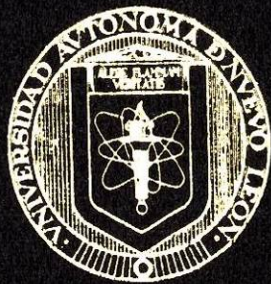


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES  
PRESENTA  
SERGIO DORADO ARCE

CD. UNIVERSITARIA

22 DE NOVIEMBRE DE 1996

T

TK5104

06

e.1



1080072225

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

SERGIO DORADO ARCE

CD. UNIVERSITARIA

22 DE NOVIEMBRE DE 1996

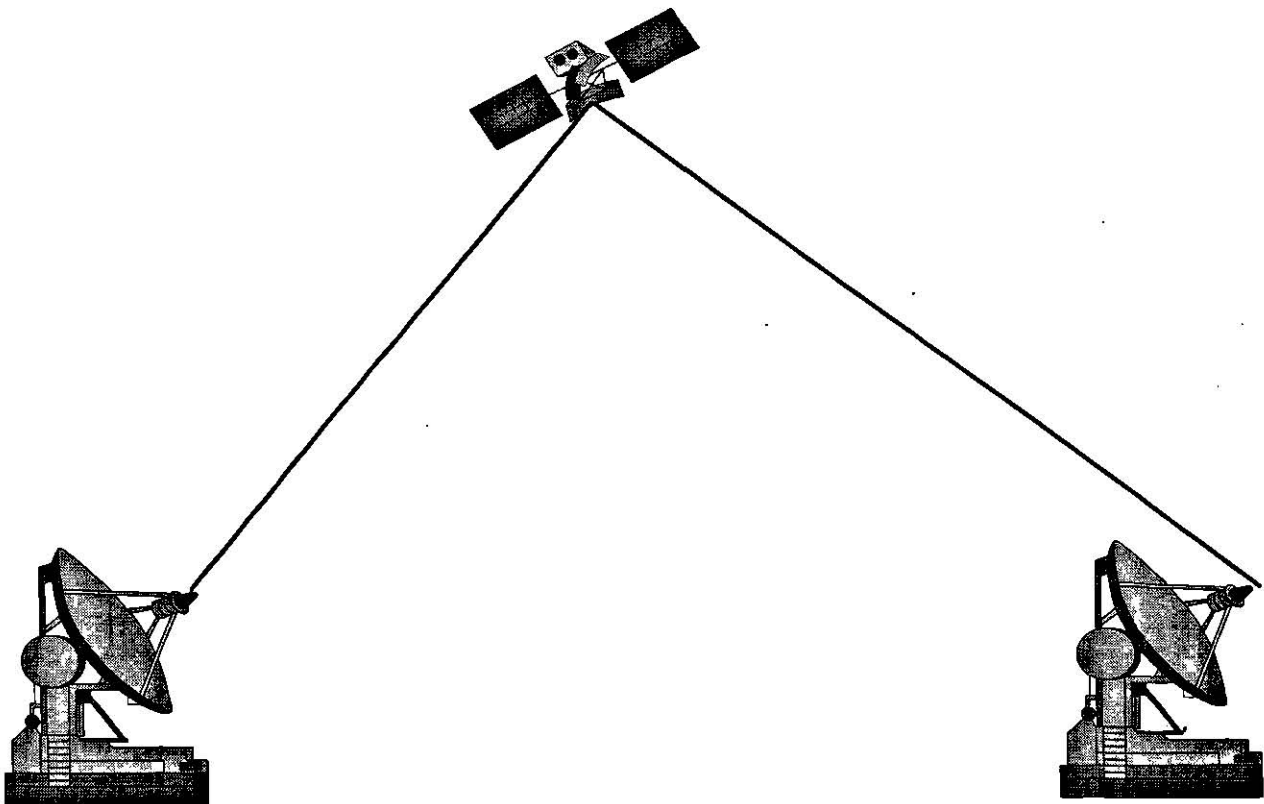
T  
TK5104  
D6



**U. A. N. L. F. I. M. E.**

# **COMUNICACIÓN**

# **VÍA SATÉLITE**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**TEMA : COMUNICACION VIA SATELITE**

**CARRERA : INGENIERIA EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

**NOMBRE : SERGIO DORADO ARCE**

**MATRICULA : 5 1 1 0 1 5**

## COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

### ÍNDICE

El objetivo de esta tesis es la comprensión de la tecnología de comunicación vía satélite. Los temas que abordaremos serán:

#### 1.1 INTRODUCCIÓN

#### 1.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Se tratara un panorama en general de la evolución que se ha venido dando desde las etapas de experimentación, hasta los adelantos actuales.

#### 1.3 TIPOS DE SATÉLITES

En éste capítulo se podrá identificar los diferentes satélites de acorde a su función, tipo de órbita, tipo de cobertura, tipo de estabilización, etc., y de tal forma se dará un panorama general de la gran gama de satélites que existen.

#### PUNTOS A TRATAR:

##### 1.3.1) CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE SATÉLITES

- a) TRAYECTORIA RELATIVAMENTE INDEFINIDA.
- b) ÓRBITA PREDETERMINADA ( CUENTA CON SISTEMA DE CORRECCIÓN) .
- c) ÓRBITA GEOSÍNCRONA.



### 1.3.2) ENLACE VÍA SATÉLITE DE TIPO GOESÍNCRONO

a) CARACTERÍSTICAS.

### 1.3.3) SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

a) INGENIERÍA DE ENLACE VÍA MICROONDAS.

b) PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE RADIO.

c) RADIADOR ISÓTROPICO.

### 1.3.4) PROPIEDADES DIRECCIONALES DE UNA ANTENA.

### 1.3.5) GANANCIA DE UNA ANTENA.

### 1.3.6) PATRÓN DE UNA ANTENA.

## 1.4 PUESTA EN ÓRBITA DE UN SATÉLITE DE RADIOCOMUNICACIONES

1.4.1) ÓRBITA DE ESTACIONAMIENTO

1.4.2) ÓRBITA DE TRANSFERENCIA.

1.4.3) ÓRBITA GEOSINCRONICA.

1.4.4) ARCO ORBITAL.

1.4.5) VIDA ÚTIL DEL SATÉLITE.

## 1.5 EXPLICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE ESTACIONES TERRENAS

Se tratara el tema de las antenas, dando una explicación de lo que es una antena, se hablara también de lo que es el transmisor, receptor, las características de una estación terrena, según la C.C.I.R.,

### 1.5.1) INTRODUCCIÓN

### 1.5.2) ESTACIONES TERRENAS

- a) ANTENAS.
- b) EL TRANSMISOR.
- c) EL RECEPTOR.

### 1.5.3) CARACTERÍSTICAS DE LAS E/T SEGÚN LA C.C.I.R.

- a) ANTENAS UTILIZADAS EN UNA E/T POR S.F.S.
- b) ASPECTOS MECÁNICOS Y DE ESTRUCTURA.
- c) CARACTERÍSTICAS DE ORIENTACIÓN Y SEGUIMIENTO.
- d) CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.
  - d.1) ANTENA CASSENGRAIN.
  - d.2) ANTENA GRAGORY.
  - d.3) TEMPERATURA DE RUIDO.
  - d.4) FACTOR DE RUIDO.
- e) INFRAESTRUCTURA GENERAL.
- f) ESTACIONES PEQUEÑAS DEFINIDAS POR INTELSAT.

## 1.6 CONCEPTOS GENERALES (EL AMBIENTE EN EL ESPACIO)

En este capítulo se da en forma general, las características del ambiente en el que se encontrará trabajando el satélite, con el fin de tomar esto en cuenta en el diseño, elección del material y el sistema de protección a utilizarse en la fabricación del satélite.

### PUNTOS A TRATAR:

- 1.6.1) INTRODUCCIÓN
- 1.6.2) RESISTENCIA DE MATERIALES.
- 1.6.3) LUBRICACIÓN.
- 1.6.4) SUBLIMACIÓN DEL MATERIAL.
- 1.6.5) PROPIEDADES ELÉCTRICAS.
- 1.6.6) TRANSFERENCIA DE CALOR.
- 1.6.7) RADIO SOLAR

## 1.7 CENTRO DE CONTROL DE SATÉLITES

Descripción general de las funciones que desempeñan el centro de control.

### 1.7.1) INTRODUCCIÓN

### 1.7.2) DESCRIPCIÓN GENERAL

- a) SUBSISTEMA DE TELEMETRÍA
- b) SUBSISTEMA DE COMANDO Y RANGO.
- c) SUBSISTEMA DE PANELES DE ESTADO Y COTROL.
- d) SUBSISTEMA DE TIEMPO.
- e) SUBSISTEMA DE GRABACIÓN.
- f) SUBSISTEMA DE COMPUTADORA
- g) SUBSISTEMA DE DISPOSITIVOS I/O Y DE DESPLIEGUE.

## 1.8 SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD (CARACTERÍSTICAS)

Se verá sus características tanto en el tipo de servicio, que ofrece así como la cobertura que alcanza.

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Las comunicaciones es la transferencia de información entre la fuente y el o los usuarios. Hay una gran variedad de medios por los cuales se efectúa la comunicación, esto puede ser por un par de cables, cable coaxial, fibra óptica, guías de onda las cuales tienen en común la característica de requerir de un medio físico entre los puntos terminales o medio de transmisión inalámbricos, como las estaciones de microondas o Estaciones Terrenas para comunicaciones vía satélite. Las comunicaciones vía satélites modernas se originan en la idea de Arthur Clarke de instalar repetidores de microondas en satélites geosíncronos para dar una cobertura a nivel mundial.

Las comunicaciones vía satélite son el resultado de una serie de investigaciones en el campo de las radio comunicaciones con el objetivo de lograr una mayor cobertura y capacidad. La segunda guerra impulso el desarrollo de tecnología de misiles y microondas. La conjunción de la experiencia obtenida dio como resultado el nacimiento de la era de las comunicaciones satelitales.

Los satélites de comunicaciones se dividen en dos partes :

a) Segmento espacial(Incluye el satélite y los medios necesarios en tierra para el lanzamiento y mantenimiento del mismo).

b) Segmento Terrestre (Se refiere a específicamente a la Estación Terrena junto con el equipo de transmisión y recepción satelitales).

Mientras que en las comunicaciones terrestres hacen uso de los avances logrados en microondas, la comunicación por satélite requirió del desarrollo en una gran variedad de campos tal como : Lanzadores, Motores de propulsión orbital, control de altitud, materiales para las severas condiciones de operación en el espacio, obtención de energía eléctrica, componentes electrónicos, etc.

## 1.2 ASPECTOS HISTÓRICOS DE LA COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

La era espacial empezó en 1957 con el lanzamiento del primer satélite artificial (SPUTNIK). Se habla de una etapa de experimentación en el campo de las comunicaciones espaciales desde el primer lanzamiento del satélite artificial estuvo en órbita baja, en los sesentas fue discutida la posibilidad de las órbitas Polar, Inclínada y la órbita geoestacionaria para el servicio telefónico el cual constituyo el primer tráfico a ser cursado por el primer sistema comercial, dado la complejidad de lanzamiento fue resuelta la órbita geoestacionaria etapa de explotación comercial de este novedoso medio de comunicación. La etapa de explotación comercial dio lugar a el nacimiento de las primeras organizaciones internacionales tales como INTELSAT(1965 con el lanzamiento del satélite "EARLY BIRD"), INMARSAT(1976), ENTELSAT, INTERSPATNIK, ARABSAT, PALAPA, TELE-X. Así como también los lanzamientos de los primeros satélites para uso domésticos.

### 1.3 TIPOS DE SATÉLITE

Los satélites se clasifican ya sea por su tipo de órbita, tipo de aplicación, tipo de cobertura, tipo de estabilización, etc.

#### 1.3.1) CARACTERÍSTICAS DE LOS TIPOS DE SATÉLITES

Los sistemas de comunicación satelital puede subdividirse de acuerdo al tipo de órbita de la siguiente manera.

a) Satélites con una trayectoria relativamente indefinida, lanzados en órbitas bajas o medias y realizando varias revoluciones por día alrededor de la tierra. Las impresiones en la puesta en órbita así como la deriva no son corregidas, requiriéndose varios satélites para establecer enlaces de comunicaciones. El numero de satélites se determina en términos de la probabilidad de que al menos un enlace se encuentre disponible para un porcentaje de tiempo determinado.

b) Satélites con una órbita predeterminada equipados en un sistema de corrección de trayectoria que permite el posicionamiento del satélite en una órbita determinada y posibilitada el hacer correcciones de posición para mantenerlo en su posición asignada.

c) Satélites geosíncronos lanzados en una órbita circular y teniendo un periodo de rotación igual a la tierra. A estos tipos de satélites cuya órbita es circular y localizados en el Ecuador girando en la misma dirección que la tierra, son llamados geosíncronos. Desde el punto de vista de un observador en la tierra, este se encuentra inmóvil en el cielo. Este tipo de satélite permite la cobertura de una zona de aproximadamente el 40% de la superficie terrestre y da su aparente inmovilidad en el cielo, esto hace posible que las antenas en la tierra, apunten hacia una dirección fija (un solo satélite), dependiendo de el tipo de cobertura que tenga es capaz de enlazar hasta 1700Km, y lograr una cobertura global de la tierra excepto las regiones polares con tres satélites geoestacionarios.

### 1.3.2) ENLACE VÍA SATÉLITE DE TIPO GEOSINCRONO

#### a) CARACTERÍSTICAS

El enlace vía satélite general se divide en dos partes, la primera parte con el enlace de radio frecuencia, el cual establece la comunicación entre el transmisor y utilizando el satélite como receptor. Dentro del enlace satelital, nosotros podemos cuantificar la capacidad del enlace en términos de  $(C/N)$ .

La  $(C/N)$  representa la razón de potencia de la portadora a la potencia de ruido medida dentro de un ancho de banda, es directamente relacionado a la capacidad del canal del satelital. El valor de  $(C/N)$  depende de diferentes factores, los cuales a su vez dependen de la disponibilidad de potencia y ancho de banda.

La segunda parte del problema concierne al enlace entre la estación terrena y el usuario, los usuarios típicamente utilizan este medio para transmitir voz, datos, ó vídeo. La calidad de los enlaces de banda base es caracterizada por diferentes factores como son velocidad de transmisión, coeficiente de error,  $(C/N)$ , y otros paramentros medidos.

Una comunicación vía satélite permite a dos o más puntos sobre el área de cobertura enviar y/o recibir mensajes a grandes distancias usando ondas de radio.

Estaremos refiriéndonos a satélites en órbita geoestacionaria. Da la vuelta a la tierra en el plano ecuatorial una vez cada 24 horas manteniéndose sincronizado con la rotación de la tierra.

También es conocido que un sistema de tres satélites separados a  $120^\circ$  de longitud pueden recibir y enviar señales de radio sobre el globo terráqueo excepto en las regiones polares.

El satélite de órbita geoestacionaria es un caso ideal de órbita geosíncrona, pero están típicamente inclinados con respecto al plano ecuatorial, visto desde la tierra, un satélite sincrono en órbita inclinada se le presenta un impulso durante el día en su posición normal en el cielo. El satélite de órbita geoestacionaria no es un arreglo estable y la inclinación aumentara con el tiempo. La inclinación es controlada por un sistema de propulsión con suficiente combustible para



hacer las correcciones durante todo el tiempo de vida del satélite. Un satélite síncrono no destinado para operar en órbita geoestacionaria puede ser lanzado con una menor cantidad de combustible considerable a usarse en el sistema de propulsión.

