

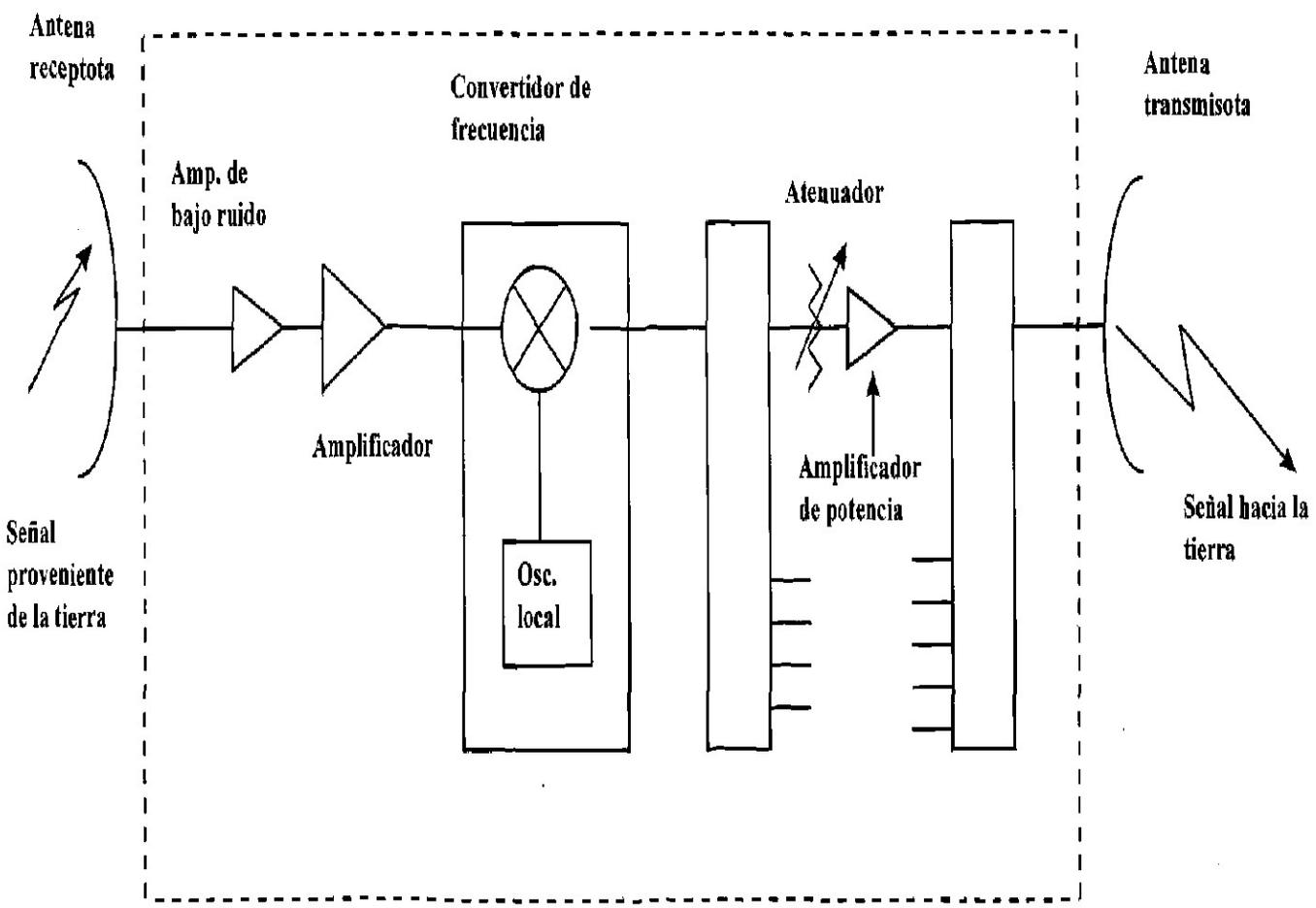
5104  
7  
1

T  
TK5104  
P47  
C.1



Por tanto es necesario aislar las señales, para procesarlas y amplificarlas por separado, esta es una de las razones por las que se divide el ancho de banda del satélite en transponder, después del proceso todas las señales se vuelven a juntar o agrupar, para que la antena transmisora las envíe hacia la Tierra.

### Subsistema de comunicaciones



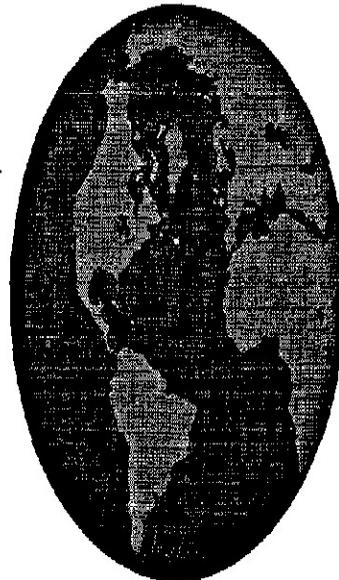
**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

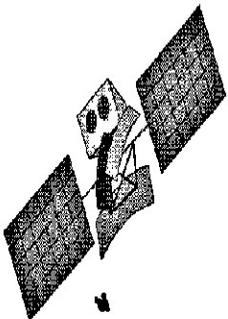
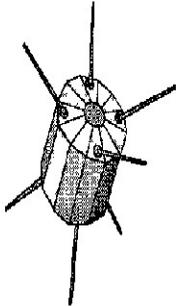
**QUE PARA PRESENTAR EXAMEN PROFESIONAL PRESENTO**

**ALEJANDRO PEREGRINO MENDEZ**

I.E.C .



# Comunicação via satélite



- ◆ Un SATÉLITE es una repetidora (en el rango de las microondas) en el espacio, no crea transmisiones por si mismo, repite lo que recibe de la tierra.

# ◆ Clasificación de los ◆ Satélites

Los Satélites se clasifican de acuerdo a:

- ◆ a) Su órbita
- ◆ b) Operación
- ◆ c) Cobertura
- ◆ d) Aplicaciones

# De acuerdo a su órbita:

- **a) Geoestacionarios:**

- Estos satélites están en el plano ecuatorial, tienen
- periodo orbital de 24Hrs, el mismo sentido de
- rotación de la tierra , están a una distancia de
- aproximadamente 35788 Km...

- **b) No geoestacionarios:**

- Es cualquier satélite que no cumple con los
- requisitos para ser clasificado como satélite
- geoestacionario.

**De acuerdo a su operación:**

**Activos:** Aplican la señal y hacen un cambio de referencia

**Pasivos:** Este tipo de satélite solo refleja la señal.

◆ **De acuerdo a su cobertura:**

- ◆ **Globales:** Estos satélites cubren un 40% de la superficie terrestre, logrando así la comunicación entre
- ◆ continentes

- ◆ **Domésticos:** Son todos los satélites que no requieren cubrir un 40% de la superficie terrestre.

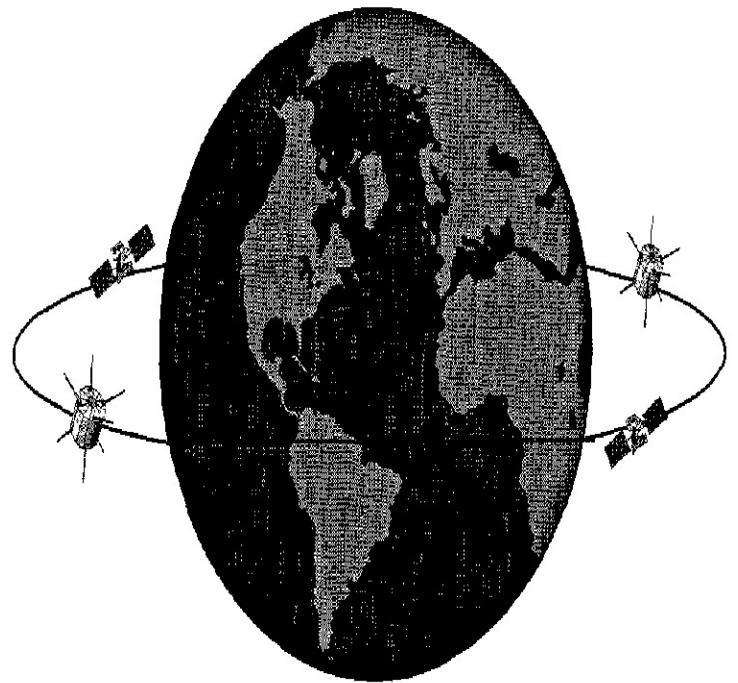
**De acuerdo a su aplicación :**

- ◆ Comunicaciones
- ◆ Militares
- ◆ Meteorológicos
- ◆ Investigación



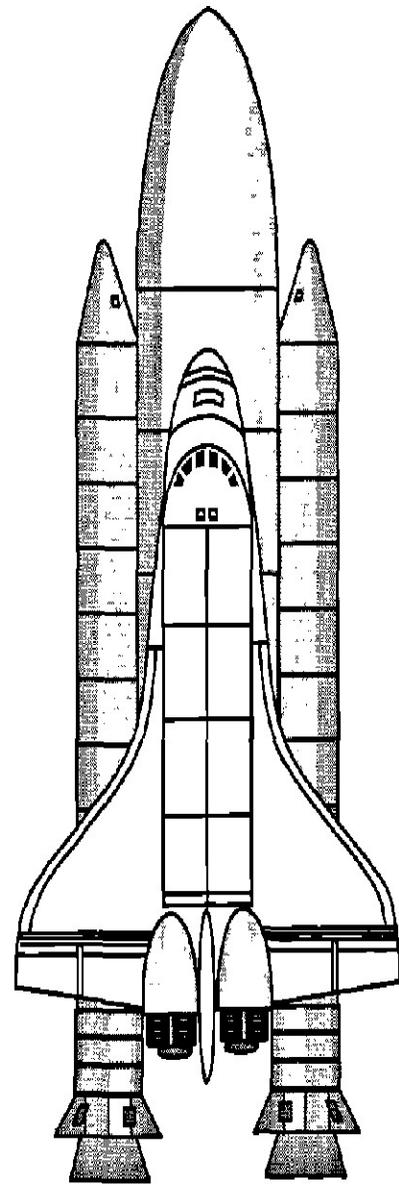
- ◆ El satélite y la órbita
  - ◆ geoestacionaria

- ◆ La órbita geoestacionaria es un plano imaginario que atraviesa al ecuador.
- ◆ La tierra gira sobre su eje, completando una vuelta en 24Hrs.
- ◆ El satélite gira sobre la órbita geoestacionaria y completa una vuelta en 24Hrs.
- ◆ Por lo tanto el satélite parece un punto fijo con respecto a la tierra
- ◆ La órbita geoestacionaria se ubica a 35788Km sobre el nivel del mar.



