



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

38  
24

COMUNICACIONES.  
ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE  
LA ESTACION TERRENA.

TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:  
ARMANDO FRANCISCO FLORES FRAGOSO

ASESOR:  
ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN, CDMX, EDO. DE MEXICO

1996

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS

Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones.

Estructura y Funcionamiento de la Estación Terrena.

que presenta el pasante: Flores Fragoso Armando Francisco  
con número de cuenta: 8733470-6 para obtener el Título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 21 de Febrero de 19 96

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Juan Gonzalez Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Joel Sánchez Pérez</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VBOSEN

**AGRADECIMIENTOS**

A mis padres:

Por haberme apoyado en todo y darme la educación que hizo que me formara profesionalmente.

A mis compañeros:

Que gracias a su compañía y a nuestra unión terminamos la carrera siempre unidos.

A mis hermanos:

Que siempre me ayudaron y me alentaron para que terminara mis estudios.

A mis profesores:

Los cuales me ayudaron a terminar esta difícil carrera.

**INDICE**

## PAGINA

1. INTRODUCCION Y FUNCIONAMIENTO DE LA ANTENA.....	6
2. QUE SATELITES SE PUEDEN CAPTAR.....	9
3. PARA SU INSTALACION.....	11
4. CONSTRUCCION DE LA ANTENA.....	12
4.1 BASE FIJA.....	12
4.2 TUBO DE ELEVACION.....	13
4.3 DISCO DE AZIMUT.....	13
4.4 PETALOS.....	14
4.5 BASE DEL ALIMENTADOR.....	14
5. EQUIPO ELECTRONICO DE LA ANTENA.....	15
5.1 ALIMENTADOR.....	16
5.2 AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO.....	17
5.3 CONVERTIDOR DE BAJADA.....	18
5.4 RECEPTOR.....	21
6. CONFIGURACIONES GEOMETRICAS Y SU FUNCIONAMIENTO.....	23
7. TIPOS DE ANTENAS.....	27
7.1 ANTENAS AXIALMENTE SIMETRICAS.....	27
7.2 ANTENAS CON REFLECTOR CASSEGRAIN.....	30
7.3 ANTENAS CON REFLECTOR CASSEGRAIN CON ALIMENTADOR DE RAYO DE GUIA DE ONDA (PERISCOPICO).....	31
7.4 ANTENAS OFFSET.....	33

7.5 ANTENA OFFSET CON REFLECTOR DOBLE.....	35
7.6 ANTENA OFFSET CON REFLECTOR SENCILLO.....	36
8. DISEÑO MECANICO.....	37
9. MATERIALES.....	39
9.1 CFRP.....	40
9.2 KFRP.....	41
9.3 ALEACION DE TITANIUM.....	42
9.4 ALEACION DE ALUMINIO.....	42
9.5 NOMEX.....	43
9.6 FRM.....	43
10. ORIENTACION EN ELEVACION Y AZIMUT.....	43
11. CARTA UNIVERSAL DE CONTORNOS DE ANGULOS DE ELEVACION Y AZIMUT.....	47
12. GEOMETRIA DE LA ANTENA POLAR.....	49
13. TABLA DE ANGULOS DE DECLINACION Y DE EJE POLAR PARA LA REPUBLICA MEXICANA.....	50
14. CONCLUSIONES.....	51
15. GLOSARIO.....	55
16. BIBLIOGRAFIA.....	60

## 1. INTRODUCCIÓN.

### FUNCIONAMIENTO DE LA ANTENA.

La antena (Fig. 1) es el primer dispositivo que recibe señales transmitidas por un satélite de comunicación. De su diseño y construcción depende la calidad de recepción de la señal.

-Una antena está formada por una superficie volumétrica de un paraboloides de revolución

-Esta sostenida por una base, la cual se mueve en dos direcciones: elevación y azimut, lo cual permite la orientación de la antena a un satélite geoestacionario.

La función de la superficie volumétrica es reflejar las ondas electromagnéticas que vienen del satélite y que inciden sobre ella hacia un punto imaginario de la antena llamado foco.