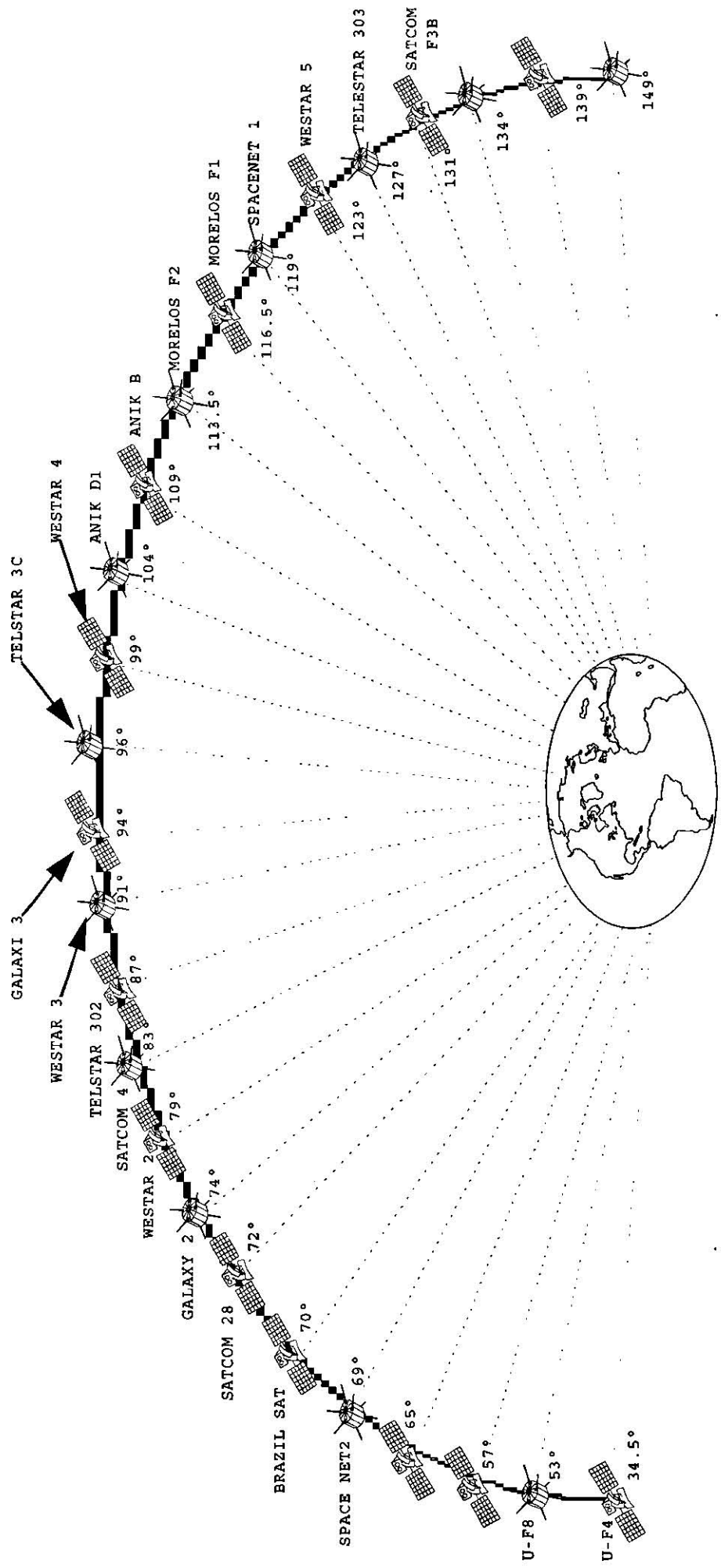
Una inclinación de la órbita mayor a  $0.1^\circ$  usualmente no es aceptada para servicios comerciales a menos que las antenas de las estaciones terrenas puedan automáticamente reorientarse, hacia el satélite.

El objetivo de un satélite geoestacionario es el de proveer coberturas en una misma área simultáneamente, lo cual permite que infinidad de localidades puedan acceder simultáneamente al satélite mediante una estación terrena. Las áreas ubicadas fuera de la cobertura generalmente no podrán utilizar el satélite con eficiencia.

En la siguiente figura (fig.1) muestra la ubicación de todos los satélites de transmisión de televisión en el sector norte, centro y sudamericano del arco geosíncrono.

Nota \*Son datos de satelites que ha estas fechas ya no están funcionando debido a que la mayoría ya fueron reemplazados o, pero nos sirve para darnos una idea del arco actual.\*

# SATELITES EN EL ARCO GEOSINCRONO



ESTA FIGURA MUESTRA LA ORBITA GEOESTACIONARIA Y LA UBICACION DE TODOS LOS SATELITES DE TRASMISION DE TV IMPORTANTES EN EL SECTOR NORTE, CENTRO Y SUDAMERICANO DEL ARCO GEOSINCRONO.

ACTUALMENTE: EN EL 109.2° ESTA SITUADO EL SOLIDARIDA I, Y EN EL 113.0° ESTA SITUADO EL SOLIDARIDAD II

NOTA: ESTE ARCO GEOSINCRONO NO ES ACTUAL PERO NOS SIRVE COMO REFERENCIA PARA SABER COMO ESTAN DISTRIBUIDOS.

FIG. # 1

### 1.3.3) SISTEMA DE COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

Con la finalidad de entender un sistema de comunicación vía satélite, lo analizaremos en dos partes:

1) SEGMENTO ESPACIAL

2) SEGMENTO TERRESTRE

a) INGENIERÍA DE ENLACE DE MICROONDA

Los niveles de potencia de las microondas y los efectos de los enlaces son casi siempre expresados en términos de dB, es por lo cual es importante introducir el concepto.

Convertir una cantidad a db simplemente es el tomar el logaritmo de base 10 o logaritmo común, y multiplicar el resultado por 10. Ya que el logaritmo de uno es cero, cero dB cambia simplemente el significado pero el nivel de potencia de la señal no ha sido cambiado. Se puede renombrar a los logaritmos como exponentes y en el caso de los logaritmos de base 10 ellos son exponentes del número 10. Una diferencia de -3dB de potencia en el nivel de potencia es cercanamente igual a un factor de 10 exactamente igual a 10 dB (es decir  $10 \cdot \log_{10} 10 = 10$ ). Cuando tratamos con factores en una ecuación que multiplica a otro, primero es convertir a cada factor en dB y entonces la ecuación puede resolverse en términos de suma de dB en lugar del recuso de multiplicar un termino por otro, este concepto es básico para el cálculo de balance de potencia del radio enlace.

b) PROPAGACIÓN DE LA ONDA DE RADIO

Las ondas de radio representan una parte del espectro electromagnético el cual abarca el radio, infrarrojo, luz visible, los rayos ultravioleta, etc.

Todas las ondas de radio se comportan similarmente en el espacio libre, pero varias formas de materia producen resultados interesante, esto es porque el tipo de energía puede ser absorbida, esparcida, difractada o reflejada.

## c) RADIADOR ISOTRÓPICO

Un radiador isotrópico es análogo a un foco de luz(ver fig.2), el cual define una esfera, la intensidad de energía es constante. El área de esta esfera de recepción de energía uniforme es igual a  $(\pi * 4 * r * r)$ . Esto es una practica común para medir la intensidad a una distancia en particular(radio) en unidades de watt por  $1\text{m}^2$ , calculando de' dividir la potencia de una fuente isotrópica por el área de un  $1\text{m}^2$  de una esfera. La potencia de radiofrecuencia producida por una fuente isotrópica produce una distancia de potencia constante en una distancia fija y esta densidad decrece conforme en el punto de recepción se va alejando de la fuente. Ignorando las perdidas es teóricamente posible recibir toda la potencia transmitida por un colector con una superficie al rededor de la fuente, a pesar de la distancia(ver fig.3).

UN CAMPO ISOTROPICO PUEDE SER REPRESENTADO POR UNA RADIACION DE ENERGIA POR UN FOCO EN TODAS DIRECCIONES CON LA MISMA INTENSIDAD.

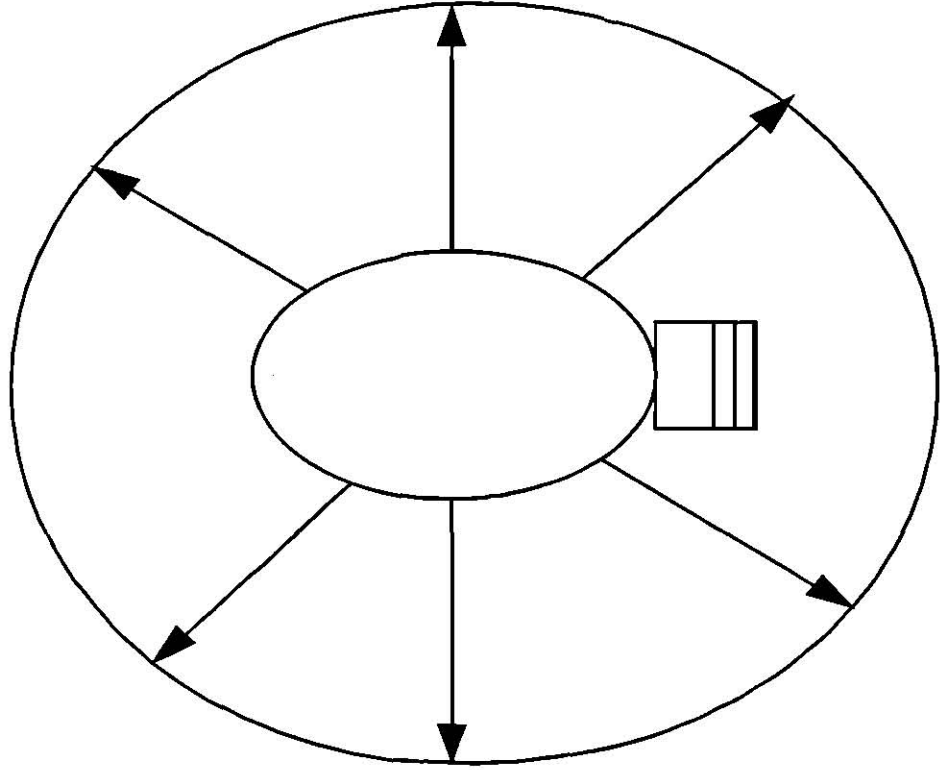


FIG. # 2

EL RADIO DE ENERGIA CAPTURADO POR UNA ANTENA DE AREA FIJA SE DECREMENTA, AL INCREMENTAR CONFORME LA DISTANCIA DE LA FUENTE AUMENTA.

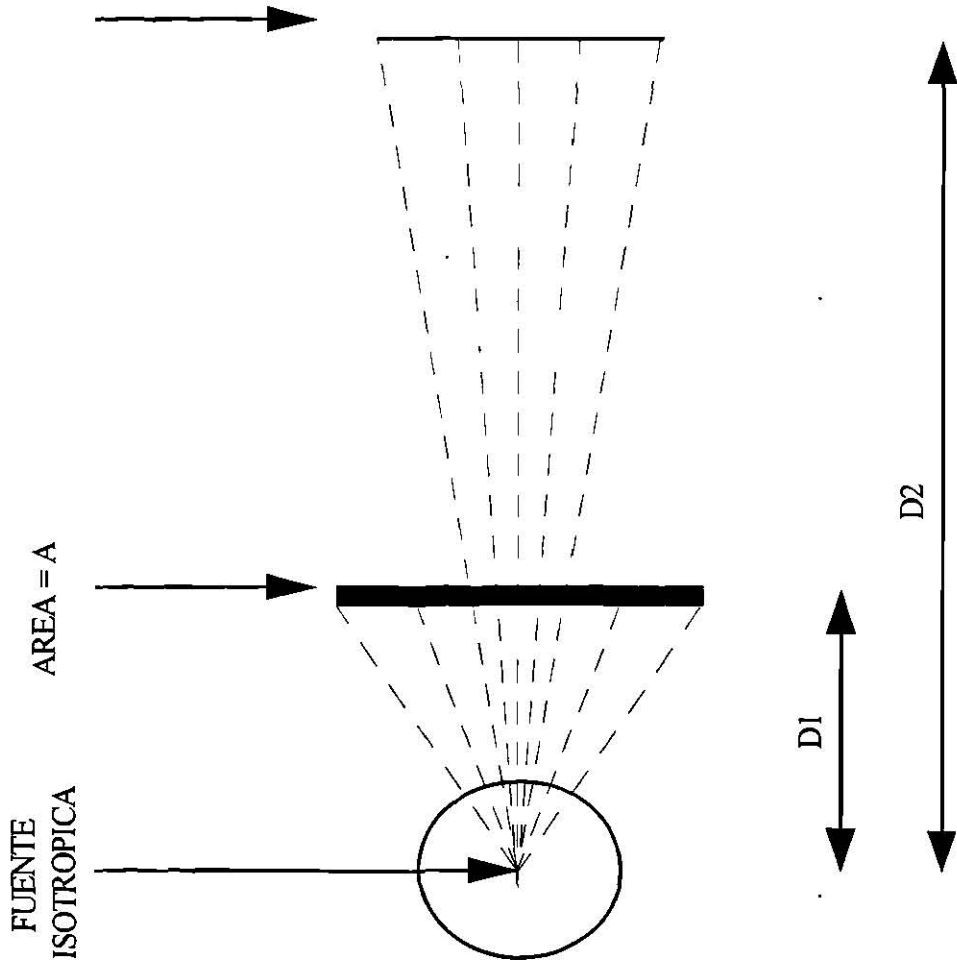


FIG. # 3

Por lo tanto la antena receptora trabaja en base al área expuesta a la radiación de energía de RF (radio frecuencia) de la fuente, esto es ilustrado por una fuente isotrópica la cual radia energía, hacia dos antenas de igual área. La superficie de la antena 2 esta mas lejana de la fuente que la de la antena 1. Nótese como el área mas cercana intercepta considerablemente más potencia que el área más distante. Esta es la razón por la cual la señal se debilita conforme el receptor se va alejando del transmisor.

Esto también demuestra el concepto importante de área de captura, es decir la relación entre el área efectiva de una antena y la potencia de la señal recibida por esta. Por ejemplo la eficiencia del plato de la antena es definido como la razón de área efectiva, esto es, una área física. Los valores típicos son 0.55 a 0.80%.

#### 1.3.4) PROPIEDADES DIRECCIONALES DE UNA ANTENA

El dibujo de una fuente isotrópica no representa el como se lleva acabo la comunicación en el satélite, porque las antenas transmisoras son directivas. El concepto de directividad simplemente significa que la antena tiene la capacidad de un enlace punto a punto. La energía la cual podría estar siendo radiada en otras direcciones al rededor del radio isotrópico, es concentrado por la estructura de la antena y redirigida para incrementar la intensidad en la dirección deseada. Otra importante propiedad de una antena es la capacidad de transmitir y recibir a una frecuencia dada, la cual es llamada reciprocidad.

Esto permite que la antena reciba precisamente con las mismas características direccionales que a la transmisión; como se muestra en la siguiente fig.4. La ganancia de una antena de alta ganancia expresada como razón de potencia y presentada a 360°. La figura anterior muestra un patrón de ganancia de antena para transmisión o recepción con el lóbulo principal (región de máxima directividad). El patrón uniforme de una fuente isotrópica es superpuesto sobre el patrón de la antena direccional para comparación.

### 1.3.5) GANANCIA DE ANTENA

La ganancia de una antena, es una medición importante del comportamiento de una antena. En la comunicación comercial vía satélite es muy común definir la ganancia en una dirección específica, tomando la razón de intensidad de energía radiada de una fuente isotrópica. Por supuesto, la antena y la fuente isotrópica podrían ser operadas con la misma cantidad de potencia de RF. En la figura anterior (fig.4) el haz principal de la antena tiene una ganancia pico (es decir en la dirección de máxima radiación) de 10. Esto significa que la antena produce una señal 10 veces más fuerte isotrópica con igual potencia de entrada y localizada a la misma distancia. La ganancia de un plato de una antena con un área efectiva fija es incrementada con el cuadrado de la frecuencia, ya que la ganancia de una antena es una razón de potencia, en la práctica es común expresar esto en dB.

### 1.3.6) PATRÓN DE UNA ANTENA

Otras de las definiciones útiles del comportamiento de una antena además de la ganancia pico. Es el ancho de haz a media potencia (comúnmente llamada ancho de haz) es el ancho de haz del lóbulo principal medido entre dos puntos donde la intensidad de potencia es la mitad de la intensidad pico. Un nombre para la misma medición comúnmente usados es el ancho de banda a -3dB. Entonces el punto donde es la media potencia de intensidad es tres dB abajo. Se asume que el enlace de microondas puede aceptar un decremento de 3dB en la potencia de la señal, el ancho de banda a media potencia define el rango de apuntamiento de la antena (ángulo de alineamiento) sobre el cual la antena o el satélite pueden moverse sin que se pierda la señal. Esto permite prácticamente una pérdida de potencia de un 25% de la señal. Lo cual requiere de un apuntamiento exacto o control de posición del satélite.

Las descripciones del funcionamiento de una antena son llamadas patrones de antena, en términos de potencia relativa y de dB respectivamente. Los lóbulos laterales mostrados en la figura 4 tienen la misma intensidad que el radiador isotrópico lo cual significa que la ganancia es igual a 1 (cero dB). Todas las antenas tienen lóbulos

anteriores en dirección opuesta al lóbulo principal. Como lo muestra la figura 1, así, la ganancia del lóbulo anterior generada tiende a hacerse menor que la unidad, en este caso se produce una ganancia negativa de -3dB figura 6.

