

*Nombre del proyecto de residencia profesional:*

**Instalación de estaciones terminales satelitales del programa nacional e-México.**

*Residentes:*

Ronay Ramos Martínez y Teófilo del Porte Escobar.

*Empresa:*

**Telecomunicaciones de México (TELECOMM/TELEGRAFOS)**

*Localidad y datos de la empresa:*

Dirección: 13<sup>a</sup>. Norte Poniente No.1515, Col. Mirador, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

*Correo electrónico:*

[informes@telecomm.net.mx](mailto:informes@telecomm.net.mx)

Tuxtla Gutiérrez Chiapas a Mayo 2010

**Índice**

Contenido	Pagina
Resumen.....	4
Objetivos.....	4
Problemas a resolver.....	4
Alcances limitaciones.....	4
 <b>CAPITULO I</b>	
1.1 Marco teórico.....	5
1.2 Introducción.....	8
1.3 Estado del arte.....	9
1.4 Elementos del sistema de comunicación vía satélite.....	13
1.4 Modelo de enlace del sistema satelital.....	14
1.5 Desarrollo de las telecomunicaciones espaciales en México INTELSAT.....	16
1.6 Idea general de satélites.....	17
1.7 Como se mantiene un satélite en órbita.....	18
1.8 Como y de que esta hecho un satélite.....	19
1.9 Tipos de satélites (satélites de comunicación).....	20
1.10 Clasificación de radiofrecuencias.....	21
 <b>UNIDAD II</b>	
2.1 Comunicación punto a punto y comunicación satelital.....	23
2.2 Primeros satélites de comunicación.....	24
2.3 Clases de órbita.....	25
2.4 Radiodifusión directa de comunicaciones.....	27

Contenido	Pagina
2.5 Comunicaciones satelitales.....	28
2.6 Subsistemas de un satélite.....	30
2.6.1 Subsistema de antenas.....	36
2.6.2 Subsistema de comunicaciones.....	40
2.6.2.1 Bandas y frecuencias asignadas.....	40
2.6.2.2 Polarización y reutilización de frecuencias.....	42
2.6.2.3 Transpondedores.....	44
2.6.3 Subsistema de energía eléctrica.....	52
2.6.4 Subsistema de control térmico.....	53
2.6.5 Subsistema de posicionamiento y orientación.....	56
2.6.6 Subsistema de Propulsión.....	57
2.6.7 Subsistema de rastreo, telemetría y comando.....	62
2.6.8 Subsistema estructural.....	63
 <b>CAPITULO III</b>	
3.1 Estación terrena.....	66
3.2 La antena.....	66
3.3 Alimentadora de corneta.....	73
3.4 Orientación de elevación y acimut.....	75
3.5 Tipos de montaje.....	78
3.6 El transmisor.....	80
3.7 Receptor.....	85

Contenido	Pagina
3.7.1 Amplificador de bajo ruido.....	86
3.7.2 Conversión de frecuencia, demodulación y calidad de recepción.....	90
3.8 Alimentador de energía.....	92
3.9 Estaciones típicas según su servicio.....	93
Reporte del programa e-México.....	95
Anexos.....	100
Conclusión.....	103
Bibliografía.....	104

## Resumen

Principalmente con la elaboración de dicho proyecto se pretende hacer enlaces satelitales exitosos, los cuales se realizaran en distintas comunidades dependiendo las necesidades de cada una de ellas, generalmente serán instaladas en Centros Comunitario de Aprendizaje (CCA).

Debemos reportar a las instalaciones localizadas en México que están encargadas del programa e-México, todo cuanto se realice, así también cuando el enlace se ha establecido, esto se debe por normatividad que ellos necesitan dar de alta.

## Objetivos

- ✚ Instalar estaciones terminales satelitales.
- ✚ Programar los dispositivos encargados del enlace satelital.
- ✚ Aprender y conocer los elementos necesarios que se necesitan para un enlace satelital.

## Problemas a resolver

- 1) Configurar y programar los dispositivos de enlace.
- 2) Renovar las tablas de actualización correspondientes al programa e-México.
- 3) Localizar al satélite en cada instalación a realizar.
- 4) Establecer un enlace correcto con buena señal.

## Alcances y limitaciones

Lo propuesto anteriormente, los objetivos así como también los problemas a resolver en cierta manera son alcanzables si se cuenta con el material y la herramienta necesaria, existe limitaciones relativas como podrían ser el tiempo, recurso económico.

Con el paso del tiempo se observaran si realmente se cumplieron.

# CAPITULO I

## Marco teórico

Repetidor de microondas localizado en el cielo, encargado de recibir y emitir señales de telecomunicaciones. Al recibir una señal, la amplifica y cambia su frecuencia de recepción para después retransmitirla a la tierra. Los satélites orbitales o síncronos giran en un patrón circular o elíptico de baja altitud alrededor de la tierra, estos satélites se alejan continuamente de la tierra y no permanecen estacionarios en relación a ningún punto fijo de ella, por lo que estos se tienen que usar cuando están disponibles lo que puede ser en un periodo corto de tiempo aproximadamente de 15 minutos por orbita. Los satélites geostacionarios o geosincronos giran en un patrón circular con velocidad angular igual a la de la tierra permaneciendo así en posición fija con respecto a un punto específico en la tierra, estos se encuentran disponibles para todas las estaciones de la tierra.

El funcionamiento de un satélite consta de dos secciones: El sistema de comunicaciones (Payload), y Sistema de Plataforma (BUS). El payload es el subsistema utilizado para los diferentes servicios y aplicaciones como voz, datos, radiodifusión sonora y de televisión, internet, telefonía rural y educación a distancia. El BUS proporciona potencia eléctrica, orientación, estabilidad, capacidad de control y de configuración al payload.

Los satélites están contruidos con materiales como el kevlar, grafito, titanio y paneles de aluminio, permitiendo una estructura ligera y resistente, reduciendo el peso total y la facilidad de lanzamiento al espacio. No se deforman con los grandes cambios de temperatura, haciendo así que este soporte la presión ejercida por el empuje del lanzador y las ondas acústicas de gran intensidad que generan los motores del cohete. Su forma define el método de estabilidad que tiene el satélite, en los satélites cilíndricos que son muy estables y fáciles de controlar se logra por giro, y en los satélites triaxiales que generan más energía eléctrica ya que contienen más celdas solares instaladas en paneles solares extensibles se logra por el control de sus tres ejes. La vida operacional está entre los 10 y 15 años dependiendo del combustible que lleva a bordo.





## Introducción

Las actividades mencionadas se enlistan a continuación en la tabla #1:

#	Actividades
1	Investigación y capacitación de la tecnología que se emplea en estaciones terrenas satelitales.
2	Programación del equipo satelital.
3	Instalación y operaciones de estaciones terrenas en las comunidades o poblaciones.
4	Apuntamiento de antenas hacia el satélite.
5	Pruebas de enlace.

Tabla #1. Actividades

Para un buen entendimiento en lo que consiste cada una de las actividades anteriores se describen a continuación:

✚ **Investigación y capacitación:** En este punto se investigara por cuenta propia algunos aspectos importantes sobre la comunicación satelital, también se recibirá información o capacitación por las personas encargadas de dicho proyecto.

✚ **Programación de los equipos a utilizar:** En esta actividad se debe conocer los distintos dispositivos que integran una estación terrena ya sea satelital o no. Sabiendo lo anterior la programación de los equipos es el siguiente paso.

✚ **Instalación y operaciones de estaciones terrenas:** para esta actividad se deberá dirigir al lugar donde se realizara la instalación con todos los componentes de la estación, una vez instalada se analizan las especificaciones del terreno.

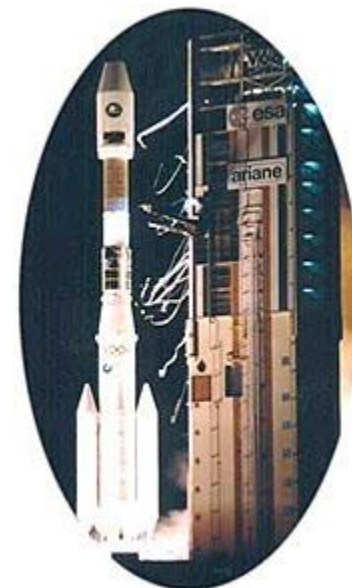
✚ **Apuntamiento de antena al satélite:** Teniendo instalada la estación terrena y las especificaciones del lugar se prosigue al apuntamiento, es esta actividad da lugar al movimiento de apogeo y perigeo para tener un buen enlace.

✚ **Pruebas de enlace:** Éstas pruebas se realizan entando enlazados con las instalaciones de México, ellos indican los pasos que se deben llevar a cabo para realizar las pruebas.

## 1.1 ESTADO DEL ARTE

El origen de los satélites artificiales está íntimamente ligado al desarrollo de los cohetes que fueron creados, primero, como armas de larga distancia; después, utilizados para explorar el espacio y luego, con su evolución, convertidos en instrumentos para colocar satélites en el espacio.

Las actividades en el espacio, incluyendo la tecnología satelital, se remonta a tiempos muy remotos, cuando el hombre empezó a medir los movimientos de las estrellas, dando origen a una de las ramas más antiguas de la ciencia, la Mecánica Celeste. Mucho después, se empezaron a realizar los primeros cálculos científicos sobre la tasa de velocidad necesaria para superar el tirón gravitacional de la Tierra.



No fue sino hasta 1945, cuando el entonces Secretario de la Sociedad Interplanetaria Británica, Arthur C. Clarke, publicó un artículo -que muchos calificaron como fantasioso- acerca de la posibilidad de transmitir señales de radio y televisión a través de largas distancias (transatlánticas) sin la necesidad de cables coaxiales (en el caso de la televisión o relevadores en el de la radio), proponiendo un satélite artificial ubicado a una altura de 36 mil km, que girara alrededor de la Tierra una vez cada 24 horas, de tal forma que se percibiera como fijo sobre un punto determinado y, por lo tanto, cubriendo en su transmisión una fracción de la superficie terrestre. Este artefacto estaría equipado con instrumentos para recibir y transmitir señales entre él mismo y uno o varios puntos desde tierra; también, añadía que para hacer posible la cobertura de todo el planeta habrían de colocarse tres de estos satélites de manera equidistante a la altura mencionada, en la línea del Ecuador. El artículo presentaba, además, algunos cálculos sobre la energía que se requeriría para que dichos satélites funcionaran, y para ello proponía el aprovechamiento de la energía solar.

Con esos elementos en mente, la Marina de los Estados Unidos de América (E.U), unos años más tarde, utilizó con éxito el satélite natural de la Tierra -la Luna- para establecer comunicación entre dos puntos lejanos en el planeta, transmitiendo señales de radar que dicho cuerpo celeste reflejaba, logrando con ello comunicar a la ciudad de Washington con la Isla de Hawai. Esto comprobó que se podrían utilizar satélites artificiales con los mismos fines, pero salvando la desventaja de depender de la hora del día para obtener las señales reflejadas. Se emprendió, un ambicioso proyecto denominado Echo, el cual consistía en utilizar un enorme

globo recubierto de aluminio para que sirviera como espejo y reflejara las señales emitidas desde la Tierra. El artefacto, visible a simple vista, fue el primer satélite artificial de tipo pasivo -por su característica de servir solamente como reflejo y no tener aparatos para retransmisión-; los llamados satélites activos vendrían después, con los avances tecnológicos y las experiencias que poco a poco fueron enriqueciendo el conocimiento en este campo.

En la siguiente década, el Año Geofísico Internacional (1957-1958), marcó el banderazo de salida de una carrera espacial que durante muchos años protagonizaron E.U. y la Unión Soviética, siendo esta última la que se llevó la primicia al lanzar al espacio, el 4 de octubre de 1957, el satélite Sputnik I, el cual era una esfera metálica de tan solo 58 cm de diámetro. En diciembre de ese mismo año, E.U. también lanzó su propio satélite, el Vanguard, aunque sin éxito, pues se incendió en el momento de su lanzamiento.

La Unión Soviética siguió su camino e instaló en órbita la segunda versión del Sputnik, en noviembre de 1957, ahora con un ser vivo como pasajero: la perra Laika. Después, hubo una tercera versión del Sputnik que se lanzó en 1958.



Unos meses antes, E.U. -continuando con el reto impuesto- lanzó el satélite Explorer I, y con ello se apuntó un tanto en el mundo de la ciencia al descubrir los cinturones de radiación que rodean a la Tierra, a los que llamaron Van Allen en honor al líder de los científicos responsables de esa misión. Posterior a ese satélite, siguieron sus versiones II, III y IV, de los cuales el Explorer II falló.



Atlas-Score

El primer experimento en comunicaciones desde el espacio también fue en 1958, cuando un cohete Atlas-B, equipado con un transmisor y un reproductor, emitió hacia la Tierra un mensaje grabado con anterioridad por el presidente Eisenhower. El Atlas-Score permitió demostrar que la voz humana podía propagarse superando la considerable distancia existente entre el planeta y el satélite. El concepto fundamental era sencillo: un repetidor colocado en un lugar suficientemente elevado podría dominar mucha mayor superficie que sus homólogos terrestres. El repetidor, por supuesto, sería colocado en órbita, aunque su limitación principal sería la movilidad del objeto en el espacio.

Todos esos satélites aportaron importantes conocimientos al mundo científico, pues al ser equipados cada vez con mejores y más sofisticados instrumentos de medición, permitieron conocer las condiciones del espacio que

rodea a la Tierra y, con ello, promover nuevos experimentos.

Fue así que el primer satélite activo que se puso en órbita fue el Courier, de propiedad estadounidense (lanzado en 1960), equipado con un paquete de comunicaciones o repetidor que recibía las señales de la Tierra, las traducía a frecuencias determinadas, las amplificaba y después las retransmitía al punto emisor.

Así, se sucedieron muchos otros lanzamientos de satélites con fines experimentales en el campo de las comunicaciones para transmisiones de radioaficionados y señales de televisión en diversas bandas de frecuencia o con propósitos militares, de tal forma que al terminar 1962, EU. contaba ya con 120 satélites puestos en órbita, mientras que Rusia tenía 33.

En 1963, en Estados Unidos de América se fundó la primera compañía dedicada a telecomunicaciones por satélite (COMSAT). También, en ese mismo año la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), durante una conferencia sobre radiocomunicaciones, expidió las primeras normas en materia de telecomunicaciones por satélite.

Gracias a la construcción de cohetes más potentes -que llevaron satélites a la altura adecuada- y al desarrollo de la electrónica como un elemento importante relacionado con muchas funciones de un satélite, en 1964 se logró colocar en órbita geostacionaria o Cinturón de Clarke primer satélite de este tipo (geostacionario): el Syncom 3, que permitió en Europa la transmisión de los juegos olímpicos de Tokio.

En agosto de 1964 se formó el consorcio internacional Intelsat, encargado de administrar una nueva serie de satélites geostacionarios disponibles para todo el mundo, el primero de sus satélites fue el Early Bird o Intelsat-1. En la actualidad, existen alrededor de 200 de esta clase, en su mayoría geostacionarios, conectando lugares de todo el mundo y que, además de servir para la telecomunicación internacional, se emplean para servicios como televisión y observación meteorológica, entre otras aplicaciones.



Intelsat 1

Esos acontecimientos marcaron el inicio de la era espacial, desarrollándose con rapidez la capacidad de fabricar una gran variedad de naves que al principio parecían modestas, pues sólo lanzaban satélites experimentales de investigación relativamente sencillos, que después, en la década de los años 70, se convirtieron en sofisticados prototipos de vehículos espaciales para comunicaciones y meteorología y, más adelante, para sondeos lunares y planetarios.

Las comunicaciones por satélite son en nuestro tiempo de extrema importancia.

Actualmente un satélite se considera como "un repetidor radioeléctrico ubicado en el espacio, recibe señales generadas en la tierra, las amplifica y las vuelve a enviar a la tierra". Es decir es un centro de comunicaciones que procesa datos recibidos desde nuestro planeta y los envía de regreso, bien al punto que envió la señal, bien a otro distinto. Los satélites pueden manipular datos, complementándolos con información del espacio exterior, o pueden servir sólo como un espejo que rebota la señal.

Muchos funcionan a partir de celdas solares, que alimentan sus centros de energía al convertir los rayos solares en energía eléctrica (las enormes aspas de molino que los caracterizaron durante años). No obstante, dicha tecnología va siendo sustituida por turbo generadores que producen energía a partir del calor solar y de las reacciones nucleares, que son más pequeños y livianos que las celdas. Actualmente se desarrolla el uso de radioisótopos como fuentes de poder, pero todavía están en periodo de prueba.

La velocidad con que un satélite gira alrededor de la tierra está dada por la distancia entre ambos, ya que el mismo se ubicara en aquellos puntos en los que la fuerza de gravedad se equilibre con las de fuerza centrífuga; cuanto mayor es esa distancia, menor es la velocidad que necesita el mismo para mantenerse en órbita.

Es importante señalar que todo aparato debe quedar por encima de las cien millas de altitud respecto a la superficie de la Tierra, para que no sean derrumbados por la fuerza de gravedad terrestre. Los satélites ubicados en promedio a 321.80 kilómetros de altitud se consideran de órbita baja; y de órbita alta los que alcanzan distancias hasta de 35, 880 kilómetros sobre la superficie.

Los satélites son controlados desde estaciones terrestres que reciben su información y la procesan, pero que también monitorean el comportamiento y órbita de los aparatos. Por lo general, los centros terrenos no son aparatosas instalaciones, sino más bien pequeños tableros con poco personal que sin embargo controlan

funciones geoespaciales especializadas.

## **1.2 Elementos del sistema de comunicación vía satélite.**

Un satélite puede definirse como un repetidor de radio en el cielo (transponder), un sistema satelital consiste de un transponder, una estación basada en tierra, para controlar su funcionamiento, y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción del tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

Las transmisiones de satélite se catalogan como bus o carga útil. La de bus incluye mecanismos de control que apoyan la operación de carga útil. La de carga útil es la información del usuario que será transportada a través del sistema.

En el caso de radiodifusión directa de televisión vía satélite el servicio que se da es de tipo unidireccional por lo que normalmente se requiere una estación transmisora única, que emite los programas hacia el satélite, y varias estaciones terrenas de recepción solamente, que toman las señales provenientes del satélite. Existen otros tipos de servicios que son bidireccionales donde las estaciones terrenas son de transmisión y de recepción.

Uno de los requisitos más importantes del sistema es conseguir que las estaciones sean lo más económicas posibles para que puedan ser accesibles a un gran número de usuarios, lo que se consigue utilizando antenas de diámetro chico y transmisores de baja potencia. Sin embargo hay que destacar que es la economía de escala (en aquellas aplicaciones que lo permiten) el factor determinante para la reducción de los costos.

## **1.3 Modelos de enlace del sistema satelital**

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: una subida, un transponder satelital y una bajada.

### **• Modelo de subida**

El principal componente dentro de la sección de subida, de un sistema satelital, es el transmisor de la estación terrena. Un típico transmisor de la estación terrena consiste de un modulador de IF, un convertidor de



microondas de IF a RF, un amplificador de alta potencia (HPA) y algún medio para limitar la banda del espectro de salida (por ejemplo un filtro pasa-banda de salida).

La siguiente figura muestra el diagrama a bloques de un transmisor de estación terrena satelital. El modulador de IF convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada e FM, en PSK o en QAM. El convertidor (mezclador y filtro pasa-banda) convierte la IF 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 transponder del satélite. Los HPA comúnmente usados son klystons y tubos de onda progresiva.

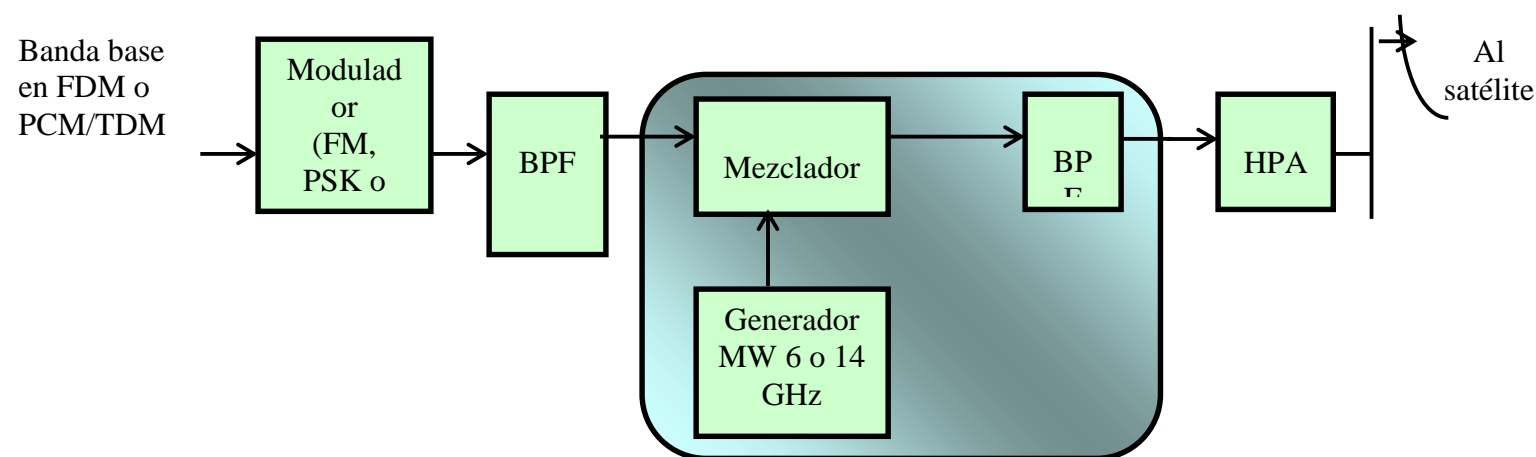


Figura.- Modelo de subida del satélite.

### • Transponder

Un típico transponder satelital consta de un dispositivo para limitar la banda de entrada (BPF), un amplificador de bajo ruido de entrada (LNA), un traductor de frecuencia, un amplificador de potencia de bajo nivel y un filtro pasa-bandas de salida.

La siguiente figura muestra un diagrama a bloques simplificado de un transponder satelital. Este transponder es un repetidor de RF a RF.



Otras configuraciones de transponder son los repetidores de IF, y de banda base, semejantes a los utilizados en los repetidores de microondas.

La salida del LNA alimenta un trasladador de frecuencia (un oscilador de desplazamiento y un BPF), que se encarga de convertir la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja.

El amplificador de potencia de bajo nivel, que es comúnmente un tubo de ondas progresivas (TWT), amplifica la señal de RF para su posterior transmisión por medio de la bajada a los receptores de la estación terrena.

Traslator de frecuencia

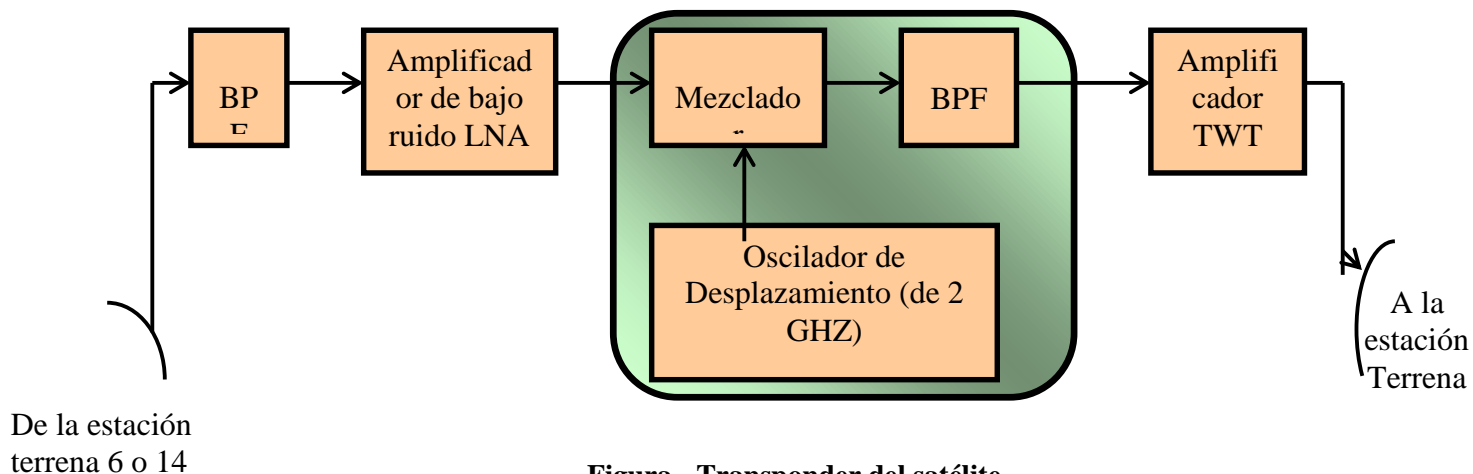


Figura.- Transponder del satélite.

#### • Modelo de bajada

Un receptor de estación terrena incluye un BPF de entrada, un LNA y un convertidor de RF a IF. La siguiente figura muestra un diagrama a bloques de un receptor de estación terrena típico. Nuevamente el BPF limita la potencia del ruido de entrada al LNA. El LNA es un dispositivo altamente sensible, con poco ruido, tal como un amplificador de diodo túnel o un amplificador paramétrico. El convertidor de RF a IF es una combinación de filtro mezclador/pasa-bandas que convierte la señal de RF a una frecuencia de IF.

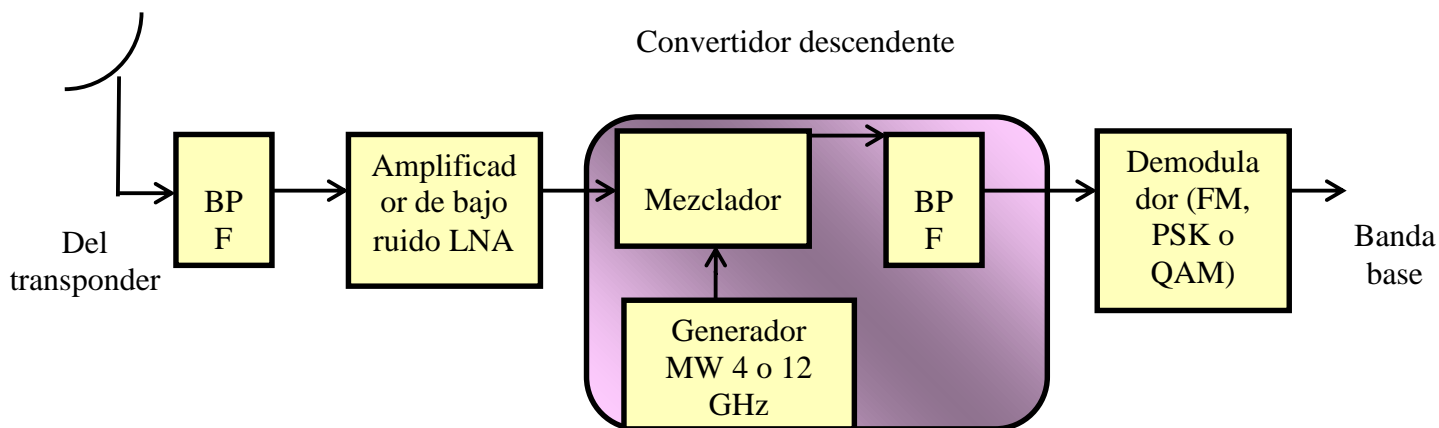


Figura.- Modelo de bajada del satélite.

## 1.4 DESARROLLO DE LAS TELECOMUNICACIONES ESPACIALES EN MEXICO (INTELSAT).

La comunicación vía satélite es uno de los pilares que sustenta el desarrollo de las telecomunicaciones, ya que permite ofrecer tecnología de punta, las comunicaciones vía satélite en México se retomaron principalmente desde los años cincuenta, en base a esto se realiza una recopilación de los primeros pasos de forma cronológica:

1957.- Los mexicanos son los primeros en captar en México señales del satélite Soviético Sputnik I.

1962.- Se lanza el Telstar I primer satélite geoestacionario de telecomunicaciones, este pionero estuvo en órbita siete meses y eso fue suficiente para dar comienzo a la historia de la industria satelital en el continente americano.

1966.- México se incorpora al consorcio internacional de telecomunicaciones vía satélite y adquiere los derechos de un satélite de comunicaciones, el “pájaro madrugador”(Early bird), para transmisión de los juegos olímpicos de 1968. En la estación terrena Tulancingo, Hidalgo se crea el primer enlace vía

satelital. Este fue el primer satélite de telecomunicaciones comerciales en el mundo operado por la Cia. Con 240 canales de voz y 40 watts de potencia de salida.

1970.- Se inicia el uso de la capacidad de un satélite de INTELSAT para servicios domésticos, mediante el satélite INTELSAT IV, la televisión mexicana se enlazo con 38 naciones y entro en operación el servicio público de Teleinformática.

1972.- Primeras comunicaciones de radioaficionados por medio del satélite artificial Oscar VI.

1985.- Lanzamiento del satélite Morelos I, se utilizó el transbordador espacial “Discovery”, en Noviembre se lanzó Morelos II, participando el primer viajero espacial mexicano Dr. Rodolfo Neri Vela.

INTELSAT: Se creó para proporcionar comunicaciones satelitales a todo el mundo. Se convirtió en el principal proveedor de comunicaciones satelitales del mundo y estableció redes mundiales de telefonía, televisión, y servicios de transmisión de datos a miles de millones de personas en los 5 continentes.

INMARSAT: es otro importante servicio de las comunicaciones satelitales. Está dedicado a los servicios de telecomunicaciones marítimas y aeronáuticas y ha sido la vanguardia de los servicios móviles por satélite desde su creación.

## **1.5 IDEA GENERAL DE SATELITES.**

Esencialmente, un satélite es un repetidor de radio en el cielo (transponder). Un sistema de satélite consiste de un transponder, una estación basada en tierra, para controlar el funcionamiento y una red de usuario, de las estaciones terrestres, que proporciona las facilidades para transmisión y recepción de tráfico de comunicaciones, a través del sistema de satélite.

Los primeros satélites de comunicaciones que consisten en (telefonía, TV, datos) giran muy por encima de la tierra. Hoy día se ha desarrollado tecnología espacial y electrónica que ha facilitado la orientación a un objeto invisible.

Los satélites retransmiten los programas de televisión directamente hacia los hogares están ahora en órbita geoestacionaria, este término proviene de del griego (Geo) significa tierra, este conlleva a un concepto de un satélite estacionario respecto a la tierra.

## 1.6 COMO SE MANTIENE UN SATELITE EN ORBITA.

Un satélite es transportado a su órbita abordo de un cohete capaz de alcanzar la velocidad suficiente requerida para no verse influenciado por el campo gravitatorio terrestre, una vez conseguido esto, es virtualmente posible conseguir cualquier plano o altitud de la órbita mediante la utilización de modernos cohetes. El plano de la órbita se denomina inclinación.

