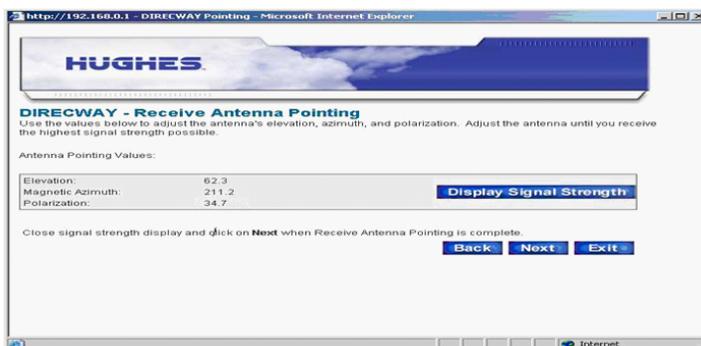


Figura 2.34: Apuntamiento de la antena receptora

Para el ajuste inicial de la antena, es importante verificar lo siguiente:

- La escala de elevación en antenas de 74 cm es directa, debiendo previamente poner a nivel la base
- El ángulo de polarización para la operación será positivo (+) para antenas de 74 cm asignada al SATMEX 6.

Estas recomendaciones se aplican de la siguiente forma (Fig. 2.35, Fig. 3.36)



Figura 2.35: Movimiento del acimut



Figura 2.36: Movimiento de Elevación

En este punto es donde se realizara el ajuste del equipo tratando de realizar el mejor apuntamiento posible. Una vez que se alcanza el máximo nivel de recepción, se dará click en el botón “Close” del recuadro “Signal Quality”, apretar los tornillos de ajuste y dar click en el botón “Next” de la ventana “Receive Antenna Pointing” (Fig. 2.37).

Es importante considerar el signo del ángulo de polarización, ya que de lo contrario no se podrá sincronizar el equipo, debiendo de tener en cuenta que las antenas de 74cm. será siempre positivo. Al dar click en el botón “Display Signal Strength”, aparecerá el recuadro “Signal Quality” que indica el nivel de la señal recibida. Con los movimientos de acimut, elevación y polarización se deberá el máximo nivel de intensidad de señal posible. Es importante mencionar que el nivel mínimo de operación aceptable es de 60 unidades en el display del “signal strength”.

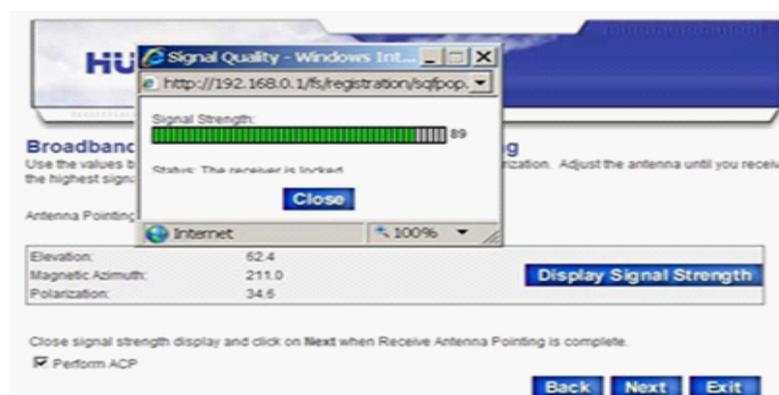


Figura 2.37: Ángulo de polarización

Con esto se concluye la etapa de configuración y apuntamiento de recepción de la antena, por lo que el siguiente paso es el ajuste de polarización para la transmisión.

Una vez que aparece la ventana “Transmit Antenna Pointing (Auto Cross Pol)” (Fig. 2.38) se deberán aflojar ligeramente los tornillos que fijan la antena (para el caso de 74 cm.) para permitir el giro durante el ajuste (Ver los movimientos indicados en la figura 3.41).