# ¿Como llega un satélite a la órbita geoestacionaria?

- ◆ Por Inyección directa en órbita geoestacionaria
- ◆ Inyección inicial en órbita elíptica.
- ◆ Inyección inicial en órbita circular baja.
- ◆



## Inyección directa en órbita geoestacionaria

El satélite no tiene motores que lo ayuden a pasar de una órbita a otra, el satélite es transportado hasta su destino por un cohete, este método es muy costoso

- ◆ **Inyección inicial en órbita elíptica**
- ◆ Este procedimiento coloca al satélite en la órbita geoestacionaria a través de varias etapas primero lo coloca, con la ayuda de un cohete, en una órbita elíptica muy larga (órbita de transferencia sincrónica), donde el satélite da una o varias vueltas hasta que enciende el motor de apogeo en el instante en que se encuentra con la órbita geoestacionaria

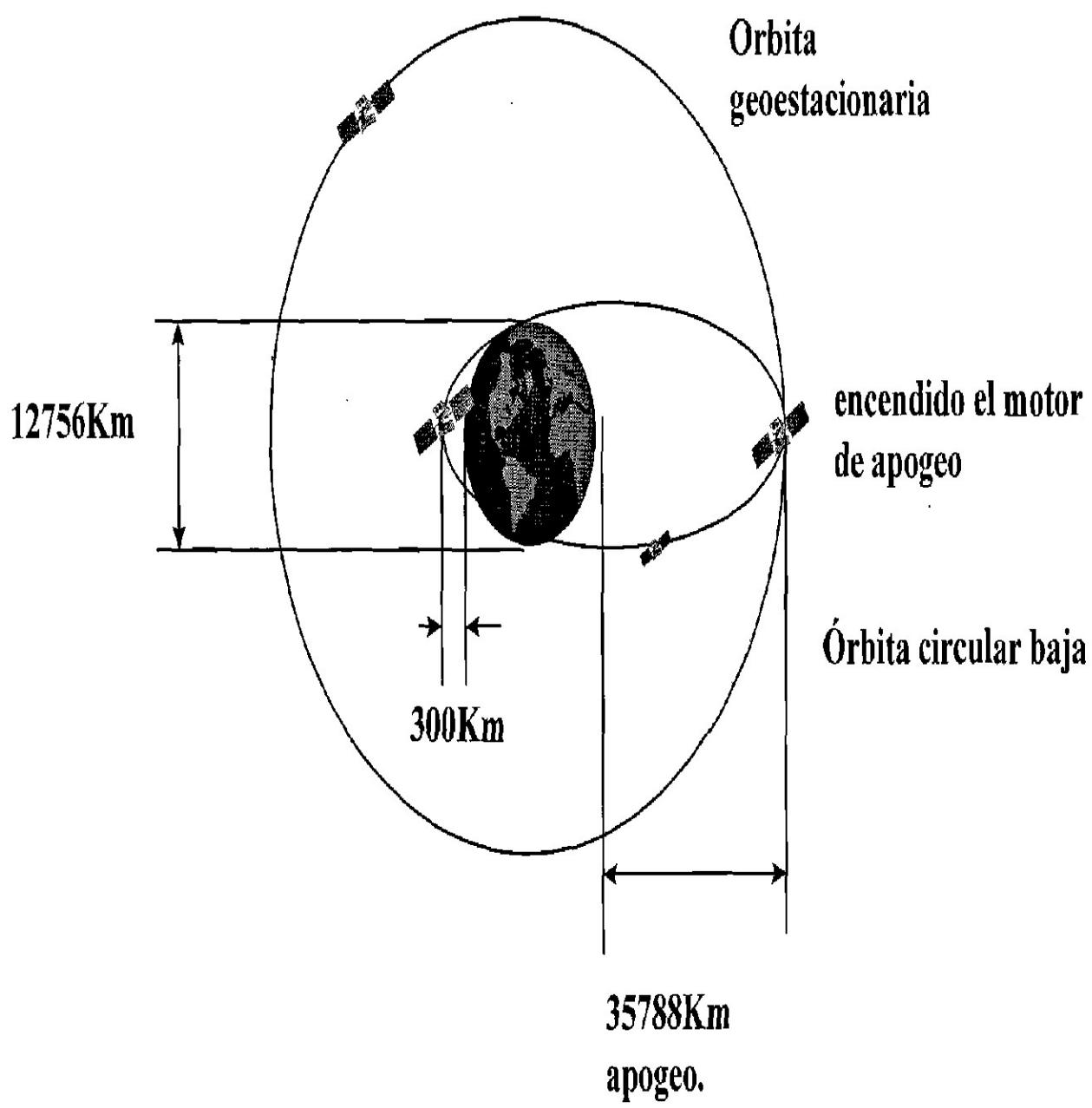


### **Inyección inicial en órbita circular baja.**

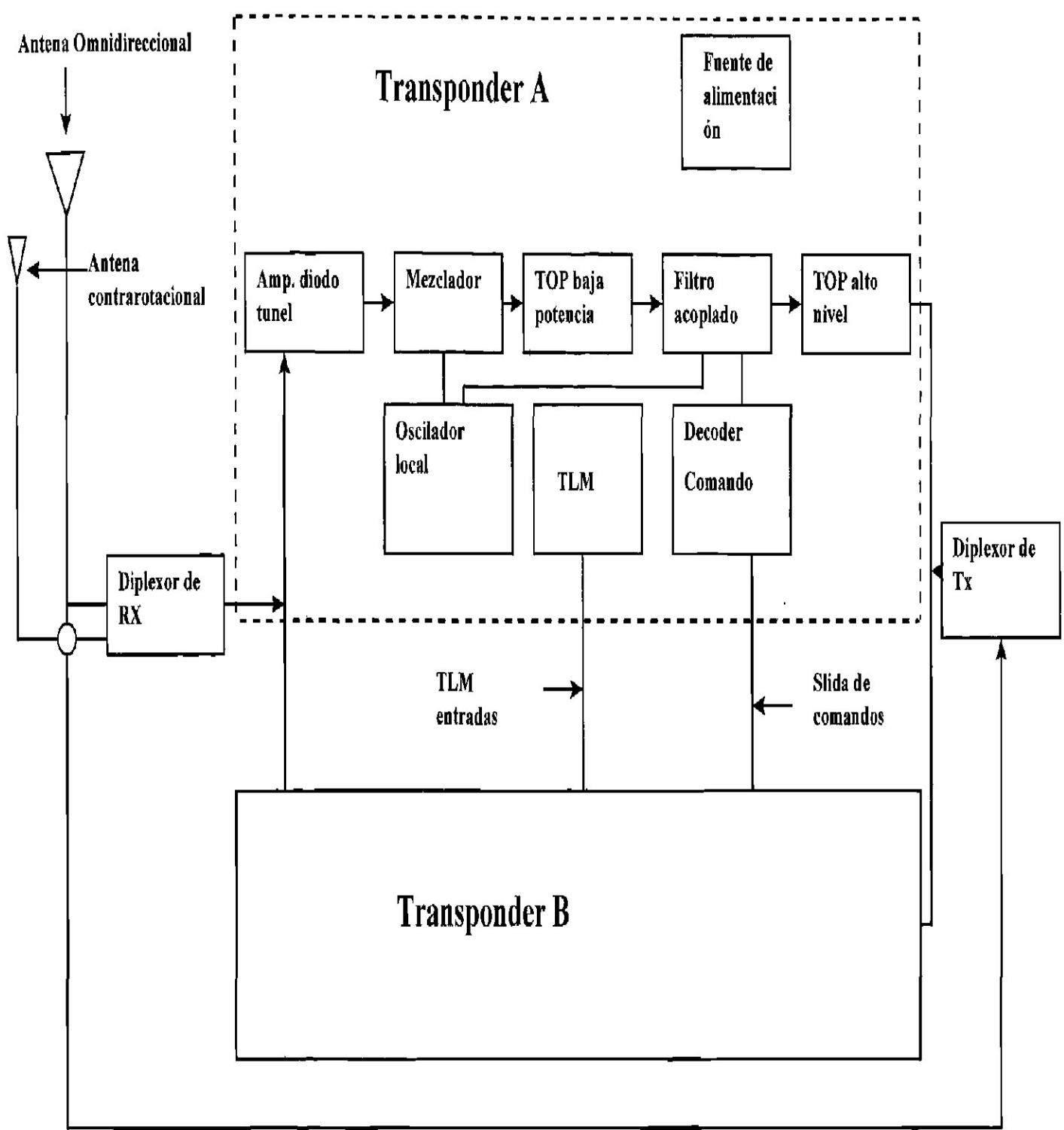
Esta es la técnica empleada por el sistema de transportación espacial de la NASA de EUA mejor conocido como orbitador y consiste de tres pasos, donde los últimos dos pasos son indenticos a la técnica de inyección inicial en órbita elíptica.

- ◆ El primer paso el orbitador despega llevando al satélite en su compartimento de carga y entra en órbita al rededor de la tierra siguiendo una trayectoria circular, a una altura aproximada de 300Ks.sobre el nivel del mar, después de varias vueltas que da la nave, el satélite es liberado quedando también en órbita circular baja y a una velocidad casi igual a la de la nave, la separación se efectúa cuando la nave va cruzando el plano del ecuador, y cuarenta y cinco minutos mas tarde cuando el satélite vuelve a cruzar el plano del ecuador su motor de perigeo se enciende, este le da un empuje que lo cambia a una órbita elíptica.

Una vez que ha cumplido su misión el motor de **perigeo** se desprende del resto del satélite después un motor de apogeo se enciende para circularizar la órbita con su altura final.



# Diagrama a cuadros de un satélite típico

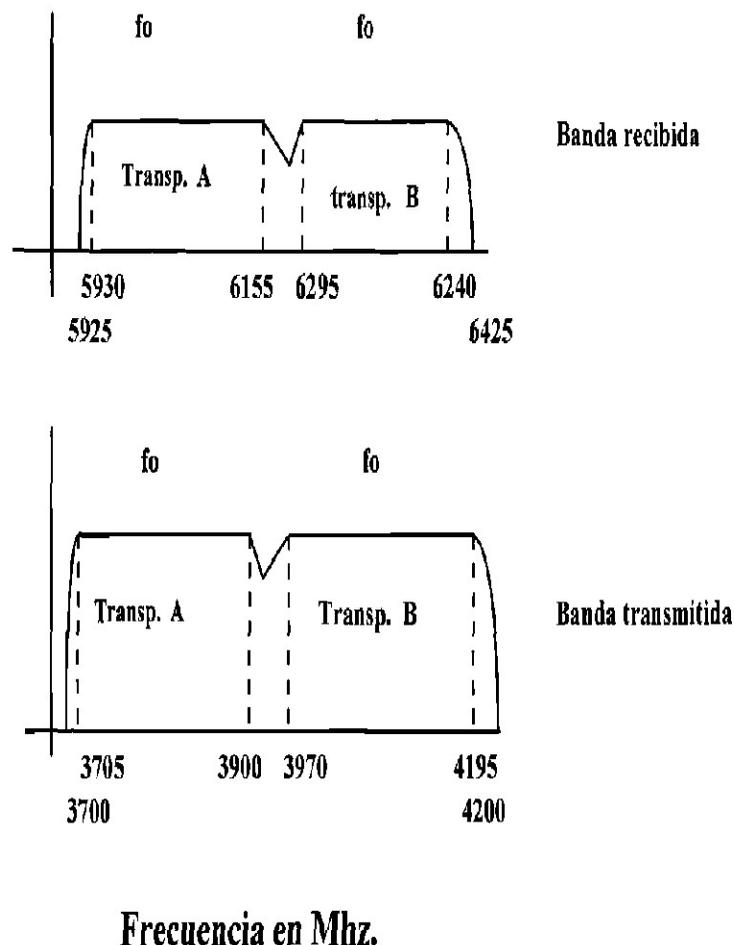


## Antena

Las señales de comunicación enviadas desde la estación terrena en frecuencia de orden de los 6Ghz son recibidas por la antena contrarrotacional, (este sistema de antena permite mayor estabilidad al satélite) y pasadas al dipléxer de recepción

## Dipléxer de recepción.

En el dipléxer de recepción son separadas las bandas alta y baja de comunicación para ser limitadas a su respectivo transponder.