Un satélite puede permanecer en su órbita sólo si su velocidad es lo suficientemente mayor como para vencer la gravedad y menor que la requerida para escapar de la gravedad. La velocidad del satélite es pues como un compromiso entre esos dos factores pero ha de ser absolutamente precisa para la altitud elegida. Es decir un satélite se mantiene en el espacio siempre y cuando su peso esté exactamente compensado por la fuerza centrífuga que actúa sobre él cuando gira alrededor de la tierra, se puede entender de la siguiente manera, si un satélite pesa 150 kilogramos hacia abajo, deberá girar a una velocidad tal que la fuerza que lo aleja de la tierra sea justamente de 150 kilogramos.

Cuanto más alto vuele un satélite respecto al centro de la tierra, menor será la velocidad requerida para que se mantenga en órbita.

$$V=K/(\text{sqrt}(r+a)) \text{ Km/s}$$

Dónde:

$V$ =a velocidad de la órbita en kilómetros por segundo.

$a$ =altitud de la órbita sobre la superficie de la tierra, en Km.

$r$ =el radio medio de la tierra, aproximadamente 6371Km.

$K=630$

## 1.7 COMO Y DE QUE ESTA HECHO UN SATELITE.

Un satélite es un objeto que orbita alrededor de otro, las naves espaciales fabricadas aquí en la tierra se denominan *satélites artificiales*, básicamente es un conjunto de instrumentos sostenidos por una armazón metálico, dichas naves no requieren forma aerodinámica debido a que no hay atmosfera donde operaran.

La estructura principal que lo compone tiene dos misiones:

- ✚ Resistir durante algún pequeño momento la aceleración del cohete portador hasta el momento de entrada en órbita.
- ✚ Mantener unidos los distintos módulos del satélite y ofrecer una estructura rígida para que puedan actuar los motores de maniobra.

Por lo general las estructuras de las naves espaciales están construidas a base de aleaciones metálicas (aluminio o magnesio), de acero, plástico aluminizado, fibra de vidrio entre otros.

Los diseños de los satélites ha evolucionado desde aquellos años del Sputnik I hasta la actualidad, sin embargo la razón de ser sigue siendo la misma; la tecnología a proporcionado instrumentos más precisos, sistema de provisión de energía más potentes, componentes de menor peso.

## 1.8 TIPOS DE SATELITES. (SATELITES DE COMUNICACION).

Existen un sinnúmero de tipos de satélites, numerosos satélites que son utilizados para una labor determinada dependiendo de sus características, en esta ocasión se hablarán de los tipos más generales en los cuales se dividen los satélites.

### Satélites Orbitales

Los satélites mencionados, hasta el momento, son llamados satélites orbitales o no síncronos. Los satélites no síncronos giran alrededor de la Tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite está girando en la misma dirección de la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la de la Tierra, la órbita se llama órbita **prograda**. Si el satélite está girando en la dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma dirección, pero a una velocidad angular menor a la de la Tierra, la órbita se llama órbita retrograda.

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

### Satélites Geoestacionarios

Los satélites **geoestacionarios** o geo síncronos son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Consecuentemente permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la Tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la Tierra, dentro de su sombra, 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye todas las estaciones de la Tierra que tienen un camino visible a él y están dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja

obvia es que a bordo, se requieren de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geosíncrono es de 24 h. igual que la Tierra.

## 1.9 CLASIFICACION DE RADIOFRECUENCIAS

La radiofrecuencia se puede dividir en las siguientes bandas del espectro:

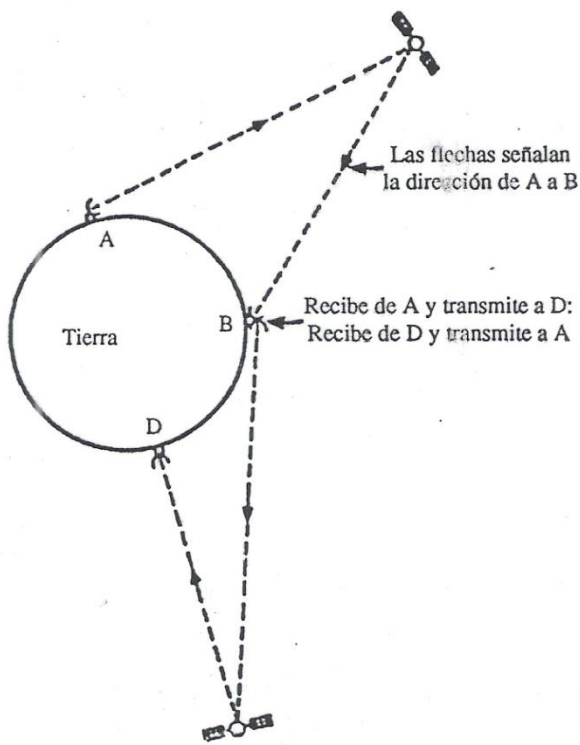
<b>Nombre</b>	<b>Abreviatur a inglesa</b>	<b>Banda <u>ITU</u></b>	<b>Frecuencias</b>	<b>Longitud de onda</b>
Extra baja frecuencia Extremely low frequency	ELF	1	3-30 Hz	100.000–10.000 km
Super baja frecuencia Super low frequency	SLF	2	30-300 Hz	10.000–1.000 km
Ultra baja frecuencia Ultra low frequency	ULF	3	300–3.000 Hz	1.000–100 km
Muy baja frecuencia Very low frequency	VLF	4	3–30 KHz	100–10 km
Baja frecuencia Low frequency	LF	5	30–300 KHz	10–1 km
Media frecuencia Medium frequency	MF	6	300–3.000 KHz	1 km – 100 m
Alta frecuencia High frequency	HF	7	3–30 MHz	100–10 m
Muy alta frecuencia Very high frequency	VHF	8	30–300 MHz	10–1 m
Ultra alta frecuencia Ultra high frequency	UHF	9	300–3.000 MHz	1 m – 100 mm
Super alta frecuencia Super high frequency	SHF	10	3-30 GHz	100–10 mm
Extra alta frecuencia Extremely high frequency	EHF	11	30-300 GHz	10–1 mm

Tabla #2. Clasificación de frecuencias.

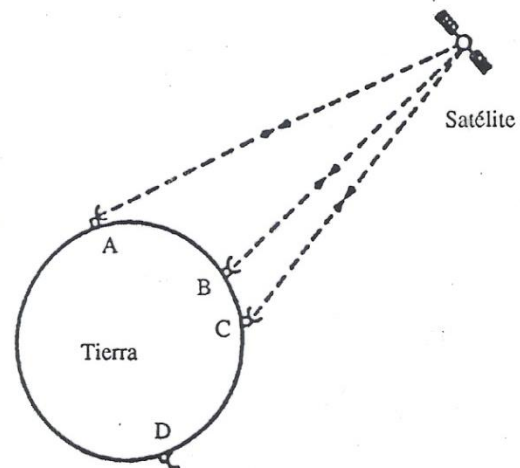
# **CAPITULO II**



## 2.1.-COMUNICACIÓN PUNTO A PUNTO Y COMUNICACIÓN SATELITAL



**III. A se comunica con D utilizando dos satélites**



**II. Comunicaciones a través de satélite**

**Figura.- comunicaciones de punto a punto.**

Como nos podemos dar cuenta en la imagen # xx, la comunicación punto a punto necesita haber una distancia específica para haya una comunicación entre las antenas A y B debido a que el haz de radio es en línea recta, la distancia máxima es por decirlo de alguna manera es la que permite la tierra por su curvatura, como se ve en la imagen al antena C que fuera del alcance de la antena A.

Algo parecido ocurre con la comunicación satelital para que se puedan comunicar dos puntos por demostrar lo de la imagen A y D tiene que hacer uso de dos satélites, debido a que solo uno no está a su alcance, por ello sigue el siguiente procedimiento A transmite a B por medio de un satélite, recibe B y transmite a D por otro satélite.

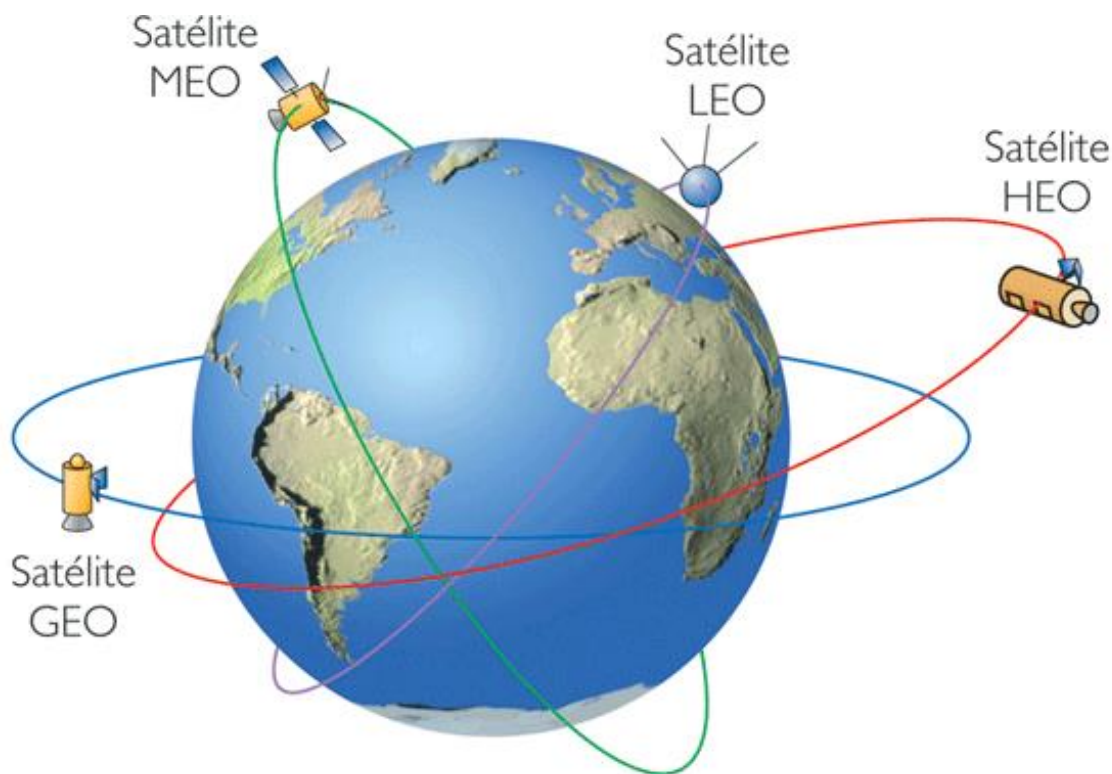
Cuando existe un conjunto de antenas, un grupo determinado puede comunicarse entre ellas por medio de un solo satélite si y solo si la cobertura del satélite abarca a este dicho grupo, las que queden fuera de su alcance no podrán interconectarse para ello es necesario otro satélite.

## **2.2.- PRIMEROS SATELITES DE COMUNICACIÓN:**

México obtuvo en 1982 posiciones de órbita geoestacionaria para el sistema Morelos, constituido por los satélites Morelos 1 y 2 y el centro de control satelital, instalado en Iztapalapa, D.F., con el segundo satélite a bordo del SS *Atlantis* viajó el Dr. Neri Vela, primer astronauta mexicano que realizó varios experimentos de naturaleza biológica durante su permanencia en el espacio. El Sistema Morelos brindó servicios de televisión, telefonía y datos hacia y desde cualquier punto de la República Mexicana.

Una de las aplicaciones de los satélites Morelos fue la Red Edusat dedicada a la educación en zonas rurales, que cuenta con 30641 estaciones receptoras en el territorio nacional y 107 ubicadas en América Latina y Estados Unidos. Edusat sigue operando y en términos generales transmite diariamente 13 canales de televisión y tres de radiodifusión lo que ha permitido incrementar la cobertura del servicio de telesecundaria en las 32 entidades federativas mexicanas, y exportar el modelo a Centro y Sudamérica.

### 2.3.- CLASE DE ORBITAS.

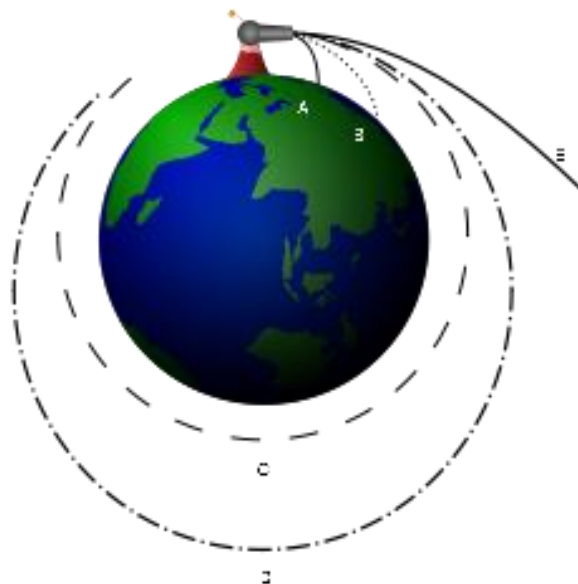


*Figura: tipos orbitas*

Anteriormente las orbitas se analizaron por primera vez de forma matemática por Johannes Kepler, quien formuló los resultados en sus tres leyes del movimiento planetario.

Posteriormente Isaac Newton demostró que las leyes de Kepler se derivaban de su teoría de la gravedad y que, en general, las órbitas de los cuerpos respondían a la fuerza gravitatoria eran secciones cónicas.

Para ilustrar una órbita alrededor de un planeta la mejor opción es el **Cañón de Newton** es una imagen que nos muestra de forma clara como actúa una órbita planetaria. La ilustración es la siguiente:



Si el cañón se encontrara en una montaña muy alta y desde ahí se disparara los efectos de la bola fueran los siguientes; Para el punto (A), la fuerza es muy poca y cae al suelo, para el punto (B) la fuerza es mayor pero no suficiente y nuevamente cae el suelo, pero si se dispara con suficiente velocidad al punto en donde el suelo se curva al menos tanto como la bola al caer, por lo que la bola nunca toca el suelo, cuando esto sucede se dice que crea una órbita circular (C) .

Existen las cuatro principales orbitas que envuelven a la tierra estas son: (MEO, GEO, HEO y LEO), a continuación se hace una breve explicación de sus características y la diferencia entre ellas.

MEO: Medium Earth Orbit (MEO), ubicados en una órbita terrestre media a 10 mil km de altitud, se necesita un número mayor de satélites para obtener cobertura mundial, pero la latencia se reduce substancialmente. En la actualidad no existen muchos satélites MEO, y se utilizan para posicionamiento.

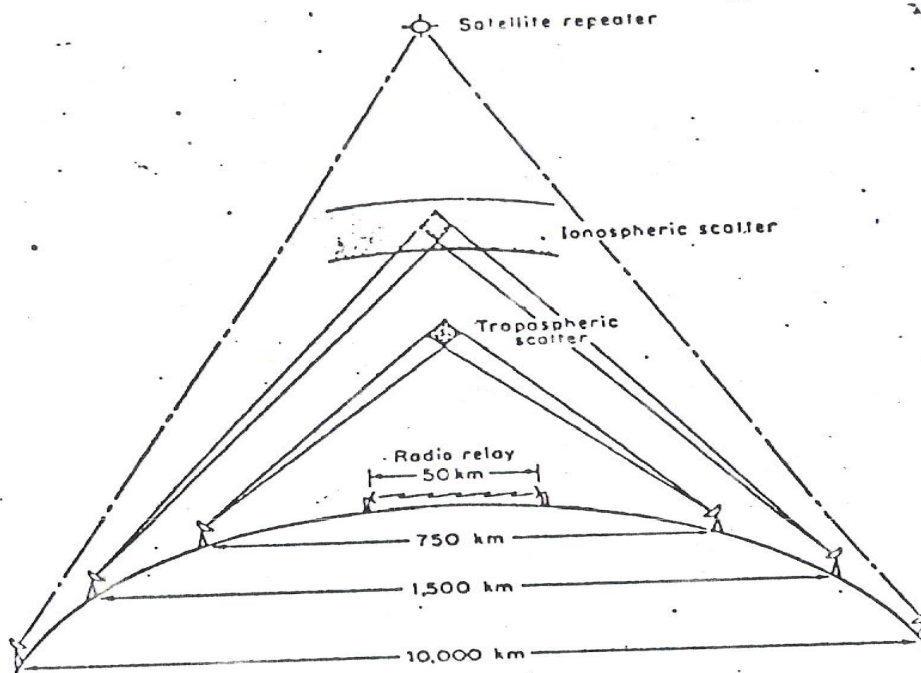
GEO: Abreviatura de Órbita Terrestre Geosíncrona. Los satélites GEO orbitan a 35848 kilómetros so

GEO: Abreviatura de Órbita Terrestre Geosíncrona. Los satélites GEO orbitan a 35848 kilómetros sobre el ecuador terrestre. A esta altitud, el periodo de rotación del satélite es exactamente 24 horas y, por lo tanto, parece estar siempre sobre el mismo lugar de la superficie del planeta. La mayoría de los satélites actuales son GEO, así como los futuros sistemas Spaceway, de Hughes, y Cyberstar, de Loral. Esta órbita se conoce como órbita de Clarke, en honor al escritor Arthur C. Clarke, que escribió por primera vez en 1945 acerca de esta posibilidad.

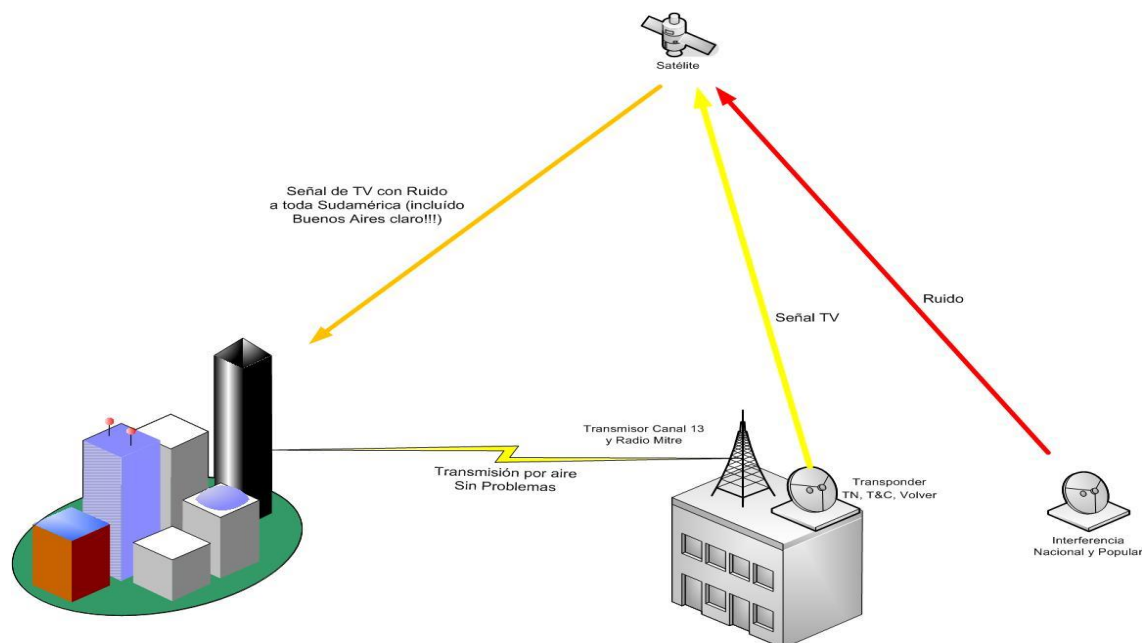
HEO: Es una órbita elíptica, muy excéntrica ( 70.000 Km/1.000 Km ) e inclinada (alrededor de  $63^\circ$ ) que no ha sido todavía utilizada por los occidentales. Es muy estimada por los rusos ( por lo que también se llama "órbita Molniya" ).

LEO: Low Earth Orbit (LEO), localizados en órbita más baja, entre 250 y 1500 km de altitud, Las órbitas terrestres de baja altura prometen un ancho de banda extraordinario y una latencia reducida. Existen planes para lanzar enjambres de cientos de satélites que abarcarán todo el planeta.

## MODES OF SPACE COMMUNICATIONS



## 2.4.-RADIODIFUSIÓN DIRECTA DE COMUNICACIONES.



**Figura.- radiodifusión**

## 2.5.- COMUNICACIONES SATELITALES.

La Comunicación de data inalámbrica en la forma de microondas y enlaces de satélites son usados para transferir voz y data a larga distancia. Los canales inalámbricos son utilizados para la comunicación digital cuando no es económicamente conveniente la conexión de dos puntos vía cable; además son ampliamente utilizados para interconectar redes locales (LANS) con sus homologas redes de área amplia (WANS) sobre distancias moderadas y obstáculos como autopistas, lagos, edificios y ríos. Los enlaces vía satélite permiten no solo rebasar obstáculos físicos sino que son capaces de comunicar continentes enteros, barcos, rebasando distancias sumamente grandes.

### Microondas:

Básicamente un enlace vía microondas consiste en tres componentes fundamentales: El Transmisor, El receptor y El Canal Aéreo. El Transmisor es el responsable de modular una señal digital a la frecuencia utilizada para transmitir, El Canal Aéreo representa un camino abierto entre el transmisor y el receptor, y

como es de esperarse el receptor es el encargado de capturar la señal transmitida y llevarla de nuevo a señal digital.

Además esta distancia debe ser libre de obstáculos. Otro aspecto que se debe señalar es que en estos enlaces, el camino entre el receptor y el transmisor debe tener una altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para compensar este efecto se utilizan torres para ajustar dichas alturas.

La distancia cubierta por enlaces microondas puede ser incrementada por el uso de repetidoras, las cuales amplifican y redireccionan la señal, es importante destacar que los obstáculos de la señal pueden ser salvados a través de reflectores pasivos.

### **Comunicación satelital:**

En la actualidad básicamente, los satélites tienen mayor utilidad, los enlaces satelitales son iguales a los de microondas excepto que uno de los extremos de la conexión se encuentra en el espacio, como se había mencionado un factor limitante para la comunicación microondas es que tiene que existir una línea recta entre los dos puntos pero como la tierra es esférica esta línea se ve limitada en tamaño entonces, colocando sea el receptor o el transmisor en el espacio se cubre un área más grande de superficie.

Las comunicaciones vía satélite poseen numerosas ventajas sobre las comunicaciones terrestres, la siguiente es una lista de algunas de estas ventajas:

- ✚ El costo de un satélite es independiente a la distancia que vaya a cubrir.
- ✚ La comunicación entre dos estaciones terrestres no necesita de un gran número de repetidoras puesto que solo se utiliza un satélite.
- ✚ Las poblaciones pueden ser cubiertas con una sola señal de satélite, sin tener que preocuparse en gran medida del problema de los obstáculos.
- ✚ Grandes cantidades de ancho de bandas están disponibles en los circuitos satelitales generando mayores velocidades en la transmisión de voz, data y vídeo sin hacer uso de un costoso enlace telefónico.

Los satélites de comunicación están frecuentemente ubicados en lo que llamamos Orbitas Geosincronizadas, lo que significa que el satélite circulará la tierra a la misma velocidad que su movimiento rotatorio, lo que lo hace parecer inmóvil desde la tierra. Una ventaja de esto es que el satélite siempre está a la disposición para su



uso. Un satélite para estar en este tipo de órbitas debe ser posicionado a 13.937,5 Kms. de altura, con lo que es posible cubrir a toda la tierra utilizando solo tres satélites.

Un satélite no puede retransmitir una señal a la misma frecuencia a la que es recibida, si esto ocurriese el satélite interferiría con la señal de la estación terrestre, por esto el satélite tiene que convertir la señal recibida de una frecuencia a otra antes de retransmitirla, para hacer esto lo hacemos con algo llamado "Transponders".

Otro punto que cabe destacar es que existen satélites que se encargan de regenerar la señal recibida antes de retransmitirla, pero estos solo pueden ser utilizados para señales digitales, mientras que los satélites que no lo hacen pueden trabajar con ambos tipos de señales (Análogas y Digitales).

## 2.6.- Subsistemas de un satélite.

**Satélite.** Constituye el punto central de la red y su función es la de establecer comunicaciones entre los diversos puntos de la zona en la que atiende. En un sistema puede haber más de un satélite, uno en servicio y otro de reserva (que puede estar en órbita o en tierra), o bien uno en servicio, otro de reserva en órbita y un tercero de reserva en tierra. La posición adoptada defende de la confiabilidad que se pretende obtener.

En la ingeniería de los satélites, como en cualquier otra área de la Astronáutica, confluyen múltiples aspectos. No sólo se trata de construir una máquina, sino también de conseguir que, a pesar de sus delicados elementos electrónicos, sea capaz de resistir los rigores y presión de un lanzamiento, las ondas acústicas durante el mismo y, sobre todo, funcionar en el ambiente del espacio, donde las temperaturas fluctúan entre los 200° C bajo cero durante periodos de sombra y 200° C a la luz del Sol.

El diseño de los satélites ha evolucionado desde aquellos años del Sputnik I hasta la actualidad; sin embargo, su razón de ser sigue siendo la misma, así como la de la mayor parte de sus elementos. El paso del tiempo y los logros en las tecnologías han proporcionado instrumentos más precisos, sistemas de provisión de energía eléctrica más potentes y componentes de menor peso, pero todos ellos, en esencia, no han cambiado mucho, hay quienes afirman que la Astronáutica es aún una ciencia demasiado joven.

- La carga útil debe estar orientada en la dirección correcta.



- La carga útil debe ser operable y confiable sobre cierto periodo de tiempo especificado.
- Los datos y estados de la carga útil y elementos que conforman la plataforma deben ser enviados a la estación terrestre para su análisis y mantenimiento.
- La órbita del satélite debe ser controlada en sus parámetros.
  
- La carga útil debe de mantenerse fija a la plataforma en la cual está montada.
- Una fuente de energía debe estar disponible, para permitir la realización de las funciones programadas.

Desde otra perspectiva, cada satélite tiene una serie de conglomerados de elementos, conocidos como subsistemas lo cuales serán explicados mas adelante:

- **Estructura**, que puede tener muy distintas formas, pero que siempre se construye con metales muy ligeros y de gran resistencia.
  
- **Propulsión**, compuesta por múltiples motores (impulsores de bajo empuje), que permiten al satélite realizar pequeñas correcciones y cambios de velocidad para controlar su orientación espacial y proporcionar el control adecuado de los parámetros de la órbita. Últimamente, se están usando otros métodos de propulsión, como eléctrica o iónica, cuyo bajo empuje, pero elevado impulso específico, los hace más eficientes y muy económicos en cuanto al consumo de combustible.
  
- **Control de orientación**, trabaja contra las perturbaciones a las que está sometido el aparato, como el viento solar. Permite al satélite saber constantemente donde está y hacia donde debe orientarse para que sus emisiones lleguen a la zona deseada, considerando su natural movimiento Norte-Sur y Este-Oeste alrededor de un punto. Además, orienta los paneles solares, sin importar cómo esté posicionado el satélite. La computadora a bordo, lleva una serie de programas capaces de reaccionar ante una variada gama de problemas: si algo grave o inesperado ocurre, desconectará automáticamente todos los sistemas no esenciales, se orientará hacia el Sol para garantizar una adecuada iluminación de las celdas solares e intentará comunicarse con la Tierra o esperar órdenes procedentes de ella. Esta fase se denomina modo seguro y puede salvar la vida a muchos satélites, dando tiempo a la intervención humana.

- **Potencia.** Como fuente de energía secundaria las baterías proveen la suficiente para alimentar a los sistemas e instrumentos, cuando la energía solar no puede ser aprovechada, por ejemplo, durante los eclipses. Son cargadas poco antes del lanzamiento y de ellas depende la vida del satélite. La fuente primaria de energía del satélite la constituyen celdas solares colocadas en grupos para conformar paneles solares, que por sus dimensiones y su relativa fragilidad, permanecen plegados durante el despegue. Su apertura añade otro factor de incertidumbre durante la puesta en órbita del satélite. Una vez en posición y perfectamente orientados, empiezan a proporcionar energía a los sistemas, que hasta entonces han debido usar baterías. Esta energía es administrada por un sistema que regula y distribuye el voltaje al resto de componentes.

- **Telemetría,** seguimiento y órdenes; subsistema encargado de hacer contacto con las estaciones terrenas con el fin de recibir órdenes de ellas y darles seguimiento. Esto permite el correcto mantenimiento de los otros subsistemas del satélite.

Aunque un satélite es sometido a pruebas exhaustivas durante su construcción y antes del lanzamiento, es probable que falle, lo que significa pérdidas considerables; por ello llevan a bordo equipos redundantes (2 de cada uno de los principales) y además las empresas propietarias adquieren pólizas de seguro para cubrir las principales eventualidades (lanzamiento fallido, menor eficiencia de la prevista en órbita, duración inferior a la prevista, etcétera).