Los lóbulos laterales y el lóbulo principal son características de una antena de estación terrena mediante los cuales se generan y se reciben interferencias; Por lo que se a enfocado la atención en los recientes años a la reducción de estos.



GANANCIA DE UNA ANTENA DE ALTA GANANCIA EXPRESADA COMO RELACION EN POTENCIA

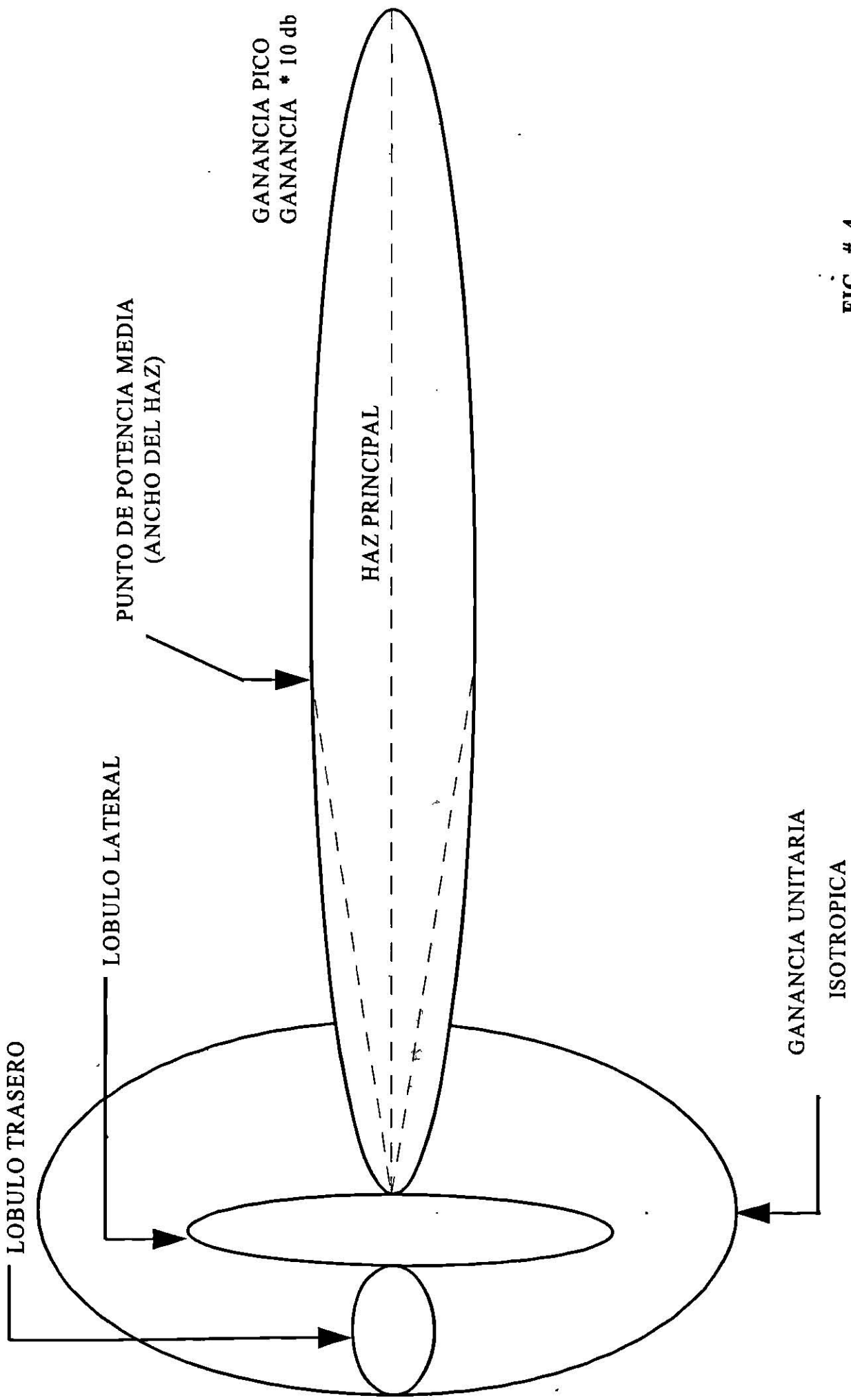
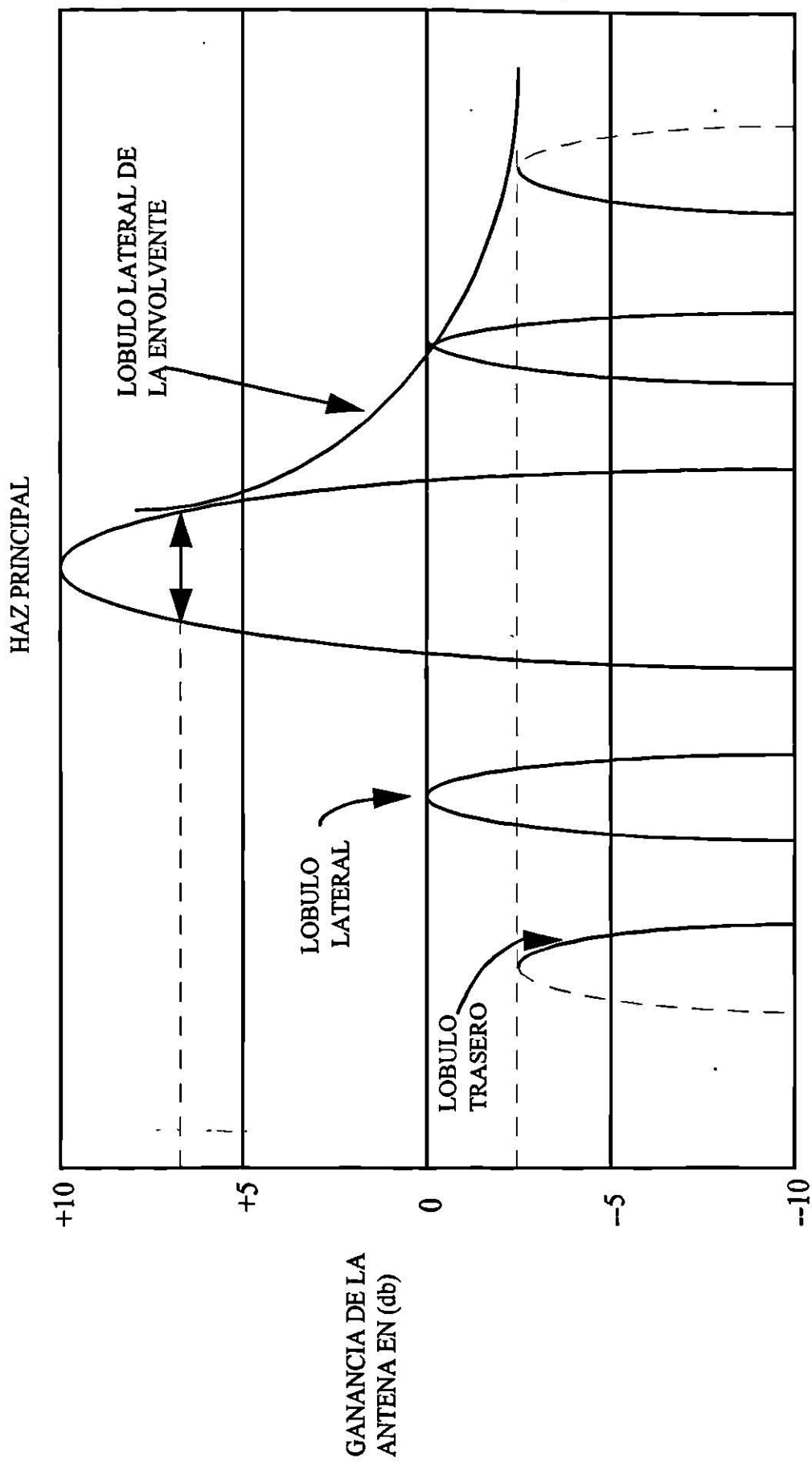


FIG. # 4



GANANCIA DE UNA ANTENA EN db PARA TODOS LOS ANGULOS, CON RESPECTO AL PICO DEL HAZ PRINCIPAL INDICANDO EL PEOR CASO DE LA ENVOLVENTE DE LOS LOBULOS LATERALES.

FIG. # 5

## 1.4 PUESTA EN ÓRBITA DE UN SATÉLITE DE RADIOCOMUNICACIONES

El lanzamiento al espacio de los satélites de radiocomunicaciones a una órbita geoestacionaria se realiza en tres etapas

### 1.4.1) ÓRBITA DE ESTACIONAMIENTO.

Como primera etapa, el satélite es colocado en una órbita circular denominada de "estacionamiento", a una altura de aproximadamente 300Km.

### 1.4.2) ÓRBITA DE TRANSFERENCIA.

En una segunda etapa el satélite es impulsado a una órbita elíptica muy prolongada, donde el perigeo es 300 Kms. aproximadamente y su apogeo de mas o menos de 36,000 Kms.

### 1.4.3) ÓRBITA GEOSINCRONICA.

Aprovechando el apogeo de la órbita de transferencia, se realizan acciones para que el satélite entre en órbita circular de aproximadamente 36,000Kms.

El siguiente dibujo(fig.9) muestra la forma en que se consigue colocar el satélite en órbita.

# LANZAMIENTO AL ESPACIO DE LOS SATELITES DE RADIOCOMUNICACIONES

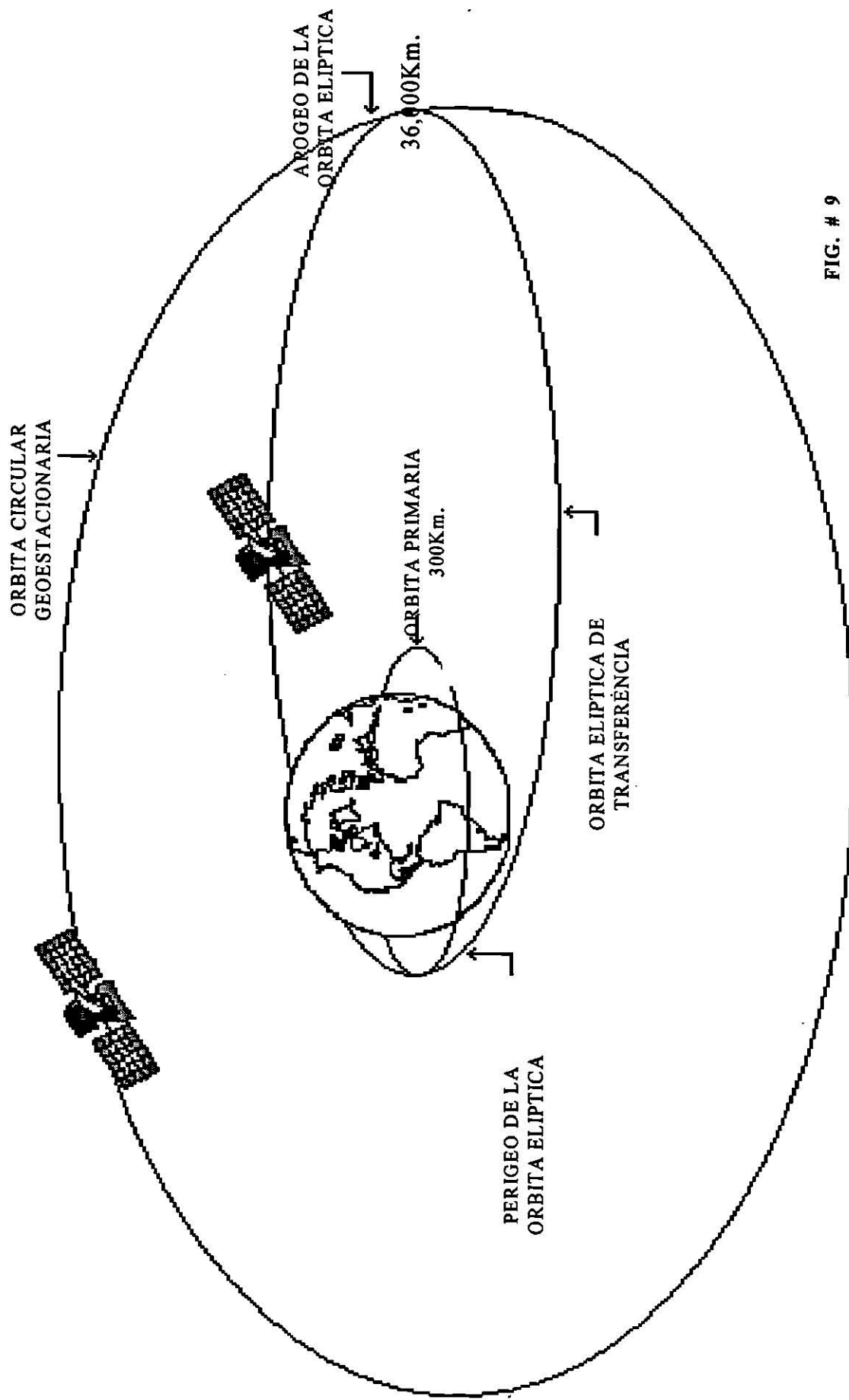


FIG. # 9

#### 1.4.4) ARCO ORBITAL.

Todas las estaciones terrenas que estén localizadas en el hemisferio norte, su apuntamiento será dirigido a un punto al sur y las que estén ubicadas en el hemisferio sur, a un punto al norte, a un arco o línea imaginaria denominada "arco orbital".

El arco orbital es el mismo plano ecuatorial donde se ubican todos los satélites geoestacionarios, visto desde algún sitio desde la superficie de la tierra.

#### 1.4.5) VIDA ÚTIL DEL SATÉLITE.

Para que los satélites de radiocomunicaciones puedan hacer frente a las constantes fuerzas que actúan sobre sus masas y que los mueven de su posición en el espacio, requieren de gas combustible para accionar sus cohetes de retroimpulso, por lo que su vida útil depende totalmente de este tipo de energía.

Las celdas solares, bancos de baterías y los sistemas electrónicos cuentan con una vida útil mayor, pero la tecnología moderna aun no ha descubierto algún convertidor que a partir de energía eléctrica, se den retroimpulsos en el vacío.

## 1.5 EXPLICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE ESTACIONES TERRENAS

### 1.5.1) INTRODUCCIÓN

Todo satélite en una red de comunicaciones sólo sirve como punto intermedio de la red de la que forma parte, por lo que es complementada con las estaciones terrenas que se comunican a travez de el satélite.

Una estación terrena está compuesta de varios elementos y equipo interconectados entre sí. El termino E/T se emplea indiferentemente para indicar todo el equipo terminal que se comunica con el satélite desde la Tierra, sin importar si está fija o móvil en algún punto.

En la siguiente figura (fig.7) se muestra el diagrama a bloques general de una estación terrena, pero dependiendo de su aplicación en particular puede ser mucho más sencilla y carecer de algunos bloques de los indicados.

En el diagrama ningún módulo se indica redundante o repetido, pero en la practica si se utiliza la redundancia, que depende nuevamente de la aplicación de la E/T.

Por lo general en una E/T la misma antena se utiliza tanto para trasmitir como para recibir, si es que la aplicación así lo requiere. por lo que los bloques de transmisión y recepción están interconectados entre sí simultáneamente por medio de un dispositivo llamado diplexor.

### 1.5.2) ESTACIONES TERRENAS

#### a) ANTENAS

Está es una de los subsistemas más importantes de la E/T porque esta suministra un medio de transmisión de la portadora de radiofrecuencia al satélite a una frecuencia de enlace ascendente y recibe la portadora de radiofrecuencia desde el satélite con una frecuencia descendente.

Las características más importantes de una antena son su ganancia y el patrón de radiación(tema ya hablado anteriormente). La ganancia es la

capacidad de la antena para amplificar las señales que recibe o transmite en cierta dirección, esta ganancia se mide en decibeles (dB). en relación con la potencia radiada o recibida por la antena isotrópica dBi.

Por lo que es deseable tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que viene las señales que se quiere recibir o transmitir, y la mínima en todas las direcciones que no sean de interés, por lo que los lóbulos laterales o secundarios de una antena deben ser lo más pequeño posible, para que no capten señales indeseables o no transmitan en otras direcciones no autorizadas o indeseables.