## **Amplificador a diodo tunel**

Forma parte del transponder y amplifica la señal que recibe, teniendo aproximadamente 31 dB de ganancia y una figura de ruido de 4.3dB

## **Mezclador.**

En él son mezcladas las señales de comunicación de 6Ghz, para convertirlas en orden de los 4Ghz (abatidas o transpuestas 2225Mhz), en esta misma parte se encuentran los fioltros que eliminan las señales indeseables, permitiendo la entrada del tubo de ondas progresivas solo a las señales útiles de comunicación.

## **Tubo de Ondas Progresivas de baja potencia.**

Amplifica las señales de comunicación.

## **Tubo de Ondas progresivas de alta potencia.**

Las señales de comunicación son amplificadas al nivel adecuado de transmisión.

## **Dipléxer de transmisión.**

Las señales de ambos transponder son combinadas para ser alimentadas a la antena de comunicación que se encarga de transmitir la información hacia la tierra.

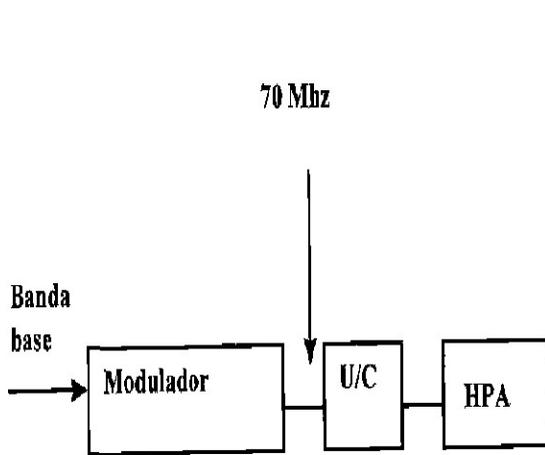
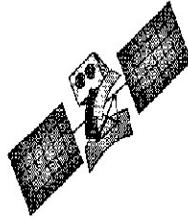
# El enlace de comunicaciones

Los satélites en general, tienen como finalidad retransmitir las señales enviadas desde la tierra (señal up-link), para retornarlas en otra banda de frecuencia (señal down-link).

Las bandas más utilizadas son las siguientes:

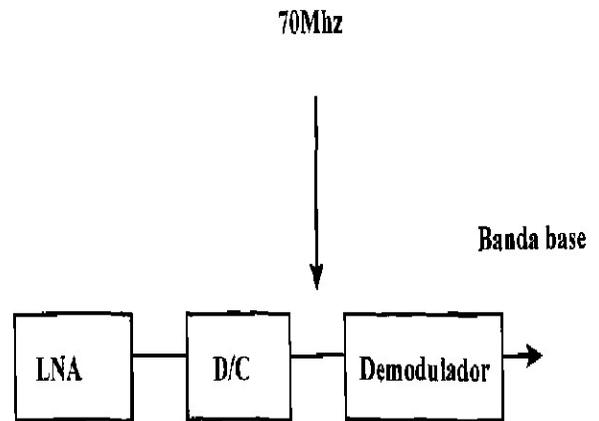
	<b>Banda “C”</b>	<b>Banda “Ku”</b>	<b>Banda “Ka”</b>
	<b>Mhz</b>	<b>Mhz</b>	<b>Mhz</b>
<b>Ascendente (up-link)</b>	<b>5925 a 6425</b>	<b>14000 a 14500</b>	<b>27500 a 31000</b>
<b>Descendente (down-link)</b>	<b>3700 a 4200</b>	<b>11700 a 12200</b>	<b>17700 a 21200</b>

# Diagrama de referencia para comunicación vía satélite.



U/C = Up-converter

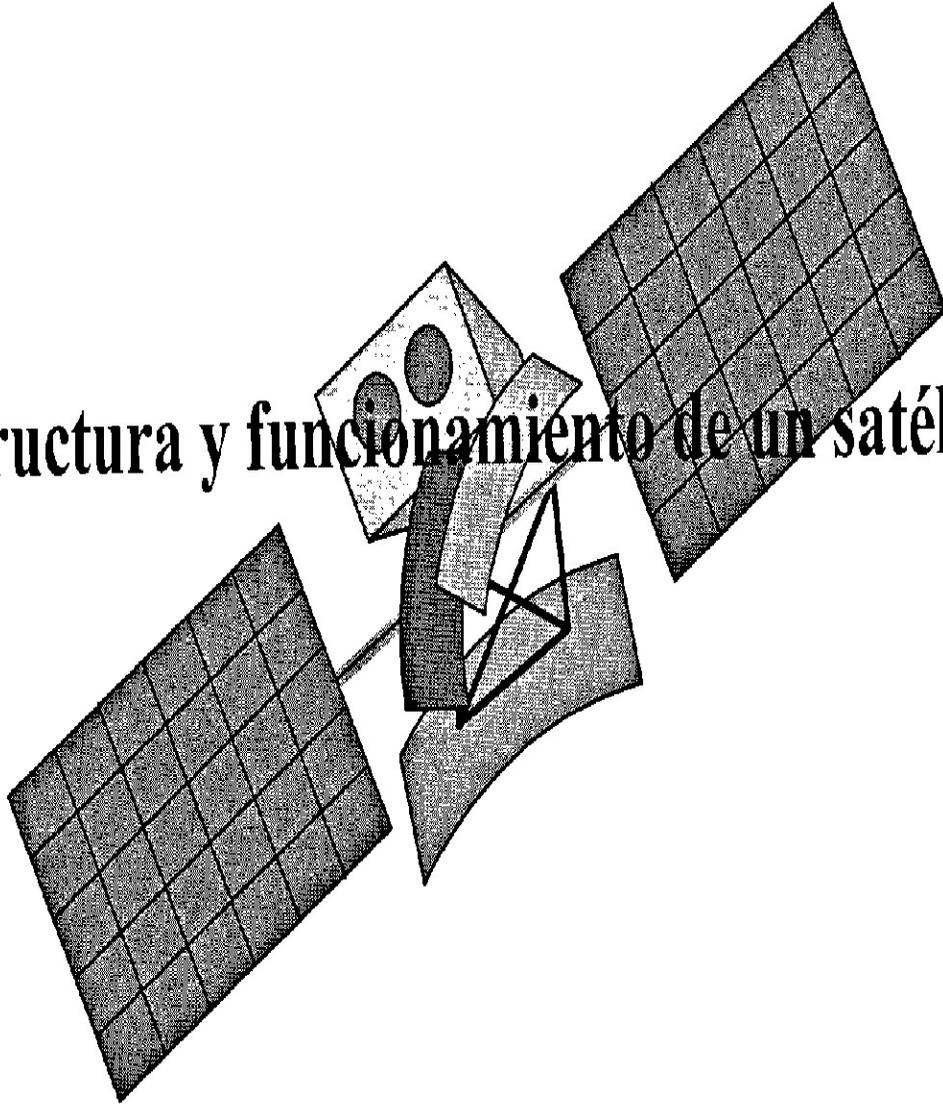
HPA = Amplificador de alta potencia



LNA = Amplificador de Bajo nivel de ruido

D/C = Down- Converter

# Estructura y funcionamiento de un satélite



# Subsistemas de un satélite y sus principales funciones.

Subsistema	Función
1.- Antena	Recibir y transmitir señales de radiofrecuencia
2.- Comunicaciones	Amplificar las señales y cambiar su frecuencia
3.- Energía Eléctrica	Suministra electricidad con los niveles adecuados voltaje y corriente
4.- Control térmico	Regular la temperatura del conjunto.
5.- Posición y orientación	Determina la posición y orientación del satélite
6.- Propulsión	Proporciona incrementos de velocidad y pares para corregir la posición y orientación
7.- Rastreo Telemetria y Comando	Intercambiar información con el centro de contro en la tierra para conservar el funcionamiento del satélite
8.- Estructural	Alojar todo los equipos y darle rigidez al conjunto

## **Subsistemas de Antenas**

Las antenas reciben las señales de radiofrecuencia provenientes de las estaciones terrenas transmisoras, y después de que son procesadas en el satélite, las transmite de regreso hacia la Tierra, concentradas en un haz de potencia. Cuanto más grandes son las antenas, tienen la propiedad de una mayor capacidad de concentración de energía de un haz electromagnético muy angosto con niveles muy altos de densidad de potencia, por otra parte, cuanto más alta sea la frecuencia a la que trabaje, mayor es su capacidad de energía, característica de las “antenas de apertura”, cuya capacidad de concentrar la energía eléctrica está en función de sus **dimensiones eléctricas** y no 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 en su apertura o boca. Los satélites tienen varias antenas de diferentes características, pueden tener antenas globales, hemisféricas, de zona y puntuales. Además de estas antenas existe otra antena muy importante, la antena de Telemetría y comando, que es la encargada de recibir las señales que contienen órdenes emitidas por el centro de control en la Tierra, para efectuar alguna corrección de rumbo, también se encarga de enviar información a la Tierra sobre el estado de operación de todo el satélite.

# Subsistema de comunicaciones

El subsistema de comunicaciones es el encargado de amplificar las señales a un nivel de potencia adecuada, para que puedan ser recibidas a su regreso con buena calidad, así como de cambiar su frecuencia, para que salgan por el conjunto de antenas sin interferir con las señales que estén llegando simultáneamente.

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 en frecuencia diferente

El subsistema de comunicaciones consta de muchos transponders y su número depende del diseño del satélite. La mayor parte de los satélites de comunicaciones trabajan en la banda C y Ku. En cada una de estas bandas, el **ancho de banda** de operación o sea, el rango de frecuencia disponible, es de 500Mhz para transmisión y 500Mhz para recepción.

Existen satélites denominados híbridos, que tienen los equipos necesarios para trabajar simultáneamente tanto en la banda C como en la Ku.

Los transpondedores, entre otras funciones, cambian la frecuencia de todas las señales contenidas en un ancho de banda, bajandolas a otro ancho de banda igual, pero cuyos límites inferiores y superiores son menores que los límites inferior y superior del ancho de banda recibido.