A continuación se explicara cada uno de los subsistemas que conforman a un satélite:

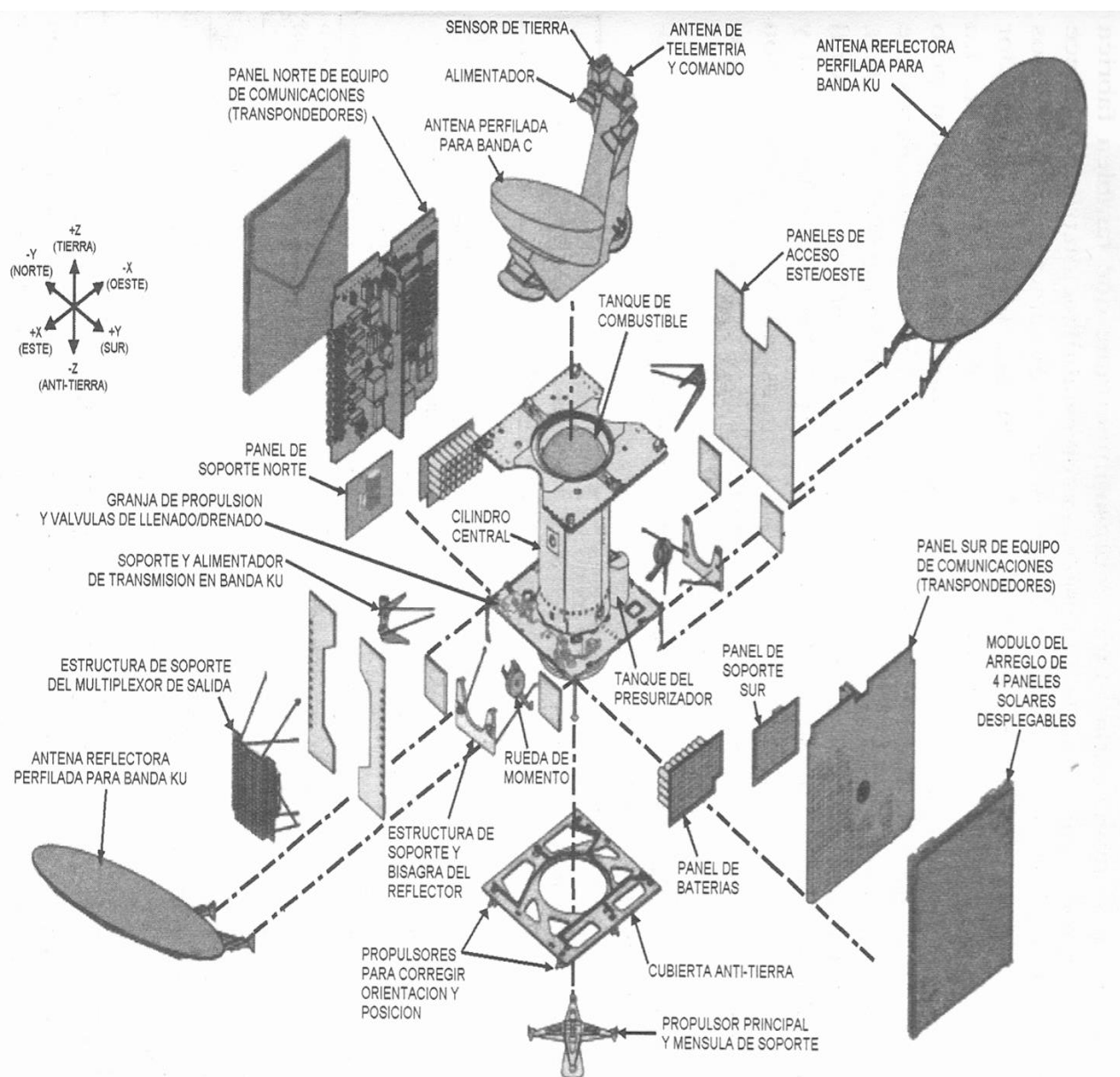
Un satélite es un sistema muy complejo y delicado, integrado por varios subsistemas; cada uno de ellos es igualmente importante, pues su probable falla podría causar la inutilidad parcial o total del conjunto. El satélite necesita energía eléctrica, disipar calor, corregir sus movimientos y mantenerse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

Subsistemas	Función
1 Antena	Recibir y transmitir las señales de radiofrecuencias desde o hacia las direcciones y

	zonas de coberturas deseadas.
2 comunicaciones	Amplificar las señales recibidas, cambiar su frecuencia y entregárselas a las antenas para que sean retransmitidas hacia la tierra. Posibilidades de conmutación y procesamiento.
3 Energía eléctrica	Suministrar energía a todos los equipos, con los niveles adecuados de voltaje y corriente, bajo condiciones normales y también en los casos de eclipses.
4 Control térmico	Regular la temperatura del conjunto, durante el día y la noche.
5 Posición y orientación	Determinar y mantener la posición y orientación del satélite. Estabilización y orientación correcta de las antenas y paneles de células solares.
6 Propulsión	Proporcionar incrementos de velocidad y pares para corregir las desviaciones en posición y orientación. Última etapa empleada para la colocación del satélite en la órbita geoestacionaria al inicio de su vida útil.
7 Rastreo, telemetría y comando	Intercambiar información con el centro de control en tierra para conservar el funcionamiento del satélite. Monitoreo de su “estado de salud”
8 Estructural	Alojar todos los equipos y darle rigidez al conjunto, tanto durante en el lanzamiento como en su medio de trabajo.

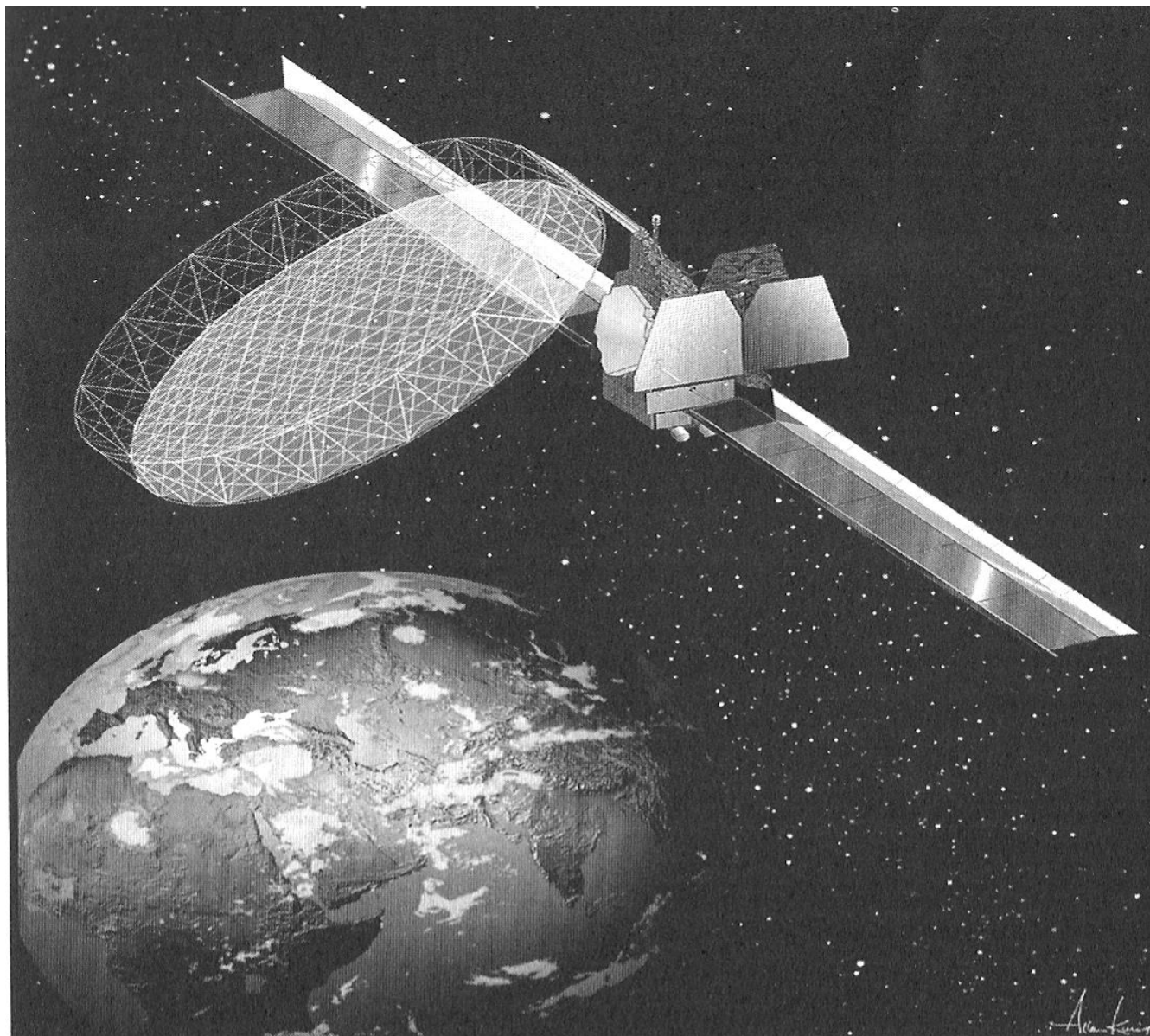
Los subsistemas 1 y 2 (antenas y comunicaciones) están íntimamente relacionados, por lo que algunos

prefieren considerarlos como un solo subsistema o “carga de comunicaciones”. Su diseño definitivo depende de las necesidades de quienes vayan a ser sus dueños (cobertura, potencia radiada, tráfico, bandas de frecuencia, número de transpondedores, etc.). Al resto de los subsistemas (del 3 al 8) se les considera en conjunto con el chasis o modelo básico del aparato. Cada empresa aeroespacial que se dedica a fabricar satélites de comunicaciones ofrece varios modelos o chasis básicos, que son adaptados y complementados con sus antenas y equipo de comunicaciones al gusto del cliente.



**Figura.- Posición relativa de los principales componentes de un satélite típico moderno con estabilización triaxial. (Space Systems Loral)**





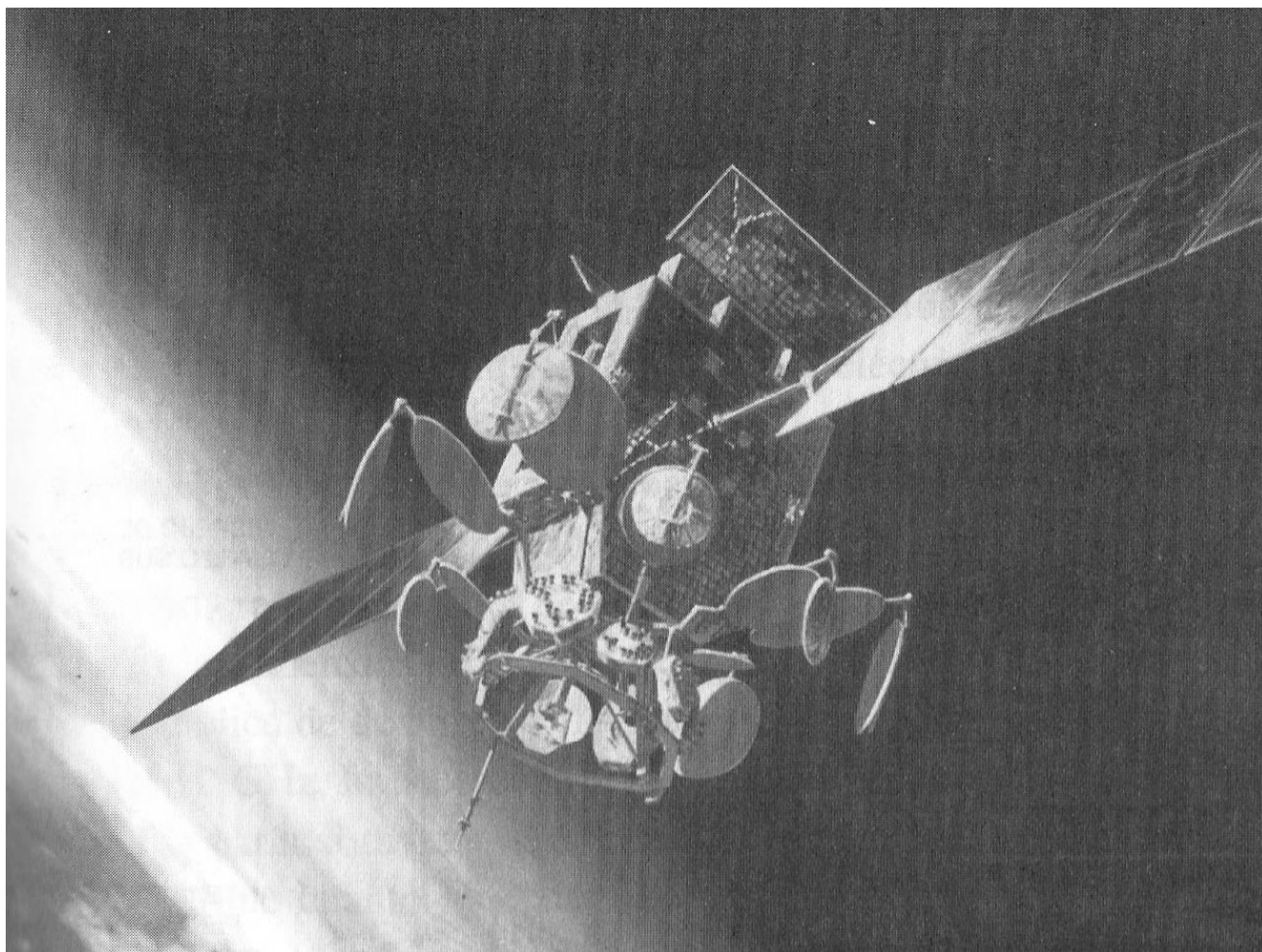
**Figura.- satélite geostacionario Thuraya para comunicaciones en las bandas L, propiedad de los Emiratos Áabes unidos. Sus gigantescas antenas miden 13 metros de diámetro y tiene un procesador digital que le permite generar más de 200 haces puntuales para optimizar el uso de la potencia y comunicar a cerca de 250,000 usuarios con terminales de bajo costo, por medio de 25,000 circuitos dúplex. (cortesía de boeing satellite system, Inc)**

### 2.6.1.- SUBSISTEMA DE ANTENAS.

Las antenas más utilizadas en los satélites son monopolos, dipolos, helicoidales, bicónicas, cornetas, platos parabólicos y arreglos diversos tipos (planares, de cornetas, de dipolos, etc.). Entre las antenas más avanzadas están los platos parabólicos con superficie perfilada o irregular (en lugar de lisa) y los arreglos de activos con control de fase; estos últimos son fabricados con tecnología MMIC (**M**onolithic **M**icrowave **I**ntegrated **C**ircuit o circuito integrado de tecnología monolítica) y son muy útiles para generar muchos haces dirigidos simultáneamente hacia diferentes direcciones.

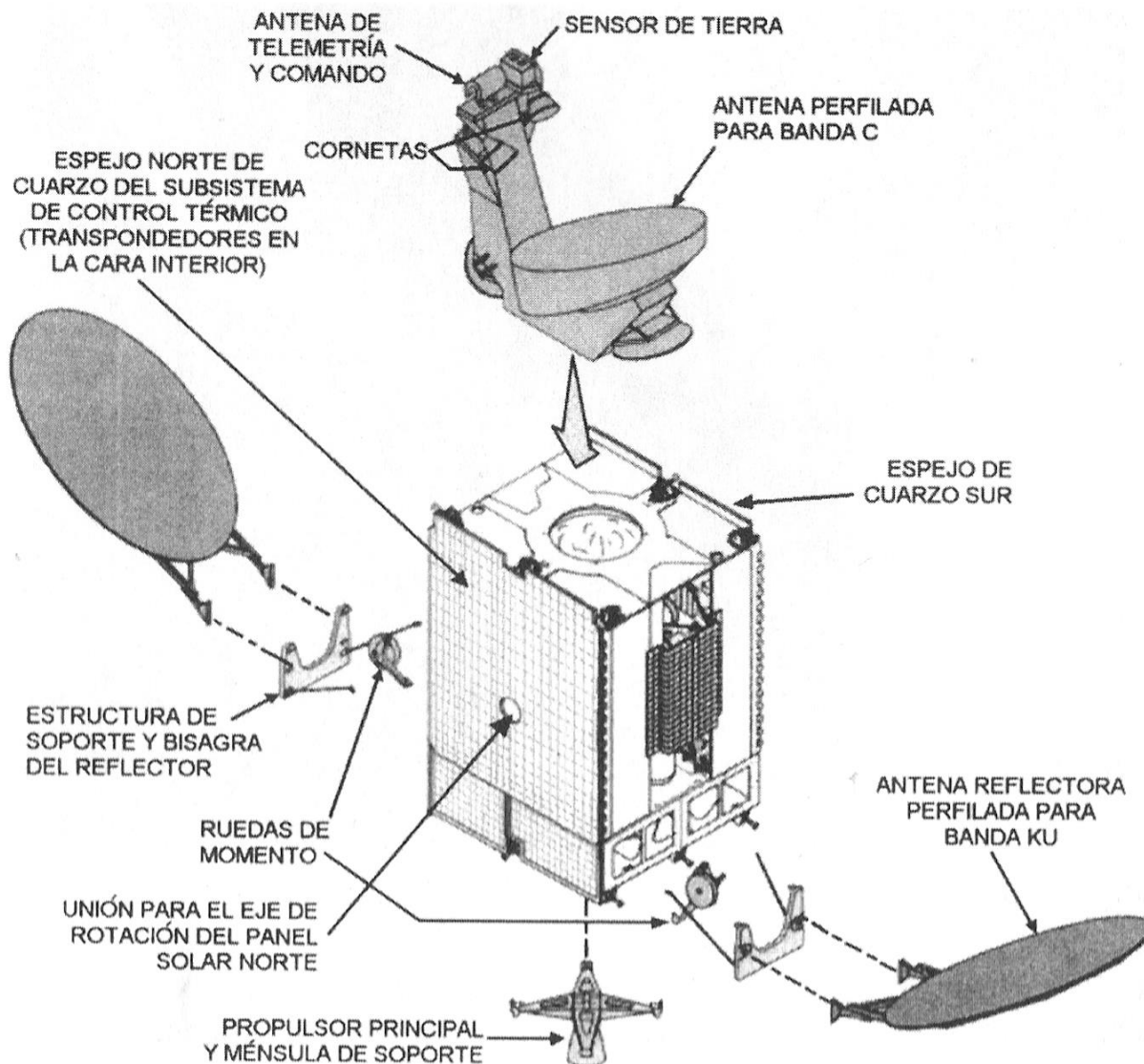
En general, las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras, y después de que son amplificadas y/o procesadas en el satélite, las transmite de regreso hacia la tierra, concentradas en un determinado haz de potencia (o en muchos haces). Los elementos de alimentación, denominados alimentadores, se usan en antenas reflectoras, y generalmente son cornetas conectadas a guías de onda que emiten energía hacia un reflector parabólico, o bien la captan proveniente de este último para entregársela a los equipos receptores





**Figura.-ilustración de un satélite Astrolink para servicios multimedia de banda ancha en las frecuencia de 20/30 Ghz (banda Ka). Nótese los conglomerados de pequeñas antenas de corneta para iluminar los platos parabólicos perfilados, dispuestos por parejas en forma de “almeja”, y producir docenas de haces concentrados hacia la tierra. En la parte inferior del satélite se observa una antena omnidireccional para comando y telemetría. (cortesía de TRW Space & Electronic Group).**

Las antenas son, al mismo tiempo, el puerro de entrada y de salida de ese mundo electrónico que es el interior del satélite. Son la interface o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan dentro de los subsistemas de comunicaciones y de rastreo, telemetría y comando. Las hay de distintos tamaños, configuraciones y acabados, según las frecuencias a las que tengan



que trabajar y las coberturas que deban tener de ciertas zonas geográficas.

**Figura.-Detalle amplificado en otra perspectiva de una sección de un satélite, que muestra la integración de las antenas con la torre o caja central de un satélite triaxial, así como la posición de las ruedas de momento y espejos de cuarzo para la radiación de calor. (Space Systems Loral).**

Paradójicamente, en una antena parabólica chica puede recibir dentro de una extensión territorial muy grande, mientras que una antena de mayor tamaño, que opere a la misma frecuencia, solamente puede hacerlo dentro de una zona geográfica más pequeña, porque su haz principal de radiación es más angosto; pero esto lo hace a cambio de una mayor ganancia. Cuantos más grande son las antenas parabólicas, tienen la prioridad de



una mayor capacidad para concentrar la energía en un haz electromagnético muy angosto, que ilumina pocas unidades cuadradas, pero que las irradia con muy niveles muy altos de densidad de potencia; esto facilita el diseño reduce el costo de las estaciones terrenas receptores porque reciben las señales de mayor intensidad. Por otra parte, cuanto más alto sea a la frecuencia a la que una antena parabólica de dimensiones constantes trabaje, mayor es su capacidad de concentración de energía; esta es una característica propias de todas las antenas llamadas “de apertura”, cuya capacidad de concentrar la potencia en un haz invisible de radiación o iluminación muy angosto es función directa de sus dimensiones eléctricas y no solo de las físicas.

La **dimensión eléctrica** de una antena es igual a su dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda a la frecuencia de operación, o sea, es el número de longitudes de onda que cabrían alineadas a lo largo del diámetro o la dimensión mayor a su apertura o boca. Por ejemplo, una antena parabólica de dos metros de diámetros que irradia energía a una frecuencia de 12 GHz, lo hace de un haz iluminación más angosto que como lo haría si tuviese que operar a una frecuencia de 4 GHz, simplemente porque más alta es la frecuencia, la longitud de onda electromagnética es más corta y el tamaño eléctrico de la antena aumenta. Iniciemos nuestro repaso de antena con los platos parabólicos, que son los empleados con mayor frecuencia.

En general, la ganancia máxima  $G_{max}$  de una antena de apertura está dada por:

$$G_{max} = \eta \frac{4\pi A}{\lambda^2} \quad \text{ecuación (1)}$$

en donde  $\eta$  es la eficiencia de la antena,  $A$  es el área física de su apertura (limitada por la trayectoria cerrada de su borde) y  $\lambda$  es la longitud de onda a la frecuencia de trabajo. Al producto de la eficiencia por el área **física** se le llama apertura o área **efectiva** ( $A_e = \eta A$ ). Los platos parabólicos son iluminados desde su foco geométrico por antenas de corneta de banda ancha, y la eficiencia del conjunto es normalmente de 55% o mayor (hasta un 70% o 75%) y casi constante con la frecuencia. Calcular la eficiencia total  $\eta$  no es fácil, ya que depende de la iluminación que el plato tenga, de los errores de fase y del grado de polarización cruzada, así como del acabado de su superficie y de las pérdidas en sus bordes.

La eficiencia final la especifica el fabricante, ya que proporciona las dimensiones físicas y las ganancias máximas a una determinada frecuencia, de donde, usando la ecuación 1 se puede calcular  $\eta$ .

### 6.1.2.- SUBSISTEMA DE COMUNICACIONES.

Como continuación de nuestro estudio, podemos relacionar las antenas con los subsistemas de comunicaciones. Todas las señales provenientes de la tierra con una determinada frecuencia dentro de cierta banda común entra el satélite por medio de la antena receptora. En el interior del aparato las señales son separadas por grupos, amplificadas, tal vez procesadas digitalmente, y son trasladadas a frecuencias más bajas dentro del espectro electromagnético; posteriormente son amplificadas a un más y reagrupadas, para que todo salgan de regreso hacia la tierra a través de la antena transmisora. Aquí la palabra grupo se refiere a un canal de banda ancha; el número de grupos o canales de banda ancha que son amplificados y procesados en paralelo son variables, dependiendo del diseño del sistema al gusto de su propietario; doce es el número típico en los satélites comerciales que trabajan en las bandas C y Ku para una determinada polarización. Cada canal de banda ancha tiene un ancho de banda de varios Mhz y puede contener uno, algunos o ciento de canales de datos, de telefonía o televisión según las tasas de transmisión y técnicas empleadas de modulación, multiplexaje y acceso múltiples.

Nótese la diferencia entre “canal de banda ancha “ y “ canal “ a secas, aunque es común usar los dos términos para el primero indistintamente, además de “canal de microondas “ . Para evitar confusiones, a cada canal de banda ancha o de microondas se refiere como **transpondedor**; así por ejemplo, un satélite típico tiene 12 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 demultiplexor de entrada, son comunes o compartidos entre todos los transpondedores, de modo que aunque se haga referencia a un determinado transpondedor, por decir el octavo dentro de los doce, debe entenderse que se trata de todo un canal con varios equipos interconectados y no solamente de una pieza de equipo.

#### 2.6.2.1.-BANDAS Y FRECUENCIAS ASIGNADAS.

La capacidad de trafico de un satélite esta limitada por dos factores; ancho de banda y potencia de los

amplificadores; estos últimos se mencionaran más adelante. Por lo que respecta al ancho de banda, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) ha asignado para los satélites actuales de comunicaciones las bandas de VHF, UHF y SHF. Estas bandas son muy anchas y han sido divididas por conveniencia en subbandas, también conocidas como “bandas”; así, UHF contiene a las bandas L y S, mientras que SHF incluye a las bandas C, X, Ku y Ka, que son empleadas actualmente por satélites civiles y militares para diferentes tipos de servicios. Los tres principales tipos de servicios definidos tanto por la UIT como por la FCC de los Estados Unidos son conocidos por las siglas FSS, MSS y BSS.

- **FSS** o servicio fijo por satélite en un término genérico que se aplica a todo servicio de comunicaciones que no sea ni móvil ni de radiodifusión. La mayoría de los satélites de comunicaciones corresponden a esta categoría FSS.
- **MSS** o servicio móvil por satélite se refiere a toda comunicación entre dos puntos arbitrarios en tierra firme, aire o mar; uno de estos puntos puede estar cambiando de posición, o bien ambos.
- **BSS** o servicio de radiodifusión por satélite es una categoría especial en la que las señales transmitidas son recibidas directamente en los hogares. También suelen llamarsele DBS o DTH.

Cada servicio tiene sus propias bandas de frecuencias asignadas, y los límites inferior y superior de cada una de ellas pueden variar dependiendo de la región; las regiones en que la UIT ha dividido al mundo para tener una mejor radiocomunicación.

Las bandas de VHF, UHF, y en particular la L, son usadas generalmente para comunicaciones móviles con ancho de banda limitado; la S también es empleada para comunicaciones móviles y ciertos servicios de recepción de TV; la L y la S tienen frecuencias centrales cercanas a 1.5 Ghz y 2 Ghz, respectivamente, pero su ancho de banda disponible es muy pequeño en comparación al de las bandas de frecuencias superiores.

Las bandas C y Ku son las más usadas actualmente por los satélites comerciales, pero como es casi ya imposible dar nuevas posiciones para más satélites trabajen en estas bandas sin interferir con satélites vecinos ya existentes, también ha empezado a aprovecharse la banda Ka. Esta banda tiene un ancho muy atractivo de 3,500 Mhz, aunque no necesariamente tenga que ser empleado todo a la vez por cada satélite en cuestión. Además, su principal desventaja es que cuando llueve los niveles de atenuación a esa frecuencia son mucho mayores que las de la banda C y Ku; por ello, la disponibilidad de diseño de los enlaces en las bandas

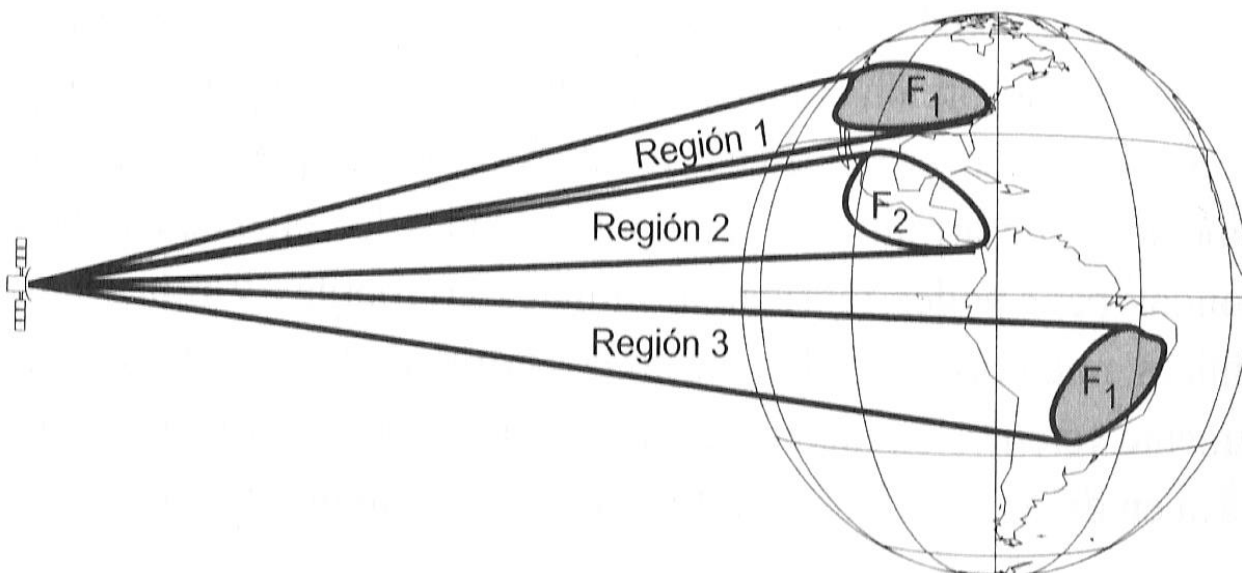
(típicamente es de 99.5 %) es menor que la de los correspondientes en las bandas C y Ku. Finalmente en la banda X esta reservados para la transmisión militares y gubernamentales.

En la siguiente tabla se proporciona un resumen de las frecuencias asignadas a las bandas más importantes para alto tráfico de FSS y BSS, tanto para las antenas y amplificadores de recepción del satélite (enlace ascendente) como para sus amplificadores de potencia y antenas de transmisión (enlace descendente); aunque no necesariamente, cada dos años existe la posibilidad de que hagan ligeros ajustes o modificaciones, dentro del marco de cada Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones, organizada por la propia UIT. El lector interesado en conocer todos los tipos de servicios, reglas, nomenclaturas, recomendaciones, manuales, programas de cómputo, etc. Estas publicaciones existen en varios idiomas, entre ellos el español, inglés, francés y ruso.

#### **2.6.2.2.- POLARIZACION Y REUTILIZACION DE FRECUENCIAS.**

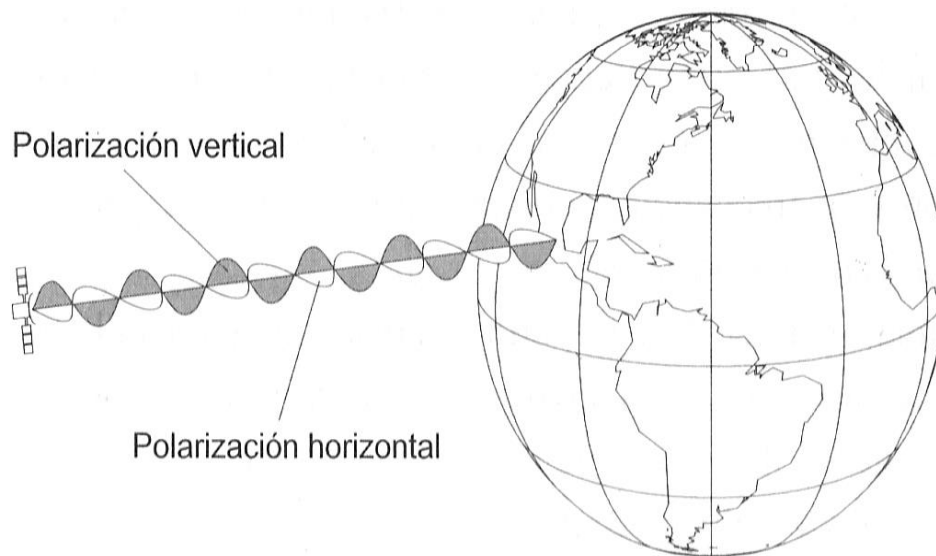
El espectro radioeléctrico disponibles para los satélites de comunicación es infinito; en las bandas C, Ku, Ka y Q/V se tienen asignado ancho de banda de 500, 500, 3500 y 3000 Mhz, respectivamente. Sin embargo, es posible aumentar la capacidad de cada satélite usando dos trucos técnicos, desarrollados precisamente para utilizar las frecuencias asignadas por duplicado o un poco más, sin producir interferencias significativas. Estos “trucos “ son conocidos como **reutilización de frecuencia** y los hay de dos tipos: con aislamiento espacial y con discriminación de polarización.

La **reutilización de frecuencia con aislamiento espacial** se realiza con antenas que produzcan muchos haces dirigidos hacia zonas geográficas diferentes; las huellas de iluminación que estén lo suficientemente separadas entre sí pueden emplear las mismas frecuencias como se ilustra en la siguiente figura.