La ganancia de una antena debe tener siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor,

Una antena isotrópica es una antena ficticia que radia simultáneamente con la misma densidad de potencia en todas las direcciones alrededor de ella. Se emplea como referencia y se supone que recibe la misma potencia de alimentación que la antena real, asociarla con la dirección máxima de radiación que el lóbulo principal de su patrón de radiación como se muestra en la figura 4 cuyo valor depende de varios factores, como el diámetro de la antena, su concavidad, su rugosidad de la superficie etc. Mientras más grande sea el diámetro de la antena mayor será su ganancia y el lóbulo principal de radiación será más angosto y los lóbulos laterales se reducen.

Una antena parabólica refleja las señales que llegan a ella y las concentra en un punto común llamado foco; así mismo, las señales que provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación. Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en el que se coloca el alimentador, y que, por lo general es una antena cornera; el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de los lóbulos.

Hay varios tipos de alimentación de una antena parabólica pero los más utilizados son los de alimentación frontal, descentrada Cassegrain.

## b) EL TRANSMISOR

Las E/T transmisoras sencillas cuentan con un solo bloque de Tx(transmisión), como el que se indica en la figura 7, lo que conduce a la gran cantidad y diversidad de señales tienen varios bloques en paralelo. El equipo transmisor consiste básicamente de tres módulos: a) modulador b) convertidor elevador y c) amplificador de alta potencia. Después que una señal ha sido generada o producida y una vez hechas las combinaciones necesarias se multiplexan en frecuencia o en el tiempo, se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada efectivamente a través de aire hacia el satélite, sin que sea interferida o interfiera con otras señales; este acondicionamiento permite que se recupere la señal fielmente en la estación receptora, aunque su nivel de potencia sea muy baja al llegar. El proceso electrónico que se efectúa para este fin es la modulación de una portadora por la señal; y existe varios tipos de la misma; la más comunes son la analógica de modulación en frecuencia o FM y el digital de desplazamiento de fase o PKS.

El modulador de la estación combina la forma de la señal original con la señal portadora, modificando el ancho de banda de frecuencia y la posición de la información dentro del espectro radioeléctrico, la cual es transferida a frecuencias más altas; este paso de la señal modulada a frecuencia intermedia es el primero en su ascenso de conversión a microondas.

A la salida del modulador las señales se encuentran en una región más alta del espectro radioeléctrico; la frecuencia intermedia no es aún adecuada para radiarla efectivamente a la atmósfera, por lo que es necesario elevarla a otra frecuencia.

El convertidor elevador transfiere la señal de frecuencia intermedia (70 MHz a 1 GHz) a una frecuencia mucho más alta para poder radiarla efectivamente a la atmósfera, pero aún con esta frecuencia el nivel de potencia es muy bajo, por lo que es necesario amplificarla; esta amplificación se realiza en el amplificador de alta potencia (HPA), del cual existen fundamentalmente dos tipos: el tubo de ondas progresivas TWT y el Klistron. EN algunos casos la potencia que va a transmitirse es tan poca o tan baja que no es necesario usar amplificadores tan potentes como



## DIAGRAMA BLOQUES DE UNA ESTACION TERRENA TRASMISORA

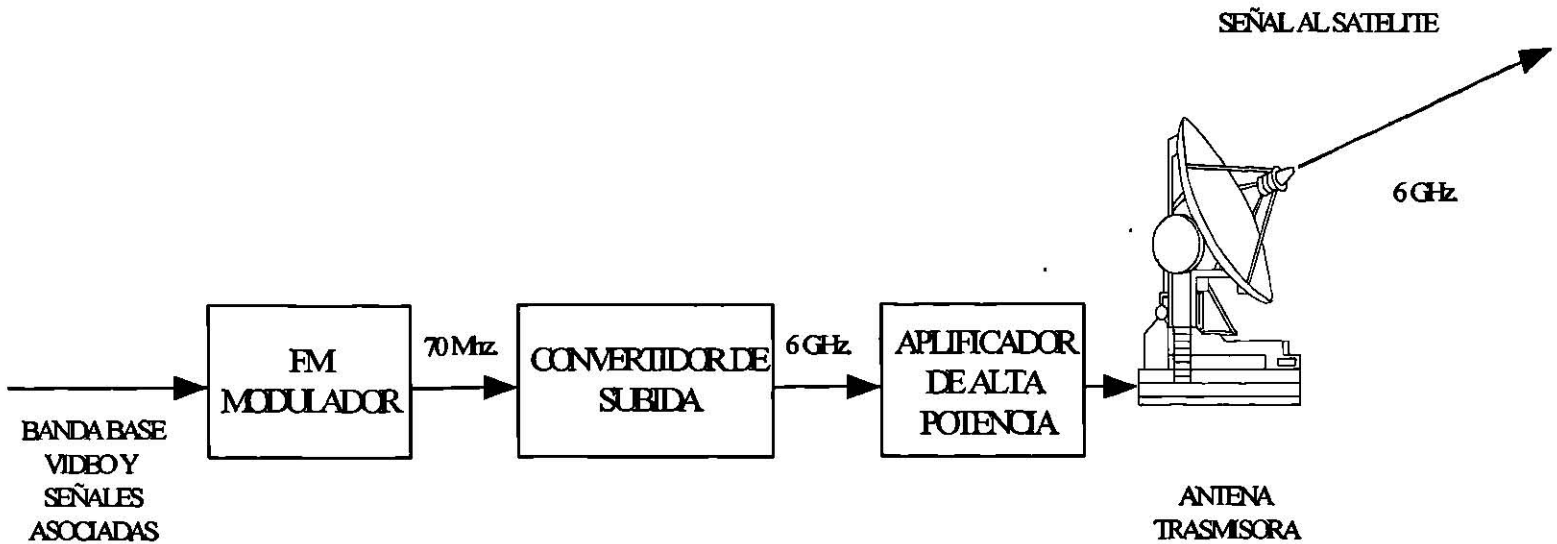


FIG # 7

el TWT o el Klistron, por lo que se utilizan amplificadores de baja potencia o LNA hechos con tecnología de estado sólido. Su potencia de salida es de unos cuantos watts y la mayoría funcionan con transistores de efecto de campo (FETS).

Amplificadores de alta potencia: Uno de los amplificadores más usados es el TWT (traveling wave tube).

El TWT emplea el principio de modulación de velocidad en la forma de ondas guiadas. La señal de radiofrecuencia es amplificada al viajar por la estructura llamada Helix. Los electrones que son emitidos por el cátodo del tubo son concentrados a lo largo del Axis de el Helix por el cilindro magnético y recogidos al final por el colector después de haber liberado su energía al campo de radiofrecuencia. El Helix baja la velocidad de propagación de la señal de radiofrecuencia (velocidad de la luz) a la de el haz electrónico, el cual es controlado por un volante de DC en el cátodo. Este resultado es una interacción entre el campo eléctrico inducido por la señal de radiofrecuencia y los electrones, los

cuales transfieren energía a la señal por lo que esta se ve amplificada, la amplificación aumenta conforme la señal varia a través del tubo. Debido a que es posible perder todo el enlace de comunicación si el amplificador llegase a fallar, es común encontrar sistemas donde hay amplificadores de redundancia.

Generalmente el nivel de potencia a la salida del convertidor elevador es muy bajo en comparación con el que debe aplicarse a la entrada del amplificador de potencia para que este funcione adecuadamente, es común añadir un amplificador excitador entre el convertidor de frecuencia y el amplificador de potencia, como una etapa de amplificación a niveles de potencia intermedia.

Cabe señalar que para poder hacer la adquisición de un amplificador de potencia se determina tomando en cuenta el posible crecimiento del tráfico de la estación terrena. La siguiente tabla muestra las características de los HPA en el mercado ver tabla 1:

### CARACTERÍSTICAS DE LOS HPA DISPONIBLES EN EL MERCADO

|                      | BANDA "C"<br>ANCHO DE<br>BANDA (MHz) | POTENCIA DE<br>SALIDA (WATTS) | BANDA "Ku"<br>ANCHO DE<br>BANDA(MHz) | POTENCIA DE<br>SALIDA(WATTS) |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| TWT                  | 500                                  | 50 - 10000                    | 500                                  | 50 - 3000                    |
| KLISTRON             | 40/80                                | 400 - 5000                    | 100                                  | 1500 - 2000                  |
| EDO. SOLIDÓ<br>(FET) | 500                                  | 5 - 50                        | 500                                  | 1 - 6                        |

\*\*\* RODOLFO NERI VELA

SATÉLITE DE COMUNICACIONES

Mc Graw Hill

pp 107

TABLA #1

## c) EL RECEPTOR

La antena recibe señales provenientes del satélite y a través del diplexor se las entrega a un amplificador de bajo ruido, debido a que la señal que se ha recibido tiene una baja intensidad es muy sensible a cualquier señal de ruido que se puede añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable. La antena y el amplificador de bajo nivel de ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen su calidad de operación. La ganancia de recepción de una antena es su parámetro más importante y se designa como G. Por lo que respecta al amplificador de bajo ruido tiene en la temperatura de ruido su parámetro más importante y mientras este sea muy bajo será mejor ya que el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de recepción aumenta, pero también a través de la antena se infiltra ruido por lo que la magnitud de este se calcula en función de la temperatura de ruido de la antena, la suma de la temperatura de ruido de la antena y la del amplificador determinan casi completamente la temperatura total del sistema de recepción.

La relación G/T se utiliza comúnmente para definir las cualidades de recepción terrena. Esta relación se conoce como factor de calidad cuyas unidades son dB/°K (grados Kelvin).

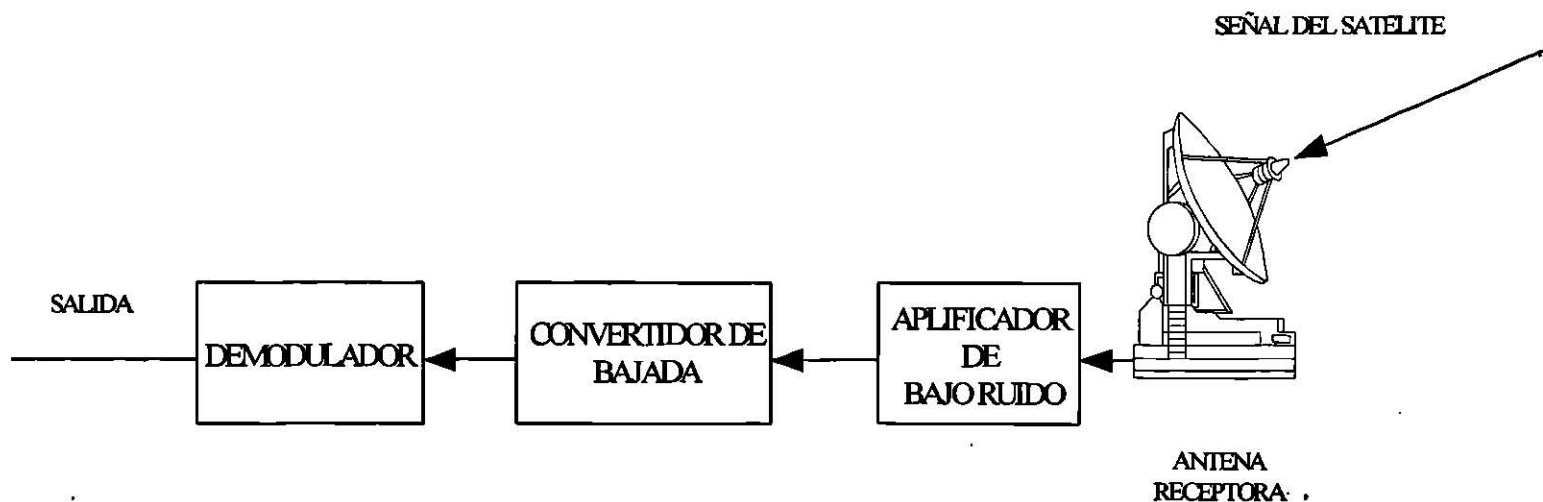
A la salida del amplificador de bajo ruido van conectados en cadena un convertidor reductor de frecuencia y un demodulador. La salida del amplificador se conecta al convertidor de frecuencia que transfiere toda la información de la frecuencia de recepción a una frecuencia intermedia de recepción.

Esta reducción de frecuencia puede hacerse de un solo paso, bajando la frecuencia de llegada a la antena hasta la frecuencia intermedia que se le debe entregar al demodulador.

La señal del convertidor reductor de frecuencia aun está modulada y el paso siguiente es demodularla para obtener la señal original. Realmente no es posible obtener una señal idéntica a la que fue transmitida ya que diversos factores se encargan de distorcionarla. Por ejemplo la lluvia, la nieve, la contaminación, etc.

Por lo que podemos decir que el demodulador es un bloque muy importante ya que es el que determina la calidad finalidad del enlace.

### DIAGRAMA A BLOQUES DE UNA ESTACION TERRENA RECEPTORA



#### 1.5.3) CARACTERÍSTICAS DE LAS E/T SEGÚN LA C.C.I.R.

En el diseño de las antenas se toman en cuenta varios factores como son:

La utilización eficaz del espectro radioelectrico es un factor esencial en la órbita de los satélites geostacionarios.

La características de los lóbulos laterales de las antena de E/T, es uno de los factores que determinan la separación mínima entre satélites.

El diagrama de radiación de la antena influye directamente en la PIRE fuera del eje principal de radiación y en la potencia recibida por los lóbulos laterales.

##### a) ANTENAS UTILIZADA EN E/T

Características de las antenas de las estaciones terrenas.

Ganancia elevada en la dirección de las señales deseadas.

Ganancia mínima en las otras direcciones

Gran eficiencia

Baja temperatura de ruido.

Orientable en cualquier dirección

Buena calidad de recepción o transmisión, que no disminuya debido al viento a condiciones meteorológicas desfavorables.

Alta discriminación de las señales con polarización ortogonal..

## b) ASPECTOS MECÁNICOS Y DE ESTRUCTURA

### Estructura y soporte

La estructura debe asegurar el mantenimiento preciso de la forma posición y actitud.

### Precisión de las superficies de los reflectores.

Debe mantenerse y realizarse con precisión la forma de las superficies reflectoras para todas las condiciones de funcionamiento, para evitar

perdidas de ganancia con el consiguiente aumento de los lóbulos laterales.

## c) CARACTERÍSTICAS DE ORIENTACIÓN Y SEGUIMIENTO

En la mayoría de los sistemas las perdidas de la señal debida a los errores de orientación deben de ser de una décima de dB, lo cual puede conseguirse por seguimiento automático; el cual puede realizarse por diferente métodos, de los cuales el más sofisticado deduce las señales de error a partir de la desalineación del haz de la antena con la dirección del satélite , y el mas sencillo es el del seguimiento escalonado o simple que imita al proceso manual de hallar la cresta de la señal recibida.

Para antenas pequeñas basta con la orientación manual a intervalos bastantes largos.

## d) CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

Actualmente se emplean varios tipos de reflectores: parabólicos con alimentadores Cassegrain, Gregory o de punto focal y reflectores de bocina.

Los mas utilizados son los tipos Cassegrain que tienen varios tipos: de campo cercano y de fuente puntual, con un alto rendimiento.

### d.1) ANTENA CASSEGRAIN

Utiliza un sistema de reflector doble alimentado por un radiador situado en el foco del sistema.

El sistema reflector consta de un reflector principal (paraboloide) y un reflector secundario (hiperboloide).

El foco de este sistema está en las proximidades del vértice del reflector principal: por lo tanto la antena Cassegrain es una antena de alimentación posterior.

#### d.2) ANTENA GRAGORY

En las antenas Gregory, la parte concava del subreflector, y no la convexa, se encuentra frente al alimentador. La intersección de los rayos del alimetador que inciden el subreflector tiene lugar después de la reflexión, antes que incida en el reflector principal. Como las ondas reflejadas por el borde del subreflector, no deben chocar con el borde opuesto, el subreflector de la antena Gregory debe ser colocado antes de la apertura del reflector principal. Por tal motivo, la estructura de una antena Gregory no puede ser compactada como la de tipo Cassegrain.

#### d.3) TEMPERATURA DE RUIDO

Tanto los lóbulos laterales, así como el principal contribuyen a la temperatura de ruido.

Los amplificadores típicos con refrigeración criogenica tienen una temperatura de ruido de unos 20°K, con lo que la temperatura total del sistema, incluidas las guías de onda, llega a ser de unos 70°K. En caso de que no se utilice refrigeración la temperatura puede ser de orden de 80 a 120°K.