<b>Banda</b>	<b>Ancho de banda de recepción (Ghz)</b>	<b>Ancho de banda de transmisión (Ghz)</b>
<b>C</b>	<b>5.925 a 6.425</b>	<b>5.7 a 4.2</b>
<b>Ku</b>	<b>14.0 a 14.5</b>	<b>11.7 a 12.2</b>

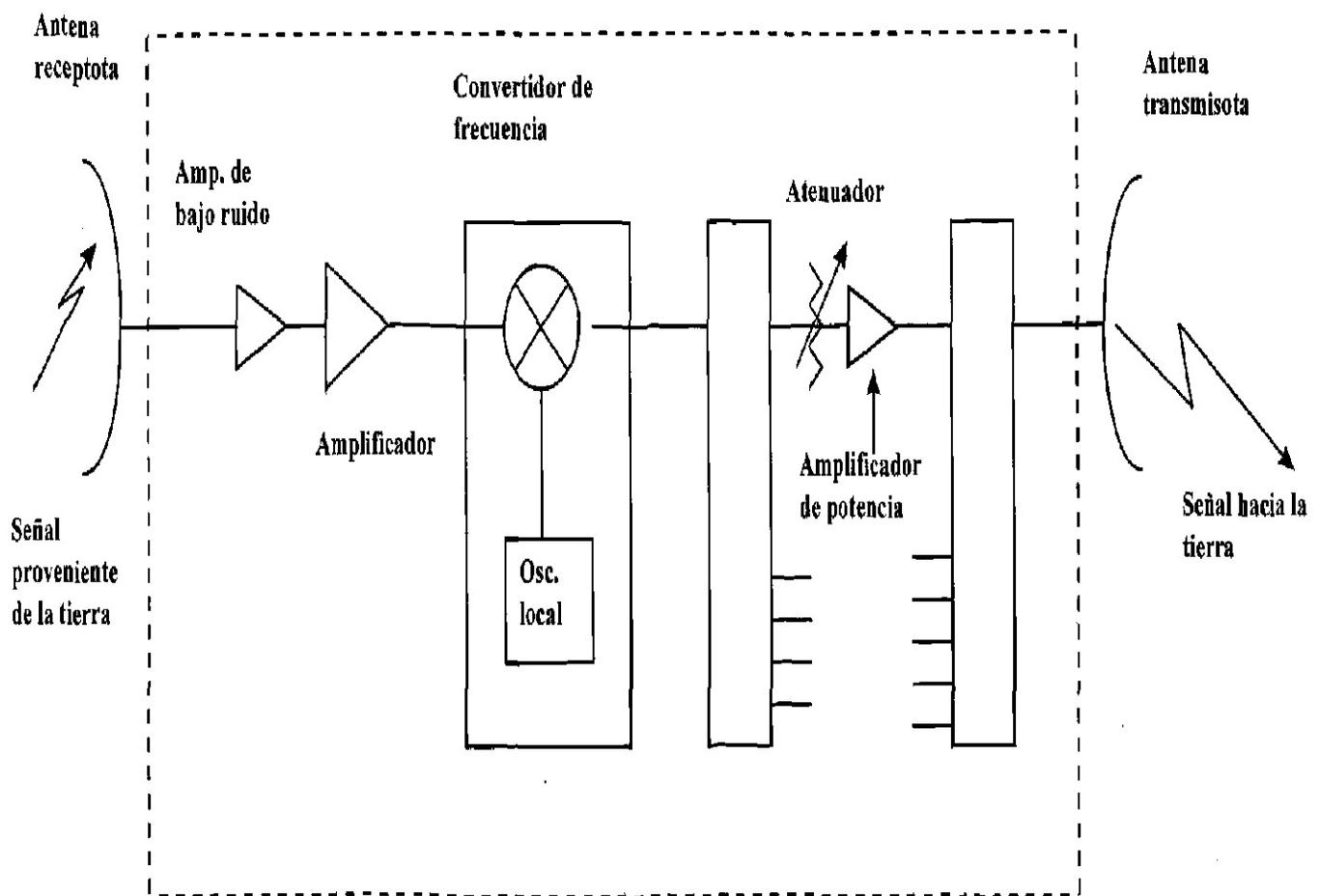
Una división usual del ancho de banda de un satélite consiste de 12 ranuras o espacios iguales de 36Mhz de ancho de banda cada uno. Se dejan espacios libres entre ranuras adyacentes para disminuir la posibilidad de interferencia entre las que cada una contiene.

Es posible que en cada ranura cupiesen dos canales de televisión o cientos de canales telefónicos y de datos.

La antena receptora del satélite no capta solamente las frecuencias que corresponden a un solo transponder o ranura sino todas las frecuencias de los 12 transpondedores.

Por tanto es necesario aislar las señales, para procesarlas y amplificarlas por separado, esta es una de las razones por las que se divide el ancho de banda del satélite en transponder, después del proceso todas las señales se vuelven a juntar o agrupar, para que la antena transmisora las envíe hacia la Tierra.

### Subsistema de comunicaciones



## **Explicación del diagrama del subsistema de comunicaciones.**

El primer dispositivo electrónico importante que encuentran las señales recibidas por la antena es el amplificador de bajo ruido, este tiene poca potencia de salida; este aparato genera internamente muy poco ruido, que se suma a las señales originales que entran a él para amplificación.

El amplificador de bajo ruido tiene un ancho de banda muy grande, de 500Mhz, pues debe ser capaz de amplificar al mismo tiempo todas las señales recibidas por la antena antes de que se proceda a separarlas entre sí, por medio de filtros. Cuando las señales han alcanzado un nivel adecuado de potencia pasan por un dispositivo conocido como convertidor de frecuencia, que no es más que un oscilador local las señales que entran por una generada internamente; las señales obtenidas a la salida son similares a las que entraron, por lo que respecta a su contenido, pero han sido desplazadas a frecuencias más bajas en el aspecto radioeléctrico. La separación de las señales las realiza un demultiplexor, que tiene un solo conducto de entrada y varios de salida. A él entra la información completa de 500Mhz de ancho de banda, y en su interior, mediante filtros, se separan los canales en bloques de 36Mhz cada uno.

A continuación, cada bloque pasa por una etapa muy fuerte de amplificación, proporcionada por un amplificador de potencia y después todos los bloques son reunidos nuevamente en un solo conjunto de 500Mhz de ancho de banda, a través de un multiplexor, conectada a la antena transmisora del satélite, se observa que después de cada salida del demultiplexor hay un atenuador o resistencia variable; ésta sirve para disminuir a control remoto y en distinto grado, la intensidad del bloque de señales que entran a cada amplificador de potencia.

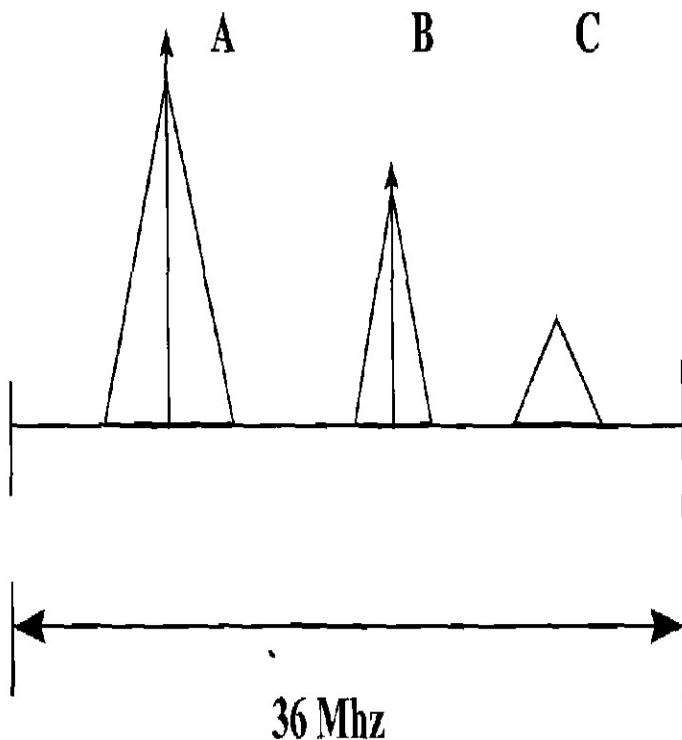
Todo tipo de información que se transmite al satélite tiene una frecuencia asignada “portadora” por ejemplo, un canal de televisión tiene su propia frecuencia portadora, y la combinación de 60 canales telefónicos en un solo grupo también tiene la suya. Cuando los canales telefónicos no se agrupan, cada canal telefonico tiene asignada una frecuencia portadora distinta.

# ACCESO MULTIPLE

Existen tres métodos principalmente para la transmisión UP-LINK. Estos son: El acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA), acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y el acceso múltiple por división de código (CDMA).

## Acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA)

Este tipo de acceso permite recibir al mismo tiempo, señales diferentes, utilizando para ello distintas frecuencias portadoras para que no haya interferencias. Si la suma de los anchos de banda de estas señales dan un total cercano a los 36Mhz, entonces dichas señales pueden ocupar un mismo transponder del satélite. Esta forma de uso simultáneo del transpondedor por varias estaciones terrenas estén o no situadas en una misma ciudad, recibe el nombre de acceso múltiple por división de frecuencia ya que el espectro radio eléctrico del transpondedor se dividen en secciones o ranuras de frecuencias asignadas a cada una de ellas



A,B,C : son estaciones terrenas en diferentes ciudades.

Los transpondedores no deben sobreexcitarse y de esta forma se evita la distorsión por intermodulación y la forma de prevenir es mediante limitación de la potencia. si el satélite no opera a su máxima potencia entonces no ocurrirá distorsión.

Las estaciones terrenas extraen esas señales multiplexadas mediante la sintonización de su frecuencia correspondiente la cual es pasada al receptor y procesada para extraer la información correspondiente.

Las estaciones terrenas deben siempre de transmitir con la misma frecuencia central o portadora, también se le llama acceso múltiple por división en frecuencia con asignación fija.

### **Acceso múltiple con asignación por demanda (DAMA)**

Esta técnica permite aprovechar al máximo las ranuras de frecuencias y la potencia del satélite cuando el tráfico que genera cada estación es esporádico, pues las ranuras se asignan a las estaciones terrenas solamente durante el tiempo que las necesitan para establecer comunicación en el momento que alguna deja de transmitir, esa ranura se libera y queda disponible para cualquiera otras de las estaciones del sistema que las solicite temporalmente. Cuando minutos u horas después, la estación terrena que liberó una ranura quiera transmitir más información, podría darse el caso de que la ranura de frecuencia que uso previamente dentro del amplificador esté ocupada en ese instante por la señal de otra estación; pero pueden haber otras ranuras vacías en ese momento y de ser ese el caso, la estación terrena en cuestión podría

utilizar cualquiera de ellas. Un transpondedor de 36Mhz puede ser ranurado en 800 secciones capaces de conducir simultáneamente 400 conversaciones telefónicas (400 ranuras se emplean para los canales de ida y 400 para los de regreso); cada una de las ranuras tienen su frecuencia portadora y pueden ser utilizada temporal e indistintamente por cualquiera de los países que integran el sistema, sincronizándose para ello en un banco central de frecuencias mediante un canal digital de solicitudes.