**Figura.-concepto generalizado de la reutilización de frecuencias con aislamiento espacial. El mismo satélite transmite con el mismo bloque de frecuencias  $F_1$  en las regiones 1 y 3. para una aplicación con haces angostos en una extensión territorial más reducida.**

En cambio, la **reutilización de frecuencias con discriminación de polarización** es efectuada mediante la transmisión simultánea en un mismo haz, a la misma frecuencia, con señales de polarización ortogonales como se muestra en la siguiente figura. Recuérdese que la polarización de una señal electromagnética está asociada a la dirección de su campo eléctrico; dos polarizaciones son ortogonales entre si cuando sus vectores de campo eléctrico forman  $90^\circ$  en todo momento. Los sistemas que emplean polarización circular tienen la ventaja de que sus antenas no necesitan orientación de polarización; en cambio, los que operan con polarización lineal si la requieren. Sin embargo, los efectos de propagación sobre señales polarizadas circular o linealmente son diferentes, además de que los alimentadores de las estaciones terrenas con polarización circular son más caros.



**Figura.- Concepto de la reutilización de frecuencias con discriminación de polarización. El satélite radia dos haces traslapados que contienen señales diferentes con polarización ortogonales.**

Por estas razones, la mayoría de los satélites emplean polarización ortogonal lineal (horizontal y vertical), aunque en la banda C también es común emplear polarización ortogonal circular (derecha e izquierda). A pesar de que en teoría es posible duplicar el ancho de banda utilizado, el resultado en la práctica es un poco inferior ya que influyen factores de planeación, como el aislamiento necesario por polarización cruzada y la asignación de frecuencias con canal; la elección de las frecuencias centrales para los transpondedores de polarización ortogonal tiene como objetivo ayudar a reducir posibles interferencias por la reutilización de frecuencias.

Por último conviene mencionar que un satélite puede emplear ambas técnicas de reutilización de frecuencias simultáneamente; es decir, puede radiar varios haces y frecuencias ortogonales a la vez, lo cual hace más que duplicar el ancho de banda total aprovechado.

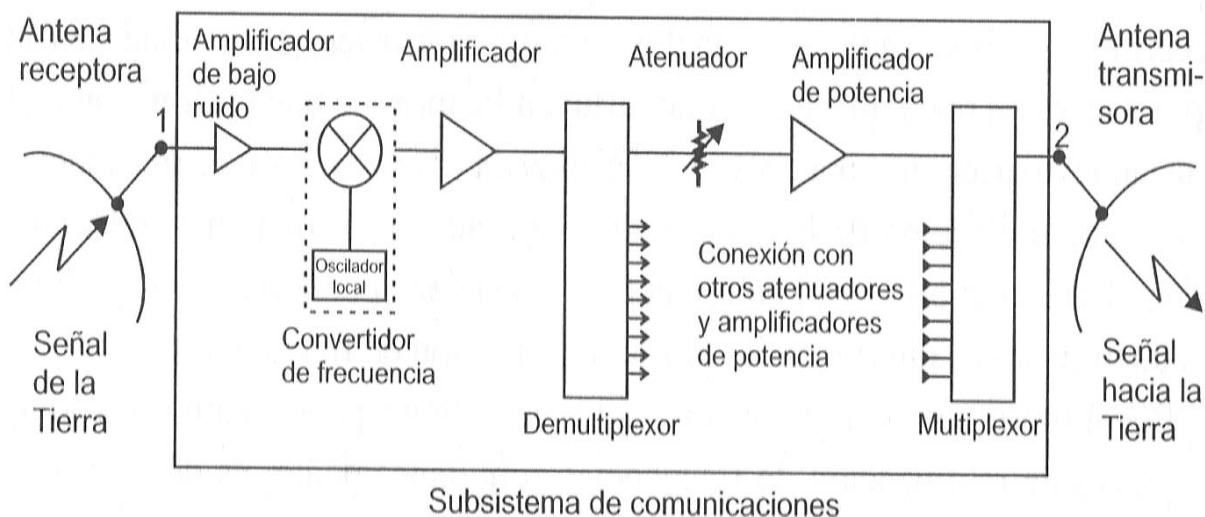
### 2.6.2.3.- TRANSPONEDORES.

Recordemos que las señales de comunicación (telefonía, televisión e información digital) recibidas por el satélite entran a él a través de su subsistema de antenas, y después de procesarlas debidamente las retransmite

de regreso a la tierra. Los principales pasos del proceso, sin entrar todavía en detalles finos, son amplificar las señales a un nivel de potencia adecuado, para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como cambiarlas de frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente. El subsistema de comunicaciones realiza estas funciones mediante filtros, amplificadores, convertidores de frecuencias, conmutadores y multiplexores, entre otros dispositivos de microondas.

El diagrama que se muestra en la siguiente figura se ve una relación más detallada entre las antenas y el equipo de comunicaciones. Para mayor sencillez, en el solo se ilustra una de las posibles trayectorias, pero además es normal que algunos de ellos solo se instalen repetidores para una misma trayectoria, o sea, o sea que sean redundantes para que en el caso de que uno de ellos falle, exista aun la posibilidad de tener una trayectoria interrumpida entre las antenas de recepción y trasmisión; para efectuar el cambio se cuenta con conmutadores que hacen la conexión de un elemento a otro. A la trayectoria completa de cada repetidor, comprendiendo todos los equipos desde la salida de la antena receptora hasta la entrada de la antena transmisora se le da el nombre de **transpondedor**, o sea que el subsistema de comunicaciones consta de muchos transpondedores, y su número depende del diseño del satélite. En realidad, cada cadena es más compleja de lo que se muestra en el diagrama, además de que puede haber ligeras variantes en las etapas de amplificación y conversión de frecuencia; pero lo que sea incluido es suficiente, por el momento, para explicar a grandes rasgos cuál es su función.





**Figura.- relación entre los subsistemas de antenas y comunicación.**

Las señales provenientes de la tierra que entran por la antena receptora pueden contener muchos canales de televisión, o miles de canales telefónicos o de datos, todos ellos enviados a frecuencias diferentes; al rango de frecuencias que hay entre la frecuencia más baja y la más alta de las que se transmiten se le da el nombre de **ancho de banda**. Cuanto mayor sea el ancho de banda de un equipo, este será mejor eficiente; por ejemplo, si se trata de un equipo de recepción, puede recibir con la misma calidad más canales de televisión, telefonía o datos que otro cuyo ancho de banda de operación sea menor.

Un satélite puede tener varias antenas receptoras o quizás solamente una, dependiendo de su aplicación y diseño, y cada una de ellas debe ser capaz de recibir al mismo tiempo muchos canales con información, que posteriormente serán amplificadas por separado en distintos transpondedores. Es decir, las antenas receptoras, y lo mismo se aplica a las antenas transmisoras, tienen un ancho de banda muy grande, suficiente para operar a las frecuencias asignadas para los satélites de comunicaciones, cuya mayor parte funcionan actualmente en las bandas de frecuencia C y Ku. En cada una de estas bandas, el ancho de banda de operación, o sea, el rango de frecuencias disponibles, es de **500 Mhz** para transmisión y **500 Mhz** para recepción. Existen satélites llamados híbridos, que tienen los equipos necesarios para trabajar simultáneamente tanto en las bandas C y las bandas Ku, esto duplica la capacidad en el número de canales que puede manejar el sistema al mismo tiempo; por lo general, estos satélites híbridos también usan reutilización de frecuencias lo cual aumenta aún más su potencial de manejo de tráfico.



En la banda C, las frecuencias que se utilizan para transmitir de la tierra hacia el satélite están entre 5.925 y 6.425 Ghz, con una frecuencia central de 6.175 Ghz. La antena receptora del satélite detecta todas esas frecuencias, pues su ancho de banda de recepción es mayor que 500 Mhz. Los transpondedores, entre otras funciones, cambian las frecuencias de todas las señales contenidas en ese rango, bajándolos a otro de igual ancho de banda, pero cuyos límites inferior y superior son, respectivamente, 3.7 y 4.2 Ghz posteriormente, todas las señales contenidas en estas últimas frecuencias son entregadas a la antena transmisora para que las envíe de regreso a la tierra. Un enlace de este tipo se representa con la nomenclatura 6/4 Ghz, indicando que la señal sube al satélite con frecuencias cercanas a 6 Ghz y que baja con frecuencias cercanas a los 4 Ghz. En la banda Ku, el proceso de recepción, conversión de frecuencias y transmisión es similar al de la banda C, solo que las frecuencias Tierra-satélite están entre a 14.0 y 14.5 para el servicio fijo, con una frecuencia central de 14.25 Ghz, y las frecuencias satélite-tierra están entre 11.7 y 12.2 Ghz; en este caso, el enlace se representa con la nomenclatura 14/12 Ghz. Un razonamiento similar aplica para la banda Ka.

En estos satélites híbridos, los procesos descritos para las bandas C y Ku se llevan a cabo simultáneamente, a través de sus amplificadores y demás equipos correspondientes; estos equipos están contenidos en secciones separadas del subsistema de comunicaciones, puesto que unos están diseñados para trabajar en la banda C y otros para hacerlo en la banda Ku. Es fácil intuir que estos satélites, por el hecho de suplicar su capacidad de trabajo, requieren más energía eléctrica, y en consecuencia necesitan más metros cuadrados de celulares solares para efectuar la conversión suficiente de energía solar en electricidad.

Por conveniencia, el ancho de banda de 500 Mhz se divide en espacios o segmentos, cuyo número depende de la aplicación del satélite. En la siguiente figura se muestra una división usual de ancho de banda de un satélite en 12 segmentos o espacios iguales de 36 Mgz de ancho de banda cada uno. Los espacios libres entre segmentos adyacentes se dejan disminuir la posibilidad de interferencia entre las señales que cada uno contiene, y por ello se denomina bandas de guarda. Cada segmento de 36 Mgz puede trabajar, por ejemplo, con un canal de televisión independientemente, por lo que la capacidad total del satélite en esta banda C de operación sería igual a 12 canales de televisión. También sería posible que en cada segmento cupieran varios canales de TV digital, dos canales de TV analógicas o cientos de canales telefónicos y de datos, pero estos son otros casos especiales que no serán tratados por el momento.

Ahora bien, también Recuérdese que la antena receptora de satélite no capta solamente las frecuencias que corresponden al rango del transpondedor, sino todas las frecuencias de los 12 transpondedores. Es decir, por ella entran diferentes clases de señales al mismo tiempo, que bien podrían ser en un momento dado seis o siete canales de televisión, miles de canales telefónicos y algunos canales de datos. Para la antena, esto no representa ninguna dificultad, pero no es fácil construir aparatos electrónicos de altas potencia que realicen sus funciones de amplificación óptimamente con todas esas señales al mismo tiempo. Por tanto es necesario aislarlas para procesarlas y amplificarlas por separado, y esta es una de las razones principales por las que se divide el ancho de banda del satélite en transpondedores; después de proceso, todas las señales se vuelven a juntar o agrupar, para que la antena transmisora la envíe a la tierra.

El dispositivo electrónico importante que encuentran las señales recibidas por la antena es un amplificador de bajo ruido o También conocido como preamplificador de bajo ruido porque después del hay otras etapas de amplificación, con poca potencia de salida; este aparato genera internamente poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a él amplificación. Todos los dispositivos electrónicos generan ruido, generalmente por el calentamiento; este término se utiliza para identificar las señales nuevas, de diversas frecuencias, que son generadas internamente e indeseablemente por el aparato. Si estas nuevas señales, ajenas a la información original, son muy grandes o intensas, entonces al sumarse con la segunda pueden alterar su contenido. La primera etapa de amplificación es muy importante, por cualquier señal recibida por la antena es muy débil; en el caso de un satélite geoestacionario después de haber recorrido 36 000Km, procedente de la superficie de la tierra, su nivel de potencia de llegada es muy bajo. Por esta razón, es muy importante que el ruido generado por este dispositivo de amplificación, común para los transpondedores de una misma banda de trabajo, sea lo más bajo posible, y de ninguna manera comparable en magnitud a ninguna de las débiles señales que están entrando en él. Las estaciones terrenas receptoras también llevan un amplificador de bajo ruido inmediatamente después de la antena, por razones similares, ya que las señales También se atenúan mucho durante su recorrido de regreso del satélite a la tierra.

Hasta el momento, lo único que se han hecho es aumentar ligeramente el nivel de potencia de las señales. Cuando han alcanzado un nivel adecuado, pasan por un dispositivo conocido como **convertidor de frecuencia**, que no es más que un oscilador local que multiplica las señales que entran por otra generada internamente; las señales obtenidas a la salida del aparato son similares a las que entraron, por lo que respecta

a su contenido, pero han sido desplazadas a frecuencias más bajas en el espectro radioeléctrico. Después de amplificar y cambiar la frecuencia de las señales, el siguiente paso es separarlas en grupos o bloques. La separación se realiza con un **demultiplexor**, que tiene un solo conducto de entrada y varios de salida. A él entra la información completa de 500 Mhz de ancho de banda, y en su interior, mediante filtros, se separan los canales en bloques fuertes de amplificación, proporcionada por un **amplificador de potencia**, y después todos los bloques son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500 Mhz de ancho de banda, a través de un multiplexor, conectado a la antena transmisora del satélite.

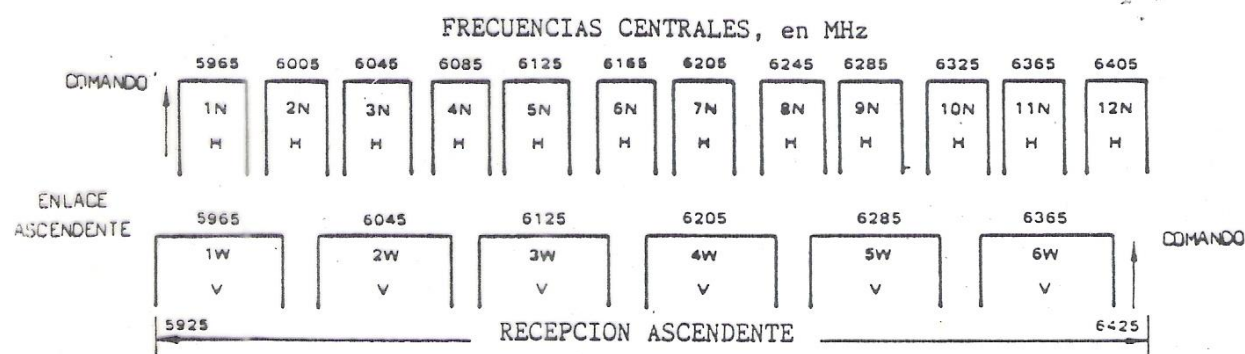
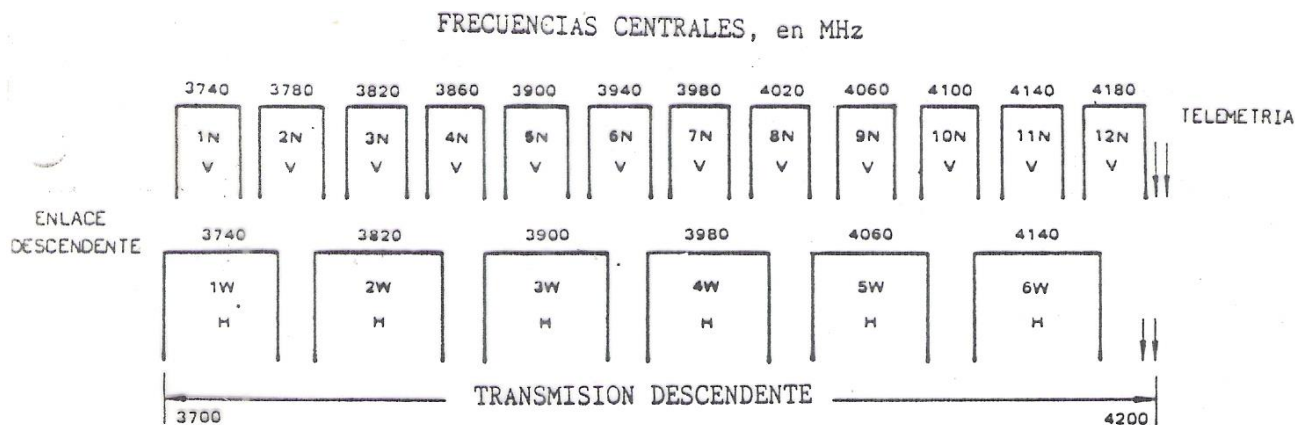
Cuando los amplificadores de potencia del satélite entregan a su salida el máximo de potencia posible, se dice que están operando en su punto de **saturación**; para que esto ocurra, la potencia total de las señales que entran a ellos debe tener un valor determinado. Sin embargo no siempre es necesariamente deseable obtener a la salida de un amplificador de potencia la máxima posible, es decir, operarlo en saturación, pues como tenga el bloque que se va a amplificar. Por otra parte, cuanto mayor sea la intensidad de las señales que llegan al satélite, se obtienen mejores resultados en la primera etapa de amplificación (amplificador de bajo ruido), ya que la relación entre la potencia de la señal amplificada y la potencia de ruido térmico generado internamente es mayor, y como la calidad con la que finalmente la señal se recupera en la tierra depende, entre otros parámetros, de esta relación de potencias, se obtiene entonces una mejor fidelidad.

Sin embargo, el alto nivel de las señales amplificadas en esta primera etapa, que se convierte en la entrada a los amplificadores de potencia, en general puede ser demasiado, además de que respetar normas establecidas sobre límites en la densidad de flujo; en estas circunstancias conviene reducir el nivel de las señales con un atenuador variable antes de alimentar a cada amplificador de potencia.

Todo tipo de información que se transmite al satélite tiene una frecuencia asignada, denominada **portadora**; el número de frecuencias portadoras que entrarían al amplificador de potencia sería mayor que uno e igual que cuatro, y como la característica entrada-salida del amplificador es no lineal, se producirán internamente muchas señales adicionales e indeseables que a la salida se sumarían a la información original, distorsionándolas. Estas señales indeseables se denominan en conjunto **ruido de intermodulación**, y su intensidad es cada vez mayor, y más dañina, conforme se trata de obtener más y más potencia a la salida del amplificador, hasta quizás llegar a la máxima posible, correspondientes al punto de saturación. Por esta razón es necesario operar al amplificador de potencia en un punto de trabajo inferior al de saturación para reducir a sí

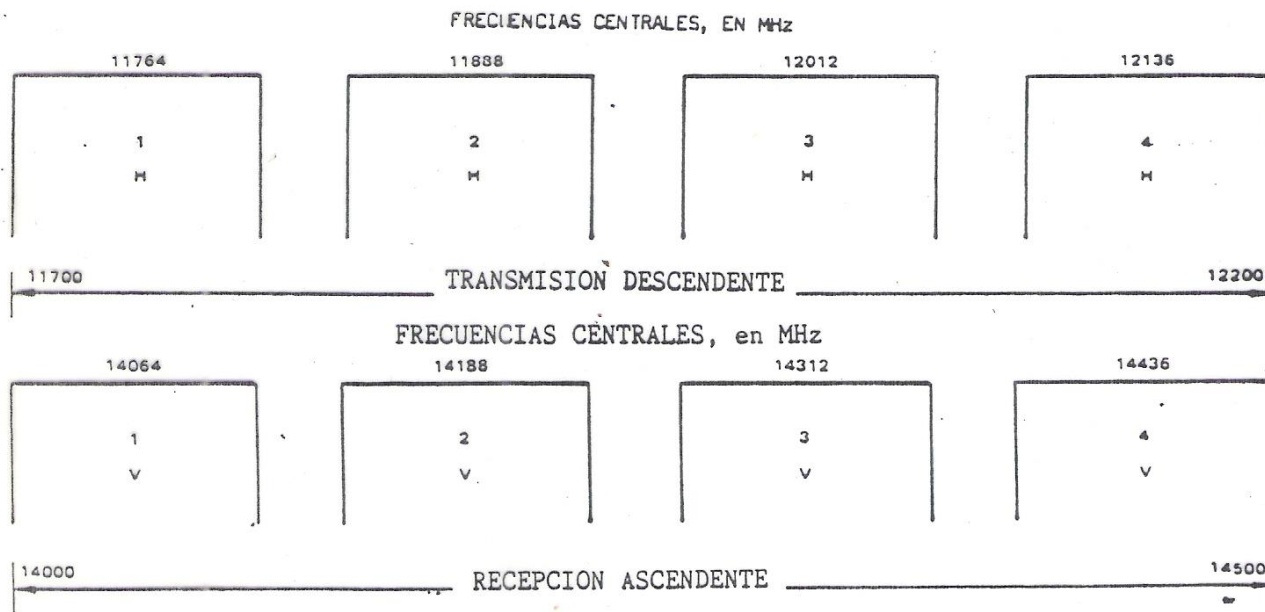
el ruido de intermodulación y su efecto sobre la información original, aunque para ello se tenga que sacrificar la potencia de salida. Los atenuadores o resistencias variables descritas anteriormente permiten regular la intensidad de las portadoras y entregan menos o más potencia a la entrada del amplificador, para que a su vez salga de él menos o más amplificación de potencia, con un nivel aceptable de ruido de intermodulación.

Con el fin de reafirmar todos los conceptos que han sido descritos hasta ahora y ver algunos de los detalles finos, en la siguiente figura se muestra el plan de frecuencias y polarización del satélite satmex 5, lanzado en 1998. el satélite es híbrido; tiene 24 transpondedores de 36 Mhz en la banda C, así como otros 24 en la banda Ku, también de 36 Mhz cada uno. La frecuencia central de cada transpondedor se indica debajo de su bloque correspondiente, en Mhz , tanto para el enlace de subida como para el de bajada. Nótese el cambio de polarización de horizontal (H) a vertical (V), o viceversa, entre ambos enlaces de subida y bajada. También debe observarse el desplazamiento de las frecuencias centrales de los transpondedores pares con relación a las de los impares; la frecuencia central de lo impares queda dentro de la banda guarda de los pares, y viceversa, como una medida adicional para reducir las posibles interferencias entre transpondedores; nótese, además, que la polarización de subida o bajada de los transpondedores pares es ortogonal a la de los impares, de nuevo para la reducción de interferencia.



H = POLARIZACION HORIZONTAL  
V = POLARIZACION VERTICAL

PLAN DE FRECUENCIAS Y POLARIZACION, Banda C



PLAN DE FRECUENCIAS Y POLARIZACION, Banda Ku

Figura.- Plan de frecuencias y polarización del satélite Satmex. Las frecuencias centrales de subida y

**bajada están en Mhz.**

### **2.6.3.- SUBSISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA.**

Para funcionar adecuadamente, 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 por cada uno en particular depende del modelo y de sus características de operación y actualmente varía entre 1 y 20 Kilowatts.

El subsistema de energía eléctrica consiste en tres elementos fundamentales; una fuente primaria, una fuente secundaria y un acondicionador de potencia; este último está integrado por dispositivos como reguladores, convertidores y circuitos de protección, que permita regular y distribuir la electricidad con los niveles adecuados a cada una de las partes del satélite.

Con excepción de las primeras horas inmediatas a su lanzamiento, en donde la electricidad necesaria es suministrada por baterías, la fuente primaria de energía del satélite esta constituidas por arreglos de celdas solares. No obstante, dicha tecnología va siendo sustituida por turbo generadores que producen energía a partir del calor solar y de las reacciones nucleares, que son más pequeños y livianos que las celdas. Actualmente se desarrolla el uso de radioisótopos como fuentes de poder, pero todavía están en periodo de prueba.

Las celdas solares funcionan bajo el principio del efecto fotovoltaico; cuanto mayor sea la densidad de flujo de la radiación solar sobre ella, mayor es la electricidad que generan. El efecto fotovoltaico también depende de la temperatura a la que esta expuestas las celdas solares; cuanto más baja sea esta, mayor será el nivel de voltaje entregado por las celdas. Cuando el satélite se encuentra a la distancia de una unidad astronómica del sol, la intensidad promedio de la radiación solar sobre sus celdas es de 1,370 Watts por cada metro cuadrado se superficie. Si se toma en cuenta que la eficiencia promedio de conversión de electricidad es de 20 %, y que un satélite estándar requiere alrededor de 10 Kilowatts de potencia, es evidente que necesita contar con muchos metros cuadrados de celdas solares.

La intensidad de la radiación solar sobre las celdas del satélite no es constante, puesto que este se acerca o aleja del sol junto con la tierra al desplazarse alrededor de él, completando una vuelta en un año; cuando el satélite y la tierra se acercan al sol, la intensidad de la radiación solar sobre las celdas aumenta. Además, hay

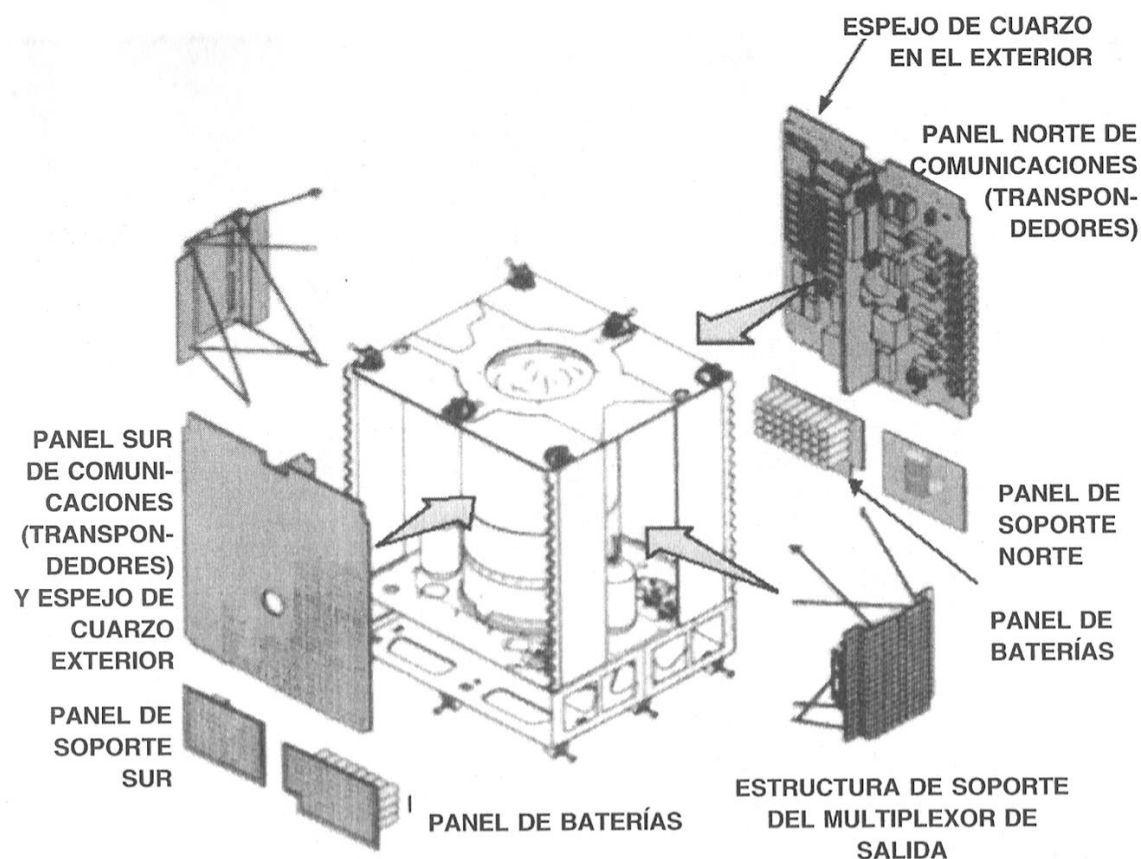
que tomar en consideración que el eje de rotación de la tierra está inclinado con respecto a la eclíptica y que, por lo tanto, el ángulo incidente de los rayos del sol sobre la tierra \_\_\_y sobre la superficie del satélite\_\_\_ cambia según la época del año, conforme ambos orbitan a su alrededor, creándose un movimiento aparente del sol con respecto a la tierra --- y al satélite---. Cuanto mayor sea la desviación del ángulo de incidencia normal (perpendicular) de referencia, menor es la conversión a energía eléctrica. En resumen, ambos efectos ---la distancia del satélite al sol y el movimiento aparente del sol con respecto al satélite--- ocasionan que en diferentes épocas del año se tenga menos o más energía eléctrica disponible, siendo máxima durante los equinoccios y mínima en los solsticios.

#### **2.6.4.-SUBSISTEMA DE CONTROL TÉRMICO.**

Las diversas partes del satélite requieren rangos distintos de temperatura para operar eficientemente, y que es necesario mantener el balance o equilibrio térmico del conjunto para que dichos rangos se conserven. 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 de la tierra son otros factores que deben considerarse también.

La energía proveniente de la tierra la integran dos tipos de radiación: la propia de ella y la del sol reflejada por superficie. La suma de calor generado internamente por el satélite más el producido por la absorción de energía del sol y de la tierra, menos el radiado por el satélite hacia el exterior, se debe mantener lo más constante posible, con pocas variaciones, de tal modo que el satélite funcione íntegra y correctamente. El control de este balance térmico es también muy importante cuando ocurre un eclipse, pues el satélite se enfría bruscamente al quedar en la oscuridad, y cuando está de nuevo expuesto a los rayos del sol sufre otro cambio brusco de temperatura.





**Figura.- Detalle que muestra la integración del cuerpo principal del satélite triaxial**

La transferencia de calor sobrante del satélite al vacío se efectúa por radiación; en su interior también se produce una ligera transferencia de calor entre sus partes, pero por conducción. Con el fin de mantener lo mejor posible el equilibrio térmico, los especialistas en el diseño de satélites tienen a su alcance gran variedad de materiales que utilizan para proteger cada una de las partes del aparato. Por ejemplo, las caras norte y sur de los satélites triaxiales van cubiertas por un reflector óptico de cuarzo, semejante a un gran espejo, que rechaza el calor del exterior y al mismo tiempo lo transfiere del interior al vacío; los dispositivos electrónicos que generan más calor---como los amplificadores de potencia--- se colocan junto a él, en el interior. Estos espejos actúan como filtros, ya que reflejan las radiaciones de luz visible y ultravioleta proveniente del sol y permite el paso de la radiación infrarroja de los aparatos electrónicos hacia el espacio. Por otra parte, tanto ciertos módulos internos como el subsistema de antenas que van en el exterior, son cubiertos con algún tipo material aislante que los protege del calor o de los cambios bruscos de temperatura. Hay una gran variedad de cobertores, de diferentes colores y materiales, entre ellos kapton, kevlar, mylar, dracon, y otros, que le dan a los



satélites una apariencia extraña una vez que están debidamente protegidos.

Los colores juegan un papel muy importante en el acabado de las partes del satélite, dependiendo del lugar que cada uno de ellas ocupe en las estructura, al igual que las propiedades de absorción y emisión de los materiales. Así, como por ejemplo, la pintura blanca absorbe la radiación infrarroja de la tierra, pero rechaza el flujo solar; su emitancia es muy alta y su absorbencia muy baja, de manera que se comporta como un elemento frío frente al sol. Por otra parte, la pintura también tiene una emitancia alta, pero al mismo tiempo posee una absorbencia muy alta, y cuando es expuesta al sol su temperatura es superior a los 0 °C, a diferencia de la pintura blanca, cuya temperatura puede ser inferior a los -50 °C. Entre otros acabados, también se utilizan en algunas secciones la pintura de aluminio; por tener una emitancia más baja que la pintura negra, así como una absorbencia también baja, las zonas recubiertas con pintura de aluminio son más calientes en la oscuridad---o sea, donde no inciden los rayos del sol--- de lo que serían si estuviesen un terminado con pintura negra. Así es como, mediante la combinación de materiales y colores, y con el auxilio de reflectores ópticos, el equilibrio térmico del satélite se conserva dentro de un nivel aceptable de temperatura durante la mayor parte del tiempo.