#### d.4) FACTOR DE CALIDAD

Es una indicación útil del funcionamiento de una estación terrena y esta definida como sigue:

$$G/T = 10X\text{Log}[\text{Ganancia de la antena}] \\ \text{Temp. ruido del sistema}$$

## e) INFRAESTRUCTURA GENERAL

En la infraestructura de una estación terrena incluye todos los locales, edificios y obras de ingeniería civil. Su tamaño depende del tipo de estación y de los servicios que cursa la estación terrena. Según la reglamentación de INTELSAT que define ocho tipos de estaciones:

-Las estaciones de norma A son las más ampliamente utilizadas. Funcionan en las bandas de 6/4 GHz y están equipadas con antenas de gran diámetro superior a los 15m. amplificadores de muy bajo nivel de ruido, amplificadores de gran potencia en transmisión. Pueden cursar cualquier tipo de tráfico y pueden adaptarse a cualquier incremento o modificación del tráfico.

-Las estaciones de norma B funcionan en la banda de 6/4 GHz y tienen antenas de tamaño medio (unos 11m) y con cadenas de comunicaciones para recepción y transmisión bastante sencillas. Debido a sus limitaciones de modos de transmisión, a su limitada capacidad de recepción y transmisión de televisión y a los elevados costos del segmento espacial, solo son rentables cuando su limitan a capacidades de tráfico pequeño o medias.

-Las estaciones de norma C funcionan en las bandas de 14/11 GHz. con antenas de unos 11m de diámetro y se utilizan normalmente en transmisiones de mensajes de alta capacidad.

-Las estaciones de norma D funcionan en las bandas de 6/4 GHz. y están diseñadas en forma específica para ofrecer un servicio básico de satélite a las unidades rurales y alejadas.

-Las estaciones de norma E funcionan en las bandas de 14/11 GHz. o de 14/12 GHz. y el tamaño de sus antenas va de 3.5 a 10m, y son diseñadas específicamente para servicios comerciales de INTELSAT totalmente digitales. Estas son destinadas para ofrecer redes de servicios integrales para las aplicaciones de servicios comerciales internacionales y nacionales.

-Las estaciones de norma F funcionan en la banda de 6/4 GHz. y el tamaño de su antena va desde 5m a 10m, están diseñadas para dar servicios, son totalmente digitales destinadas a ofrecer redes de

servicios integrales para las aplicaciones de servicios comerciales internacionales y nacionales.

-Las estaciones de norma G funcionan en las bandas de 6/4, 14/11, o 14/12 GHz. y tienen una amplia gama de tamaños de antenas. Las antenas características de calidad de funcionamiento no incluyen los siguientes parámetros:

- PIRE máximo por portadora;
- método de modulación;
- factor de calidad(G/T);
- ganancia en transmisión;
- calidad de canal.

-Las estaciones de norma Z se utilizan en aplicaciones nacionales, funcionan en las bandas de 6/4, 14/11 o 14/12 GHz. tienen una amplia gama de tamaños de antenas. Las características de calidad de funcionamiento no incluyen los siguientes parámetros:

- PIRE máximo por portadora;
- método de modulación;
- factor de calidad(G/T);
- ganancia en transmisión;
- calidad de canal

El propietario o usuario de la estación terrena tiene gran flexibilidad y libertad para decidir del mejor diseño de transmisión conforme a sus necesidades.

#### f) ESTACIONES PEQUEÑAS DEFINIDAS POR INTELSAT

El termino de estación pequeña abarca una amplia gama de estaciones del servicio fijo por satélite, que tiene en común algunos aspectos generales siguientes a todos ellos:

diámetro de la antena, desde 7 a 3m o menos inclusive;

-puntería de antena: no requiere seguimiento en la mayoría de los casos;



- amplificador de transmisión: unos 500W(tubo de RF)  
1W(estado sólido);
- ciertos modos de comunicación;  
Los más comunes son:  
AMDF-SCPC  
MDT-MDP-AMDT con velocidad binaria media (25  
Mbit/s) o incluso baja.

#### Transmisión de televisión MF:

- equipo modular para funcionamiento flexible y  
facilidad de mantenimiento.
- funcionamiento no atendido ( control y  
comprobación técnica a distancia);
- equipo compacto;
- situación de la estación; próxima a los usuarios.

Las aplicaciones de estaciones pequeñas incluyen:

- recepción de televisión para distribución local o  
para nueva radiodifusión;
- comunicaciones a zonas remotas;
- comunicaciones de emergencia;
- comunicaciones con las plataformas marítimas;
- comunicaciones rurales;
- transmisión de datos;
- distribución de datos;
- transmisión de facsímil y correo electrónico;
- teleconferencia y vídeo conferencia;
- redes de comunicaciones de empresas.

## 1.6 CONCEPTOS GENERALES ( EL AMBIENTE EN EL ESPACIO )

### 1.6.1) INTRODUCCIÓN

En este capítulo se expondrá en forma general las principales características del ambiente en el que se encontrará trabajando el satélite durante su misión de tal forma de que el participante tenga una visión clara de los factores que deben tomarse en cuenta en el diseño, elección de materiales y sistemas de protección que deben de utilizarse en la fabricación de un satélite.

La ingeniería para la operación en órbita geosíncrona tiene alguna diferencia fundamentales de la ingeniería en tierra dado que no se puede pensar en el reemplazo de alguna de las partes que fallan del satélite.

A primera vista el espacio parece ser un ambiente muy hostil pero ahora son apreciadas algunas de sus características propiedades de las que se pueden hacer uso y que para muchas tecnología puede ser un mejor ambiente que la tierra. Por ejemplo: No existe corrosión atmosférica. Los componentes se encuentran inmersos en la pureza de un vacío casi perfecto. No hay variaciones continuas de temperatura que causen la expansión y contracción que provoca fallas en las juntas de soldadura. No existe vibraciones externas al satélite una vez que ha sido puesto en órbita. No hay condiciones climatológicas etc. Pero no hay tolerancia para cometer errores, causa desperfectos o causa problemas de seguridad.

Alto vacío quizá la diferencia más notable para el ingeniero es que el equipo opera en el alto vacío, mucho más completo del que puede ser producido en algún laboratorio terrestre de vacío. Entre los principales efectos causados por el vacío, se encuentra los siguientes:

- 1) Variaciones en la resistencia de materiales.
- 2) Pérdida de lubricación.
- 3) sublimación de materiales.
- 4) Aislamiento eléctrico.
- 5) Pérdida de convección de calor.

6) Ambiente altamente anticorrosivo.

7) Ausencia total de vientos.

#### 1.6.2) RESISTENCIA DE MATERIALES

Las propiedades mecánicas de la mayoría de los materiales, cambian en el alto vacío del espacio. Por ejemplo el vidrio es mucho más resistente a la fractura. Algunos metales tales como el acero y el molibdeno tienen propiedades mejoradas a la fatiga dado que no existe absorción de gases por el metal.

Metales débiles como el aluminio y magnesio tienen propiedades muy pobres en parte debido a que su superficie no es oxidada como sucede en tierra y que la oxidación provoca el endurecimiento de la superficie del metal. Algunos otros metales mejoran sus propiedades debido a que la corrosión de sus superficie no tienen lugar.

#### 1.6.3) LUBRICACIÓN

Casi todos los lubricantes utilizados en tierra fallan en el espacio los lubricantes fluidos son ineficaces en el alto vacío debido a que ésta causa la vaporización de algunos de sus componentes. Debido a la carencia de aire en el espacio las superficies metálicas tienden a difundirse uno en el otro, para formar bloques sólidos. Los metales secos y maleables pueden ser utilizados para juntas en los que hay poco movimiento, como el que solo abre velas solares para desplegar las fotoceldas.

#### 1.6.4) SUBLIMACIÓN DEL MATERIAL

La sublimación se refiere a una sustancia sólida que pierde moléculas como gas. Algunas sustancias como el sulfuro, se sublima a presiones atmosféricas normales. Si el sulfuro es calentado gradualmente se convierte en gas sin pasar por el estado líquido intermedio en el alto vacío del espacio algunos metales se subliman lentamente esto puede

causar problemas severos porque una delgada película del metal puede depositarse sobre superficies aislantes. Zinc, Cadmio y Magnesio se subliman a bajas temperaturas que muchos otros metales por lo que pueden utilizarse para recubrimientos en el espacio. Los problemas de sublimación pueden solucionarse encontrando cubiertas apropiadas.

#### 1.6.5) PROPIEDADES ELÉCTRICAS

El alto vacío del espacio actúa como un buen aislante eléctrico las superficies eléctricas pueden colocarse más cercanas o pueden manejar un mayor voltaje que en tierra antes de que se produzca un arco. Por otro lado, existe el problema de que los depósitos de la sublimación de metales, se depositen en las superficies aislantes.

#### 1.6.6) TRANSFERENCIA DE CALOR

En el vacío del espacio no existen convección. La transferencia de calor ocurre por radiación y conductividad solamente. La temperatura de un satélite geosíncrona esta determinada por el balance entre la radiación que absorbe del sol y el calor que el mismo radio estos factores están determinados por la forma de su superficie y su textura.

Cuando un satélite pasa a través de la sombra de la tierra la energía que le llega se hace muy baja y la temperatura del satélite cae a niveles mucho más bajos que las encontradas normalmente en tierra ( $-150^{\circ}\text{C}$ ). El equipo incluyendo baterías de almacenamiento que proporcionan energía eléctrica durante los eclipses deben ser capaces de soportar estas bajas temperaturas por la exposición directa a los rayos solares.

Una contracción substancial tiene lugar seguridad de una expansión cuando el satélite entra y sale del eclipse. Los materiales utilizados así como las uniones eléctricas, deben ser capaces de soportar dichas tensiones mecánicas asociadas con varios eclipses.

### 1.6.7) RADIO SOLAR

La radiación del sol posibilita al satélite, el generar su electricidad por el tiempo de vida que tenga proyectado casi la mitad de la radiación electromagnética son rayos X o rayos que penetran profundamente la materia, causando la ionización de la materia.

Los metales cuando son bombardeados con esta radiación de alta energía, existen átomos que son desplazados de su estructura cristalina, esta paulatina carencia de átomos, tiende a reducir la conductividad eléctrica lo cual puede ser nociva para los subsistemas que manejan las pequeñas corrientes recibidas de la tierra como por ejemplo las antenas.

Adicionalmente a la radiación electromagnética los satélites son bombardeados por radiación en la forma de partículas de alta energía es decir ( partículas alfa, protones y electrones) algunos provenientes del sol y algunos del espacio. Los satélites pasa a través de enorme cinturones de radiación consistentes de electrones atrapados por el campo magnético de la tierra.

El principal efecto del flujo de electrones es el de degradar el desempeño de las células solares. La salida de las celdas solares en los satélites recién lanzados, típicamente cae por debajo del 6% por año. Mejoras en el diseño de cubiertos protectores de las celdas solares, ha reducido la degradación.

Un satélite es lanzado con un poco de mayor capacidad de potencia de la que en realidad requiere, para compensar la degradación de las celdas solares. Al final de su vida útil planeado, debe contar con la suficiente energía para mantenerse operativo. Cuando las celdas solares han envejecido, puede no tener la suficiente energía para funcionar al mismo tiempo que carga sus baterías de almacenamiento.

## 1.7) CENTRO DE CONTROL

Funciones principales del centro de control son:

1) Participar en el posicionamiento en órbita de satélites, así como en la recuperación de aquellos que han perdido su ruta o posición orbital asignada.

2) Mantener a los satélites operando en su posición orbital óptima, con el fin de asegurar la confiabilidad en los servicios de comunicaciones, a lo largo de su tiempo de vida.

3) Recibir procesar y analizar de manera continua la información recibida del satélite (telemetría), con el fin de mantener la configuración y estado operativo de los equipos dentro de los valores establecidos.

4) Transmitir comandos a través de la computadora y/o en forma manual, para cambiar la configuración del satélite y para corregir las desviaciones de su posición orbital.

5) Medir la distancia entre la estación de control y el satélite (rango), la cual, junto con los datos de Az(azimut) y El(elevación) de la antena, sirve para determinar la órbita actual de satélite.

6) Controlar en tiempo real a los satélites mediante dos computadoras PDP/1170 y registrar en cinta analógica y en bitácora las actividades realizadas para mantener un archivo del sistema.

## 1.7.2) DESCRIPCIÓN GENERAL

Se hablara en forma general de la función de cada subsistema con la finalidad de solo entender su fusión.

El centro de control se encuentra formado por los siguientes subsistemas:

- a) Subsistema de Telemetria
- b) Subsistema de Comando y Rango
- c) Subsistema de Paneles de Estado y Control
- d) Subsistema de Tiempo
- e) Subsistema de Grabación
- f) Subsistema de Computadora
- g) Subsistema de Dispositivos de I/O y de Despliegue
- a) SUBSISTEMA DE TELEMETRÍA.

El subsistema de telemetría recibe la señal de 70MHz proveniente del subsistema de R.F. y se encarga de procesarla para entregar la señal de banda base correspondiente a cualquiera de los siguientes subsistemas ya sea al de computadora, grabación o comando y rango, según su requerimiento.

El subsistema de R.F. permite la Tx/Rx de señales de control.

### b) SUBSISTEMA DE COMANDO Y RANGO.

Este subsistema genera las instrucciones (comandos) que son enviadas al satélite para realizar algún cambio de configuración y/o corrección orbitales requeridas. Además genera la señal de rango que sirve para

medir la distancia que existe entre la antena del Centro de control y el Satélite.

## c) SUBSISTEMA DE PANELES DE ESTADO Y CONTROL.

Este subsistema nos permite visualizar de manera rápida la configuración actual del equipo de control, además de poder configurarlo a control remoto.

Este subsistema consta de los paneles de estado y control de Telemetría y de Comando/Rango. A su vez, los paneles contienen las unidades selectoras de datos de enlace de subida o bajada, selector de entrada o salida de receptor, selector de entrada/salida de computadora, sumario de fallas del sistema etc. La interconexión entre enlace de subida y enlace de bajada esta dada por la selección de generadores de comandos y procesadores de tonos de rango incluida en ambos paneles como selector de datos de enlace de subida.

Cada panel cuenta con una serie de indicadores y/o interruptores, que muestran, dependiendo la posición del encendido, el estado de la unidad individual así como su configuración en el sistema. Aparte, tiene una línea supervisora que envía la información de estado a la computadora.

## d) SUBSISTEMA DE TIEMPO

Se encarga de proveer la información de tiempo requerida por las grabadoras de cinta, las graficadoras de papel y las computadoras.

## e) SUBSISTEMA DE GRABACIÓN.

Este se utiliza para guardar la información que se envía y la que se recibe del satélite, con el objeto de poder tener una bitácora de todo lo sucedido.

## f) SUBSISTEMA DE COMPUTADORA.

Esta formado por dos computadoras una en línea para el procesamiento en tiempo real y del control del equipo del centro de control, y la otra se utiliza para calculos de dinámica orbital y para dar servicio a usuarios de las demás áreas del centro.



Los programas de dinámica orbital y de Control de tiempo real están cargados en ambas máquinas, las cuales se encuentran conectadas en paralelo con el objeto de tener siempre una computadora de respaldo.

g) SUBSISTEMA DE DISPOSITIVOS DE I/O Y DE DESPLIEGUE.

Este permite el acceso a los diferentes usuarios del sistema, para poder llevar a cabo las diversas tareas relacionadas al control de los satélites. También por medio de ellos, se obtiene el despliegue de información requerido para el monitoreo y análisis de la salud de los satélites.

Además cuenta con dos impresoras de copia fiel, las cuales permiten tener impresiones de la información desplegada por la terminal retrógráfrica que se encuentra en la sala de análisis orbital.

1.8 SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD (CARACTERÍSTICAS).

# **SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD (CARACTERÍSTICAS)**

Esto es un anexo a lo ya antes hablado de comunicación vía satélite, de antemano gracias a TELECOMM por la facilidad dada para hacer este pequeño folleto, que tiene como finalidad entender a grandes rasgos de la comunicación vía satélite.

Aquí tocaremos el tema de las características de los satélites SOLIDARIDAD lanzados en 1994, los cuales tendrán una amplia cobertura en el continente americano, contando con excelentes niveles de potencia y tarifas competitivas.

Ambos satélites serán los primeros en el mundo en utilizar tres bandas de frecuencias (C, Ku, y L).