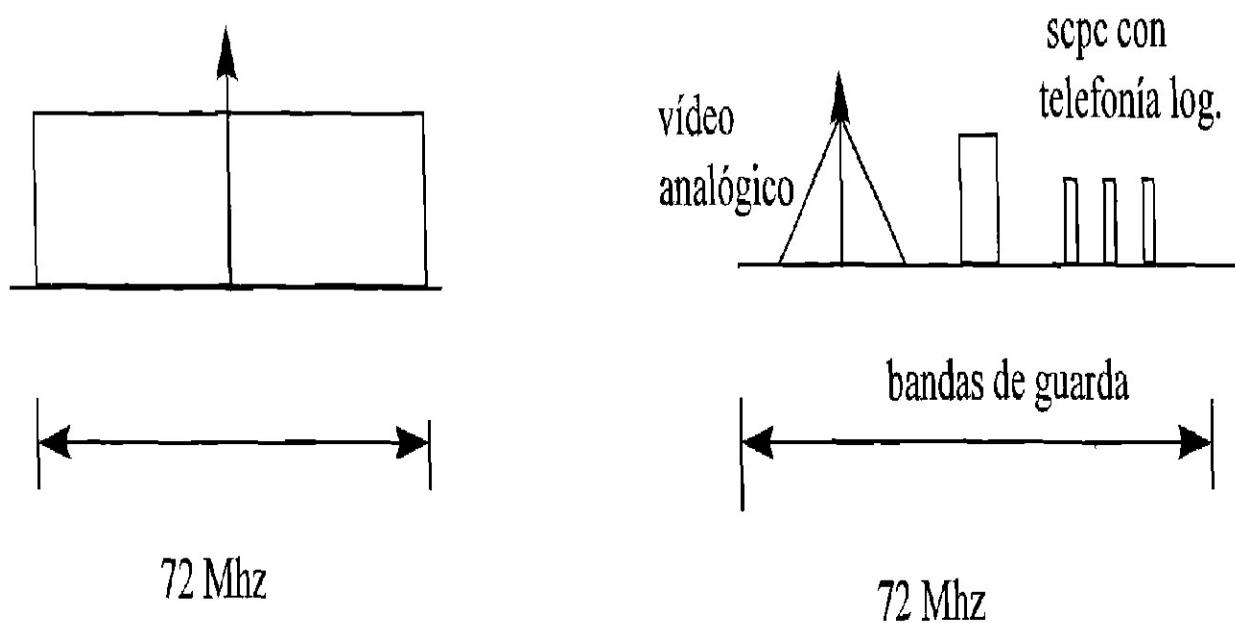
Canal único por portadora (SCPC). Este caso de asignación es por demanda y cada ranura tiene su propia frecuencia portadora y su ancho de banda es ocupado por un solo canal telefónico modulado.

Portadora multicanal (MCPC). Una portadora multicanal transporta muchos canales que han sido previamente combinados en forma adecuada, con multiplexaje en frecuencia o en el tiempo.

### **Acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA)**

Es una técnica totalmente digital mediante el cual varias estaciones terrenas accesan u ocupan un transpondedor o parte de él. Todo un grupo de estaciones tienen asignada la misma ranura, con cierto ancho de banda fijo, y se comparte entre ellas secuencialmente en el tiempo; es decir, cada estación tiene asignado un tiempo  $T$  para transmitir lo que guste dentro de la ranura y cuando su tiempo se agota debe dejar de transmitir para que lo hagan

las estaciones que la siguen en la secuencia, hasta que le toque nuevamente su turno. No hay división de potencia ni productos de intermodulación en las estaciones transmisoras o receptoras por lo tanto el transpondedor puede operar a su potencia completa sin distorsión. La forma en que este sistema trabaja es que cada estación tiene un circuito que almacena su información de salida y mediante un control desde una estación maestra, los circuitos de almacenamiento individuales (BUFFERS) de cada transmisor en el sistema liberan todas sus señales almacenadas a muy alta velocidad hacia el satélite.



- a) Ocupación completa del transponder de 72 Mhz con TDMA
- b) Ocupación parcial, TDMA de banda angosta con FDMA

## **Acceso múltiple por división de código (CDMA)**

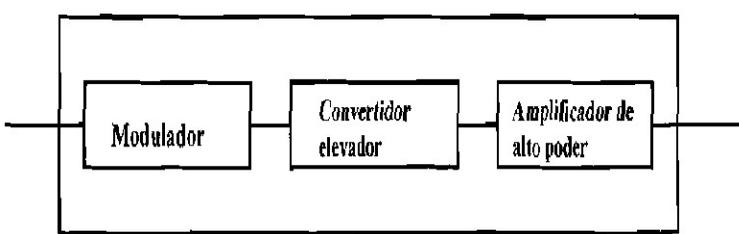
No es usado tan extensamente a nivel comercial pero si en los campos de seguridad y militares en este sistema todas las estaciones transmiten a la misma frecuencia y al mismo instante. solo que cada transmisión tiene su propio y único código. Presenta el inconveniente de que ocupa mucho ancho de banda (un transpondedor completo), pues cada bit de información como los que se transmiten en la modalidad TDMA se transforman en un nuevo tren de bits muy largo, de acuerdo a un código determinado previamente. Cada estación transmisora utiliza una secuencia diferente de bits para codificar cada uno de los bits de información; de las estaciones terrenas receptoras, sólo la destinataria de cierta información determinada conoce el código con el que se transmitió y es capaz de reconstruir el mensaje original, las señales codificadas llegan superpuestas con otras señales que son tomadas como ruido tolerable. También se le denomina **acceso múltiple con espectro expandido o SSMA.**

# Estructura y funcionamiento de una estación terrena

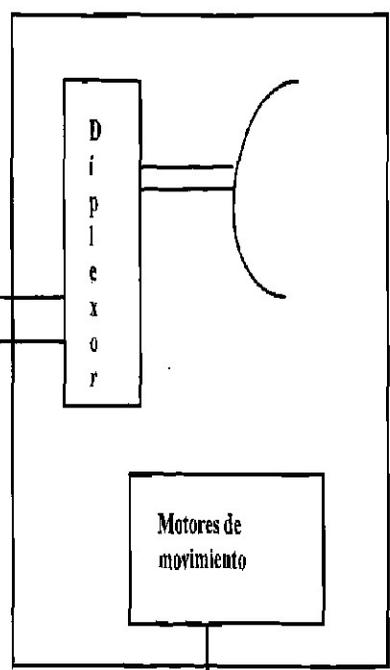


Señales en banda base (forma original)

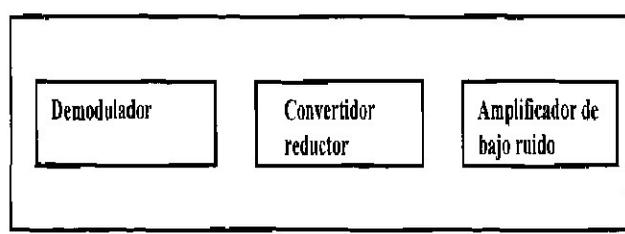
### TRANSMISOR



### ANTENA

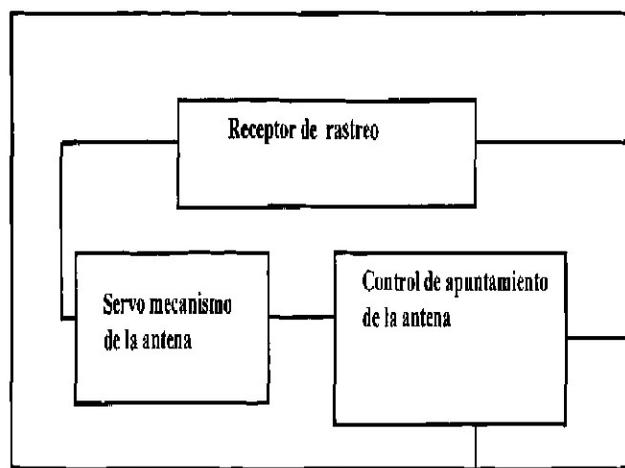


### RECEPTOR



Señales en banda base (forma fecurerada similar a la original)

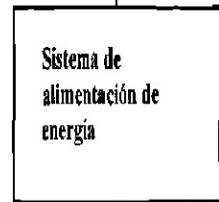
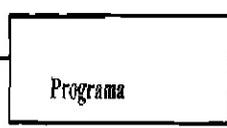
### RASTREO



Señales de error

Señales de comando

Entrada de datos de apuntamiento



Red comercial

Planta y baterías locales

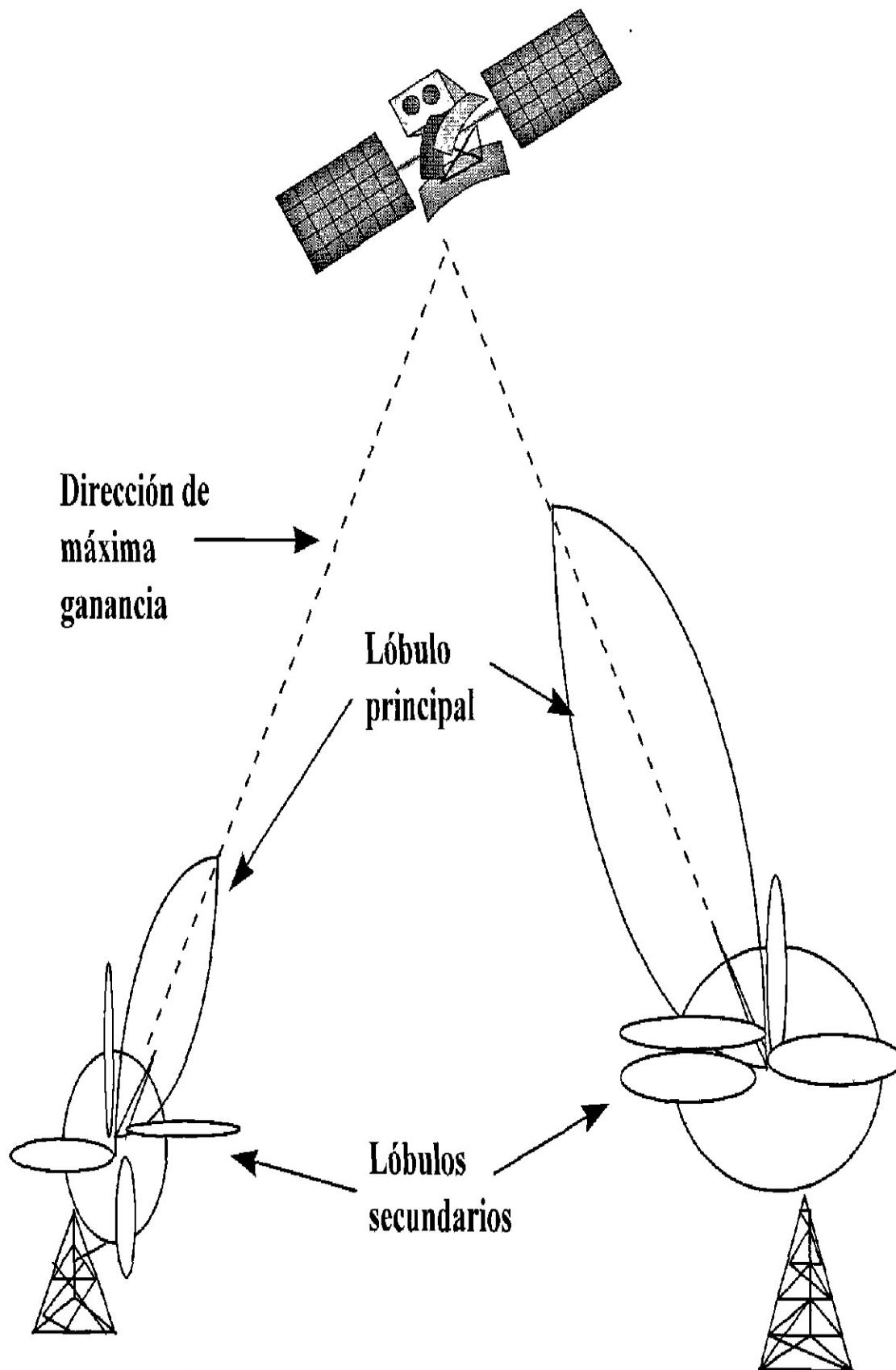
DIAGRAMA DE BLOQUES GENERALIZADO DE UNA ESTACION TERRENA

Una **estación terrena** consiste en una serie de equipos interconectados entre si, de los cuales el más representativo y conocido es su antena o plato parabolico. por lo general la misma antena se utiliza para transmitir y recibir si es que su aplicación así lo requiere; para esto se inter conecta simultaneamente con los bloques de transmisión por medio de un dispositivo de micoondas llamado diplexor. Algunas estaciones cuentan con un sistema ayutomático de rastreo del satélite. las estaciones caseras de recepción de televisión solo requieren de los bloques de la antena y el receptor.