Sin embargo, dicho equilibrio se altera drásticamente cuando ocurre un eclipse, pues en ese momento desaparece la contribución del calor proveniente del sol, así como el albedo cuya influencia es mucho menor, modificándose la temperatura resultante total. Si no se tomase alguna medida de protección para estas condiciones especiales, el satélite sufriría un cambio térmico muy fuerte, enfriándose a tal grado que los componente más sensibles a las bajas temperatura dejarían de funcionar correctamente; uno de los elementos más sensibles al frío son, por cierto, las baterías, que irónicamente son las responsables de suministrar energía eléctrica al satélite durante el eclipse, y por lo tanto es preciso contar con algún sistema de calefacción que se encienda cuando la temperatura comience a bajar en forma significativa. Para tal efecto se usan los caloductos que distribuyen en el interior el calor emitido por los amplificadores de potencia, así como calentadores eléctricos activados por termostatos o a control remoto. Los oleoductos operan bajo el principio de la evaporación y condensación sucesivas de algún fluido en los extremos de un tubo; en el extremo donde está la fuente de calor---los amplificadores de potencia--- el fluido se evapora, y en el otro se encuentra un radiador que transmite el calor al exterior del tubo, hacia las partes frías; esto ocasiona que el fluido se condense, pero al recircular en el interior del caloducto pasa nuevamente a la condición de evaporación, y así en forma sucesiva.

### 2.6.5.- SUBSISTEMA DE POSICIONAMIENTO Y ORIENTACIÓN.

El objetivo de un satélite de comunicaciones es recibir señales radioeléctricas desde alguna parte de la tierra y retransmitirla hacia otra a través de su subsistema de antenas direccionales, que por supuesto deben estar permanentemente orientadas hacia la zona geográfica de servicio. Para que tal situación se logre, es necesario mantener estable la orientación la estructura del satélite con respecto a la superficie de la tierra, lo cual se obtiene mediante las técnicas de **estabilización por giro o de estabilización triaxial**.

Con la técnica de estabilización por giro, una parte del satélite----o en algunos casos toda su estructura---gira para conservar el equilibrio del conjunto, al mismo tiempo que las antenas permanecen orientadas hacia la tierra. En los primeros satélites que utilizaron antenas de haces de direccionales, estas se hacían girar en sentido contrario a la rotación del cuerpo cilíndrico del satélite, de tal forma que en realidad no se movían con relación a la superficie terrestre. Sin embargo, esta solución perdió practicabilidad al ir evolucionando las generaciones de satélites, y hoy solo una parte de su cuerpo gira mientras que el resto de la estructura--- que incluye a las antenas --- se mantiene fijo; la unión entre la sección que gira y la que no gira es un mecanismo de rodamiento y transferencia de energía eléctrica con muy poca fricción. El satélite gira sobre su propio eje, se vuelve menos vulnerable a las fuerzas perturbadoras.

Los satélites con estabilización triaxial no giran, y aparentemente aparecen estáticos con sus largos paneles solares extendidos en el vacío y sus antenas apuntando hacia la tierra. En estos casos, la estabilización de la estructura del satélite se conserva mediante volantes giratorios que van colocados en su interior, sobre cada uno de los tres ejes utilizados como referencias para definir la orientación del satélite hacia la superficie terrestre.

Independientemente del tipo de estabilización que se use, las fuerzas perturbadoras en el espacio no dejan de provocar cambios en la posición del satélite sobre su órbita y en su orientación con respecto a la superficie de la tierra. Por lo tanto, donde está el satélite y cuál es su orientación exacta de su cuerpo. Para conocer la posición se requiere medir la distancia a la que se encuentra y en qué dirección o ángulo con relación a algún punto de referencia sobre la tierra. ( el centro de control). La distancia se mide transmitiendo una señal piloto hacia el satélite, que este retransmite después, y la diferencia que se detecta en el centro de control entre las

fases de la señal transmitida y la recibida, junto con el tiempo de retraso, es un indicador de lo lejos que el aparato se encuentra. La medición del ángulo o la dirección en la que se halla se puede hacer por interferómetro, empleando dos estaciones de control.

La técnica máxima de recepción es otra alternativa para medir el ángulo, y tiene la ventaja de que solo requiere una estación terrestre y no dos; opera bajo el principio de orientar la antena hacia el satélite e ir la moviéndola poco a poco hasta que detecte un nivel máximo de radiación. Cuando se obtiene la posición máxima de recepción se considera que la antena de la estación terrena está perfectamente orientada hacia el satélite, y por lo tanto se puede conocer la dirección o ángulo en que se encuentra. Sin embargo, el uso de dos estaciones e interferómetro permite calcular la posición del satélite con mayor precisión; esto es muy importante desde el punto de vista económico, ya que el combustible de sus propulsores es mejor administrados y la vida útil del satélite puede prolongarse por meses o años (equivalentes a varios millones de dólares).

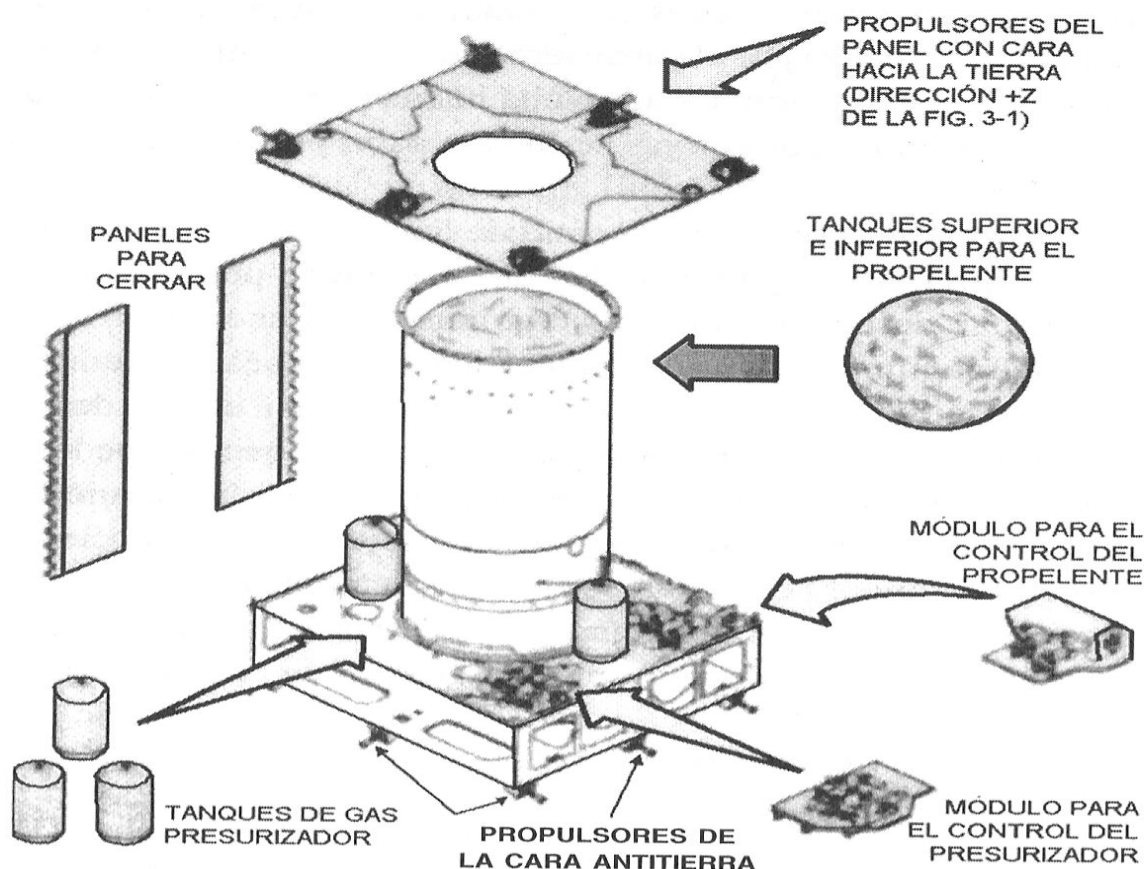
#### **2.6.6.- SUBSISTEMA DE PROPULSIÓN.**

El subsistema de propulsión o de control a reacción opera según el principio enunciado la tercera ley de Newton; mediante la expulsión de materia a gran velocidad y alta temperatura a través de toberas o conductos de escape, se obtienen fuerzas de empuje en sentido contrario. Hay propulsores químicos y eléctricos, pero los primeros aún son los de mayor uso porque proporcionan niveles de empuje mucho más grandes que los eléctricos.

La eficiencia de un propulsor se caracteriza por un empuje y el impulso específico del propelente que utilice. Cada tipo de propelente produce un incremento de velocidad diferente con cierta cantidad de masa consumida; cuanto menor sea la masa necesaria para producir un incremento de velocidad determinado, mayor es el impulso específico del propelente. El impulso específico se puede definir como empuje producido por cada unidad de peso del propulsante que se consume cada segundo; en consecuencia, tiene dimensiones de tiempo y se expresa en segundos. Es de esperarse que si se desea reducir al mínimo posible el peso total del combustible almacenado en el satélite, para economizar los costos del lanzamiento, es deseable utilizar propulsores que funcionen con combustible de impulso específico muy alto; para efectuar las correcciones de posición y orientación del satélite se requiere aplicar empujes de duración determinada hasta obtener el incremento de

velocidad necesario en la dirección deseada.

En la siguiente figura puede verse la posición típica de varios de los propulsores de un satélite triaxial que son empleados para realizar correcciones de posición y orientación durante la vida útil del aparato, así como la colocación de los tanques de propelente, así como un propulsor de mayores dimensiones en la parte inferior.

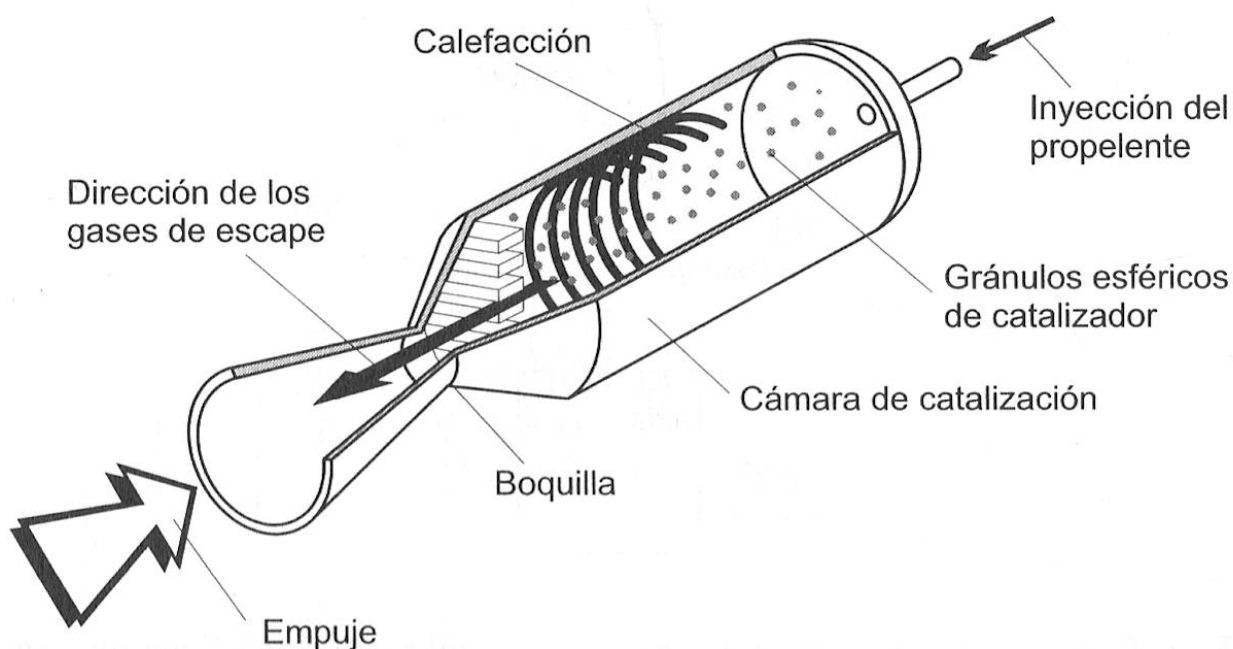


**Figura.- Detalle amplificado de un satélite, que muestra la integración y colocación de los componentes del subsistema de propulsión. (Space Systems Loral).**

Los niveles de empuje proporcionados por los propulsores de un satélite triaxial no deben ser demasiados grandes para evitar perturbaciones fuertes en la orientación de aparato durante el encendido; en otras palabras, hay que reorientarlo muy despacio, con cierta suavidad, para que no se sobrepasen los propulsores. En contraparte, como un satélite como un satélite estabilizado por giro tiene cierta rigidez y una inercia giroscópica grande, este si necesita niveles mayores de empuje típicos de los propulsores de satélites

estabilizados por giros y triaxiales es, respectivamente, de 22 Newton y de 10 a 22 Newtons (bipropelentes).

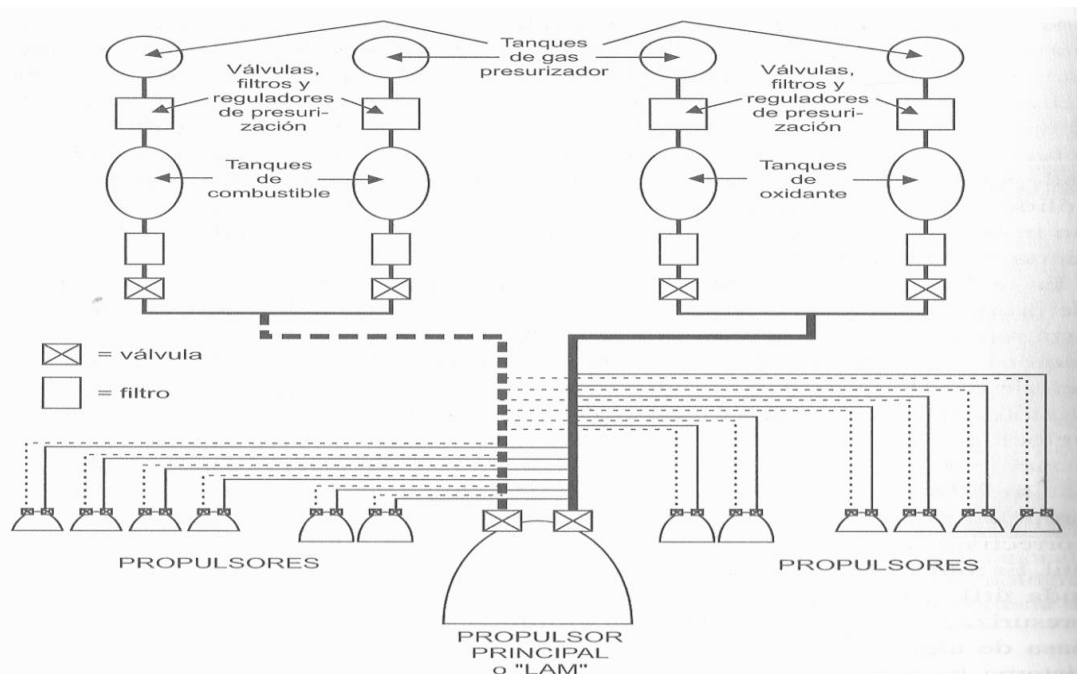
El principio básico en el cual operan los propulsores químicos es la generación de gases a muy altas temperatura en el interior de una cámara mediante la reacción química de propelentes, y los gases se aceleran al pasar por una tobera de escape cuya boquilla va disminuyendo poco a poco en su área transversal y después se ensancha. Los primeros sistemas de control al reacción se utilizaban gases fríos como el nitrógeno y el peróxido de hidrógeno; sin embargo, su impulso específico era muy bajo –del orden de 70 segundos– y muy pronto fueron sustituidos por la **hidracina monopropelente** o monopropulsante, que en la actualidad sigue gozando de mucha popularidad. Este último tipo de propulsión, la hidracina ( $N_2H_4$ ) es inyectada en una cámara donde se pone en contacto con un catalizador; como resultado, la primera se evapora y se descompone exotérmicamente en una mezcla de nitrógeno y amoníaco, a temperaturas del orden de  $300^\circ C$  y con un impulso específico de 255 segundos. El impulso específico se puede mejorar incrementando la temperatura de los gases mediante algún sistema de calentamiento resistivo, después de la descomposición catalítica, hasta unos  $1900^\circ C$ , y antes de que se escapen por la tobera; de esta forma, el impulso específico aumenta hasta unos 300 segundos como se muestra en la figura.



**Figura.- Cámara de catalización y boquilla de escape de un propulsor monopropelente.**

Este importante incremento permite reducir la masa de propulsante en el satélite antes de lanzarlo y colocarlo en órbita, pero a costa de un consumo mayor de energía eléctrica, pues hay que calentar la cámara de catalización. Las correcciones de los desplazamientos norte-sur dentro de la caja imaginaria de un satélite geoestacionario consumen la mayor parte del combustible total, hasta cerca de 95%. El resto es utilizado para las maniobras este-oeste y las correcciones de orientación. Es necesario guardar un poco de combustible al final de la vida útil, para impulsar al satélite a una órbita más alta, hacia su “cementerio”. También podría darse el caso de necesitar cambiar la posición orbital del aparato antes de que terminase su vida útil, de modo que esto consumiría un cierto porcentaje del combustible remanente.

En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado de un sistema típico de propulsión bipropelentes, también llamado biérgol. El motor del apogeo está representado en la parte inferior del esquema y corresponde al mismo motor inferior del esquema y corresponde al mismo motor inferior, señalado como motor principal; es normal referirse a él como “LAM”, de sus siglas en inglés (Liquid Apogee Motor, o motor de apogeo de combustible líquido). Los impulsos y cambios y cambios de velocidad necesaria para pasar de la órbita de transferencia a la geoestacionaria los proporciona este motor. Cuando el motor llega a su posición de trabajo, solo le queda cerca de 20% de propelentes en los tanques del sistema, y con él debe efectuar sus maniobras correctivas de posición y orientación durante los 10 años de su vida útil.



**Figura.-Esquema simplificado del sistema típico de propulsión bipropelentes de un satélite triaxial.**



La llamada propulsión eléctrica hace uso de la potencia eléctrica para acelerar algún propelente por medio de un proceso electrotérmico, electrostático o electromagnético. A diferencia de la propulsión química, requiere muy poca masa para efectuar un determinado empuje, ya que el propelente es impulsado con una velocidad casi veinte veces mayor que en un propulsor químico clásico. El propelente empleado depende del tipo de propulsor, ya que hay varias tecnologías, pero generalmente es un gas raro como el xenón o el argón, algún metal líquido como el cesio o el indio, o bien, en algunos casos, la convencional hidracina o sustancias similares como el amoníaco y el hidrógeno. Los tipos de propulsores pueden ser clasificados según su método físico de operación en tres categorías principales: **electrotérmicos, electrostáticos y electromagnéticos.**

Los propulsores electrostáticos iónicos de rejilla expulsan partículas cargadas eléctricamente a grandes velocidades. Generalmente tienen un diámetro del orden de 15 a 25 cm, según empuje. En la siguiente figura se muestra un esquema simplificado de este tipo de propulsor. El empuje es producido al acelerar los iones positivos a través de una serie de electrodos en forma de rejilla, que están en uno de los extremos de la cámara del propulsor; los electrodos crean más de 3000 haces de empuje sumamente finos, y, para evitar que estos sean atraídos de regreso eléctricamente, por ser del mismo signo, se usa un “neutralizador”, que no es más que un dispositivo externo emisor de electrones.

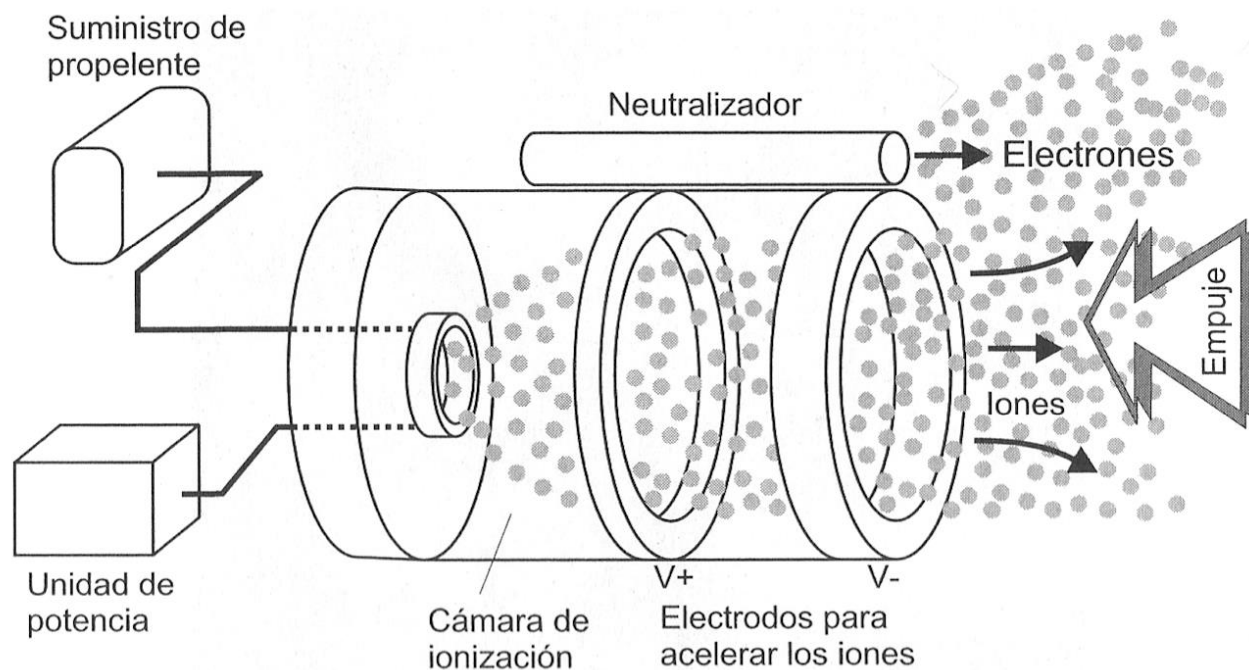


Figura.- Esquema de un propulsor iónico de rejilla.

En cuanto a los propulsores electromagnéticos, específicamente los de plasma pulsante, utilizan teflón como

elemento de expulsión. Tienen la forma de un capacitor que lleva una barra de teflón solido colocada entre dos electrodos; el capacitor hasta que la diferencia de voltaje provoca una chispa a través de la superficie de la barra; esto causa que una capa particular de teflón se ionice y dicho plasma es acelerado por el campo electromagnético propio del capacitor; el capacitor se descarga y tiene que ser descargado nuevamente, de allí el carácter pulsante. Su demanda de potencia es baja y proporciona mayor impulso específico que un electrotérmico de arco eléctrico. Sin embargo, por su carácter pulsante, solamente entregan empujes del orden de una milésima del de un propulsor de hidracina. Pueden tener aplicaciones para apuntamiento fino, tal como los electrostáticos de emisión de campo. El propulsor magnetoplasmadínámico (o MPD) se diferencia del electrostático iónico en que el plasma contiene una corriente que interactúa con el campo magnético, y esto resulta en una aceleración Lorentz que expulsa al plasma por la tobera; Recuérdese que en el electrostático iónico se usa un campo eléctrico para acelerar el plasma

#### **2.6.7.- SUBSISTEMA DE RASTREO, TELEMETRIA Y COMANDO.**

Este subsistema permite conocer a control remoto la operación y posición del satélite, así como enviarle órdenes para que algún cambio deseable se ejecute. El equipo de telemetría cuenta con diversos tipos de sensores instalados en varios cientos de puntos de prueba, que miden cantidades tales como voltaje, corrientes y temperaturas, etc. Las lecturas tomadas por los sensores son convertidas en señal digital que el satélite transmite hacia la tierra con una velocidad baja, entre 200 y 1000 bits por segundo, y esta información permite conocer el estado de operación del sistema, apoyada por la información de rastreo.

El rastreo se realiza mediante la transmisión de varias señales piloto, denominada tonos, desde la estación terrestre de control hacia el satélite. Normalmente se utilizan de seis a siete tonos distintos, cuya frecuencia es de unos cuantos Kiloherz, y se modulan sucesivamente en fase a la señal portadora de la estación terrena de control; el satélite recupera los tonos y los remodula con ellos a su propia portadora, para retransmitirlo hacia la tierra, en donde son detectadas por el centro de control. Las señales recibidas en tierra se comparan en fase con las transmitidas originalmente, y las diferencias obtenidas permite calcular la distancia a la que se encuentra el satélite, con la precisión de unas cuantas decenas de metros.

La transmisión de las señales de telemetría y la retransmisión de los tonos de rastreo hacia la tierra se realiza a través de un mismo amplificador a bordo del satélite, al igual que con las señales de comando que haya



recibido, para que las verifiquen antes de que sean ejecutadas como se muestra el figura siguiente. Toda la información de telemetría es digitalizada, multiplexada con TDM y enviada a la tierra en formato PCM. Durante los varios años de vida operativa del satélite, el amplificador que se usa al mismo de alguno de los transpondedores empleados para la comunicaciones en general, ya que las señales transmitidas y recibidas por el subsistema de telemetría, rastreo y comando ocupa muy poco ancho de banda y pueden compartir el mismo amplificador de banda C o Ku con otro tipo de señales de comunicaciones. Solamente durante las maniobras de colocación en órbita es común utilizar un amplificador que funcione a frecuencias más bajas que las de la banda C o Ku; en esta etapa importante de su lanzamiento se emplean las bandas de VHF y S, con frecuencias cercanas a 140 Mhz y 2 Ghz, respectivamente, y las recepciones se efectúan a través de la antena de rastreo, comando y telemetría.

#### **2.6.8.- SUBSISTEMA ESTRUCTURAL.**

La estructura del satélite es el armazón que sostiene a todos los equipos que lo forman y que le da rigidez necesaria para soportar las fuerzas y aceleraciones a las que se ve sujeto desde el momento que abandona la superficie de la tierra; este subsistema debe ser durable, resistente y lo más ligero posible.

Durante las diversas etapas de su lanzamiento y transferencia de orbita, el satélite se enfrenta a variaciones, aceleraciones esfuerzos aerodinámicos, fuerzas centrifugas, empujes de propulsores y esfuerzos mecánicos – cada vez que se desprende alguna etapa del cohete que lo transporta, o del el mismo –. Cuando llega a su posición orbita final, y tal como ya se ha indicado, el satélite se ve afectado por impactos micrometeoritos, presiones de radiación de las antenas, fuerza de atracción de la tierra, la luna y el sol, y empujes generados por su propia subsistema de propulsión. En consecuencia, tanto la estructura del satélite como cada una de las demás partes que lo componen deben ser diseñadas para que soporten esas condiciones durante la colocación en órbita y el tiempo esperado de vida.

Los diseñadores de satélites tiene su alcance una diversidad de materiales para fabricar la estructura, así como muchos conceptos geométricos derivados de la experiencia obtenida en aeronáutica e ingeniería aeroespacial a través de los años. Los materiales más comunes para este fin son aluminio, magnesio, berilio, acero y varios plásticos reforzados con fibra de carbón; de estos, el berilio es el más caro, por lo tanto su utilización es limitada.

Los satélites pueden dividirse de manera conveniente en dos elementos principales, la carga útil y la

plataforma. La carga útil es la razón de ser del satélite, es aquella parte del satélite que recibe, amplifica y retransmite las señales con información útil; pero para que la carga útil realice su función, la plataforma debe proporcionar ciertos recursos:

La carga útil debe estar orientada en la dirección correcta.

La carga útil debe ser operable y confiable sobre cierto periodo de tiempo especificado.

Los datos y estados de la carga útil y elementos que conforman la plataforma deben ser enviados a la estación terrestre para su análisis y mantenimiento.

La órbita del satélite debe ser controlada en sus parámetros.

La carga útil debe de mantenerse fija a la plataforma en la cual está montada.

Una fuente de energía debe estar disponible, para permitir la realización de las funciones programadas.

# **CAPITULO III**

### 3.1.- Estación terrena.

Una **estación terrena** consiste en una serie de equipos interconectados entre sí, de los cuales el más representativo y conocido es su antena o reflector parabólico. El término “estaciones terrenas” es utilizado indistintamente para indicar todo equipo terminal que se comunica de la tierra con un satélite, sin importar si esta fijo en algún punto, o si está instalado en un barco, avión, o cualquier vehículo terrestre como un autobús, un auto o un camión de carga.

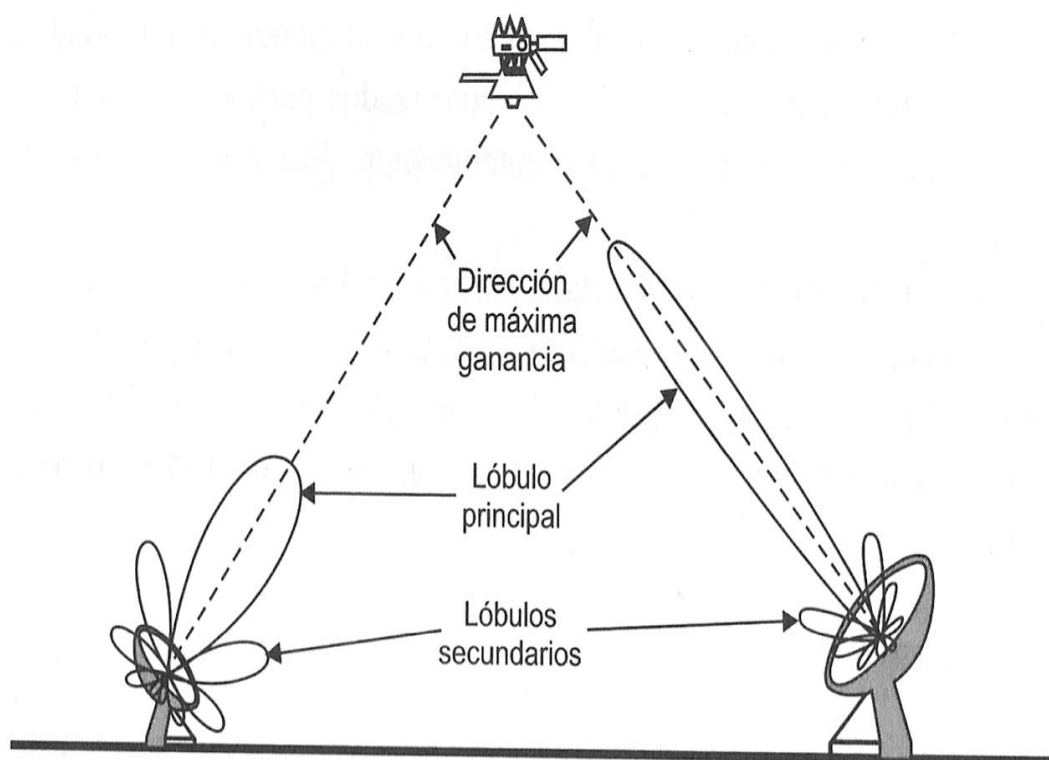
Veamos ahora con un poco de detalles los principales elementos de una estación terrena, en cuanto a su funcionamiento y características básicas.