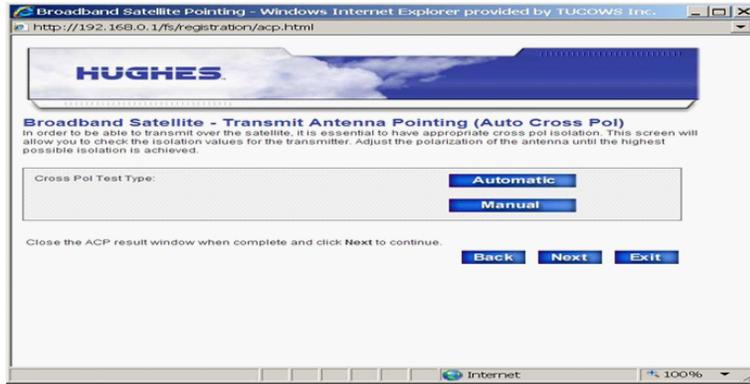


Figura 2.38: Autopolarización de la antena

Dar click en “Manual”. Aparece un aviso de que la prueba será con portadora activa, por lo que la antena estará transmitiendo RF, se debe tener cuidado de no pasar por enfrente de la misma (Fig.2.39).

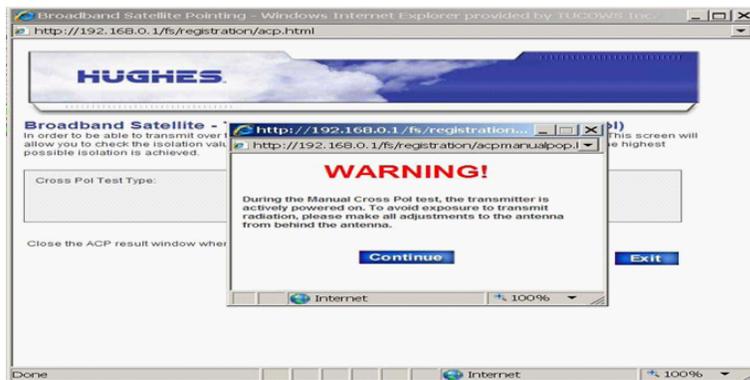


Figura 2.39: Precaución por radiación de radio frecuencia

Dar clic en “Continue”. Aparece el recuadro de “Cross Pol Test” (Fig. 2.40)