## **LA ANTENA.**

### ***Configuraciones geométricas y su funcionamiento.***

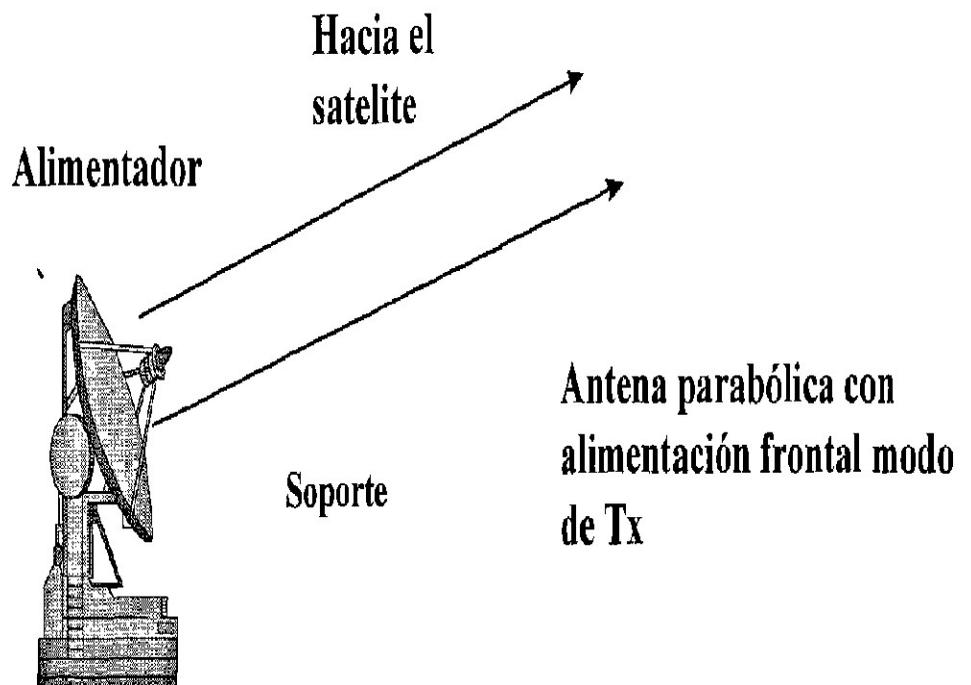
Las características más importantes de una antena son ganancia y su patrón de radiación. La ganancia se mide en dBs, esta asociada con la dirección de maxima radiación, que es el lóbulo principal de su patrón de radiación, su valor depende de varios factores como son el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con que es iluminada, así como la posición y orientación geometrica del mismo



**PATRON DE RADIACION DE LA ANTENA  
PARABOLICA DE DOS ESTACIONES TERRENAS.**

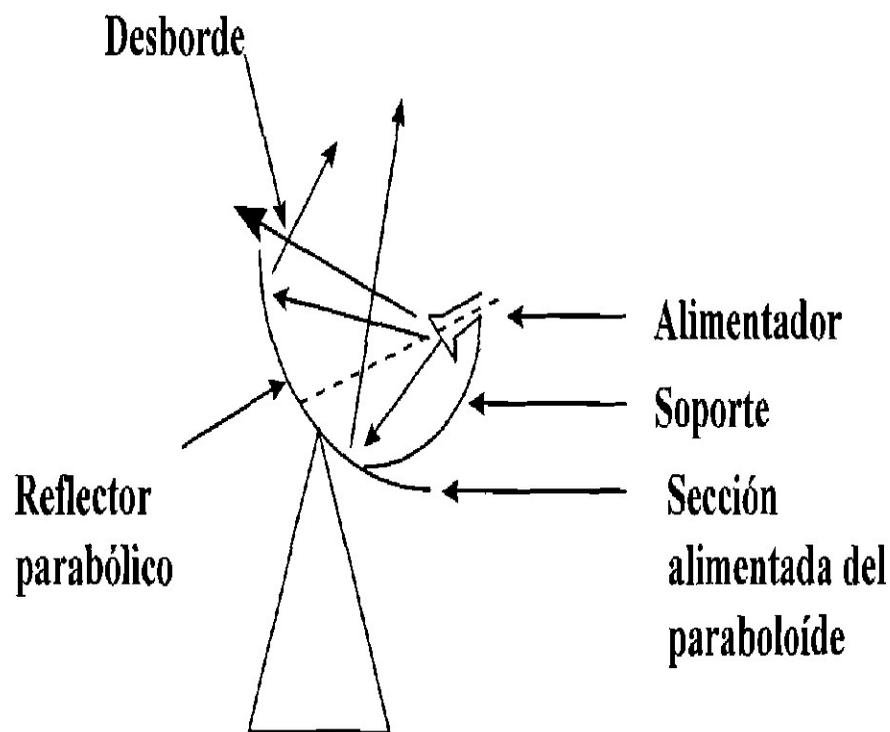
Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas como si fuera una lente en un punto común llamado foco (modo de recepción); asimismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación (modo de transmisión). Hay varios tipos de alimentación de una antena parabólica, los más utilizados son los de alimentación frontal, descentrada y Cassegrain.

En una antena parabólica de alimentación frontal, el eje del alimentador o corneta coincide con el eje de la antena, y la apertura por la que radia está orientada hacia el suelo, esto último presenta el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador se desperdicia por desborde, se refleja en el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida



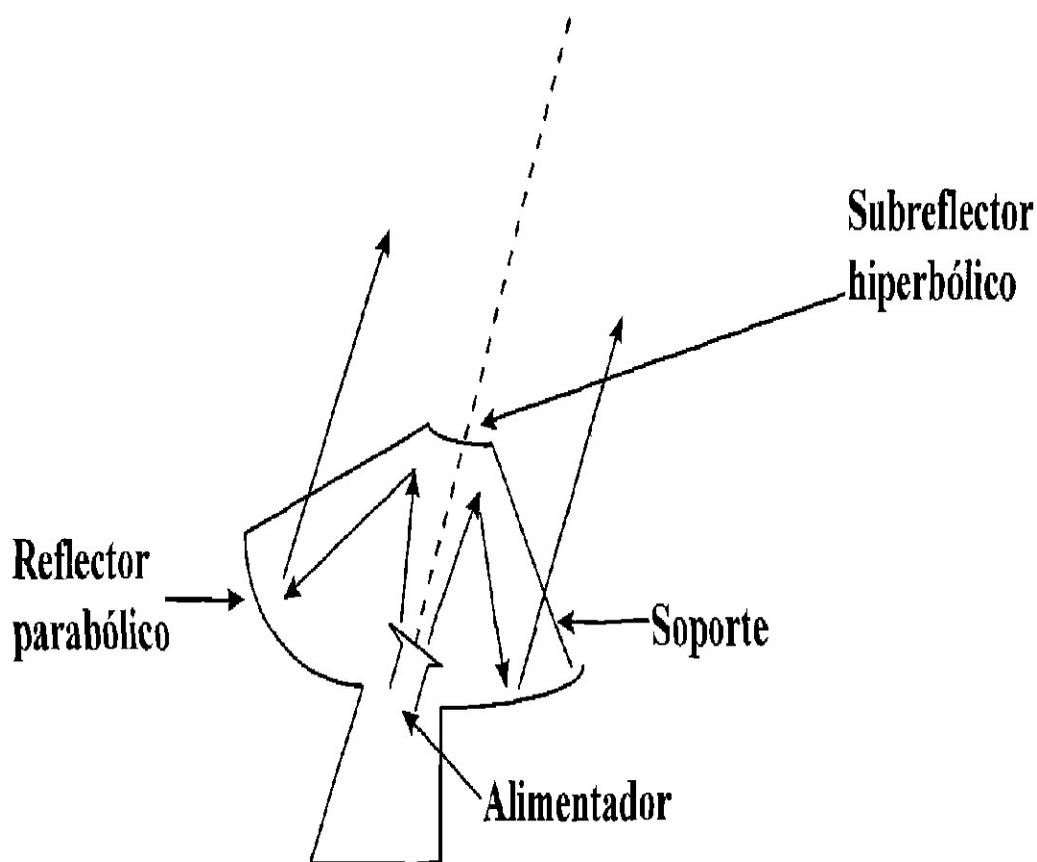
La antena parabólica de alimentación frontal se usa casi universalmente en las estaciones caserasreceptores de televisión.

La antena parabólica con **alimentación descentrada** emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella; es decir, los ejes de la corneta (alimentador) y del paraboloide no coinciden, de allí el nombre de alimentación descentrada. Es más costoso que la alimentación frontal, no resuelve el problema de desborde por las orillas de la superficie parabólica se utiliza en estaciones reseptoras y transmisoras de televisión, telefonía y datos, aunque la Cassegrain es más popular.



**Antena parabólica con alimentación descentrada (modo te Tx) con esta configuración se alimenta el bloque del alimentador del equipo electrónico.**

La **antena Cassegrain** es mucho más eficiente que cualquiera de las dos antenas anteriores su ganancia es mayor pero su precio es más alto. Se utiliza en la mayor parte de las estaciones transmisoras y receptoras de televisión, así como en telefonía y datos. Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado “subreflector” y el alimentador o corneta apunta hacia arriba, con lo que se elimina el ruido producido por reflexión en la tierra.