### POSICION Y COLINDANCIA DE LOS SATELITES MEXICANOS

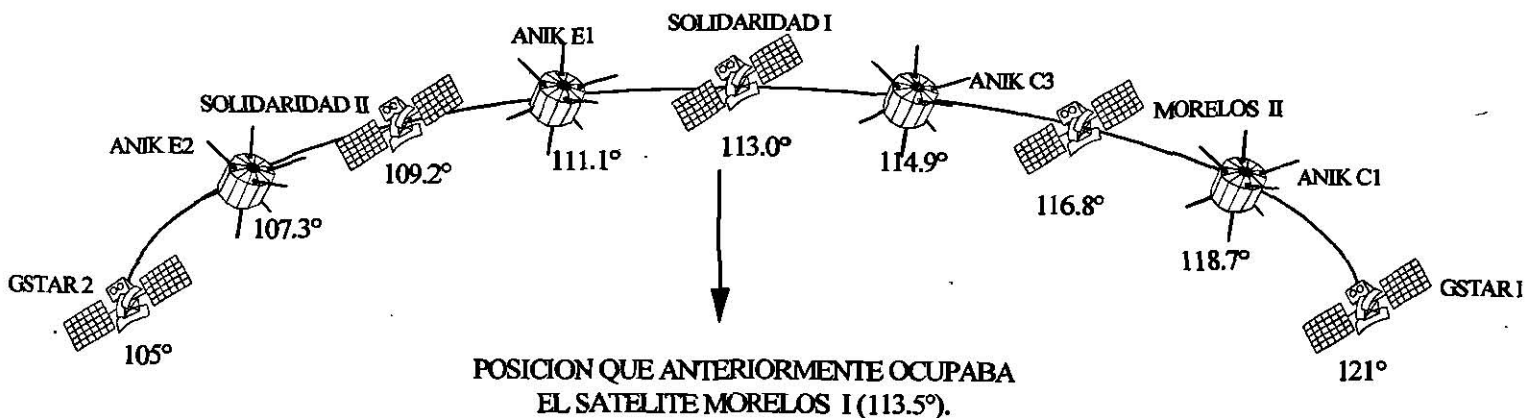


FIG. # 10

# SISTEMA DE SATELITES SOLIDARIDAD

## PROGRAMA LANZAMIENTO Y PUESTA EN OPERACIÓN

|                       | SOLIDARIDAD I               | SOLIDARIDAD D II            |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| FECHA                 | 19 DE NOV. DE 1993          | 20 DE MARZO DE 1994         |
| LUGAR                 | KOUROU, GUAYANA<br>FRANCESA | KOUROU, GUAYANA<br>FRANCESA |
| LANZADOR              | 44- LP DE ARIANE SPACE      | 44- LP DE ARIANE SPACE      |
| VUELO                 | 61                          | 65                          |
| PRUEBAS EN ÓRBITA     | NOV., DIC. DE 1993          | MARZO , ABRIL DE 1994       |
| INICIO DE OPERACIONES | ENERO DE 1994               | MAYO DE 1994                |
| TRANSICIÓN DE TRAFICO | ENERO DE 1994               | MAYO DE 1994                |
| POSICIÓN ORBITAL      | 109.2 LONGITUD OESTE        | 113.02 LONGITUD OESTE       |

## SATÉLITES SOLIDARIDAD

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

|              |  |
|--------------|--|
| MODELO:      | HS -601  |
| ESTABILIDAD: | TRIAXIAL   |
| PESO TOTAL:  | 2,772 Kgrs                                       |
| COMBUSTIBLE: | 1,282.6 Kgrs.                                    |
| POTENCIA:    | 3,370 Watts                                      |
| VIDA ÚTIL:   | 14 AÑOS  |
| DIMENSIONES: | 11 MTS. ANTENA - ANTENA<br>25.5 MTS. CON PANALES |

# SATÉLITES SOLIDARIDAD

## COBERTURA POR REGIONES

| REGIÓN | BANDA | COBERTURA  |
|--------|-------|--|
| R1     | C     | MÉXICO, SUR DE LOS E.U.A., GUATEMALA, BELICE, HONDURAS, Y EL SALVADOR.   |
| R2     | C     | MÉXICO, SUR DE LOS E.U.A., INCLUYENDO EL SUR DE FLORIDA, CENTRO DE AMÉRICA, EL CARIBE, COLOMBIA Y VENEZUELA.                     |
| R3     | C     | SUR DE COLOMBIA, ECUADOR, PERÚ, BOLIVIA, PARAGUAY, URUGUAY, CHILE, OESTE DE BRASIL Y ARGENTINA.                                  |
| R4     | Ku    | MÉXICO, SUR DE LOS E.U.A., GUATEMALA Y BELICE.   |
| R5     | Ku    | TORONTO, CANADÁ, LA HABANA, CUBA, Y CIUDADES DE LOS E.U.A.(SAN FRANCISCO, NUEVA YORK, CHICAGO, WASHINGTON, D.C., MIAMI Y HUSTON. |
| R6     | L     | MÉXICO Y SUR MAR PATRIMONIAL.  |

COBERTURA DE CADA SATÉLITE SOLIDARIDAD PARA LA  
REGIÓN 1 EN BANDA C

Tipos de servicios:

Distribución de señales analógicas:

- TELEFONÍA
- TELEVISIÓN
- TELEAUDICIÓN

Distribución de señales digitales:

- VOZ Y/O DATOS
- TELEVISIÓN
- TELEAUDICIÓN

Cobertura:

- TERRITORIO MEXICANO
- SUR DE LOS ESTADOS UNIDOS
- PARTE NORTE DE CENTROAMERICA

Capacidad del satélite en la región:

- 4 TRANSPONEDORES DE 36 MHz.
- 6 TRANSPONEDORES DE 72 MHz.

Con potencia de transmisión de:

- 37.5 dBW
- 40.5 dBW
- (RESPECTIVAMENTE)

**COBERTURA DE CADA SATÉLITE SOLIDARIDAD  
PARA LA REGIÓN 2 EN BANDA C**

TIPOS DE SERVICIOS

- DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN ANALÓGICA
- DISTRIBUCIÓN DE TELEAUDICIÓN DIGITAL
- REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS

Cobertura:

- TERRITORIO MEXICANO
- PARTE SUR DE LOS ESTADOS UNIDOS Y PARTE DE LA FLORIDA
- CENTROAMERICA Y EL CARIBE
- COLOMBIA Y VENEZUELA

Capacidad máxima del satélite en la región:

- 4 TRANSPONEDORES DE 36 MHz. CON POTENCIA DE 37 dBW

(ESTOS CUATRO TRANSPONEDORES SERÁN ORIENTADOS PARA OPERAR EN LA REGIÓN 1, SI LA DEMANDA ASÍ LO JUSTIFICA).

**COBERTURA DE CADA SATÉLITE SOLIDARIDAD  
PARA LA REGIÓN 3 EN BANDA C**

TIPOS DE SERVICIOS

- DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN ANALÓGICA
- DISTRIBUCIÓN DE TELEAUDICIÓN DIGITAL
- REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS

Cobertura:

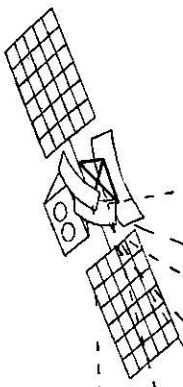
- ECUADOR
- PERÚ
- BOLIVIA
- PARAGUAY
- URUGUAY
- ARGENTINA Y
- CHILE

Capacidad máxima del satélite en la región:

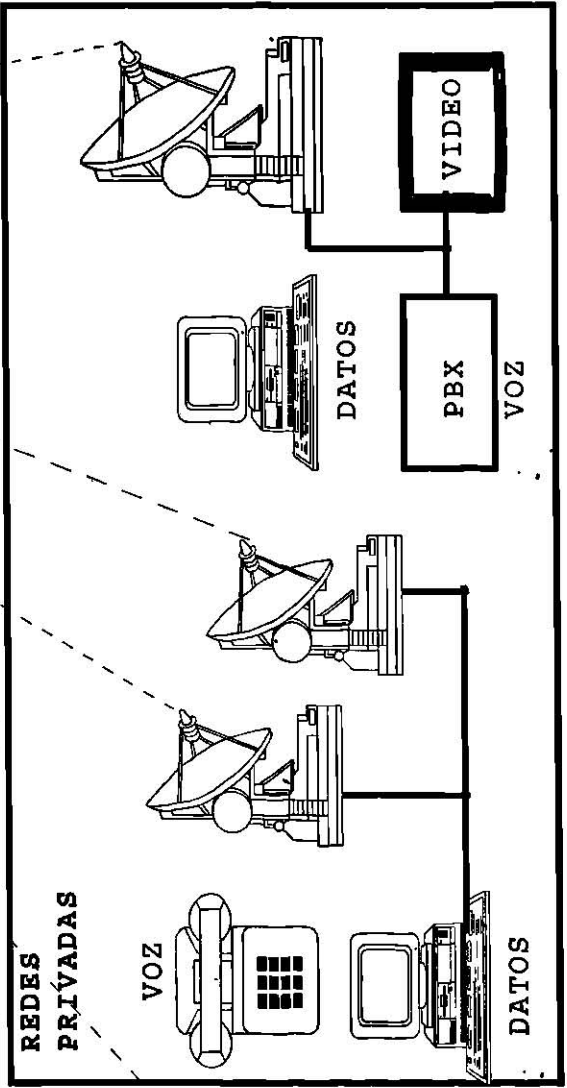
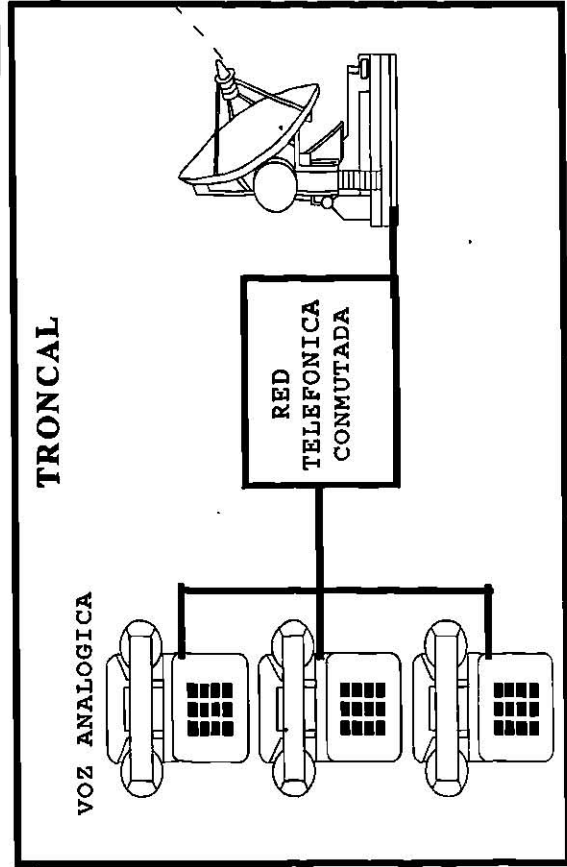
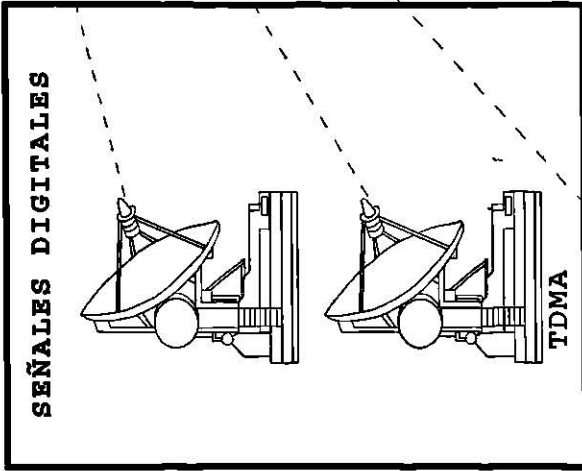
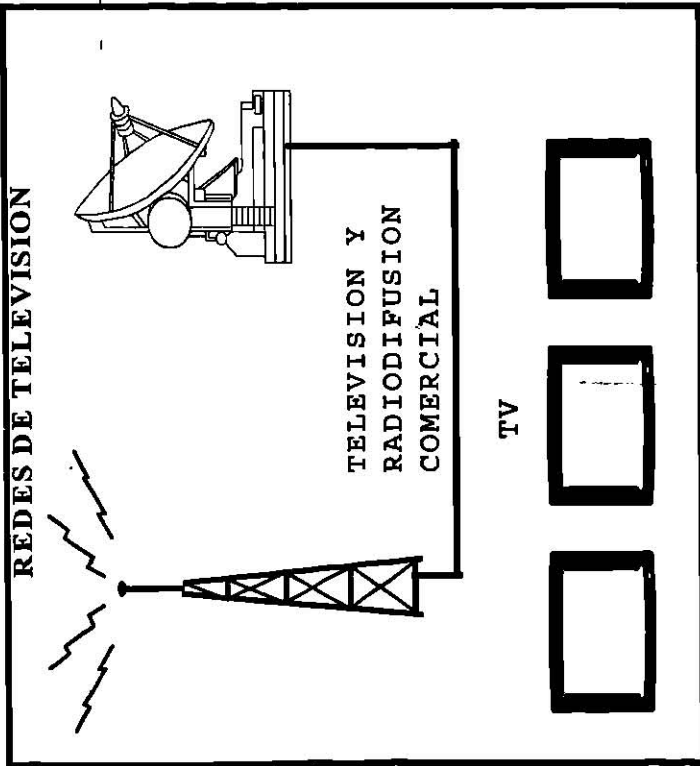
CUATRO TRANSPONDERS DE 36 MHz. CON UNA POTENCIA DE TRANSMISIÓN DE 37 dBW

(AL IGUAL QUE LA REGIÓN 2 ESTOS CUATRO TRANSPONEDORES SON ORIENTADOS A LA REGIÓN 1 SI LA DEMANDA ASÍ LO JUSTIFICA).





# BANDA C



**BANDA Ku COBERTURA DE CADA SATÉLITE SOLIDARIDAD  
PARA LA REGIÓN 4 EN B**

TIPOS DE SERVICIOS

-DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN ANALÓGICA Y/O DIGITAL

Cobertura:

- TERRITORIO MEXICANO
- SUR DE LOS ESTADOS UNIDOS
- GUATEMALA
- BELICE

CAPACIDAD DEL SATÉLITE EN LA REGIÓN

14 TRANSPONEDORES DE 54MHz CON UNA POTENCIA DE TRANSMISIÓN DE 47 dBW.  
MEDIO TRANSPONDEDOR ESTARÁ DESTINADO A LA COMUNICACIÓN FIJA DE SATÉLITES  
A TIERRA PARA LAS COMUNICACIONES MÓVILES EN BANDA " L " .

COBERTURA DE CADA SATÉLITE SOLIDARIDAD  
PARA LA REGIÓN 5 EN BANDA Ku.

## TIPOS DE SERVICIOS

-DISTRIBUCIÓN DE TELEVISIÓN DIGITAL Y/O ANALÓGICA.