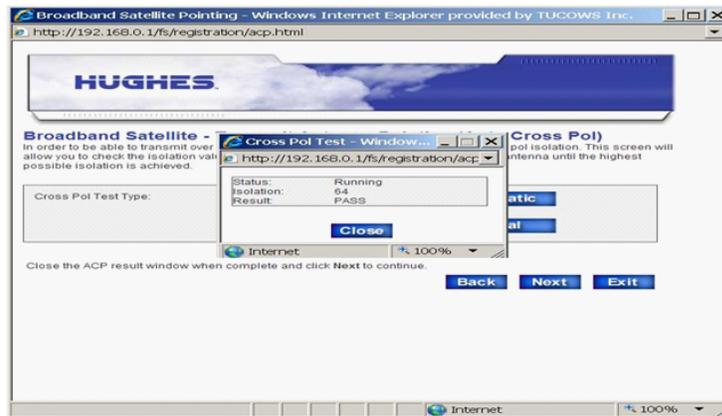


Figura 2.40: Prueba de polarización cruzada

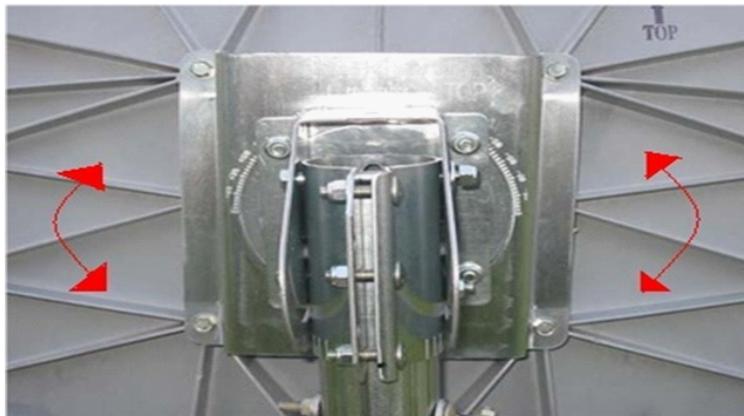


Figura 2.41: Movimiento de Polarización para la antena de 74 cm

Una vez que el sistema está evaluando el aislamiento, es posible realizar los ajustes en el ángulo de polarización y el resultado se observa en el campo "Isolation". Cuando el valor en el campo "Result" es consistentemente "PASS" y se tiene un valor máximo, se puede detener la prueba dando click en el botón "CLOSE" (Fig. 2.40), y apretar los tornillos previamente aflojados para asegurar que no se moverá la antena/ODU.

Ya con los tornillos apretados, se dará click en la opción "AUTOMATIC" con lo que la estación se comunica con el NOC para confirmar el nivel de aislamiento.

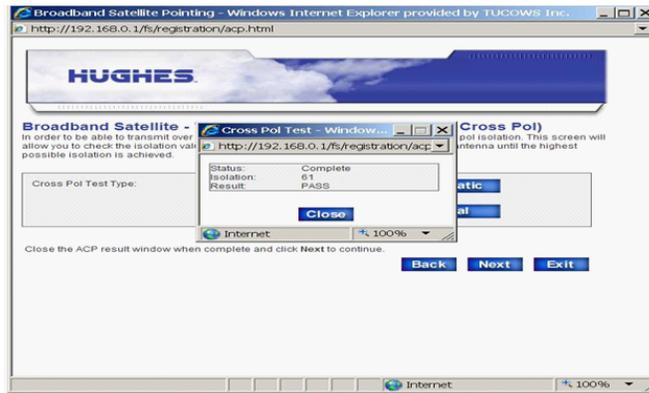


Figura 2.42: Prueba satisfactoria de polarización cruzada

Si el NOC valida que el nivel de aislamiento es adecuado, lo confirmará con el resultado “Status: Complete” y “Result: PASS” (Fig. 2.42).

En caso de que nos muestre “Result: FAIL”, es necesario volver a realizar el ajuste en modo manual y repetir el modo automático hasta conseguir el resultado de “PASS” y dar click en el botón “Close”. Ocasionalmente, en caso de que la antena no pase en varios intentos, es necesario verificar el ajuste de acimut y de elevación.

Es importante mencionar que el sistema genera automáticamente un ticket con el que se asigna el turno para acceso al sistema de automático de ajuste de polarización. En caso de que la prueba en modo automático no pase, en el siguiente intento se asigna un turno al final de la lista de espera.

En cuanto se tiene la confirmación del NOC que se pasó satisfactoriamente la prueba de aislamiento, dar click en el botón “Next” para continuar con el proceso de autocomisionamiento.

La ventana correspondiente a este paso se muestra en la Fig. 2.43

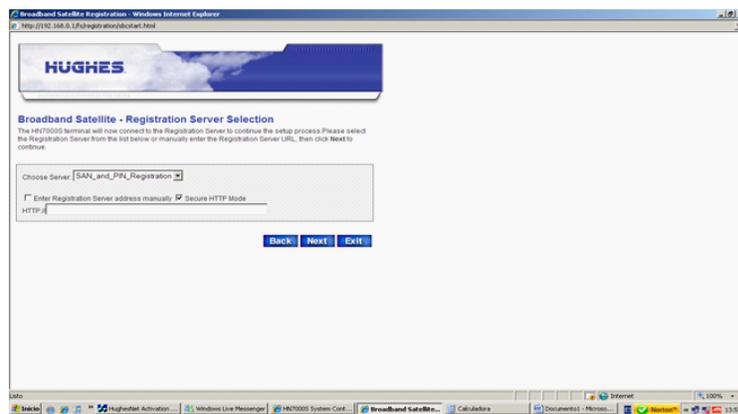


Figura 2.43: Selección del servidor para el comisionamiento

Los campos para las opciones “Enter Registration Server address manually” y para “Secure HTTP Mode” deberán quedar en blanco.