### 3.2.- LA ANTENA

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una *antena isotrópica*. Por lo tanto siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir algo, y la mínima en todas aquellas otras direcciones que no sean de interés o que presenten un alto riesgo de interferencia; de allí que los lóbulos laterales o secundarios de radiación de antena deban ser lo más pequeño que sea posible para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas o innecesarias.

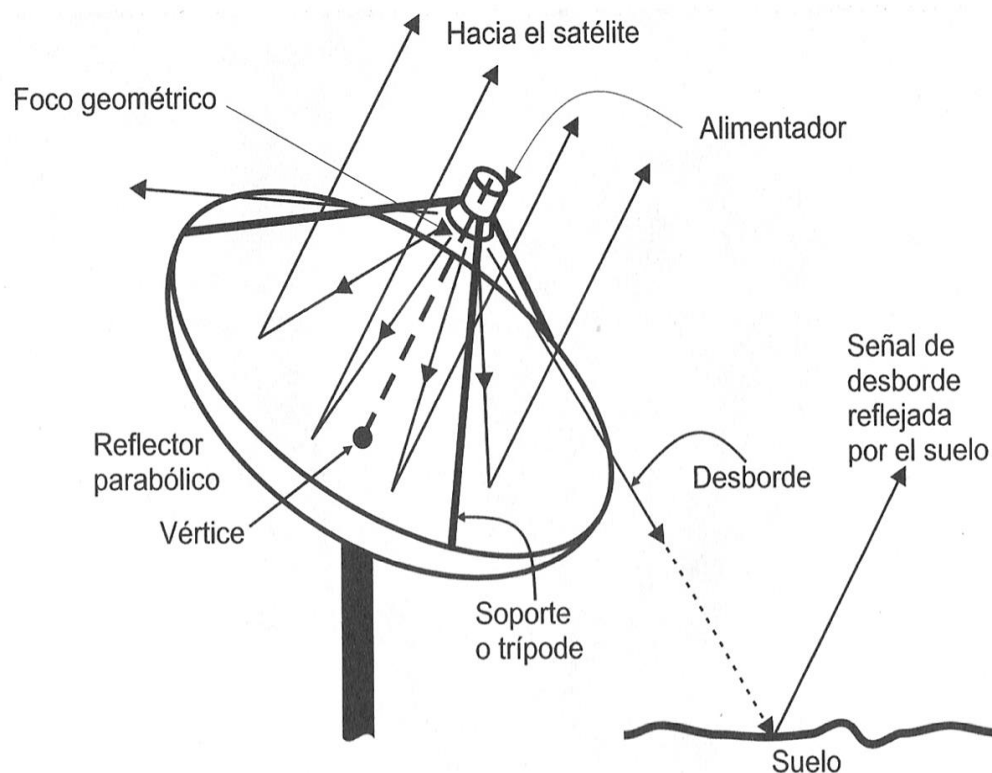
Estrictamente, la ganancia de una antena es una función y tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbra a asociarla a la dirección de máxima radiación, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación; su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con el que es iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo. Cuanto mayor sea el diámetro de una antena parabólica, mayor es su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es más angosto y los lóbulos secundarios se reducen; así mismo, si su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación, pues, “eléctricamente” hablando, la antena es más grande en

términos de longitudes de onda.



**Figura.-Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrenas, una pequeña u una grande.**

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas--- como si fuera una lente --- en un punto común llamado **foco** (modo de recepción); asimismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación (modo de transmisión). Este foco coincide con el foco geométrico de la paraboloides de revolución que representa matemáticamente a la antena y en él se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de corneta – o bocina – como se muestra a continuación, el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos. Hay varios tipos de alimentador, pero los tres más utilizados originan las antenas llamadas de alimentación frontal, la descentrada y la Cassegrain; la primera y la última son del tipo asimétrico.

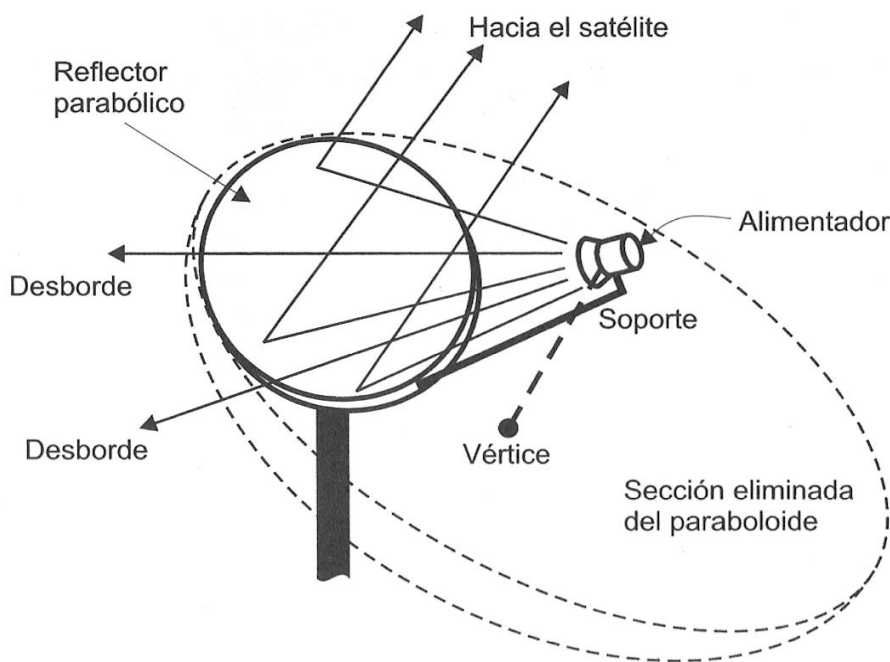


**Figura.-Antena parabólica con alimentación frontal (modo de transmisión)**

En una antena parabólica con **alimentador frontal**, el eje del alimentador o corneta coinciden con el eje de la antena, y la apertura por la que radia está orientada hacia el suelo, estos últimos presentan el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador que se desperdicia por el desborde se refleja parcialmente al tocar el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida, al sumarse muy posiblemente fuera de fase las señales directas hacia arriba y las reflejadas por el suelo. Asimismo, si la antena está recibiendo del satélite, los rayos u ondas que incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador y también pueden causar una degradación en la calidad de la señal recibida al sumarse fuera de fase con los rayos directos que son reflejados por el plato parabólico. El desborde de la radiación del alimentador puede ser reducido si se aumenta el diámetro de la antena o si se utiliza un alimentador de mayor directividad -- más

complicado de fabricar y normalmente de mayores dimensiones --, pero esto puede convertir a la antena en demasiado voluminosa, o bien al alimentador y su estructura de soporte bloquean más el paso libre de las señales con la consecuente degradación de las mismas. A pesar de tales desventajas, incluyendo la del montaje del equipo electrónico inmediatamente atrás del alimentador, esta antena resulta fácil y económica de construir, y para ciertos fines de operación es satisfactoria, especialmente en la banda C.

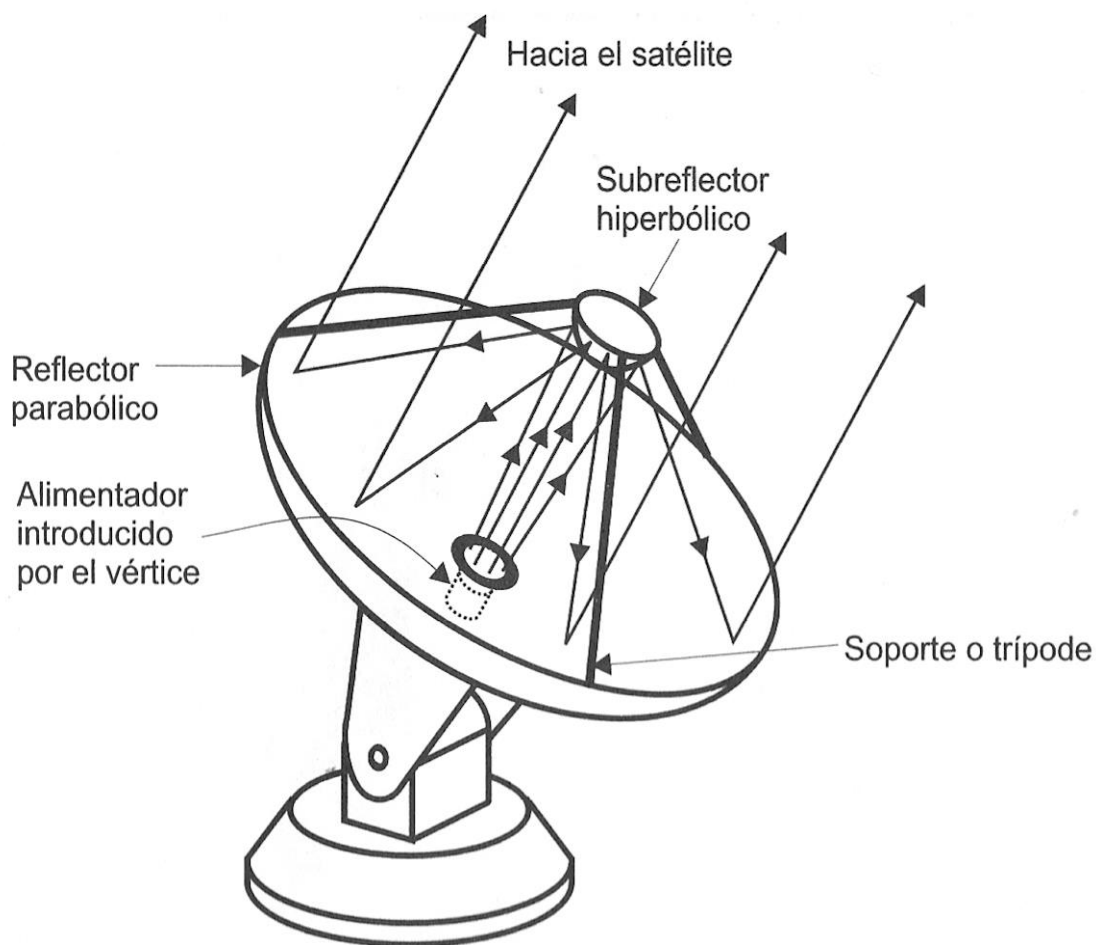
El bloqueo del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte puede ser eliminado si se utiliza una antena parabólica con alimentación descentrada. En este caso solo se emplea una sección del reflector parabólico y la apertura del alimentador es girada para que apunte hacia lo que quedo del plato, en el lugar de que apunte directamente hacia el vértice; es decir, los ejes de la bocina (alimentador) y del paraboloide ya no coinciden, y de allí el nombre de alimentación descentrada. Sin embargo, el problema de desborde por las orillas de la superficie parabólica no queda resuelto.



**Figura.- Antena parabólica con alimentación descentrada (modo de transmisión). Con esta configuración se elimina el bloqueo del alimentador, del equipo electrónico y de la estructura de soporte. Obviamente, la superficie que queda del reflector sigue cumpliendo con las propiedades de colimación de rayos reflejados por una superficie parabólica.**

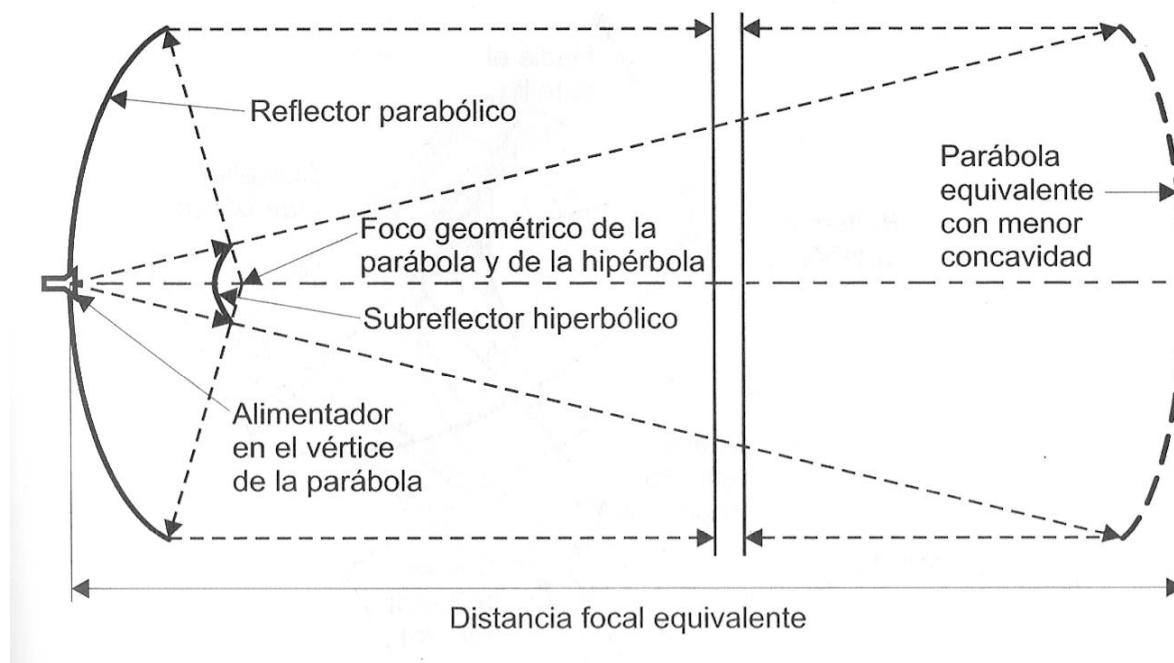


La antena **Cassegrain** es mucho más eficiente que cualquiera de los dos tipos ya descritos y su ganancia es mayor, pero su precio también es más alto. Se utiliza en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras de televisión, así como en todas las que transmiten y reciben cantidades muy grandes de telefonía y datos, incluyéndose en ellas desde las antenas maestras de las empresas que tienen redes VSAT hasta las más grandes usadas en el servicio público nacional e internacional, así como en todo tipo de telepuertos y centros de control de satélites. Su configuración geométrica contiene un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado “**subreflector**” y el alimentador o bocina ya no tiene su apertura orientada al piso, sino hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce en las señales ya no es generada por las reflexiones en la tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera.



**Figura.- Antena Cassegrain (modo de transmisión).**

Los ejes del paraboloide, el alimentador y el hiperboloide coinciden, y el diseño es equivalente a tener una antena imaginaria de alimentación frontal menos cóncava y con un alimentador mucho más alejado de su vértice; de esta forma, la parábola equivalente (o sea, en realidad la Cassegrain) captura mejor la energía radiada por la corneta, y el desborde se reduce significativamente como se muestra a continuación.



**Figura.- Diagrama que se muestra como una antena Cassegrain equivale a una antena parabólica con alimentación frontal de diferente concavidad y distancia focal.**

Además con el diseño Cassegrain se tiene la ventaja de que el equipo electrónico puede ser colocado sin problemas en una pequeña cabina inmediatamente atrás del alimentador y sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de pérdidas por cableado o tramos largos de guías de ondas y también facilita el mantenimiento.

Además de las antenas ya mencionadas existen otros tipos que también son empleadas en ciertas aplicaciones. Por ejemplo, la antena toroidal es un reflector que en un plano vertical tiene una curvatura parabólica, mientras que el plano horizontal la curvatura es circular; presenta la ventaja de que, con varios

alimentadores, puede recibir simultáneamente las señales provenientes de varios satélites situados en una sección del arco geostacionario sin necesidad de moverla y sus dimensiones son “relativamente” pequeñas, del orden de 10 metros de diámetros.

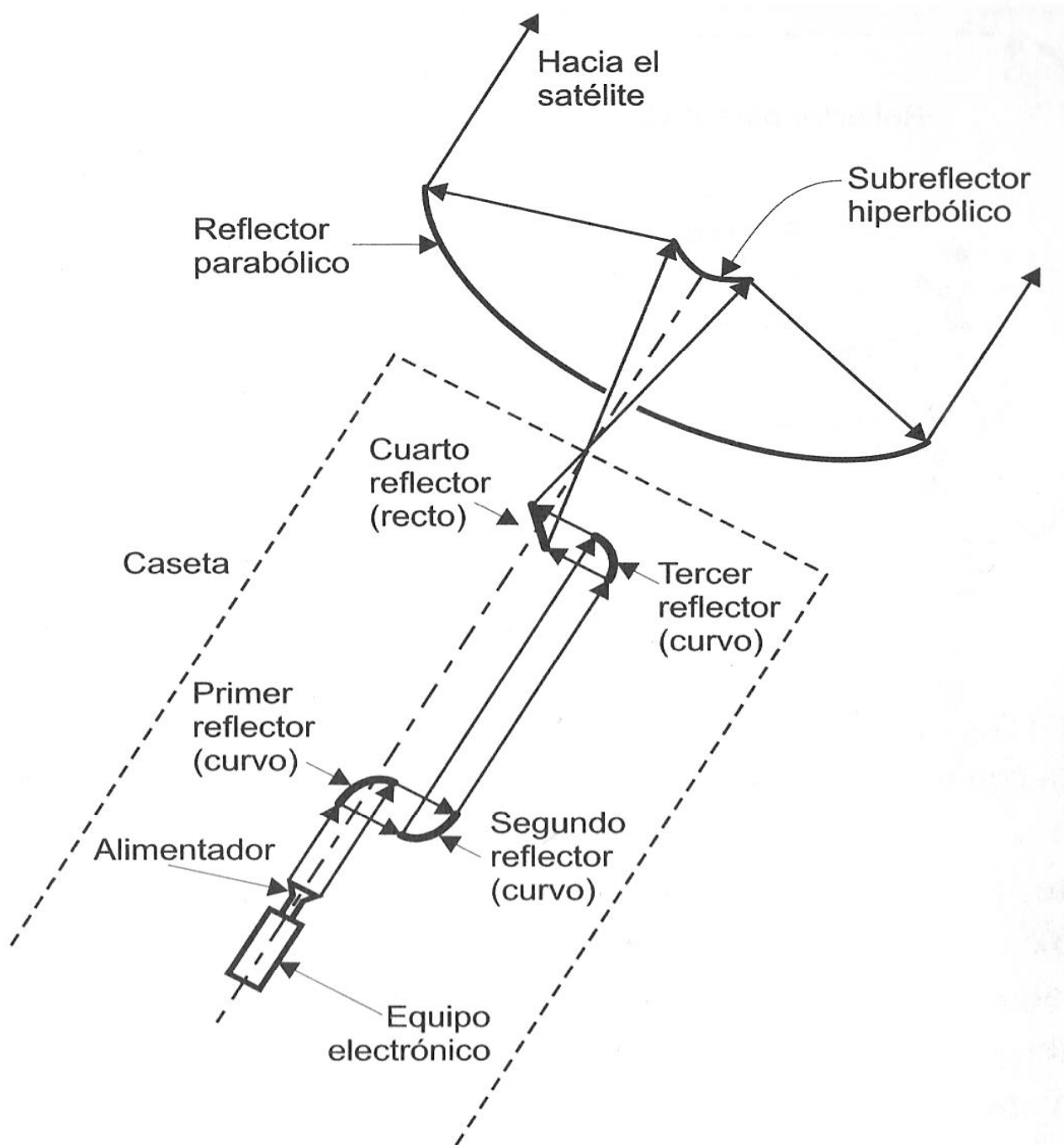
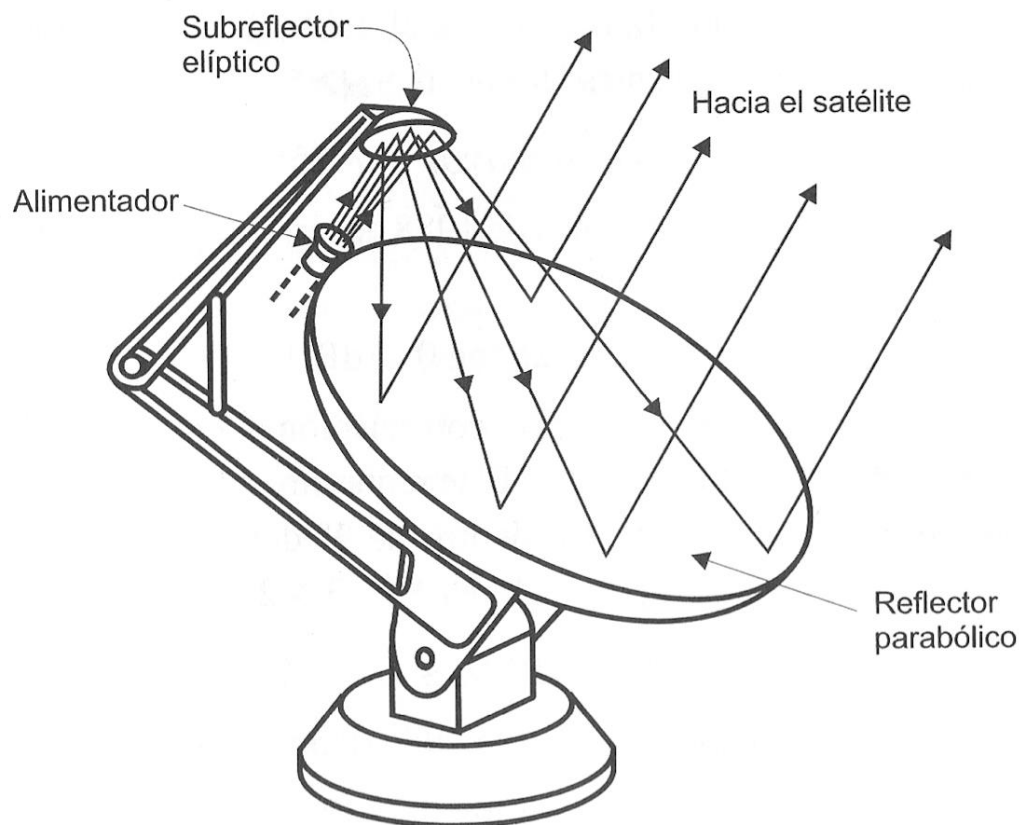


Figura.-Antena cassegrain con alimentador periscópico.



**Figura .- Antena Gregoriana off-set.**

### **3. 3.- ALIMENTADORES DE CORNETA**

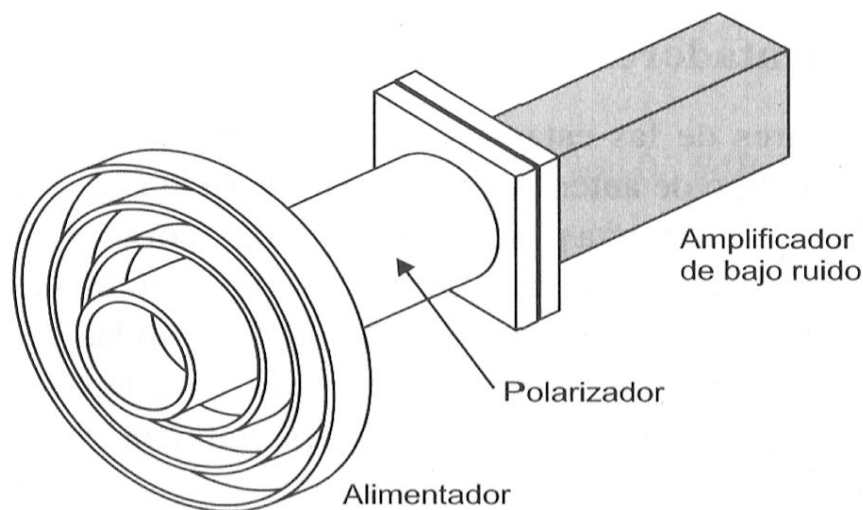
Los alimentadores de las estaciones terrestres para uso comercial generalmente son de tipo de antena de corneta, ya sea con apertura rectangular (corneta piramidal) o circular (corneta cónica) y pueden realizarse diversas funciones, entre ellas: iluminar adecuadamente al reflector principal o al subreflector, separar señales en las bandas de transmisión y recepción, separar y combinar polarizaciones si el sistema es de doble polarización, y aportar señales de error de apuntamiento en los sistemas de rastreo.

Las cornetas son guías de ondas que se van ensanchando para acoplar mejor las impedancias del espacio libre y de la propia guía; así mismo, conforme el ensanchamiento aumenta (hasta cierto giro), la directividad de la corneta crece.

Las cornetas cónicas son las más empleadas en estaciones terrenas, pueden operar en polarización lineal o circular, y las hay de tres tipos: de modo único, multimodo y modo híbrido, según su forma de excitación.

Las cornetas de **modo único** son excitadas con el modo fundamental  $TE_{11}$  y son empleadas en muchas estaciones terrenas, pero su radiación no es simétrica en los planos E y H, además del inconveniente de que sus propiedades de polarización cruzada no son adecuadas para los sistemas de doble polarización. Las cornetas **multimodo** resuelven, en gran medida, los inconvenientes antes mencionados de las cornetas de modo único, usando modos  $TE_{11}$  y  $TM_{11}$  (conectada de modo dual); y las de **modo híbrido**  $EH_{11}$  son aún mejores, ya que ofrecen mayor ancho de banda, menos polarización cruzada y los lóbulos laterales más pequeños. El modo híbrido es una combinación no lineal de modos TE y TM.

Las cornetas de modo híbrido más utilizada es la denominada **corneta corrugada**, en la cual el modo de propagación es excitada o producido usando aros lunares en el interior de la corneta como se muestra en la siguiente figura. Su costo de manufactura es mayor que el de una corneta de modo único.



**Figura.- Corneta corrugada con ensanchamiento de 90° usada como alimentador. Este tipo de corneta puede verse en la mayoría de las estaciones caseras para recepción directa de tv.**

### 3.4.- ORIENTACIÓN EN ELEVACIÓN Y AZIMUT.

La orientación de la antena de una estación terrena hacia el satélite geoestacionario es realizada ajustando dos ángulos, en elevación y azimut; los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación terrena – en latitud y longitud – y de la ubicación en latitud del satélite. Tomando como referencia al eje de simetría dirigido hacia el satélite; por su parte el ángulo de azimut es k cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj – con relación al norte geográfico de la tierra – para que ese mismo eje de simetría – prolongado imaginariamente – pase por la posición en longitud del satélite.

Cuando requiere cambiar la orientación de la antena de un satélite a otro es necesario variar – mediante un mecanismo o manualmente – sus ángulos de azimut y elevación; además, aunque se mantenga siempre en comunicación con el mismo satélite – y dependiendo de la aplicación de la estación terrena – , también puede ser necesario efectuar con frecuencia correcciones pequeñas de ambos ángulos, pues como ya se ha visto, anteriormente ningún satélite geoestacionario es real mente fijo, si no que tiende a salirse poco a poco de su posición orbital, proyectando una traza terrestre en forma de ocho; las únicas antenas que necesitan que necesitan llevar a cabo este seguimiento frecuente son las de mayor diámetro. Por otra parte, por ejemplo, las embarcaciones marítimas cambian constantemente de posición y dirección, y las antenas de sus estaciones – si son parabólicas – deben de reorientarse sincronizadamente en elevación y azimut para conservar la comunicación con el satélite; incluso puede haber caso en los que, aunque la estación terrena sea fija, algunas condiciones ambientales ocasionales – como la lluvia y el viento – y el mismo peso de la antena modifiquen su orientación y sea necesario efectuar pequeñas modificaciones de los ángulos de elevación y azimut para garantizar una transmisión y recepción óptima de las señales.

A continuación se presentan los parámetros geométricos con respecto a una estación terrena con movimiento de azimut y elevación de un satélite en órbita.

$\lambda_s$ =longitud del satélite

$\lambda_p$ = longitud de la estación terrena

$\Phi$ = latitud de la estación terrena

0.151269= constante

$$\lambda_{sp} = \lambda_s - \lambda_p$$

Fórmulas matemáticas para la obtención de los ángulos de azimut y elevación para localizar un satélite geoestacionario.

$$\text{Angulo de azimut} = 180 - X$$

$$\text{Por lo tanto } X = \text{Tg}^{-1} (\text{Tg}(\lambda_{sp}) / \text{sen } \Phi)$$

$$\text{Angulo de elevación} = \text{Tg}^{-1} (\text{Cos } \beta - 0.151269 / \text{Sen } \beta)$$

$$\beta = \text{Cos}^{-1} (\text{Cos } \Phi (\text{Cos } \lambda_{sp}))$$

Ejemplo:

En este ejemplo se obtendrán los ángulos de elevación y de acimut para orientar una antena hacia un satélite específico, mediante un método matemático.

Partiendo de la posición conocida del satélite y de las coordenadas de la estación terrena, se sabe que el satélite tiene un posición orbital de  $\lambda_s = 113.5^\circ \text{ W}$  (longitud del satélite).

Si nuestra estación terrena se encuentra a:

$$\lambda_p = 99.09^\circ \text{ W (longitud)}$$

$$\Phi = 19.29^\circ \text{ N (latitud)}$$

$$\lambda_{sp} = 113.5^\circ - 99.09^\circ = 14.41^\circ$$

$$X = \text{Tg}^{-1} (\text{Tg}(14.41^\circ) / \text{sen } 19.29^\circ) = \mathbf{37.87^\circ}$$

$$\text{Angulo de azimut} = 180^\circ + 37.87 = 217.87^\circ$$

$$\beta = \text{Cos}^{-1} (\text{Cos } 19.29^\circ (\text{Cos } 14.41^\circ)) = \mathbf{23.91^\circ}$$

$$\text{Por lo tanto el ángulo de elevación} = \text{Tg}^{-1} (\text{Cos } 23.91^\circ - 0.151269 / \text{Sen } 23.91) = \mathbf{62.02^\circ}$$



existe un método que no necesita de cálculos, lo que necesitamos en tener el programa llamada Satellite Antenna Alignment el cual te da la ubicación del satélite del cual necesitas saber, a continuación se muestra una imagen del programa.