Entre más grande y más aproximado a un paraboloides sea la superficie, mayor será la concentración de energía en el foco y mejorará la calidad de la señal recibida.

El diámetro aproximado de la antena es de 2.40 m, con una distancia focal de 60 cm (distancia foco-vértice) y un peso aproximado de 95 kg.

El paraboloide consta de 12 pétalos y la base es de tipo elevación-azimut, que es el más práctico en latitudes geográficas intermedias norte o sur.

El material es de perfiles comerciales de fierro. Un perfil es un acabado con el cual se vende el fierro, por ejemplo en forma de ángulo, solera, canal. etc. Su precio es bajo comparado con el del aluminio.

Una antena de superficie lisa presenta varias ventajas con respecto a las de malla o de lamina perforada: es menos susceptible a deformaciones causadas por el viento, lluvia, granizo, golpes o algún otro agente externo.

Una superficie de lámina lisa conserva su rigidez durante más tiempo, puesto que todo su perímetro se puede soldar al marco, pero además, es recomendable añadir un bastidor de solera de aluminio sobre todo el perímetro, remachado directamente al marco.



- Es más difícil cortar la lámina lisa que la perforada o la malla de alambre.
- Si se usa malla de alambre, la separación máxima entre alambres no debe de pasar de 7 mm, que también es el diámetro máximo permisible en los orificios en el caso de utilizar lámina perforada; esta restricción es necesaria para que la antena pueda operar eficientemente en la banda C de frecuencias, que es la más utilizada en la actualidad para transmisiones de TV. La dimensión anterior se debe reducir a 2.5 mm. si el equipo electrónico asociado a la antena opera en la banda Ku de frecuencias mayores; con excepción de Europa y Japón, esta última banda es aún poco utilizada para transmisiones comerciales de televisión pero, la tendencia para los años 90 hacia delante será emplearla cada vez más.

El equipo electrónico que debe de añadirse a la antena es: alimentador, amplificador de bajo ruido, convertidor de bajada y el receptor , ademas de los cables. El costo va a depender del tipo de receptor que se utilice: por ejemplo que si tiene o no control remoto, demoduladores de sonido en estereofonia, indicadores de nivel de señal, capacidad de programación, etc.

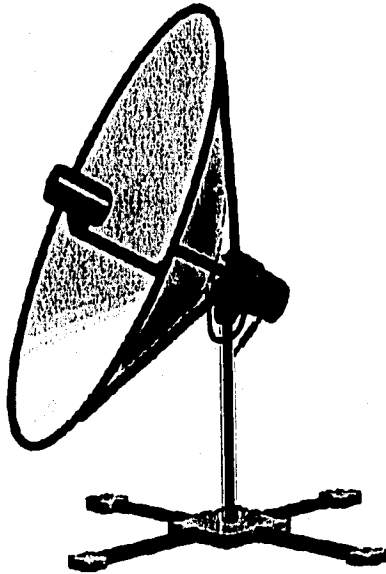


Fig. 1

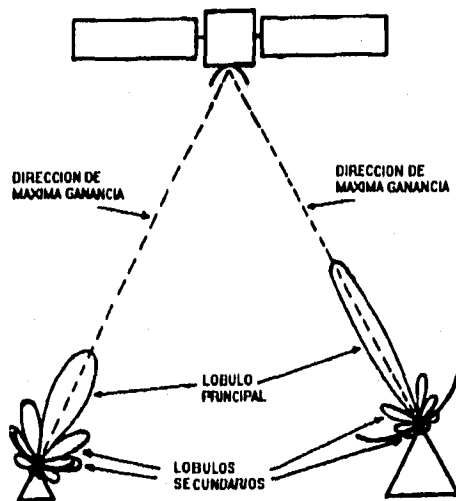
## 2. QUE SATELITES SE PUEDEN CAPTAR

La antena puede recibir señales de TV emitidas por satélites geoestacionarios si cumple con las siguientes características:

-Que el satélite sea visible desde el lugar donde es instalada la antena, esto se logra por medio de la carta universal de contornos de ángulos de elevación y azimut.