Al finalizar la configuración de parámetros en esta ventana, se da clic en el botón “Next”, con lo que el equipo HN se enlaza con el servidor de registro para continuar con el proceso de configuración.

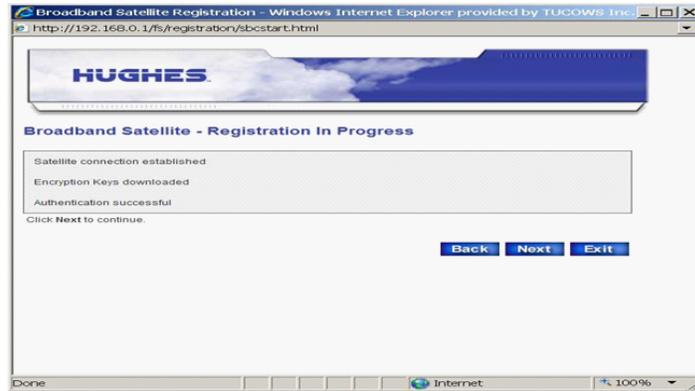


Figura 2.44: Registro del comisionamiento en proceso

Al concluir esta etapa, aparece al final de la ventana el mensaje “Authentication successful”; dar clic en el botón “Next” (Fig. 2.44)

La siguiente ventana indica que el tipo de conexión a la que se redirecciona el equipo usa “secure http” para la encriptación de todos los datos, por lo que se debe aceptar (Fig.2.45).

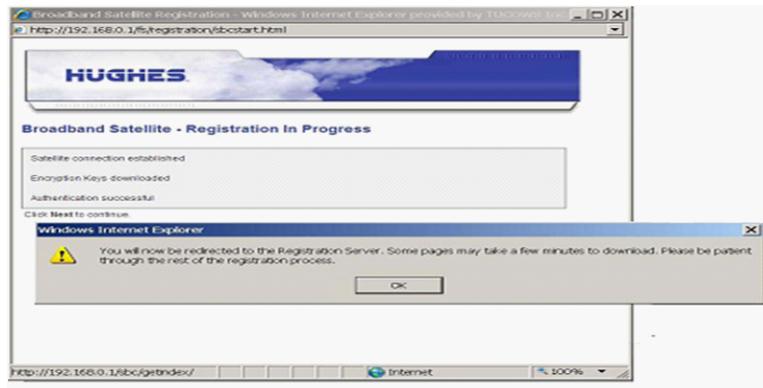


Figura 2.45: Proceso de encriptación

Una vez validada la información hasta el momento, el servidor debe enviar la ventana de registro (Fig. 2.46)

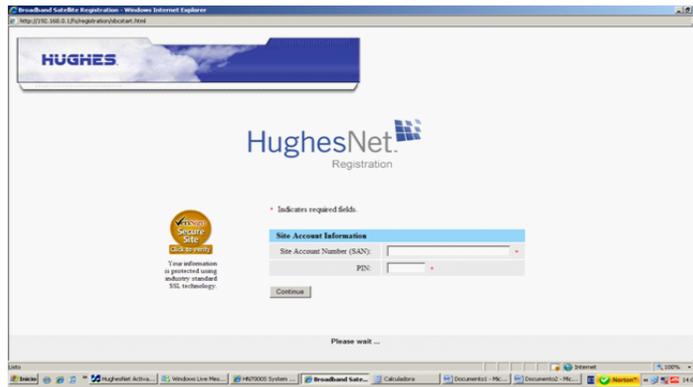


Figura 2.46: Registro para la puesta en servicio

En este campo se debe ingresar el “SAN” y el “PIN” (números identificadores) asignados por el proveedor de servicio para el sitio de la instalación, debiendo además comprobar que el número de serie corresponda al del equipo instalado.

Es importante considerar que el SAN es único en toda la red y no puede duplicarse o asignarse a un sitio que no corresponda. En caso de ingresar un SAN incorrecto, al momento de dar clic en el botón “Continúe” el sistema envía los datos y generará una alerta, ya que el SAN utilizado corresponde a otro ya instalado en la red. Lo conveniente es reportar esto al proveedor de servicio ya que puede causar problemas tanto en la terminal a instalar como a la que le corresponda el SAN.