The screenshot shows the 'Satellite Antenna Alignment 2.36.8' software interface. The main window is divided into several sections:

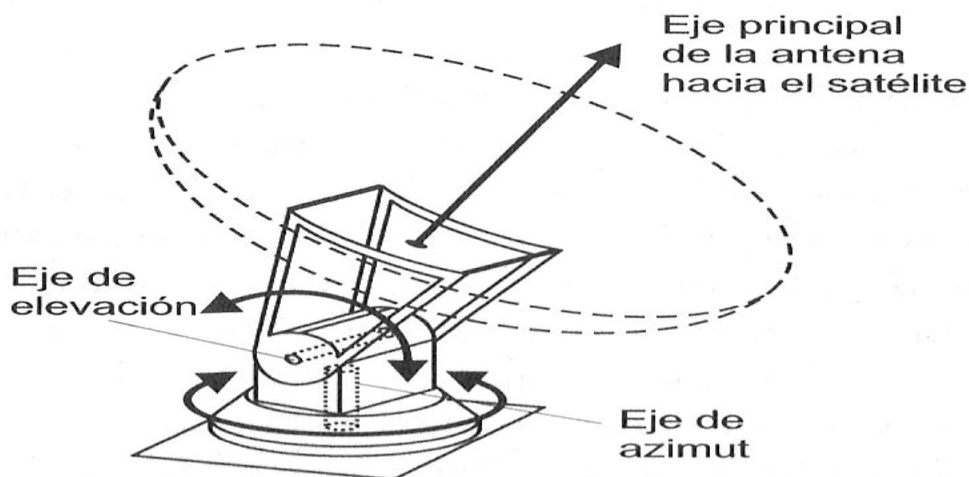
- Menu Bar:** File, View, Language, Help
- Navigation Tabs:** Antenna Look Angles, Sun's Azimuth, Offset Antenna, Obstacles, Report, Transponders, Information
- Satellite List Table:**

Satellite	E/W	°	Azimuth °	Elevation °	www.lyngsat.com	www.satcodx.com	
DirecTV 7S	W	119	0	135,042	-75,872	<a href="http://www.lyngsat.com/119west.html">http://www.lyngsat.com/119west.html</a>	<a href="http://www.satcodx6.c">http://www.satcodx6.c</a>
AMC 16	W	119	0	135,042	-75,872	<a href="http://www.lyngsat.com/119west.html">http://www.lyngsat.com/119west.html</a>	0
SatMex 5	W	116	8	129,851	-74,483	<a href="http://www.lyngsat.com/sm5.html">http://www.lyngsat.com/sm5.html</a>	<a href="http://www.satcodx6.c">http://www.satcodx6.c</a>
XM Rock	W	115	0	126,246	-73,271	<a href="http://www.lyngsat.com/xmrock.html">http://www.lyngsat.com/xmrock.html</a>	0
Solidaridad 2	W	114	9	126,060	-73,202	<a href="http://www.lyngsat.com/sd2.html">http://www.lyngsat.com/sd2.html</a>	0
SatMex 6	W	115	0	126,246	-73,271	<a href="http://www.lyngsat.com/sm6.html">http://www.lyngsat.com/sm6.html</a>	0
Anik E2	W	111	1	119,969	-70,470	<a href="http://www.lyngsat.com/anikf2.html">http://www.lyngsat.com/anikf2.html</a>	<a href="http://www.satcodx6.c">http://www.satcodx6.c</a>
EchoStar 8, 10	W	110	0	118,501	-69,647	<a href="http://www.lyngsat.com/110west.html">http://www.lyngsat.com/110west.html</a>	<a href="http://www.satcodx6.c">http://www.satcodx6.c</a>
DirecTV 5	W	110	0	118,501	-69,647	<a href="http://www.lyngsat.com/110west.html">http://www.lyngsat.com/110west.html</a>	0
Anik F1	W	107	3	115,334	-67,580	<a href="http://www.lyngsat.com/anikf1.html">http://www.lyngsat.com/anikf1.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
AMC 15	W	105	0	113,039	-65,776	<a href="http://www.lyngsat.com/amc15.html">http://www.lyngsat.com/amc15.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
AMC 1	W	103	0	111,284	-64,181	<a href="http://www.lyngsat.com/amc1.html">http://www.lyngsat.com/amc1.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
AMC 4	W	101	0	109,716	-62,565	<a href="http://www.lyngsat.com/101west.html">http://www.lyngsat.com/101west.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
DirecTV 1R, 4S, 8	W	101	0	109,716	-62,565	<a href="http://www.lyngsat.com/101west.html">http://www.lyngsat.com/101west.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Galaxy 16	W	99	0	108,305	-60,931	<a href="http://www.lyngsat.com/q16.html">http://www.lyngsat.com/q16.html</a>	0
Intelsat Americas 5	W	97	0	107,027	-59,282	<a href="http://www.lyngsat.com/ia5.html">http://www.lyngsat.com/ia5.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Galaxy 3C	W	95	0	105,862	-57,618	<a href="http://www.lyngsat.com/q3c.html">http://www.lyngsat.com/q3c.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Intelsat Americas 6	W	93	0	104,795	-55,942	<a href="http://www.lyngsat.com/ia6.html">http://www.lyngsat.com/ia6.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Brasilsat B4	W	92	0	104,293	-55,099	<a href="http://www.lyngsat.com/braslib4.html">http://www.lyngsat.com/braslib4.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Galaxy 11	W	91	0	103,812	-54,254	<a href="http://www.lyngsat.com/91west.html">http://www.lyngsat.com/91west.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Nimiq 1, 3	W	91	0	103,812	-54,254	<a href="http://www.lyngsat.com/91west.html">http://www.lyngsat.com/91west.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
Intelsat Americas 8	W	89	0	102,901	-52,555	<a href="http://www.lyngsat.com/ia8.html">http://www.lyngsat.com/ia8.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
AMC 3	W	87	0	102,054	-50,846	<a href="http://www.lyngsat.com/amc3.html">http://www.lyngsat.com/amc3.html</a>	<a href="http://www.satcodx7.c">http://www.satcodx7.c</a>
XM 3	W	85	1	101,301	-49,214	<a href="http://www.lyngsat.com/xm3.html">http://www.lyngsat.com/xm3.html</a>	0
AMC 2	W	85	0	101,262	-49,128	<a href="http://www.lyngsat.com/amc2.html">http://www.lyngsat.com/amc2.html</a>	0
Brasilsat B3	W	84	0	100,885	-48,265	<a href="http://www.lyngsat.com/braslib3.html">http://www.lyngsat.com/braslib3.html</a>	<a href="http://www.satcodx8.c">http://www.satcodx8.c</a>
- Satellite Location:**
  - Thor 2, 3
  - 0 ° deg W
  - Azimuth: 260,516 °
  - Elevation: 31,196 °
- Site Location:**
  - Site Latitude: "N" North; "S" South: 11 ° deg 39 ' min 0 " sec N
  - Site Longitude: "E" East; "W" West: 49 ° deg 36 ' min 0 " sec E
- Buttons:** Save site, Delete site

### 3.5.- TIPOS DE MONTAJE

Los desplazamiento del satélite y el tipo de estación terrena – fija o móvil – , así como su posición geográfica, sus aplicaciones y necesidades que se tengan para pruebas y mantenimiento frecuente, determinan la estructura del montaje de la antena – cuando es direccional – que debe tener, ya sea de elevación-azimut, X-Y o ecuatorial; de estos, el que más es utilizado es el primero, algunas veces el segundo, y el tercero casi nunca. Todos tiene dos ejes para los movimientos de orientación de la antena; uno es fijo con relación al piso <sup>3\*</sup> y se denomina primario, y el otro (secundario) es móvil con referencia al primer eje.

En el caso del montaje **elevación-azimut** (El-Az), la antena tiene su eje primario fijo en la dirección vertical, y al girar alrededor de él se efectúan los cambios de ángulo azimut; su eje secundario es horizontal y con él se orienta la antena de elevación. El montaje es sencillo y tiene la ventaja que solo el giro en elevación se puede producir deformaciones deformaciones en la geometría de la antena debidas a su peso.

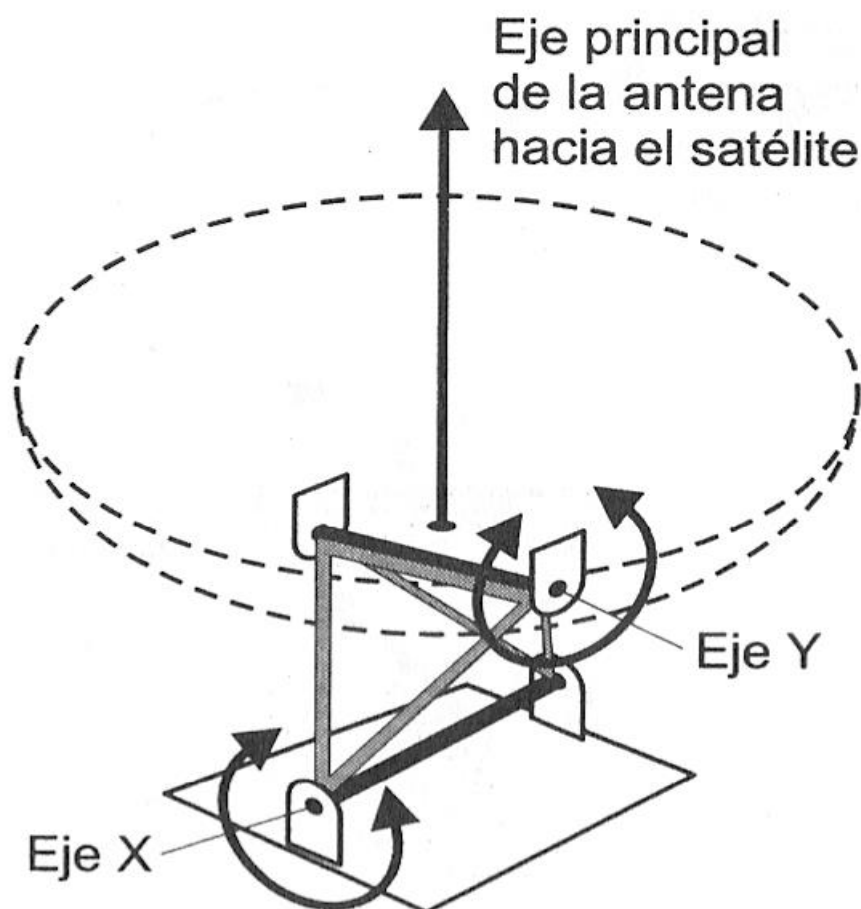


**Figura.- Montaje elevación-azimut. El eje de azimut es vertical y perpendicular al de elevación.**

Por esta razón lo utilizan la mayor parte de las antenas que deben conservar una buena precisión geométrica en la superficie de su reflector y en el apuntamiento del haz principal de radiación, por ejemplo, las estaciones internacionales Intelsat A y, en general, las que tienen varios metros de diámetro. Sin embargo, cuando una estación está cerca del ecuador y necesita funcionar como un sistema de rastreo automático, el montaje El-Az

dificulta las maniobras de orientación y es preferible emplear un montaje X-Y.

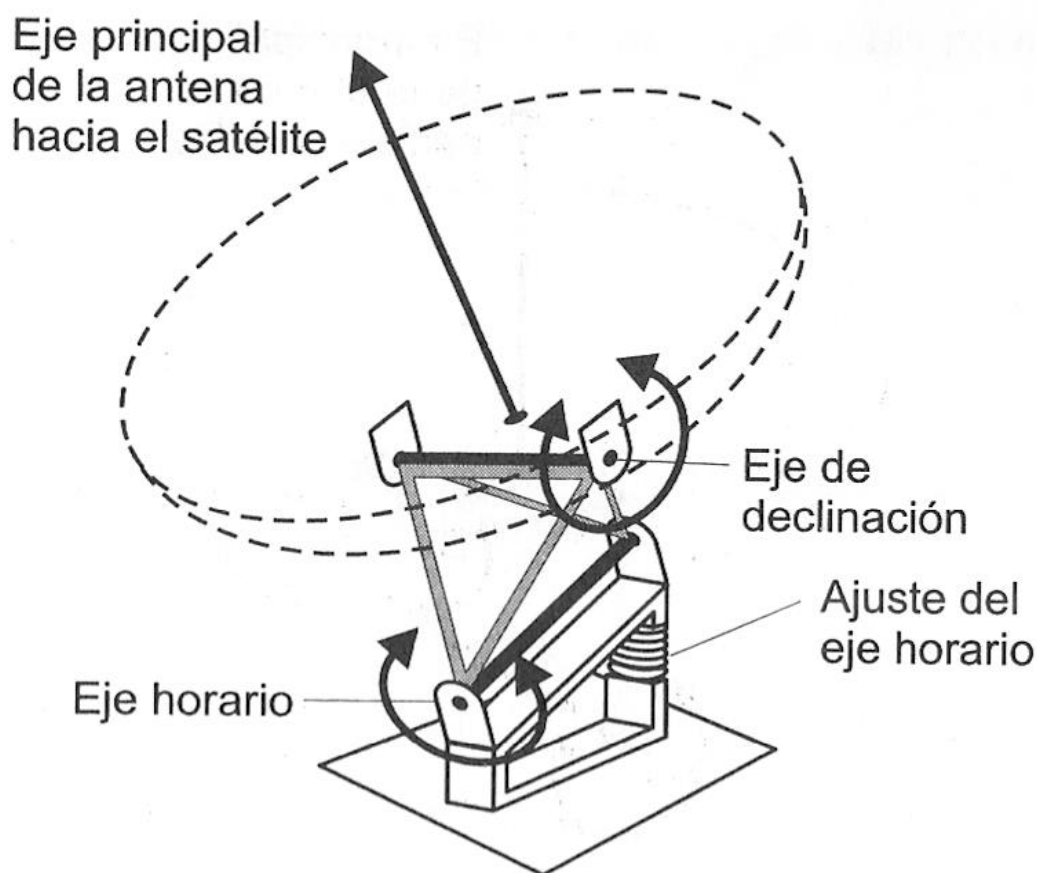
Montaje X-Y tiene un eje primario colocado horizontalmente, y el eje secundario es perpendicular a él. La configuración es práctica para rastrear con facilidad un satélite cuando esta pasa por el cenit – o sea, directamente arriba de la estación, en la zona ecuatorial –, puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápido como lo que si se necesitarían hacer con el montaje. En general, el montaje X-Y es más apropiado para las antenas que se comunican con satélites en órbita baja que con satélites geoestacionarios.



**Figura.- Montaje X-Y (ambos ejes son horizontales y perpendiculares entre si).**

Por lo que respecta al montaje **ecuatorial**, su eje primario (horario) es paralelo al eje de rotación de la tierra, y el secundario es un eje perpendicular de inclinación; como el eje primario es paralelo al eje polar de la tierra, también se le llama **polar** como se muestra en la siguiente figura. Normalmente se usa para montar radiotelescopios, pues permite que la antena siga aun objeto celeste con solo girarla sobre su eje horario.

Aunque su empleo en estaciones terrenas es menor que el de los dos tipos de montaje anteriores mencionados, el polar facilita la orientación de antenas pequeñas o medianas localizadas en latitudes intermedias – cuyos haces de radiación son relativamente anchos – hacia distintos satélites con un solo movimiento alrededor de un eje, sin importar los muy pequeños cambios asociados en la declinación. De cualquier forma, cabe mencionar que los ajustes de los ejes horarios y declinación son mucho más complicados que los de orientación con un montaje de elevación-azimut.



**Figura.-montaje polar.**

Para realizar los ajustes de orientación de las antenas más grandes se emplean mecanismos de engranajes y gatos de tornillo, y las fuerzas motrices asociadas se generan por medio de motores. Independientemente del tipo de montaje que sea utilizado, es preciso indicar que no solo sirve para conservar la orientación de la antena hacia el satélite, sino que también es la estructura que la soporta. En consecuencia, el montaje debe ser rígido, con mayor razón a frecuencias altas como en las bandas Ku y Ka, en donde los haces de radiación de las antenas maestras y de telepuertos son más estrechos y el apuntamiento correcto se vuelve más

importante; aun expuesto a la lluvia o a fuertes vientos, dicho montaje debe ser capaz de soportar a la antena bien orientada hacia el satélite, pues – dependiendo de su tamaño – incluso movimiento de uno o dos centímetros pueden degradar mucho la calidad de la señal.

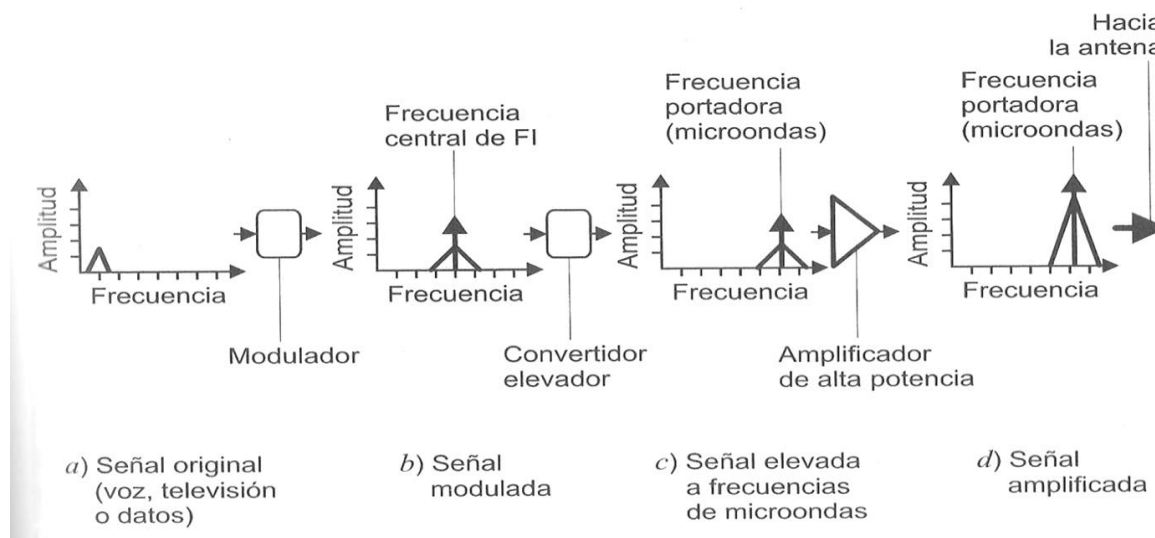
### 3.6.- EL TRANSMISOR

Las estaciones terrenas transmisoras sencillas cuentan con un solo bloque de transmisión, y las que conduce gran cantidad o diversidad de señales tienen varios bloques en paralelo. El equipo transmisor consiste en tres módulos; modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia. Después de que una señal a sido generada o producida – ya sea que consista en canales telefónicos, de televisión o de datos – y una vez hecha las combinaciones de multiplexaje o multiplexación, ya sea en frecuencia o en el tiempo – si es que el tráfico así lo dicta – se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada eficazmente a través del aire y el vacío hacia el satélite, sin que sea interferida o interfiera con otras señales; este acondicionamiento permite que también se le pueda recuperar fielmente – o sea, con la mayor aproximación posible – en la estación terrena receptora, aunque su nivel de potencia sea sumamente bajo al llegar. El proceso electrónico que se efectúa con este fin es la modulación de una portadora por la señal, y existen varios tipos del mismo; los más comunes son el analógico de modulación en frecuencia, o FM, y el digital de desplazamiento de fase, o PSK.

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

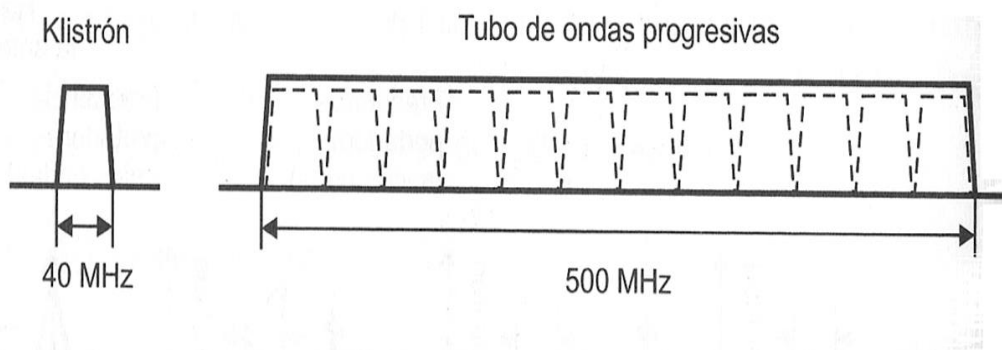
El **convertidor elevador** transfiere la señal de la frecuencia intermedia – que, dependiendo del sistema, puede tener una frecuencia central de 70 Mhz, 140 Mhz, 1GHzo mas – a una posición dentro del espectro radioeléctrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho más altas que cuando salieron del modulador esto sucede en la sección b →c de la figura siguiente. La señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es a un más bajo, por lo que es

preciso amplificarla antes de entregársela a la antena, para esto se utiliza un **amplificador de potencia** que se ve en la sección c → d de la figura siguiente, de la cual existen fundamentalmente dos tipos: el de tubo de ondas progresivas (TOP) o TWT y el klistrón.



**Figura.-Bloques del sistema de transmisión y transformación de una señal para poder radiarla hacia el sistema.**

Un tubo de **onda progresivas** es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande, que abarca de todas las frecuencias utilizables del satélite (500 Mhz o más en algunos casos), por lo que pueden amplificar simultáneamente señales dirigidas hacia distintos transpondedores del mismo como se representa en la figura siguiente.



**Figura.- Ancho de banda de frecuencias de los amplificadores de alta potencia. Un tubo de ondas progresivas equivale, en frecuencia, a tener 12 Klistrones sintonizados a diferentes frecuencias centrales.**



Sus características de operación son satisfactoriamente uniformes o constantes a cualquier frecuencia, pero cuando muchas señales distintas son amplificadas simultáneamente – así estén dirigidas hacia un mismo transpondedor o a transpondedores separados – su potencia de salida debe mantenerse por debajo del máximo nominal; de no hacerlo, el ruido de intermodulación sería muy grande.

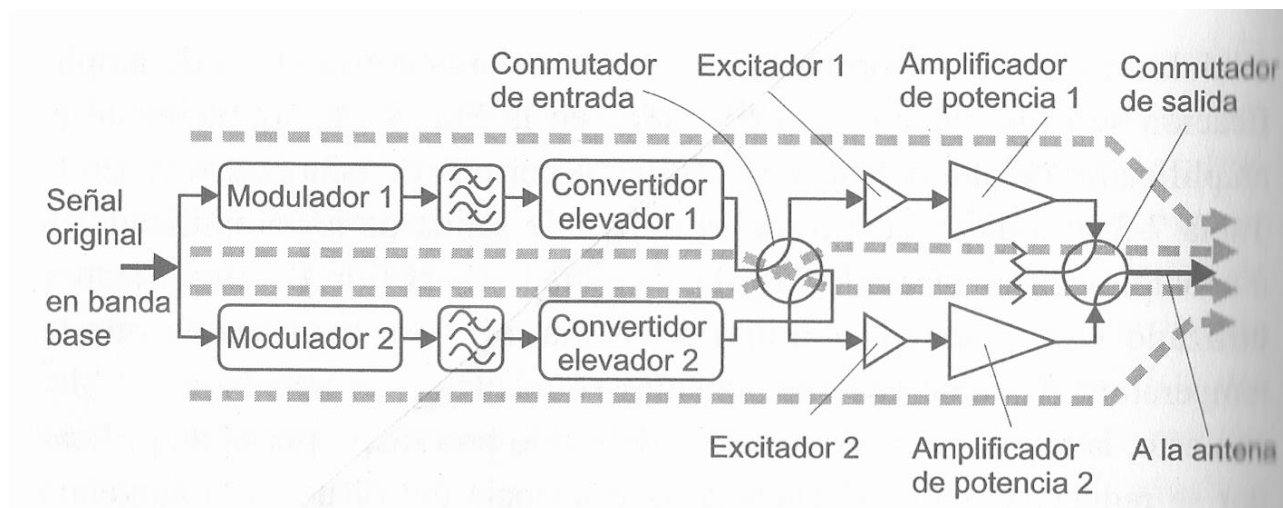
El **klistrón** es un amplificador de banda estrecha; consiste en múltiples cavidades resonantes que deben ser sintonizadas a sus frecuencias centrales correspondientes. Su ancho de banda es suficiente para manejar uno o dos canales de televisión analógicos, varios de cientos de canales telefónicos o algunos canales de datos de muy alta velocidad de transmisión. Cuando una estación terrena tiene varios klistrones y desea transmitir toda la información procedente de ellos a través de una misma antena, se necesita utilizar un mezclador o combinador de señales que introduce pérdidas de potencia similar en magnitud a las producidas por back-off en los tubos de ondas progresivas. Además de estas pérdidas, el combinador se convierte en un punto de interacción entre las salidas de los distintos klistrones que puede conducir a interferencia entre ellos; asimismo, cuando se requiere cambiar de transpondedor en el satélite, es preciso volver a sintonizar al klistrón correspondiente, aunque en realidad la sintonización en los modelos más recientes se logra en cuestión de segundos y ya no es un problema importante. Por ello, varios usuarios aún eligen klistrones para sus instalaciones, porque su eficiencia (40%) de aprovechamiento de energía eléctrica es mayor que la de los TOP; son muy confiables y robustos, duran mucho tiempo en servicio y, además, son más económicos que un tubo de onda progresiva. Particularmente, son empleados para transmitir canales de televisión y en estaciones terrenas de poca potencia que transmiten unos cuantos cientos de canales de telefonía o datos, pero en este último caso la potencia requerida determina finalmente el tipo de amplificador a usar, ya que no hay klistrones en el mercado con potencias de menos de unos 400 Watts y pueden resultar excesivos para ciertas aplicaciones. Por su naturaleza múltiple por división en el tiempo con salto de portadora.

Una técnica común para reducir los niveles de ruido de intermodulación en los amplificadores de alta potencia de las estaciones terrenas multiportadora, sin usar back-offs demasiado grandes, consiste en emplear **predistorsión**. Tal técnica es realizada conectando en serie el HPA, antes de este, otro amplificador no lineal con bajo nivel de potencia de salida, que usa una señal lineal de referencia para generar algo así como una señal imagen o inversa, ligeramente distorsionada, con sus adecuados pesos de amplitud y ecualización de fase, de tal modo que al pasar por el HPA la señal es amplificada pero con menores niveles de productos de intermodulación de tercer orden, ganándose así mejoras hasta de unos 10 dB.



Dada la posible pérdida de todo un enlace de comunicaciones, si es que el amplificador de potencia falla, por norma general es común encontrar sistemas operativos en los que hay amplificadores de redundancia – en forma similar a como ocurre en los transpondedores del satélite –; la estación terrena puede tener varias configuraciones posibles de redundancia, por ejemplo, dos a uno (es decir, que hay dos amplificadores, uno operando y otro de reserva : 1 + 1), tres a dos (o sea, que hay tres amplificadores que operan y el amplificador de reserva), etc., y en cada caso los amplificadores que operan y el amplificador de reserva son conectados entre la etapa anterior de comunicaciones y la antena con un conmutador de entrada y otro de salida. En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de una cadena de transmisión con redundancia de 1 + 1, en donde solo el amplificador de potencia se tiene por duplicado, sino también el demodulador y el convertidor elevador de frecuencia; el filtro paso banda entre ambos permite limitar el ancho de bandas de frecuencias indeseables, para que así el convertidor elevador opere con mayor eficiencia. Generalmente, el nivel de potencia de salida del convertidor elevador es bajo en comparación con el que debe aplicarse en la entrada del amplificador de potencia para que este funcione adecuadamente. Por lo tanto, es común añadir un **amplificador excitador** – driver – entre el convertidor de frecuencia y el amplificador de potencia, como una etapa de amplificación a niveles de potencia intermedia como se muestra en la siguiente figura; este amplificador excitador también recibe el nombre de preamplificador, por razones obvias.

Por último, es necesario señalar que, antes de su adquisición, las características de un amplificador de potencia se deben determinar tomando en cuenta el posible crecimiento futuro de la estación terrena; es decir, que aun en un principio el amplificador tenga que operar en un nivel mucho más bajo que su capacidad, sea capaz de suministrar los requisitos de potencia y ancho de banda de futuras señales adicionales que la estación deba transmitir durante años siguientes de su vida útil; desde luego, el costo y la rapidez prevista del crecimiento del tráfico influirán en la decisión final sobre el amplificador y diseño general de la estación terrena.



**Figura.- Cadena redundante de transmisión (1 +1 ) de una señal. Puede haber cuatro trayectorias distintas de transmisión (lineas punteadas ), previendo la posibilidad de que algunos de los equipos falle.**

### 3.7.- RECEPTOR.

#### Generalidades.

Recordar que un satélite de comunicaciones funciona como un gran espejo direccional en el espacio; la señal retransmitida por él es casi idéntica a la que recibe desde la estación terrena transmisora, con la diferencia que es colocada en una región de frecuencias más bajas al espectro radioeléctrico y, por supuesto, es amplificada. En su trayectoria de regreso hacia la tierra, la señal viaja un promedio de 36,000 Km y, por lo tanto, su nivel de potencia al llegar a las antenas de las estaciones receptoras es sumamente bajo.

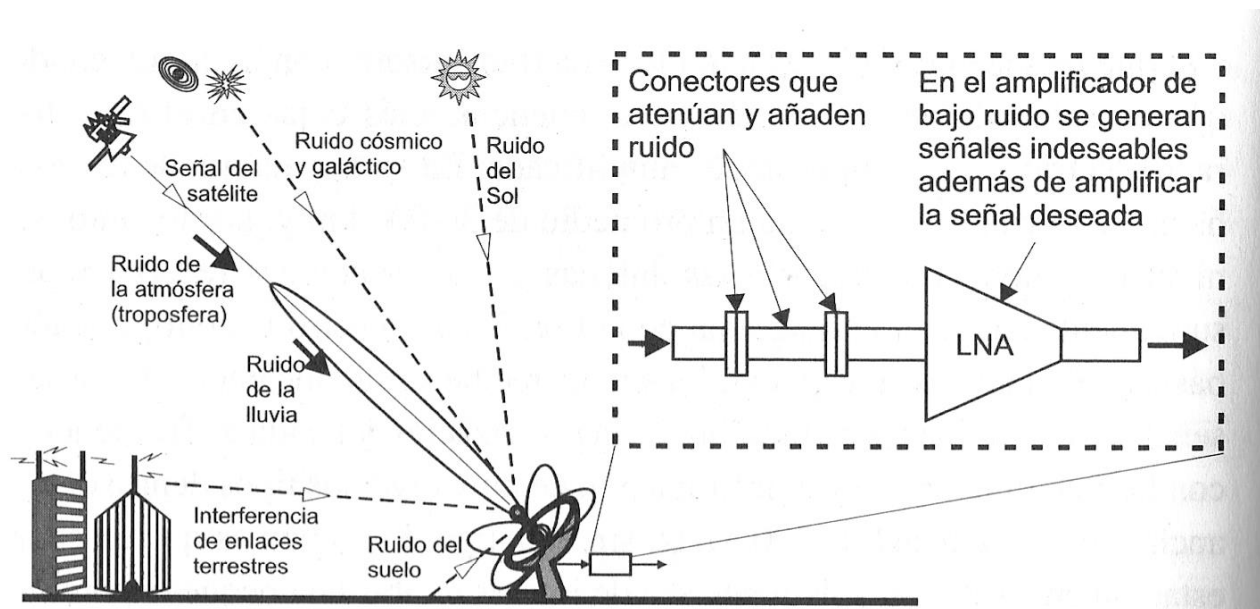
Las antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite en la polarización y bandas de frecuencias con las que funciona, o sea, información de muy diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 Mhz; sin embargo, lo común es que en cada estación en particular solamente sea de interés recibir una pequeña porción de toda esa información, concentrada quizás en un ancho de banda de tan solo 5 Mhz o a un menos. Es decir, que la estación, después de capturar y amplificar toda la información, debe separar o extraer solo aquella parte que le corresponda para procesarla y dirigirla a su destino final. Hay que

tomar en cuenta que posiblemente la información dirigida a una estación en particular provenga de diferentes estaciones transmisora que funciones con transpondedores distintos en el satélite; por lo tanto, esas señales ocupan posiciones diferentes dentro de los 500 Mhz del ancho de banda del paquete de información que el satélite transmite y, en consecuencia, la estación receptora debe extraer únicamente las porciones que les interesen, y que no necesariamente son adyacentes en frecuencia.