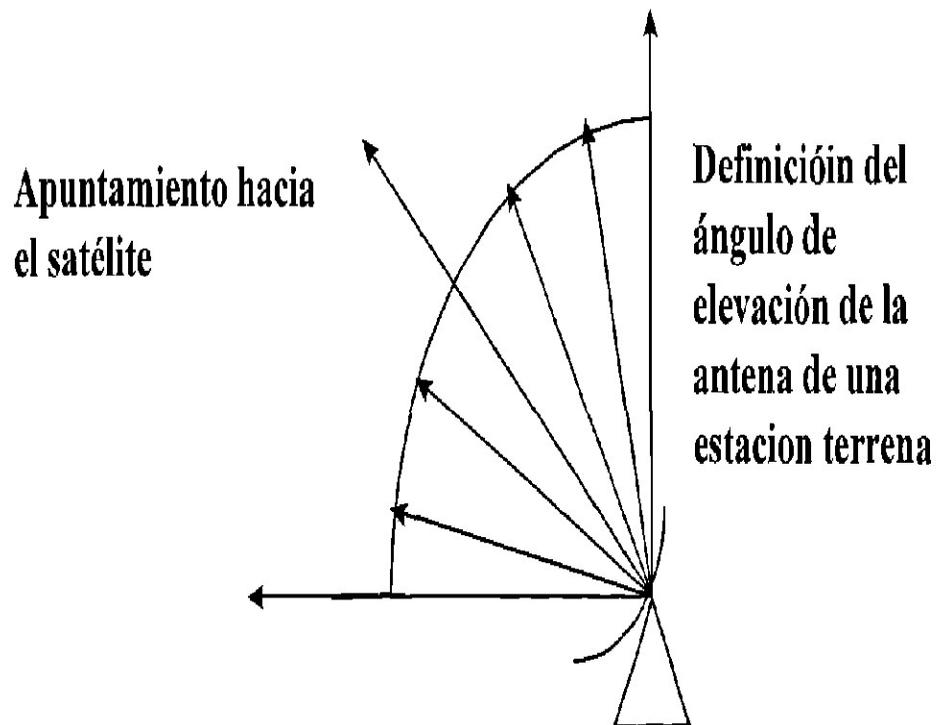
**Antena Cassegrain con alimentación frontal (modo de transmisión).**

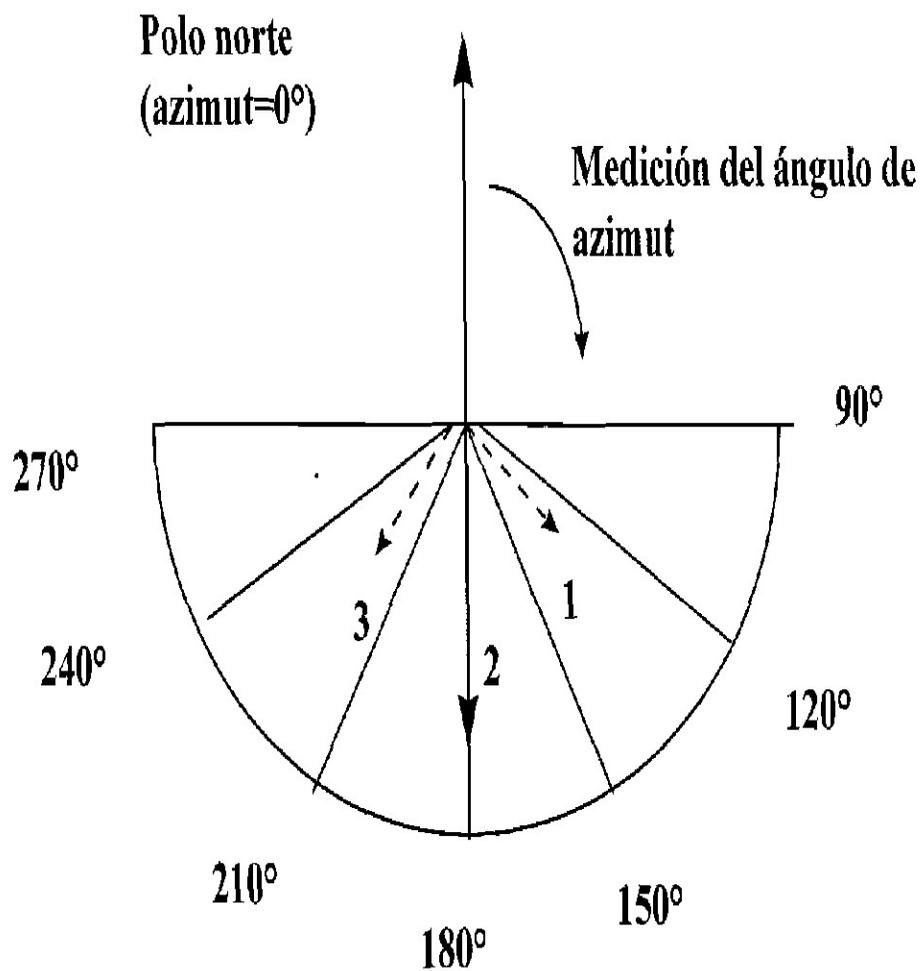
## Orientación elevación y azimut.

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geostacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimut.

El ángulo de elevación es aquel formado entre el eje de simetría del plato parabólico dirigido hacia el satélite y el piso.

El ángulo de azimut es la cantidad de 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 \*plongando imaginariamente\* pase por la posición en longitud del satélite.





**Definición del ángulo de azimut de la antena de una estación terrena. como ejemplo, se muestran tres orientaciones distintas del plato parabólico; las flechas indican la dirección de máxima radiación para cada caso.**

## El transmisor:

Las estaciones terrenas transmisoras sencillas cuentan con un solo bloque de transmisión, y las que conducen gran cantidad de señales tienen varios bloques en paralelo el equipo transmisor consiste básicamente de tres módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia.

El **modulador** de la estación combina la forma de la señal original con la señal portadora, coloca a la señal modulada en una región más alta del espectro radio eléctrico en una frecuencia intermedia.

El **convertidor elevador** transfiere a la señal de frecuencia intermedia que, dependiendo del sistema puede tener una frecuencia central de 70 Mhz, 140Mhz, 1Ghz, o más, a una posición dentro del espectro radioeléctrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho más altas que cuando salieron del modulador. La señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aún muy bajo, pero lo que es preciso amplificarla antes de entregársela a la antena; para esto se utiliza un **amplificador de alta potencia** o HPA, del cual existen fundamentalmente dos tipos: el tubo de ondas progresivas (TOP) o TWT y el klistrón.

El **TOP** es un amplificador de microondas que abarca todas las frecuencias utilizables del satélite (500Mhz o más en algunos casos ).

Un **klistrón** es un amplificador de banda más estrecha

## El receptor

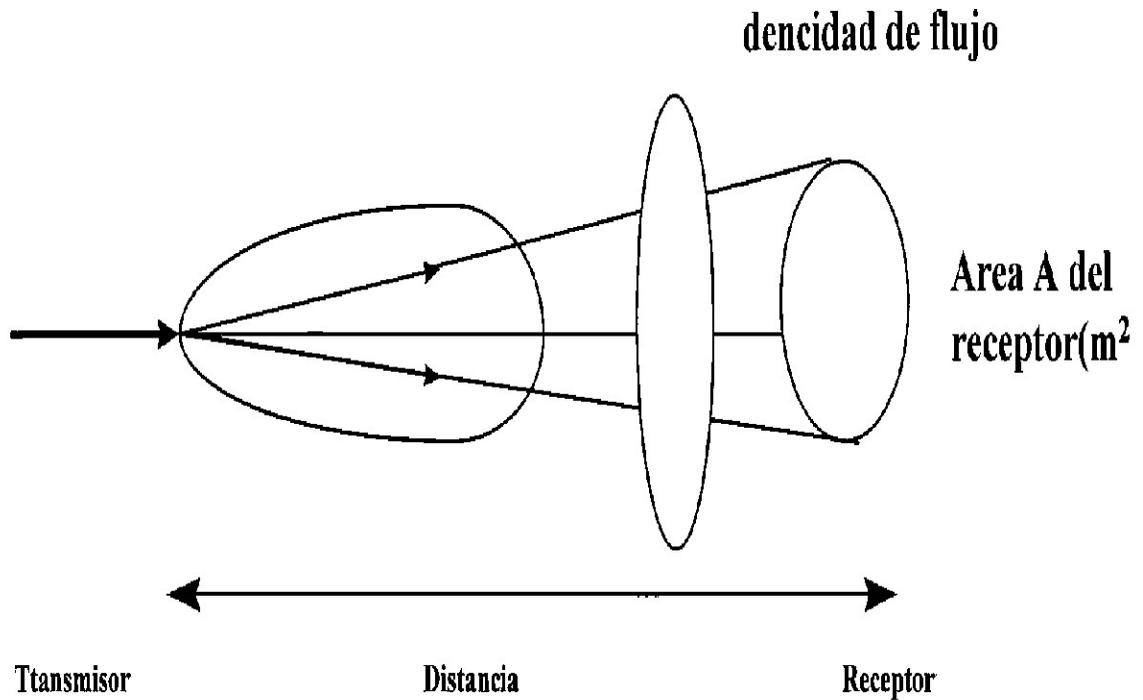
La antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen la calidad de su operación. La antena tiene una capacidad de amplificación o ganancia; para fines de recepción este es su parámetro más importante y se designa como  $G$ . Por su parte el **amplificador de bajo ruido** tiene una “temperatura” como su principal parámetro indicativo, y mientras esta sea más baja tanto mejor, por que el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de la recepción aumenta. La antena también tiene su temperatura de ruido, y la suma de ambas temperaturas determinan casi completamente la temperatura total  $T$  de la recepción, siempre y cuando las pérdidas producidas por los conectores sean bajas.

La relación  $G/T$  se conoce como **factor de calidad**, sus unidades son  $\text{dB}/^\circ\text{K}$ . La temperatura de ruido usual con que operan los amplificadores actuales es del orden de unas cuantas decenas de grados Kelvin, cuando mucho unos  $250^\circ\text{K}$ . Las señales que se propagan en la banda C son muy poco atenuadas por la lluvia y la temperatura efectiva de ruido de la antena es relativamente baja, debido a lo anterior, cuando un enlace de comunicaciones funciona en la banda Ku, para que cuando llueva, la señal no se degrade a niveles de potencia insatisfactorios; a este margen de diseño se le da el nombre de **margen de lluvia**.

Las señales de frecuencia intermedia que sale del convertidor reductor aún esta modulada y el paso para recuperar la en su forma original (banda base) es precisamente demodulada. A la salida del demodulador se especifica la relación señal a ruido, que se presenta como S/N. Para cada clase de señal hay un estándar o S/N distinto.

Para diferenciar los cocientes de la potencia de la señal entre el ruido tanto a la entrada como a la señal del modulador se utiliza la notación C/N a la entrada y S/N a la salida. El cociente C/N se le denomina **relación portadora a ruido**

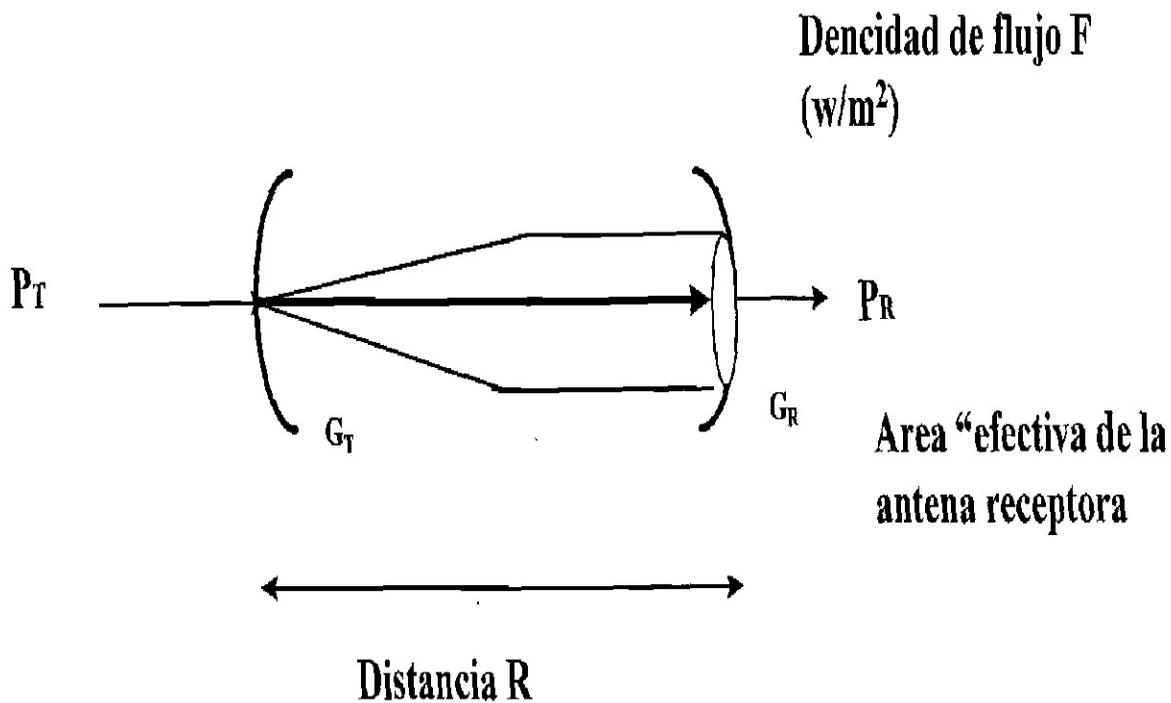
# Densidad de flujo en el punto receptor