También es importante considerar que los campos “SAN y PIN” son sensibles a mayúsculas, espacios y cualquier otro carácter asignado.

Es común que el servicio salga a nombre del particular que haya adquirido el servicio (Fig. 2.47).



Figura 2.47: Proceso de asignación del servicio

Una vez que se tenga la certeza de haber tecleado el identificador correcto y que aparezca la pantalla de bienvenida se dará clic en el botón “Continúe” y el sistema, previa validación de la información, envía la confirmación del registro, incluyendo los datos de la dirección IP asignada al equipo HN7000S (Fig. 2.48).



Figura 2.48: Aceptación del registro de puesta en servicio.

Una vez que se toma nota de esta información, se da clic en el botón “Continue” para que el equipo HN7000S descargue el resto de los parámetros de configuración. Durante este proceso aparecerán mensajes de la secuencia que se lleva a cabo.

Al terminar la descarga de toda la información necesaria el sistema solicita reiniciar el HN7000S, lo cual se hace dando clic en el botón “Restart”, sin ser necesario desenergizar el equipo (Fig. 2.49). La siguiente ventana que aparece indica que el equipo se está reiniciando y se debe dar clic en el botón “Close” (Fig. 2.50), concluyendo con esto la configuración y puesta en servicio (comisionamiento) de la estación.

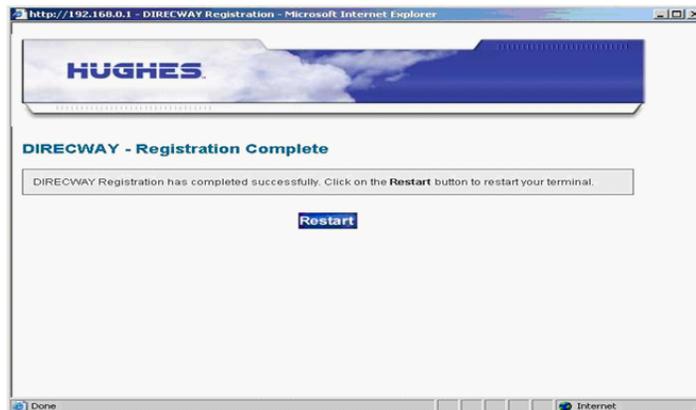


Figura 2.49: Terminación del registro

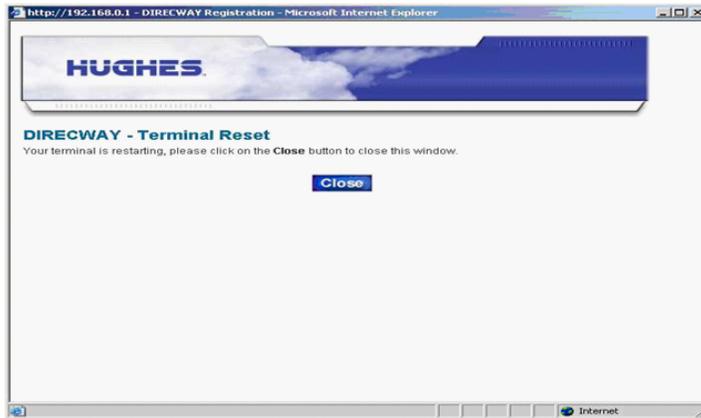


Figura 2.50: Reinicio de la estación

Una vez que concluyeron la configuración y las pruebas de la estación, se debe confirmar que la terminal opere adecuadamente, para lo cual se debe acceder, desde una ventana del explorador de Internet, la siguiente dirección (Fig. 2.51):