-REDES DIGITALES DE VOZ Y DATOS

## Cobertura.

-TORONTO

-CANADÁ

-LA HABANA, CUBA

-CIUDADES DE LOS E.U.A. TALES COMO:

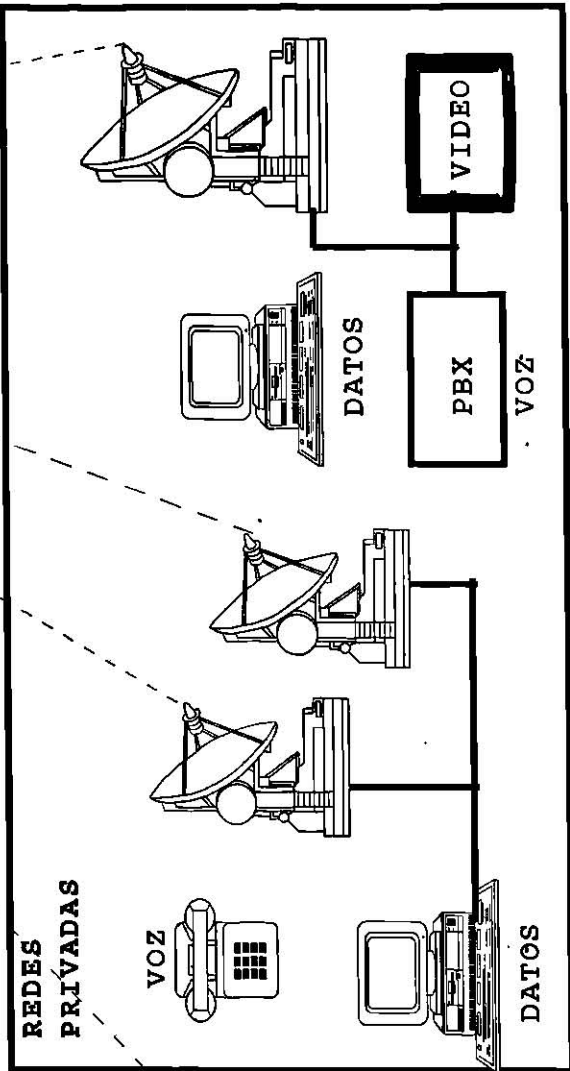
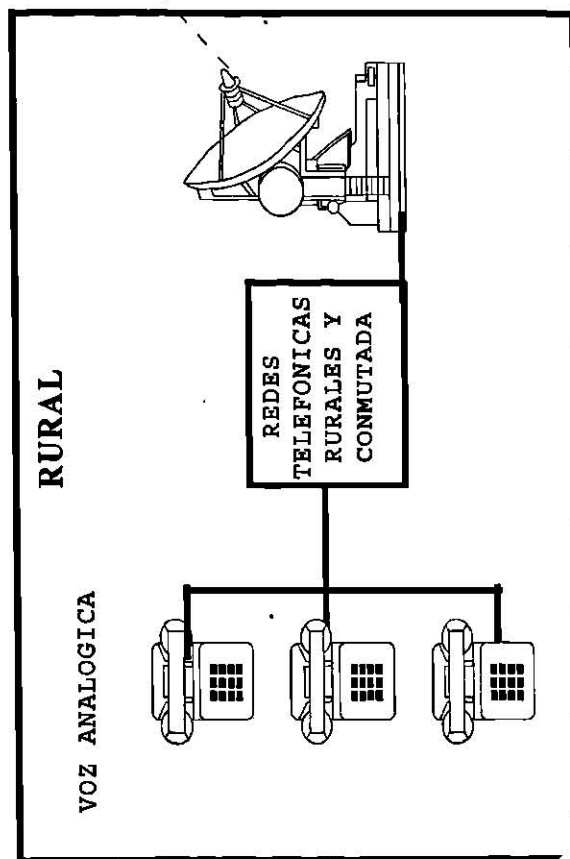
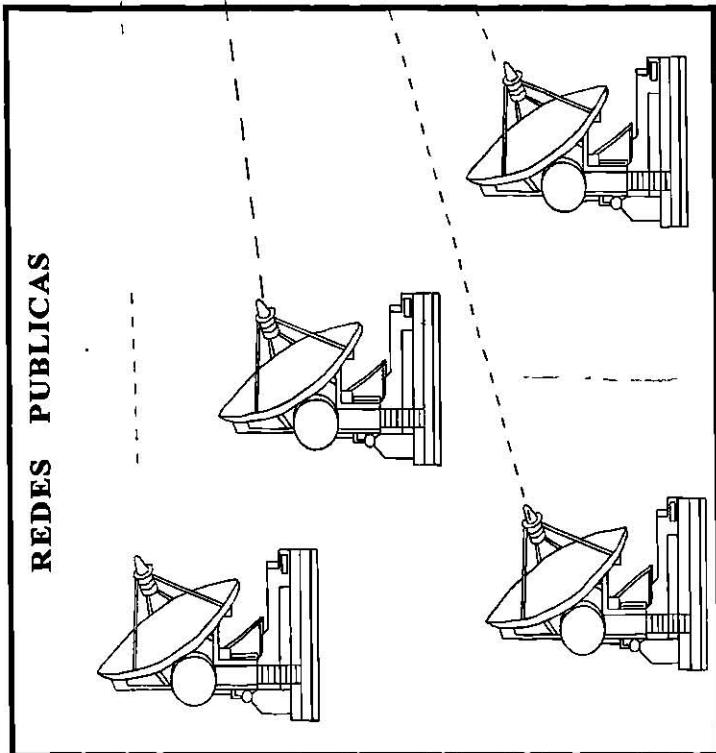
SAN FRANCISCO, NUEVA YORK, CHICAGO, WASHINGTON, D.C.  
MIAMI Y HOUSTON.

## CAPACIDAD DEL SATÉLITE EN LA REGIÓN

2 TRANSPONDEDORES DE 54 MHz.

CON UNA POTENCIA DE 47 dBW.

# BANDA Ku



**COBERTURA DEL SATÉLITE SOLIDARIDAD  
PARA LA REGIÓN 6 EN BANDA L**

TIPOS DE SERVICIOS

- COMUNICACIONES MÓVILES DE VOZ Y DATOS  
(TERRESTRES, MARÍTIMAS Y AÉREAS.

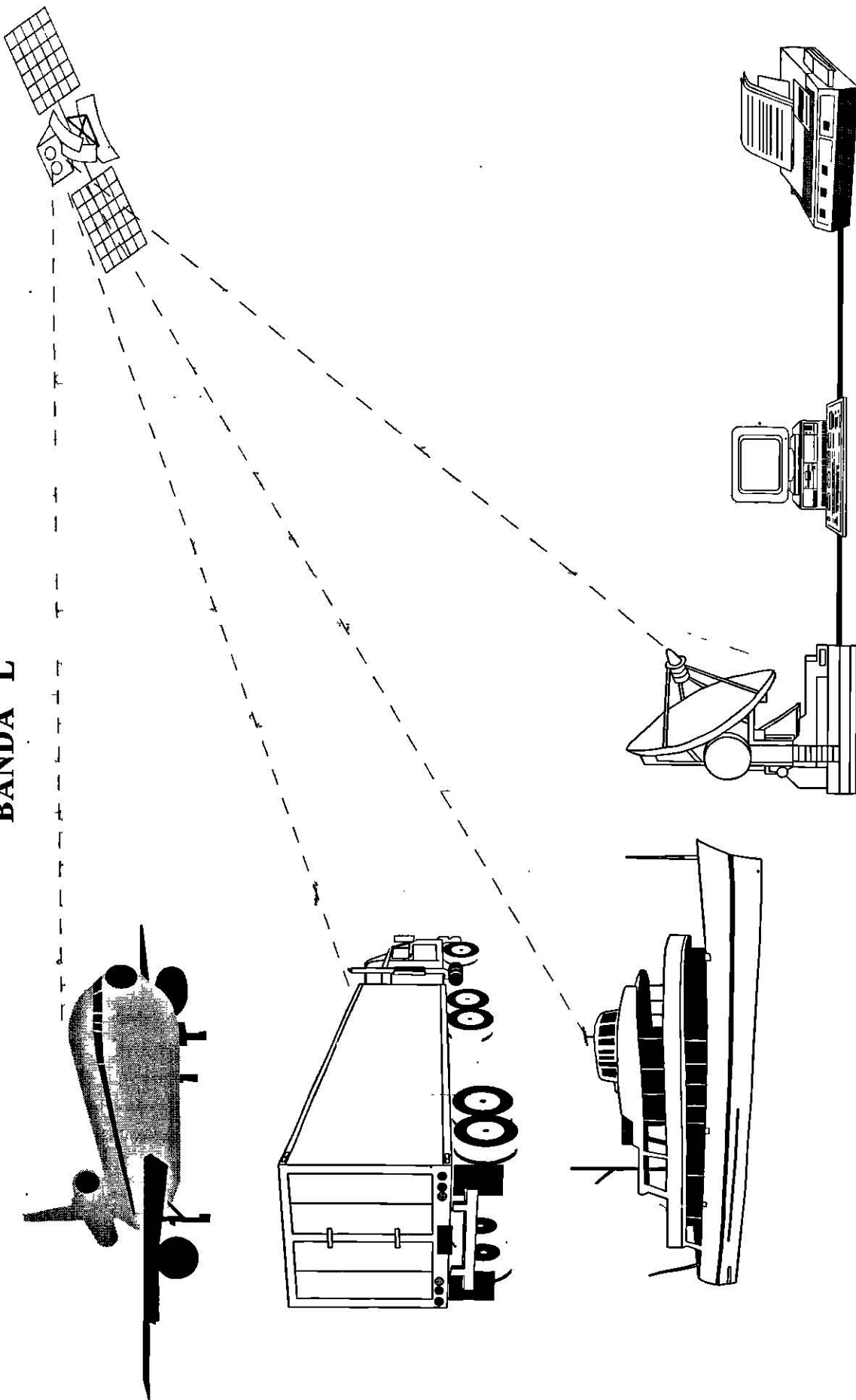
Cobertura:

- TERRITORIO MEXICANO Y SU MAR PATRIMONIAL.

CAPACIDAD DEL SATÉLITE EN LA REGIÓN

1 TRANSPONEDORES CON UNA POTENCIA DE 454.5 dBW.

BANDA L



PUESTO DE CONTROL CENTRAL

# SATÉLITES SOLIDARIDAD

## CARACTERÍSTICAS DE LOS TRANSPONDEDORES (EN CADA SATÉLITE)

| BANDA     | NUM. DE<br>TXD'S | B<br>(Mhz.) | COBERTURA<br>(REGIÓN) | POLARI ZACION<br>ENLACE |                        | TXD      |
|-----------|------------------|-------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------|
|           |                  |             |                       | ASCENDENTE              | DESCENDENTE            |          |
| <b>C</b>  | 12               | 36          | R1, R2, R3            | HORIZONTAL              | VERTICAL               | TODOS    |
|           | 6                | 72          | R1                    | VERTICAL                | VERTICAL               | TODOS    |
| <b>Ku</b> | 16               | 54          | R4, R5                | VERTICAL                | HORIZONTAL             | 1K - 8K  |
|           |                  |             |                       | HORIZONTAL              | VERTICAL               | 9K - 16K |
| <b>L</b>  | 1                | 15          | R6                    | VERTICAL                | CIRCULAR<br>DERECHA(L) | 5 K      |
|           |                  |             |                       | CIRCULAR<br>DERECHA(L)  | HORIZONTAL(Ku)         | 5 K      |

TXD'S = TRANSPONDERS

B= ANCHO DE BANDA

\*PARA EL TRAFICO DE BANDA "L" SE UTILIZA EL TRANSPONDEDOR 5K (PARTE BAJA)

**SATÉLITES SOLIDARIDAD**  
**CONECTIVIDAD ENTRE REGIONES**

| ENLACE ASCENDENTE(EA) | BANDA | ENLACE DESCENDENTE(ED) | BANDA | TRANSPONDEDORES                |
|-----------------------|-------|------------------------|-------|--------------------------------|
| R1                    | C     | R1                     | C     | 1N - 12N                       |
| R2                    | C     | R2                     | C     | 1W - 6W                        |
| R3                    | C     | R3                     | C     | 6N, 8N, 10N, 12N               |
| R4                    | Ku    | R4                     | Ku    | 11N(EA), 12N(ED)               |
| R5                    | Ku    | R5                     | Ku    | 5N, 7N, 9N, 11N                |
| R6*                   | L     | R6                     | L     | 11N((EA), 12N(ED))             |
|                       |       |                        |       | 1K -- 16K                      |
|                       |       |                        |       | 6K                             |
|                       |       |                        |       | 5K -- PB(EA -- Ku), 5K(ED --1) |
|                       |       |                        |       | 6K                             |
|                       |       |                        |       | 6K(EA), 8K(ED)                 |
|                       |       |                        |       | 5K -- PB(EA --L), 5K(ED Ku)    |

\*\*LA BANDA "L" ES UTILIZADA PARA LOS ENLACES "ESTACIÓN MÓVIL - SATÉLITE", MIENTRAS QUE LA BANDA "Ku" ES UTILIZADA, PARA LOS ENLACES "ESTACIONES MAESTRAS -- SATÉLITE".



# SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD

PLAN DE CATEGORIAS DE SERVICIO EN R1, R2, Y R3, EN BANDA "C"

A NIVEL DE TRANSPONDEDOR:

EN LOS 6 TXD'S SE TIENEN 8 AMPLIFICADORES EN ANILLO, DE LOS CUALES 2 SON DE RESPALDO. CADA AMPLIFICADOR PUEDE OPERAR 72mhz.

EN LOS CUALES 12 TXD'S "N", SE TIENE 16 AMPLIFICADORES EN ANILLO, DE LOS CUALES 4 SON DE RESPALDOS, CADA AMPLIFICADOR PUEDE OPERAR 36MHZ.

| A NIVEL DE SATÉLITE | TXD'S<br>S.P. | TXD'S<br>S.I. |
|---------------------|---------------|---------------|
| SOLIDARIDAD I       | 24            | 0             |
| SOLIDARIDAD II      | 16            | 8             |
| MORELOS II          | 0             | 24            |
| TOTALES             | 40            | 32            |

NOTAS: S.P. = SERVICIO PROTEGIDO.

S.I. = SERVICIO SUJETO A INTERRUPCIÓN.

CADA TXD'S EQUIVALE A 36 MHZ.

# SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS  
QUE OPERAN EN R1, R2, Y R3.

|                                  |  |
|----------------------------------|--|
| DIÁMETRO MÍNIMO DE ANTENA        | Tx/Rx = 2.4 MTS.<br>Rx = (NO HAY LIMITE) |
| EFICIENCIA MÍNIMA DE ANTENA      | 60 Z                                     |
| QUE CUMPLAN CON LA RECOMENDACIÓN | 580 - 2 DEL CCIR(29 - 25 Log0)           |
| AISLAMIENTO DE POLARIZACIÓN      | 35 dB                                    |
| MONTAJE                          | AZIMUT - ELEVACIÓN                       |

# SISTEMA DE SATÉLITES SOLIDARIDAD

CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES TERRENAS  
QUE OPERAN EN R1, R2, Y R3.

PARA ESTACIONES TERRENAS MAESTRAS,  
SE RECOMIENDA :

\*\* CONTAR CON CONTROL AUTOMÁTICO  
SE SEGUIMIENTO.

\*\* EQUIPO CON SINTETIZADORES DE FRECUENCIAS  
ÁGILES.

\*\* POLARIZACIÓN EN TXD'S TIPO "N"  
- HORIZONTAL A LA TRASMINO  
- VERTICAL A LA RECEPCIÓN.

\*\* POLARIZACIÓN EN TXD'S TIPO "N"  
- VERTICAL A LA TRANSMISIÓN.  
- HORIZONTAL A LA RECEPCIÓN.

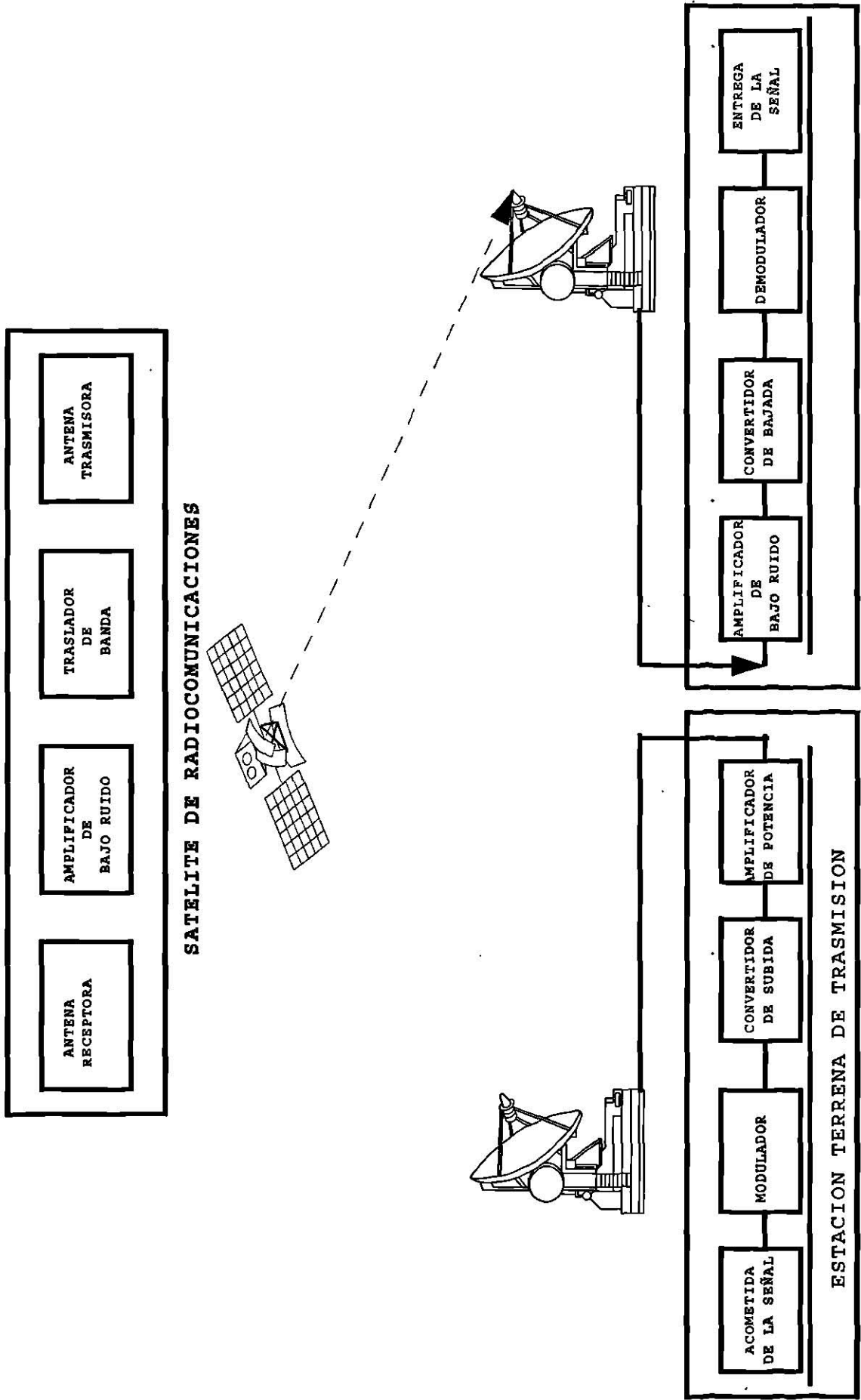
\*\* REALIZAR ESTUDIO DE INTERFERENCIAS  
TERRESTRES EN BANDA "C" EN CADA SITIO.