$$\text{Densidad de flujo } F = P_T G_T / 4\pi R^2 \quad (\text{w/m}^2)$$

$$\text{Potencia recibida} = FA(\text{w}) \text{ en el \u00e1rea } A$$

# Perdida de potencia por propagación en el espacio libre

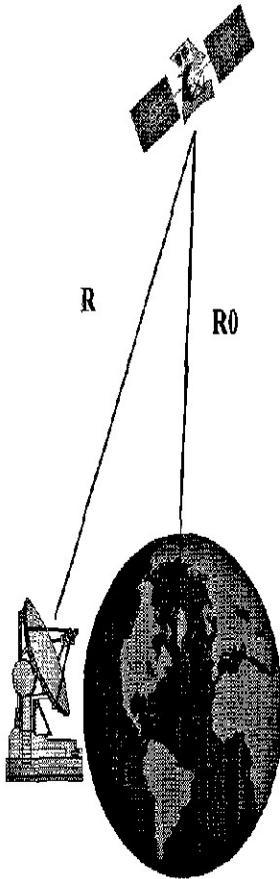


$P_R$  = Potencia total recibida

$$P_R = (P_T G_T) G_R / L$$

$$L = (4\pi R / \lambda)^2$$

# Atenuación L en función de las coordenadas geograficas del satélite y de la estación terrena



$R_0$  = Altitud del satélite sobre el nivel del mar en el plano ecuatorial = 35786Km

$R$  = Distancia de la estación terrena al satélite

$l$  = Latitud de la estación terrena

$L$  = Longitud relativa entre la estación terrena y el satélite

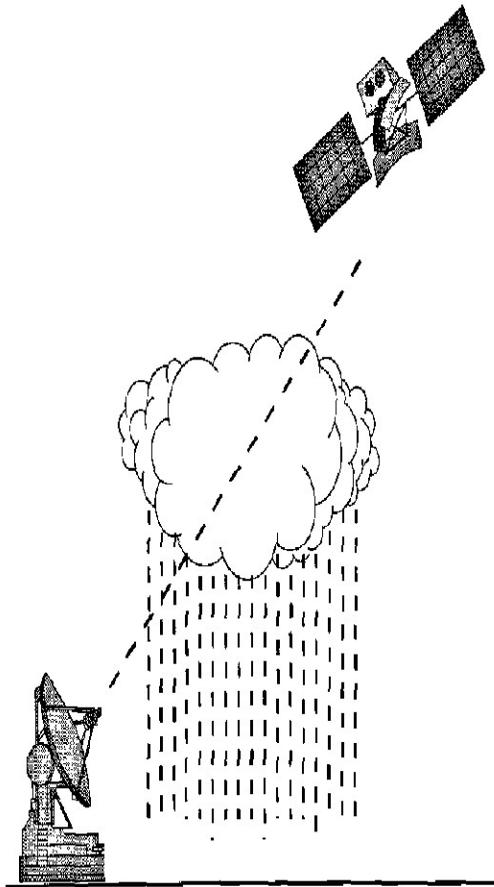
$$L = (\pi R / \lambda)^2 = (4\pi R_0 / \lambda)(R/R_0)^2$$

$$(R/R_0)^2 = 1 + 0.42(1 - \cos l \cos L)$$

# Atenuación por lluvia

$L = (\gamma) \times (\text{Distancia equivalente a través de la lluvia})$

lluvia  $\gamma = \text{Atenuación específica (dB/Km)}$

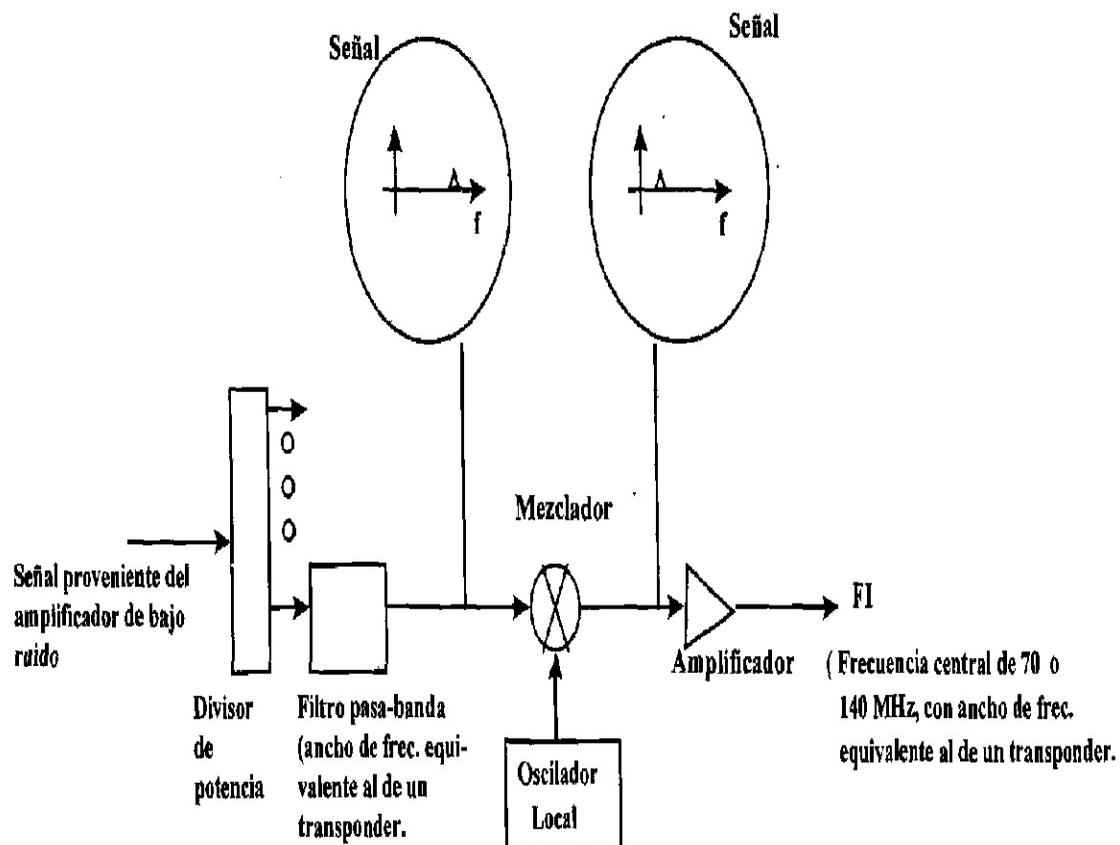


Distancia equivalente

$\gamma$  Depende de la intensidad de la lluvia y de la frecuencia de transmisión

La distancia equivalente depende del ángulo de elevación; normalmente varia entre 5 y 10 Km.

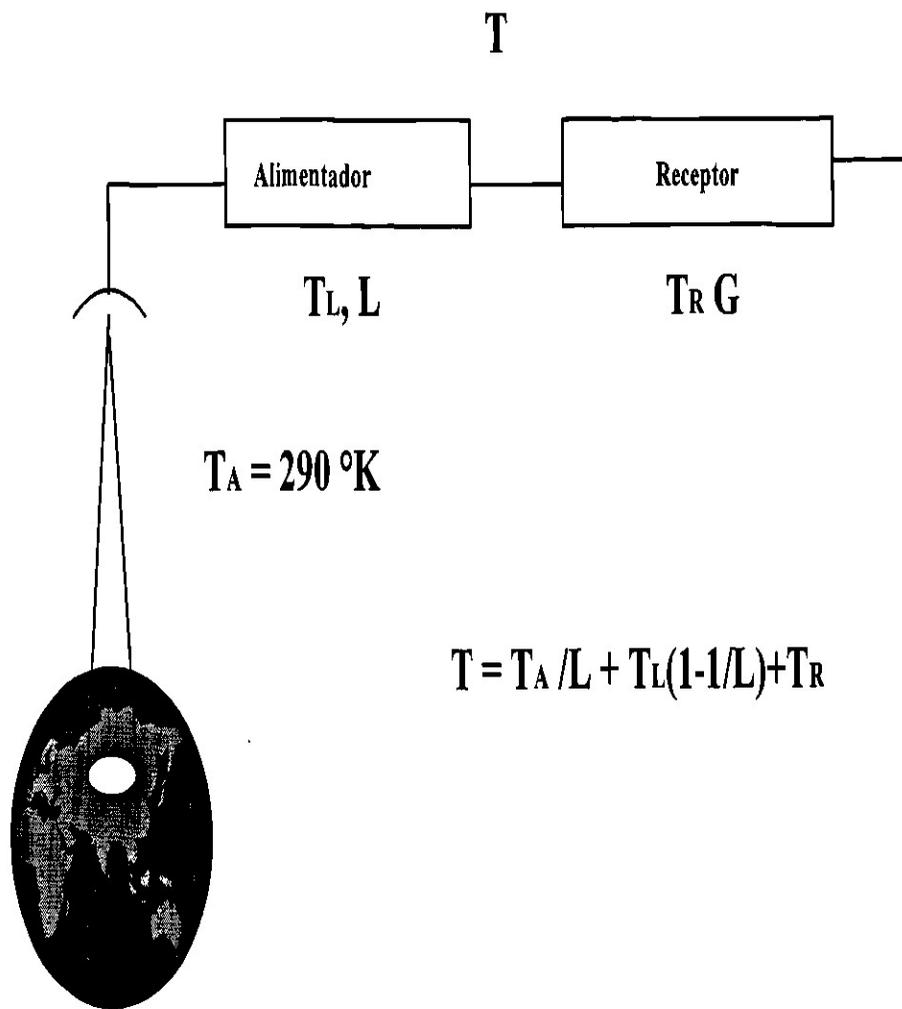
La señal de salida del amplificador de bajo ruido contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con ancho de 500MHz por lo que hay que centrarla con una frecuencia intermedia (FI) de recepción, por lo cual se usa el **convertidor reductor**. Algunos fabricantes producen el amplificador de bajo ruido o LNA integra al convertidor reductor de frecuencia en un solo bloque y el producto se conoce como “convertidor de bajo ruido” o LNC, o como “convertidor reductor de bloqueo de bajo ruido” o LNB.



**Conversión reductora de frecuencia en un solo paso**

# Temperatura efectiva de ruido a la entrada de una antena y del receptor

Antena y receptor de un satélite



$$T = T_A / L + T_L(1-1/L) + T_R$$

Tierra cuerpo negro a  
 $279^\circ\text{K}$