<http://192.168.0.1>

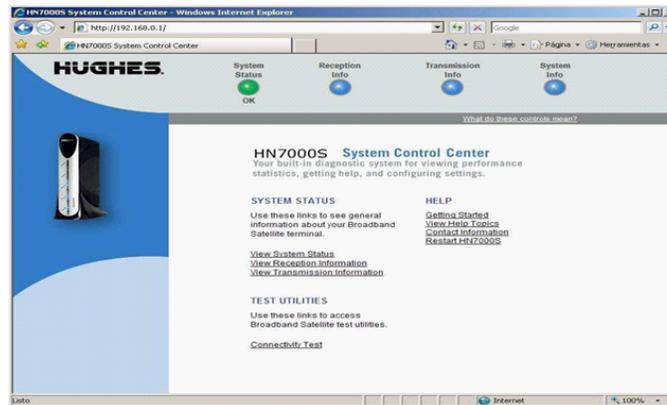


Figura 2.51: Confirmación de la operación de la terminal

Seleccionar el botón "System Status" (Fig. 2.52)

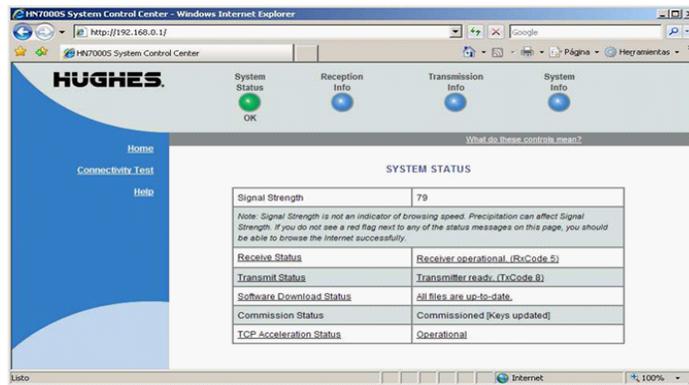


Figura 2.52: Estado del sistema

Usualmente se tiene un código de colores el cual indica el estado del equipo. El color verde indica que el enlace fue satisfactorio y que se accede sin ningún tipo de problema a Internet.

Adicionalmente, se deberá confirmar que se tiene dicho acceso a Internet para lo que se procede a la prueba en:

<http://www.yahoo.com.mx>

O en cualquier página de Internet que se desee.

Una vez terminado el proceso anterior sólo resta cablear la terminal. Ya definida la trayectoria que seguirán los cables coaxiales desde la antena hasta el equipo interior, se extiende y fijan por medio de grapas. Los conectores tipo “F” deben estar perfectamente fijos para evitar falsos contactos, además de utilizar termofit, y cinta vulcanizada para los conectores exteriores con el objetivo de evitar que entre humedad a los mismos. Para los cables coaxiales, se recomienda identificarlos con termofit de color, conforme al siguiente criterio:

Rojo: Transmisión

Azul: Recepción

O en su defecto, etiquetarlos debidamente.

El cable de la corriente debe conectarse al IDU, a través de un no-break, previa confirmación de que los voltajes son los adecuados:

Fase-Neutro: 127 V +/- 10 %

Fase-Tierra: 127 V +/- 10 %

Neutro-Tierra: Menor a 1 VAC

La siguiente recomendación debe tenerse en cuenta durante la terminación del cableado, como medida de protección

Antes de conectar o desconectar los cables coaxiales asegurarse de que el equipo HN7000S está desconectado de la energía eléctrica

# Conclusiones y tendencias

Se espera que con esta tesina se tenga una visión más amplia acerca de lo funcional que pueden ser las terminales de apertura muy pequeña “VSAT” así como las funciones que estas puedan desempeñar y las soluciones que pueden ofrecer en comunidades rurales y sin acceso al servicio de internet, todo por medio de un enlace satelital en banda Ku.

La tendencia futura de las telecomunicaciones satelitales de banda ancha está definido por el potencial que ofrece la banda Ka (de 18 a 31 GHz), al poderse utilizar 1.5GHz en el rango de frecuencias de 19.7 a 21.2 GHz (enlace de bajada) y 29.5 a 31 GHz (enlace de subida) para las transmisiones de multimedios. La mayoría de los sistemas satelitales de multimedios (p. ej. Hughes) pretenden usar esta banda. Debido al considerable efecto de atenuación producido por la precipitación atmosférica, las terminales que compartan esta banda deberán funcionar adecuadamente con un desvanecimiento cercano a 20 dB.