SATÉLITES SOLIDARIDAD

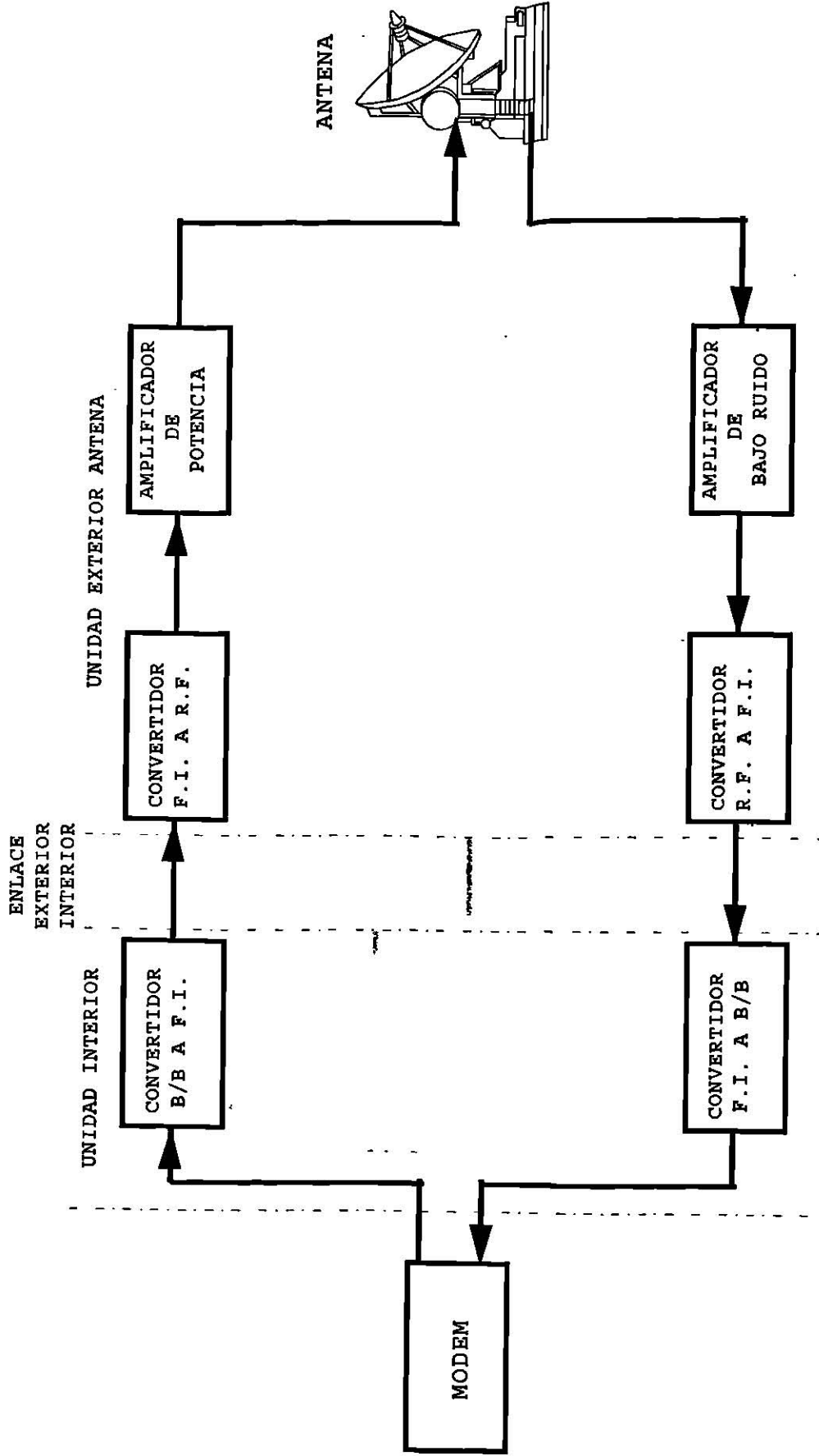
| SERVICIO  | REGIÓN | TELEVISIÓN | SCPC *<br>64 KBPS | 90 MBPS * | TELEFONÍA<br>ANALÓGICA | DATOS<br>9.6 KBPS |
|-----------|--------|------------|-------------------|-----------|------------------------|-------------------|
| BANDA "C" | R1     | 1.8        | 2.4               | 3.5       | 3.5                    | 2.4               |
| BANDA "C" | R2     | 1.8        | 2.4               | 3.5       | 3.5                    | 2.4               |
| BANDA "C" | R3     | 2.4        | 2.4               | 3.5       | 3.5                    | 2.4               |
| BANDA Ku  | R4     | 1.2        |                   | 2.4       | 2.4                    | 1.8               |
| BANDA Ku  | R5     | 1.2        | 1.2               | 2.4       | 2.4                    | 1.8               |
| BANDA L   | R6     | NA         | NA                | NA        | NA                     | 0.8               |

\*\* VOZ -- DATOS

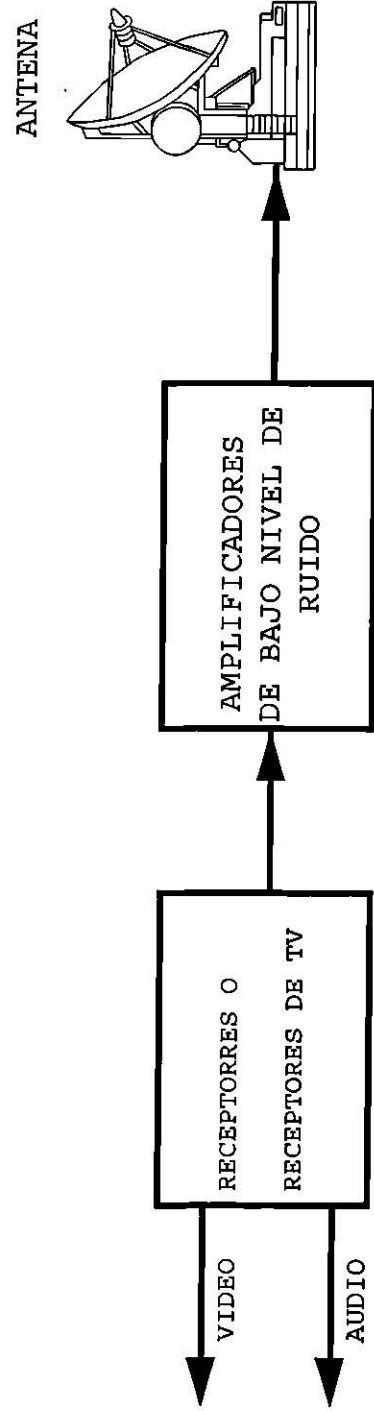
# DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SISTEMA DE RADIOCOMUNICACIONES VIA SATELITE



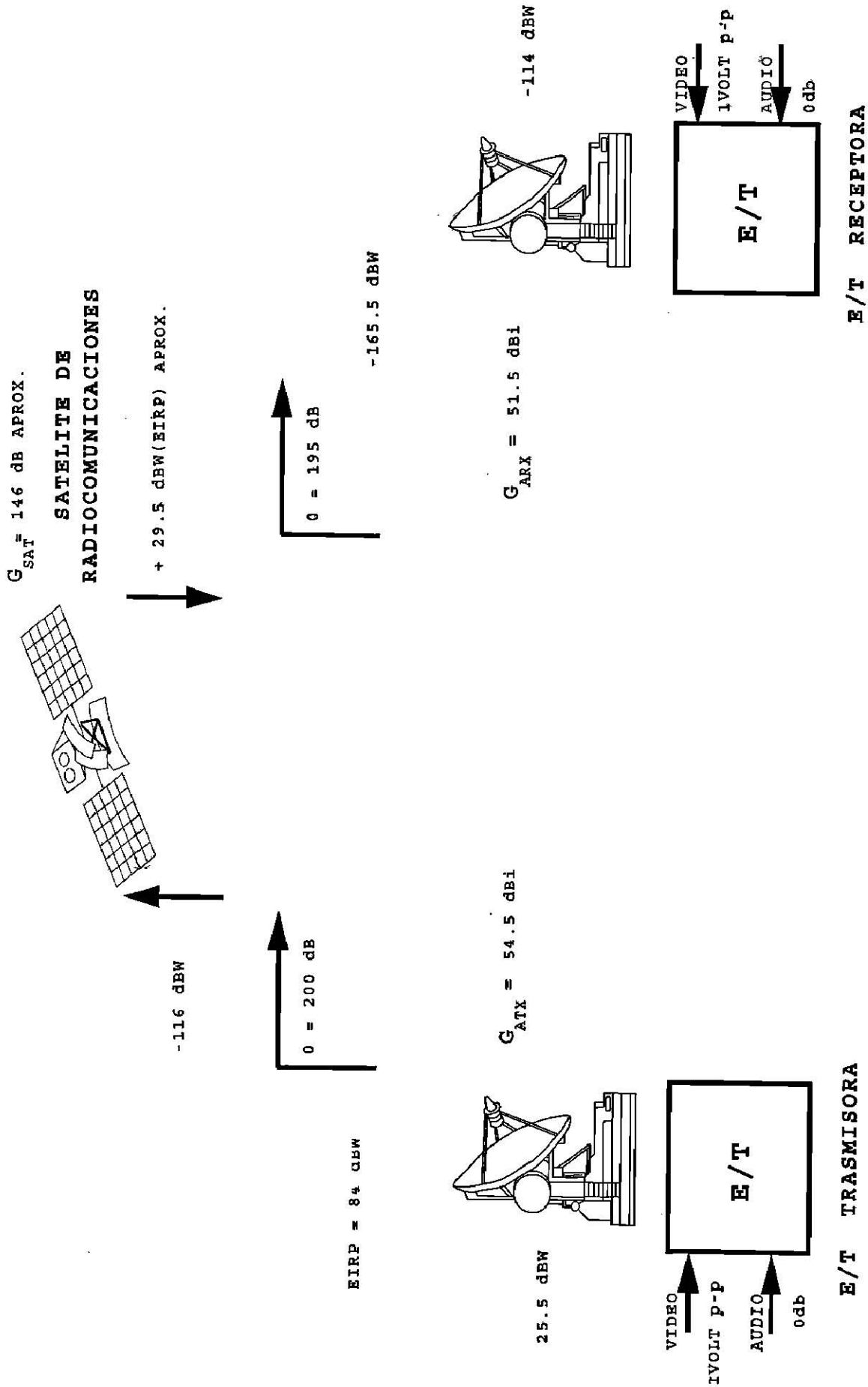
ESTACION TERRENA "VSAT"



ESTACION TERRENA " TVRO "



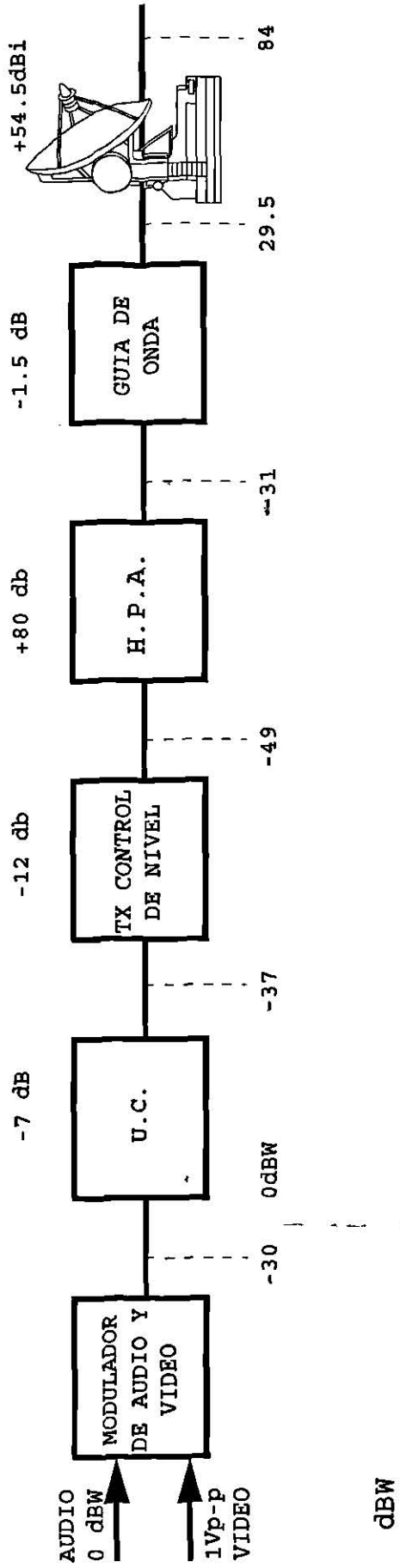
# DIAGRAMA GENERAL DE NIVELES





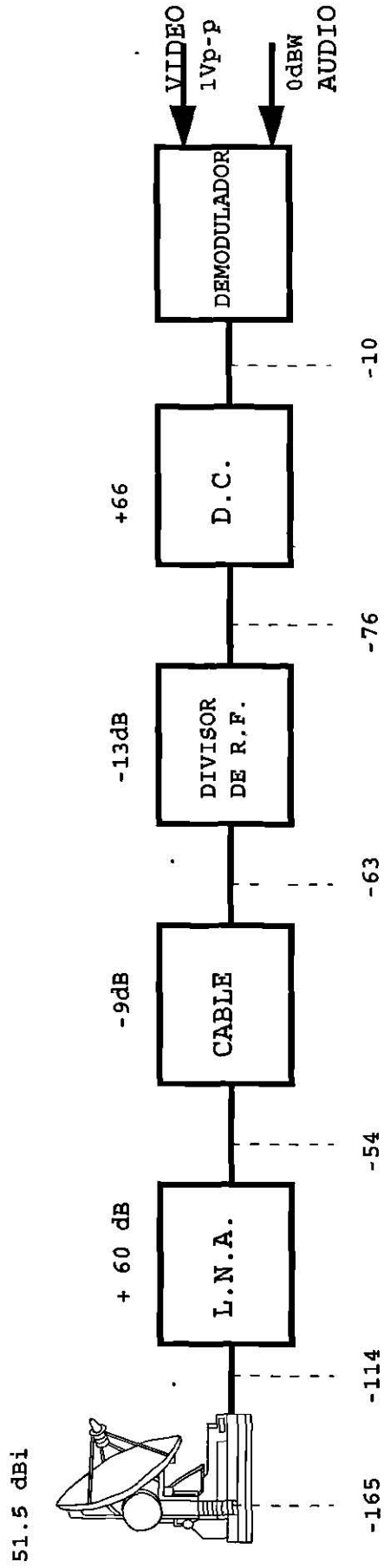
**DIAGRAMA DE NIVELES DE SISTEMAS DE  
TRASMISION/RECEPCION**

**LADO TRASMISION**



dBW

**LADO RECEPCION**



REGIMEN DE OPERACION DE R.F. -37 A 70 dBW (

**ESTACION TERRENA TRASMISORA/RECEPTORA**