### 3.7.1.- Amplificador de bajo ruido.

La antena recibe las señales provenientes del satélite y a través del duplexor se la entrega a un **amplificador de bajo ruido**; este funciona en forma similar al amplificador de bajo ruido del satélite, por las mismas razones de que, a su llegada, la señal tiene una intensidad muy baja y es muy vulnerable ante cualquier ruido que se le pueda añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable.

La antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora, y juntos definen la calidad de su operación (al menos, en la primera etapa de recepción). Por su parte, el amplificador de bajo ruido tiene una “temperatura de ruido” como su principal parámetro indicativo, y mientras esta sea baja, tanto mejor, porque el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de recepción aumenta. Sin embargo, no solamente se introduce ruido en la señal a través del amplificador de bajo ruido, sino también por la antena, y su magnitud se calcula en función de una “temperatura de ruido de antena”; la suma de la temperatura de ruido de la antena y la propia del amplificador de bajo ruido referidas al mismo punto, determinan casi completamente la temperatura total “T” de ruido del sistema de recepción, para condiciones del cielo despejado, siempre y cuando las pérdidas producidas por los conectores sean bajas, como se muestra en la figura siguiente.



**Figura.-La temperatura total de ruido del sistema de recepción es la suma de las contribuciones de varias fuentes indeseables, en el caso de la antena, la intensidad de las señales indeseables (representadas por medio de una temperatura de ruido equivalente de la antena) depende de la inclinación que tenga el plato parabólico y la frecuencia a la que está funcionando.**

Muchos amplificadores de bajo ruido actualmente instalados y en operación son paramétricos (su circuito de microondas emplea un diodo varactor), o bien amplificadores con transistores de efecto de campo (FET) de arseniuro de galio (GaAs). Estos últimos son más estables y menos complicados para alimentarlos de energía, aunque su temperatura de ruido es ligeramente mayor que la de los amplificadores paramétricos. Por norma, general, las estaciones grandes usan amplificadores paramétricos y las pequeñas amplificadores FET. Sin embargo, los LNA fabricados con la tecnología moderna, tanto para las bandas C, Ku y Ka emplean transistores más avanzados conocidos por las siglas HEMT y que brindan temperaturas de ruido bajas.

También conocidos como Amplificadores de Alta Potencia (High Power Amplifier), son elementos cuya función es aumentar el nivel de potencia de las señales generadas por el equipo de comunicaciones para que sumado con la ganancia de antena se obtenga una Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE) suficiente para su posterior detección en el satélite. Los amplificadores más comunes son el Klystron (KPA, Klystron Power Amplifier), el Tubo de Ondas Viajeras (TWTA, Travelling Wave Tube Amplifier) y el Amplificador de Potencia

de Estado Sólido (SSPA, Solid State Power Amplifier).

El primero y ya ampliamente utilizado por sus altas condiciones de ganancia resulta ser el KPA, pero sus inconvenientes son tales que, su máxima ganancia está determinada por la capacidad de calor tolerable por la estructura del tubo antes que se derrita su estructura o que el tubo sufra daños mecánicos. Por otra parte, se debe considerar la aparición de ruido blanco debido a que el haz de electrones dentro del KPA nunca es perfectamente uniforme, lo cual degrada considerablemente la señal amplificada. Con una arquitectura más compleja que el KPA y con características de funcionamiento diferentes, surge el TWTA. Este amplificador, aún basado en tubos de vacío presenta alta fiabilidad, más ancho de banda y alta ganancia respecto del primero, sin embargo su operación no es completamente lineal lo cual genera la aparición de productos de intermodulación y con estos distorsiones de la señal.

Para compensar estos efectos en el TWTA, la solución más frecuente es la disminución de la potencia de salida del amplificador, lo cual representa ineficiencias en el empleo de los recursos. Los Amplificadores de Estado Sólido o SSPAs, los cuales son el resultado de los adelantos en los transistores FET de Arseniuro de Galio (GaAs) y cuyo rendimiento en términos de linealidad y fiabilidad es muy superior al de los anteriores y además, presentan menores requerimientos de potencia, característica fundamental de los SSPA que se ve compensada con la alta ganancia de las antenas en el segmento espacial.

En la siguiente imagen se muestra una tabla que concentra la información básica referente a los amplificadores de bajo ruido que se encuentra actualmente en el mercado; desde luego, puede a ver varias variantes, dependiendo del fabricante. Hace 15 años las temperaturas de ruido de los LNA eran más altas, aproximadamente varias docenas de grados Kelvin mayores que las de la tabla, como se observa, la temperatura del amplificador puede ser controlada por medios: refrigeración criogénica, o termoeléctrica o compensación de temperatura.

Tipo según electrónica	Enfriamiento	Banda	Temperatura de ruido [K]
Paramétrico	Termoeléctrico	C	30
		Ku	90
	Sin enfriamiento	C	40
		Ku	100
GaAs FET	Termoeléctrico	C	50
		Ku	125
	Sin enfriamiento	C	75
		Ku	125
HEMT	Termoeléctrico	C	23 - 30
		Ku	50 - 70
		Ka	110
	Sin enfriamiento	C	23 - 50
		Ku	65 - 100
		Ka	150 - 300

Figura.-valores típicos de temperatura de los amplificadores de bajo ruido disponibles en el mercado para la región del continente americano.

La **refrigeración criogénica** incluye dispositivos con parte móviles y consiste básicamente en un sistema de circulación de helio gaseoso, alcanzándose temperatura cercanas a los  $-250^{\circ}$  C. se utilizaba en casi todas las estaciones internacionales de estándar A del Intelsat hacia los principios de los años 70 pero en las estaciones modernas ya no lo emplean. Con el sistema de **refrigeración termoeléctrica** se logra reducir mucho la temperatura de los componentes sensibles del amplificador; tienen la ventaja de que no requiere ninguna parte móvil, además de que se instala dentro del dispositivo, en una caja sellada herméticamente, lo cual le da

mucha robustez y facilidad de mantenimiento. La refrigeración opera con diodos que aprovechan el efecto Peltier, descubierto por el físico francés del mismo apellido.

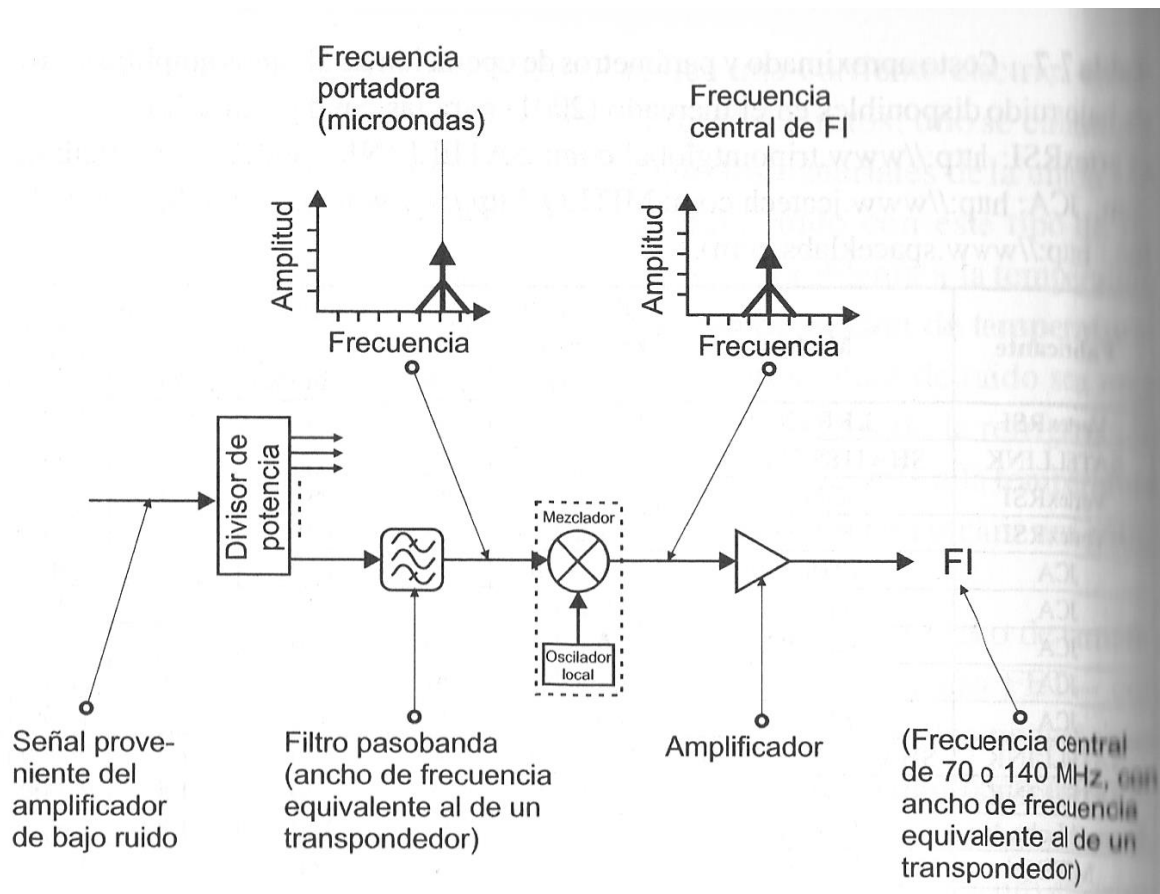
Este efecto consiste en que cuando se aplica una corriente eléctrica en un circuito hecho con la unión de los conductores distintos, uno se calienta y el otro se enfría, el efecto es mayor cuando los materiales de la unión son semiconductores. Los amplificadores de bajo ruido con este tipo de refrigeración interna pueden funcionar sin ningún problema a la temperatura ambiente. En cuanto a la **refrigeración por compensación de temperatura**, esta se utiliza cuando no es necesario que la temperatura de ruido sea muy baja, emplea sistemas de control más sencillos que los de refrigeración termoeléctrica, es muy confiable y también puede usarse a la temperatura ambiente (considerada comercialmente de  $0^{\circ}$  a  $+50^{\circ}$  C, para incluir una gama amplia de zonas geográficas).

### 3.7.2.- Conversión de frecuencia, demodulación y calidad de recepción.

La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con ancho de 500 Mhz, situada aun en la misma región del espectro radioeléctrico; el convertidor reductor tiene como función transferir toda esa información de 500 Mhz a una región más baja del espectro, centrándola en una frecuencia intermedia (FI) de recepción, es decir, haciendo una operación inversa al convertidor elevador de la estación transmisora.

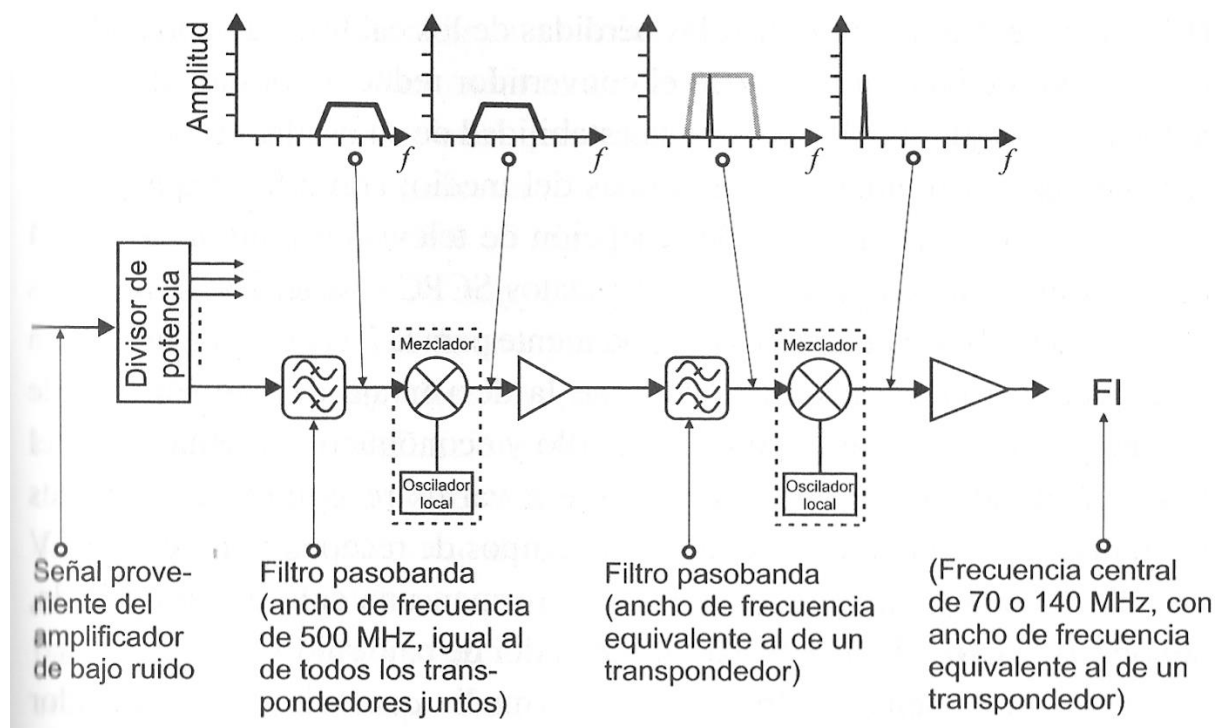
La conversión de reducción de frecuencia se puede hacer en un solo paso, bajando de la frecuencia de llegada a la antena – que es la misma frecuencia en la que opera el amplificador de bajo ruido – hasta la frecuencia intermedia FI que se le deba entregar al demodulador como se muestra en la siguiente figura.





**Figura.- Conversión reductora de frecuencia en un solo paso.**

El proceso también puede ser realizado en dos pasos como se muestra en la figura siguiente, y se prefiere así cada vez más en las estaciones terrenas modernas, porque es más fácil sintonizar los equipos de recepción en cualquier región del ancho de banda transmisión del satélite. Esto es importante, porque el plan original del uso de las frecuencias del satélite puede variar con el tiempo (es decir, cambiar la posición de las portadoras a otras frecuencias), en uno o en todos sus transpondedores, o tal vez bajo circunstancias drásticas sea necesario cambiar el satélite, y la frecuencia de trabajo del convertidor reductor puede ser ajustada más fácilmente si se usa doble conversión. Para las estaciones que emplean esta técnica se dice que tienen “ agilidad en frecuencia”.



**Figura.-Conversión reductora de frecuencia en dos pasos.**

### 3.8.- ALIMENTADOR DE ENERGÍA.

El tipo de servicio que una estación terrena presta determina la complejidad y confiabilidad necesarias de su sistema de suministro de potencia. En caso de una estación nacional de recepción de televisión (TVRO), no tendría mayor trascendencia que se fuera la luz durante cinco minutos o una hora en las zona residencial donde se encuentre; cuando mucho, el propietario perdería el buen humor y, además, quizá ni siquiera tendría encendido su televisor en el momento en que se iniciaría el apagón. En cambio, no sería bien visto que por la falta de luz durante varios minutos o media hora, no fuese posible transmitir importantes paquetes de información digital entre centros de cómputo u oficinas administrativas, que no se pudiesen hacer llamadas de larga distancia internacional o que se interrumpiera la difusión de programas de televisión en todo el territorio nacional.

Por tal razón, muchas estaciones transmisoras y receptoras necesitan contar en sus propias instalaciones con un sistema de **alimentación de energía ininterrumpida**; es decir, que si la luz comercial o primaria se va, la

conmutación o cambio al sistema de suministro de reserva debe ser suave y rápida, sin ninguna interrupción del servicio.

### **3.9.-ESTACIONES TÍPICAS SEGÚN SU SERVICIO.**

Todo lo visto hasta ahora sobre las características y componentes de las estaciones terrenas se concluye que hay una enorme cantidad posible de combinaciones de equipos (antena, HPA,LNA,etc .). la elección final para las estaciones de hogares, empresas o redes de cualquier tipo dependerá, sin duda, del satélite empleado y sus propias características, del servicio brindado, de los costos de instalación y operación, de los estándares disponibles en el mercado, etc. por ello, a manera de guía para el lector, sin que pretenda ser un compendio universal y absoluto.

## REPORTE DEL PROGRAMA e-MEXICO.

Durante nuestra residencia profesional se llevó a cabo diferentes actividades, las cuales contribuían para realizar las instalaciones de terminales satelitales, de forma resumida se mencionan a continuación:

Antes de comenzar hablar sobre las actividades correspondientes debemos de conocer en que consiste el programa e-México, sus ventajas, características entre otras:

El programa e-México es con el fin de que la revolución de la información y las telecomunicaciones tenga un carácter verdaderamente nacional, que exista una relación entre los gobiernos, las empresas, los hogares, con un alcance hasta el último rincón del país.



Para constituir el Sistema Nacional e-México se definieron tres ejes rectores o estrategias principales: Conectividad, Contenidos y Sistemas. También se contemplaron cuatro Pilares básicos para el desarrollo de contenidos y servicios digitales, en temas de e-Aprendizaje, e-Salud, e-Economía y e-Gobierno.

La importancia fundamental del Sistema Nacional e-México está en haber dado los primeros pasos en una forma planeada y organizada como política de Estado para llevar al país a la Sociedad de la Información y el Conocimiento, dando un sentido social al uso de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

Las Plataformas de Servicios Digitales desarrolladas bajo la Coordinación del Sistema Nacional e-México, han creado también este efecto multiplicador o demanda de servicios vía Internet, la cual está influyendo cada día más en la vida de la población mexicana.

Los centros en los cuales regularmente el programa e-México son instalados para proporcionar el servicio a prestar son llamados CCD (Centro Comunitario Digital); Los cuales son sitios públicos donde se tiene acceso a internet, localizados principalmente en escuelas, bibliotecas, centros de salud, oficinas de correo; el servicio principal que presta el programa es el acceso a internet, para la recepción de dicho servicio se necesita hacer instalaciones de terminales satelitales.

Para realizar un enlace satelital correspondiente al programa e-México hay la necesidad de equipo electrónico, cables, antena y accesorios necesarios.

Los elementos necesarios para llevar a cabo una comunicación satelital consta de:

- P Unidad de antena.
- P Unidad electrónica de antena
- P unidad transreceptora
- P Auricular
- P Dos cables de RF TNC

#### **Unidad de Antena:**

La unidad de antena regularmente se compone de tres partes: un plato reflector, una antena helicoidal, unidad electrónica de antena y un amplificador de bajo ruido (LNA), así llamadas por el fabricante, además de un diplexor que se encarga de conducir y diferenciar las señales de Tx y Rx que son enviadas del satélite y al CTU respectivamente.

**Unidad Electrónica de la Antena:**

Esta unidad la cual contiene un HPA, Un LNA y un diplexor; El HPA se encarga de amplificar la señal que le entrega el CTU vía un cable Tx. El LNA es un elemento de Rx, el cual se encarga de recibir la señal de la antena, amplificarla y entregarla al CTU.

**Unidad Transreceptora Comun:**

La unidad transreceptora común, conocido como (CTU), proporciona la interface para la antena, auricular y dispositivos de datos así como el manejo de las señales y la comunicación con el CGS vía satélite.

**Auricular:**

Es una estructura física parecida a un teléfono, opera como panel de control para marcar y almacenar números y acceder al menú de funciones, se utiliza para hacer pruebas con llamadas, observar la potencia de recepción entre otras.

**Modem:**

Para el caso de dar el servicio de internet a localidades retiradas, donde el servicio de otras compañías no es posible.

Si resumimos el trabajo realizado en puntos serían los siguientes:

\*Teniendo todo el material a la mano se prosigue con la instalación.

\*instalación de antena; para ello se necesita encontrar un lugar adecuado en el cual esté libre de árboles, obstáculos diversos, para tener una buena recepción, una vez localizado dicho lugar se necesita realizar una base para la antena, esta dependerá del lugar y el material donde se instalara. Estas instalaciones se pueden llevar a cabo en:

- Techo con marquesina.
- Muro de palma.
- Muro de adobe.

- Muro de Madera.
  - Base de cemento.
- 
- Una vez instalada la antena se realiza el cableado (desde antena hasta equipo), donde estará colocado la fuente. Auricular, CTU o MODEM según sea el caso de servicio. Tanto el cableado como la instalación de la antena se encuentran bajo normas, cierta restricción de instalación.
  
  - P Cuando la estructura de la antena está establecida se conecta EL IDU previamente configurado con las nuevas tablas proporcionadas por las oficinas de México si es para telefonía, se realizan pruebas de llamadas; nos enlazamos con México y ellos nos proporcionan datos y la ubicación de la antena dependiendo del lugar donde nos encontremos (Altitud y Latitud).
  
  - P En caso de que el servicio sea Internet conectamos el MODEM a la antena por medio de los cables correspondientes (RF y LNB), lo siguiente es configurar el MODEM con los datos que la compañía ofrece (IP, Mascara, Mascara de Sub red, Puerta de Enlace).
  
  - Teniendo los datos anteriores nos podemos enlazar a una página donde observaremos si se establece el enlace, es decir la potencia de enlace. En esta página también se proporcionaba las características del lugar y del equipo a utilizar.

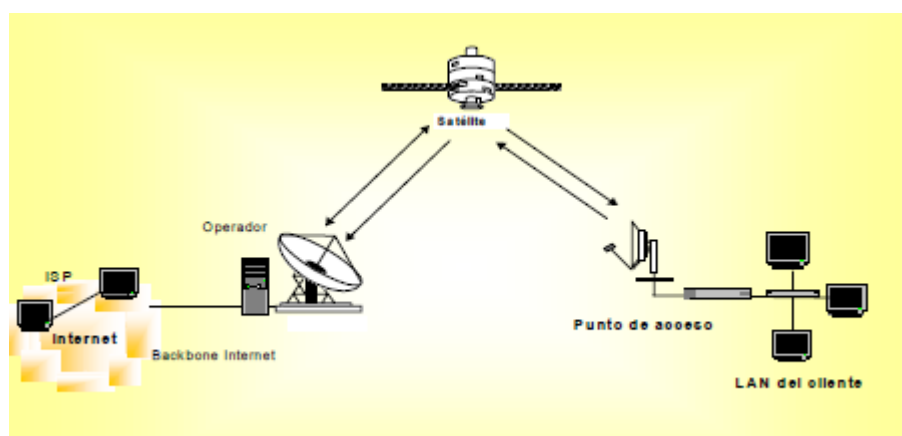


- Si el enlace no se establece por mala colocación de la antena podemos aplicar la fórmula para la obtención del ángulo de Elevación y Azimut, vista en el Capítulo III. Para mejorar aún más el enlace se realizan ajustes manualmente.
  
- Teniendo un buen enlace que se indicaba mediante (80% de enlace) se proseguía hacer comunicación con México para que en las oficinas pudieran observar la terminal satelital recién instalada y nos proporcionaran acceso al servicio.
  
- Finalmente se conecta a la computadora para ver de forma clara si el servicio esta activo o si no existe ningún problema. Si existe alguno se debe comunicar a México para determinar los problemas ya que puede ser de oficinas centrales o en la terminal satelital.

## ANEXOS.

### INTERNET SATELITAL DEL PROGRAMA E-MÉXICO.

Para tener acceso a Internet es necesario que el hub tenga un servidor HPP conectado a un ISP. Utilizando un HPP se tiene un enrutamiento asimétrico. La velocidad de transmisión saliente del hub es de hasta 2 Mbps que contiene datos de IP. Las estaciones remotas transmiten una portadora entrante de hasta 53,6 kbps. El IP está multiplexado por tiempo con los datos de telefonía. Para las conexiones a la PC se usa el puerto Ethernet LAN (RJ-45) del VSAT.



**Figura. Esquema para acceder a una red satelital.**

### Características de la red satelital

El rango de frecuencias que se utiliza es el de la banda Ku, es decir, los enlaces descendentes o downlink entorno a los 11 GHz, y enlaces ascendentes o uplink alrededor de los 14 GHz. También se puede utilizar en la banda C de frecuencia, es decir, entorno a los 4 GHz para el downlink y 6 GHz para el uplink.

La interfaz del hub con el puerto de usuario generalmente es a través de enlaces E1 de tal manera que la velocidad de transmisión en bits puede estar entre 64 a 2.048 kbps. El código de corrección de errores utilizado es el código convolucional o concatenada, Viterbi. La modulación utilizada para el hub es la QPSK o BPSK, y para los terminales remotos es una conjunción de TDMA y FDMA. La velocidad de transmisión

puede estar entre 9,6 y 153,6 kbps.



### MODEM SATELITAL - VSAT

El módem satelital es un equipo, que se comunica en forma bidireccional (Transmisión y Recepción) con el Data Center y el Hub Satelital de la DIGETE, para el acceso al Portal Educativo y al acceso a internet.

Es necesario que dicho equipo se encuentre encendido, dado que, es el que energiza al LNB de la antena VSAT. Si el módem no se encontrara encendido, entonces no habría recepción de datos, ni recepción de video del canal de la TV educativa.

Trabaja en la Banda Ku (frecuencias de Tx: 14-14.5 GHz y Rx: 10.7-12.7 GHz).

Tiene la capacidad para actualizar el software de operación, vía remota desde la Estación Terrena llamada HUB satelital ubicada en la sede central del MED, lo que nos permite eliminar la necesidad de instalar software en el servidor o computadora principal.

Cuenta con un puerto de comunicación: RJ45 para datos y puertos con conector hembra tipo "F" para la transmisión y recepción de datos en el enlace satelital.

Cuenta con un interface Ethernet: 10 BaseT / 100Base

Consumo de energía de entrada: 100-240 VAC comercial.

Velocidad de Transmisión del Inroute es de 128 y 256 Kbps (velocidad de subida al satélite)

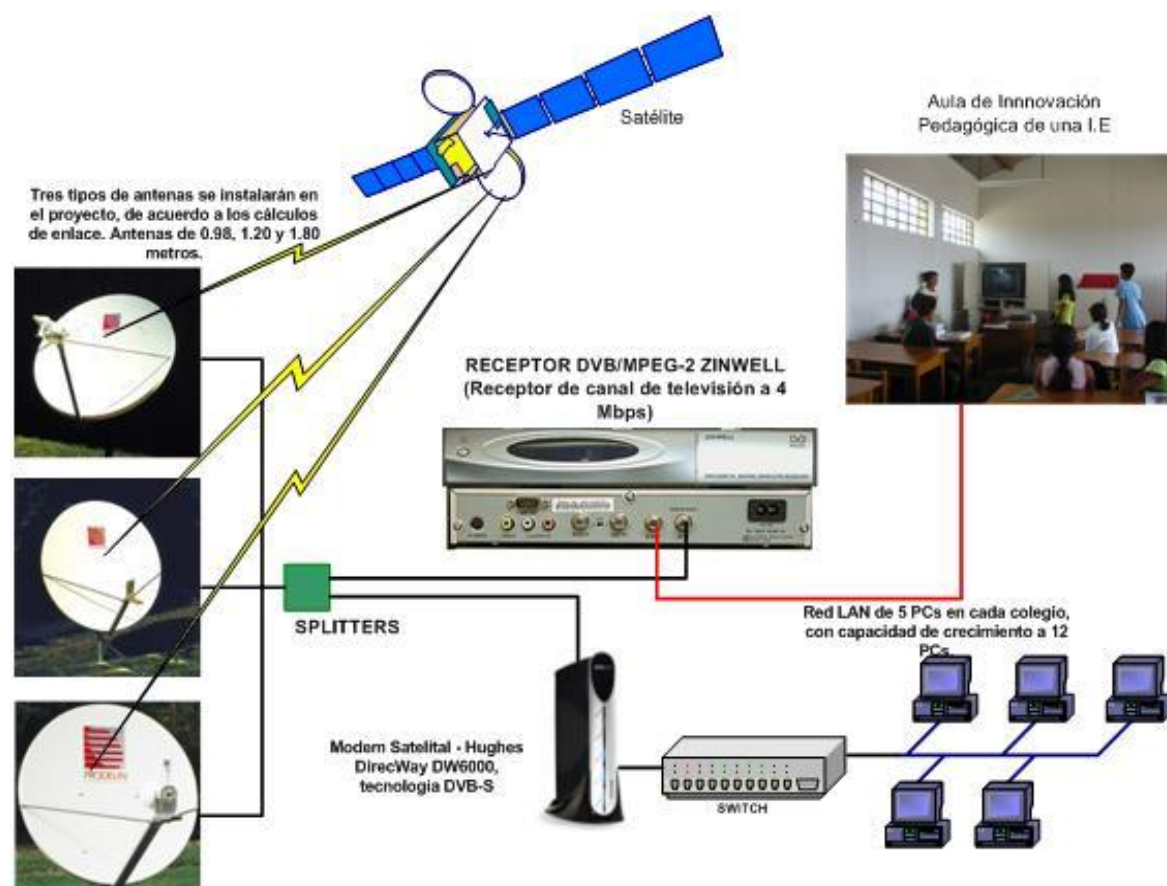


Figura.- Esquema típico de una institución educativa con equipamiento VSAT

Los usuarios podrán transmitir así como recibir por medio de una pequeña antena parabólica y una unidad interna denominada SIT. El terminal SIT puede transmitir hacia el satélite desde 384 Kbps hasta 2 Mbps permitiendo el envío y recepción de contenidos de banda ancha como archivos de videos.

La bajada del satélite puede llegar a alcanzar un máximo de 38 Mbps a servidores conectados a redes corporativas y hasta 8 Mbps en los PCs. El sistema BBI satisface la demanda de comunicaciones bidireccionales de datos de banda ancha o alta velocidad y en un principio se comercializaba.

## CONCLUSION.

Durante la estancia de residencia sobre el programa e-México, se realizaron distintas actividades todas relacionadas sobre instalaciones de estaciones terminales del programa antes mencionado, toda la información que se logró obtener mediante la investigación teórica fue un buen sustento para que en la práctica no resultara tan desconocido ciertos asuntos. Dicha información es necesaria para iniciar en el campo práctico y entender de una mejor manera la comunicación satelital.

Como conclusión podemos mencionar que es muy diferente el campo práctico a la teoría investigada, estar inmerso en el mundo laboral se conoce distintos asuntos relacionados o no al programa determinado; por ello las residencias profesionales son de buena ayuda a los estudiantes.

El estar presente y hacer un enlace satelital en el cual conozcamos todos los factores que influyen, los problemas que pueden presentarse, las alternativas a las cuales se pueden acceder, son cosas que se aprenden con el paso del tiempo, la práctica, lo que viene haciendo la experiencia para sólida para una persona.

BIBLIOGRAFIA

<http://www.nauts.com/>  
<http://www.arconet.es/satelite/>  
<http://www.sateliteinfo.com/>  
<http://www.icnet.es>  
<http://www.idg.es>