La banda V (de 40 a 75 GHz) ofrece un ancho de banda mucho más amplio para los sistemas multimedios. Hay planes para utilizar frecuencias cercanas a los 40/50GHz en sistemas satelitales futuros. La tecnología para fabricar estos dispositivos no está tan avanzada como debería ser, por lo que se requiere una mayor investigación. El efecto de la precipitación atmosférica sobre el presupuesto del enlace en la banda V es muy diferente en comparación con el de la banda Ka, complicando la fabricación de las terminales. Se piensa que la banda V se empleará con plataformas estratosféricas localizadas a una altitud de cerca de 20km (enlace de bajada: de 47.2 a 47.5 GHz; enlace de subida: de 47.9 a 48.2 GHz), lo cual serviría para la construcción de sistemas multimedios regionales.

# Bibliografía

- [1] Neri Vela Rodolfo, (2003), *Comunicaciones por satélite*, Distrito Federal, México: Thomson
- [2] Gérald Maral, (2003), *VSAT Networks (2da. Ed.)*, England: JohnWiley and Sons
- [3] Cobarsí Ortiz Angel, (1998) *Sistemas de navegación, desde el compas magnetico hasta la navegación por satelite*, España:McGraw-Hill
- [4] Freeman Roger L, (1998) *Telecommunications Transmission Handbook*, New York, E.U.A.: JohnWiley and Sons
- [5] Smale P. H, (1993),*Introducción a los sistemas de telecomunicaciones*,México: Trillas
- [6] Huidobro Moya J.M.(2004), *Manual de telecomunicaciones*, Madrid, España: Alfaomega
- [7] Frenzel Louis E. (2003),*Sistemas electrónicos de comunicaciones*, México: Alfaomega
- [8] Neri Vela Rodolfo, (1999), *Líneas de transmisión*,México: MacGraw-Hill
- [9] Salmerón Domínguez M. J.,*Radiación, propagación y antenas*, México: Trillas
- [10] Freeman Roger L.(2008), *Ingeniería de sistemas de telecomunicaciones*, México:Limusa
- [11] Faúndez Zanuy Marcos,(2001),*Sistemas de comunicaciones*, Colombia:Marcombo
- [12] Stremmler Ferrel G., (1989), *Sistemas de comunicaciones*, Massachussetts,E.U.A.: Alfaomega
- [13] Gutiérrez Suárez Jesñus y Villamil Labastida Adán, (2007) *Instalación de un equipo satelital en un repetidor de microondasutilizado como simulador de pruebas*, Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial, UAEH
- [14] Hughes empresa lider a nivel mundial en comunicaciones por satélite, <http://www.hughes.com>
- [15] Fundación Arthur C. Clarke, <http://www.clarkfoundation.org/index.htm>

# Apéndices

## Acrónimos

- ACM - Codificación y Modulación Adaptativa (Adaptive Coding and Modulation)
- BCBS – Servicios de difusión compatibles hacia atrás (Backwards Compatible Broadcast Services)
- BER – Tarifa de error de bit (Bit Error Rate)
- BSS - Servicio de radiodifusión por satélite (Broadcast Satellite Service)
- BPF - Filtro pasa-bandas (Band Pass Filter)
- BPSK - Modulación por desplazamiento de fase binaria (Binary Phase Shift Keying)
- DEMUX – Demultiplexor
- DHCP - Protocolo de configuración de host dinámico (Dynamic Host Configuration Protocol)
- DVB-S2 - Difusión de video digital satelital 2 (Digital Video Broadcast Satellite-2, DVB-S2)
- FDM - Multicanalización por división de frecuencia (Frequency-division multiplexing)
- FEC - Corrección de error adelantada (Forward Error Correction)
- FSS - Servicio fijo por satélite (Fixed Satellite Service)
- GPS: Sistema de posicionamiento global (Global Positioning System)
- HPA - Amplificador de alta potencia (High Power Amplifier)
- IDU - Unidad Interna (Indoor Unit)
- IF - Frecuencia Intermedia (Intermediate Frequency)
- LNA - Amplificador de bajo ruido (Low Noise Amplifier)
- LNB – Bloque de bajo ruido (Low-noise Block)
- NOC - Centro de red de operaciones (Network Operation Center)
- MUX - Multiplexor
- ODU - Unidad Externa (Outdoor Unit)
- PIRE - Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
- PSK - Modulación por desplazamiento de fase (Phase Shift Keying)
- QPSK - Modulación por desplazamiento de fase en cuadratura (Quadrature Phase-Shift Keying)
- RF - Radio Frecuencia
- Rx - Receptor
- TDM - Multicanalización por división de tiempo (Time Division Multiplexing)
- Tx - Transmisor

# Glosario

*Acimut* - Ángulo de una dirección contado en el sentido de las agujas del reloj a partir del norte.

*Albedo* - Es la reflectividad de la superficie terrestre y se refiere a la energía reflejada desde la Tierra al universo.

*Antena* - Dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

*Antenatipoooffset* - La superficie de la antena ya no es redonda sino oval y asimétrica (elipse). El punto focal no está montado en el centro del plato, sino a un lado del mismo (offset). La antena offset no parece orientada directamente al satélite como hace la de foco primario, sino que está inclinada unos 25° hacia abajo (casi en posición vertical).

*Amplificador*- Dispositivo que, mediante la utilización de energía, magnifica la amplitud de un fenómeno.

*Codificador*- Circuito combinacional con dos veces más entradas que salidas, cuya misión es presentar en la salida el código binario correspondiente a la entrada activada.

*Convertidordefrecuenciasomezclador* - Dispositivo que permite trasladar una señal modulada a una frecuencia mayor o menor conservando toda la información original transmitida.

*Demodulador* - Dispositivo utilizado para recuperar la información transportada por una onda portadora, que en el extremo transmisor había sido modulada con dicha información.

*DNS* - (Domain Name Service) es un sistema de nombres que permite traducir de nombre de dominio a dirección IP y vice-versa.

*Duplexor* - Dispositivo utilizado en las telecomunicaciones para definir a un sistema que es capaz de mantener una comunicación bidireccional, enviando y recibiendo mensajes de forma simultánea.

*EspectroElectromagnético* - Intervalo de señales electromagnéticas que comprende a todas las frecuencias.

*Klistron*- Es una válvula de vacío de electrones en la cual una modulación inicial de velocidad impartida a los electrones, da una modulación del haz de electrones. Se utiliza como amplificador en la banda de microondas o como oscilador.

*LNA*- El amplificador de bajo ruido (LNA) es un tipo especial de amplificador electrónico usado en sistemas de comunicación para amplificar las señales muy débiles capturadas por una antena.

*ModulacióndeFI* - Se denomina Frecuencia Intermedia (FI) a la Frecuencia que en los aparatos de radio que emplean el principio superheterodino se obtiene de la mezcla de la señal sintonizada en antena con una frecuencia variable generada localmente en el propio aparato mediante un oscilador local (OL) y que guarda con ella una diferencia constante. Esta diferencia entre las dos frecuencias es precisamente la frecuencia intermedia.

*Oscilador* - Sistema capaz de crear perturbaciones o cambios periódicos en un medio, ya sea un medio material (sonido) o un campo electromagnético (ondas de radio, microondas, infrarrojo, etc.).

*Portadora* - Es una forma de onda, generalmente sinusoidal que es modulada por una señal que se quiere transmitir. Esta onda portadora es de una frecuencia mucho más alta que la de la señal moduladora (la señal que contiene la información a transmitir).

*TDM* - multicanalización por división de tiempo, en ella, el ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

*Modulación* - Conjunto de técnicas para transportar información sobre una onda portadora. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información en forma simultánea, protegiéndola de posibles interferencias y ruidos.