La cual debe de tener un ángulo de elevación mayor de 10.

-Que la huella de iluminación del satélite cubra con un buen nivel de potencia la zona geográfica de la antena (Fig. 2).



(Fig. 2) Patrón de radiación de la antena parabólica de dos estaciones terrenas, una pequeña y una grande

-El equipo electrónico recomienda que el satélite radie con un mínimo de 36 dbw (decibeles de intensidad sobre un watt de referencia) de potencia isotrópica efectiva hacia la zona donde está la estación terrena.

Señales que no alcancen estos niveles de potencia también pueden ser captadas y reproducidas por el receptor, pero con menor calidad de imagen, la cual se puede mejorar con una antena de mayor diámetro (su capacidad de amplificación aumenta con su tamaño) o equipo de mayor eficiencia y costo.

-Que la frecuencia de las señales transmitidas por el satélite estén entre 3.7 y 4.2 Ghz (banda C).

-Tener el equipo electrónico mencionado.

### **3. PARA SU INSTALACIÓN**

Es importante que entre la pared frontal de la antena y el satélite no halla obstrucciones tales como arboles, edificios, montes, etc.

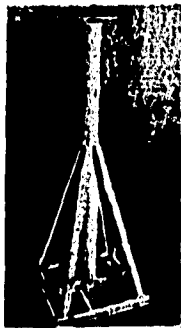
Para saber si hay tales obstrucciones se deben de conocer los ángulos de elevación y de azimut de acuerdo con el satélite elegido.

Debe de asegurarse que el lugar de anclaje de la base resista el peso de la antena y los posibles movimientos del viento o temblores.

#### **4. CONSTRUCCIÓN DE LA ANTENA**

Las piezas para su construcción son:

-4.1 **Base fija de la antena.** (Fig. 3) La base fija sostiene a la antena y le permite sujetarla al lugar de su instalación. Esta formada por perfiles de ángulo, disco, tornillo y una tuerca.



**Fig. 3 Base Fija**

-4.2 Tubo de elevación. (Fig. 4) La función del tubo de elevación es permitir que la antena gire hacia arriba o hacia abajo para orientarla con el ángulo de elevación correcto.



Fig. 4 Tubo de Elevación

-4.3 Disco de azimut. (Fig. 5) El disco de azimut permite que la antena se mueva horizontalmente, para orientarla con el ángulo de azimut correcto.

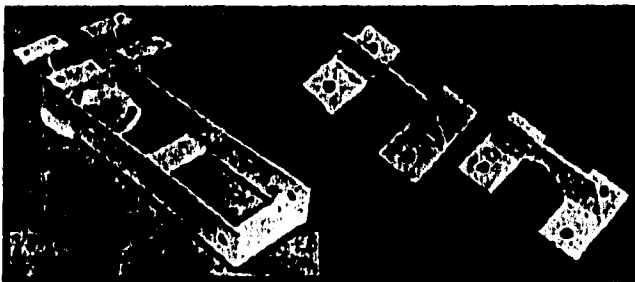


Fig. 5 Disco de Azimut

-4.4 Pétalos. (Fig. 6) Los pétalos que forman el plato parabólico son 12, dos de ellos tienen un soporte que los une al tubo de elevación. Cada pétalo tiene un marco de 3 secciones de ángulo, 3 soleras laterales y 4 tramos de lámina que lo cubren en su totalidad.

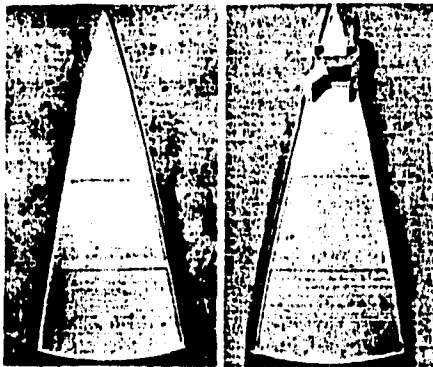


Fig. 6 Pétalos

-4.5 Base del alimentador. (Fig. 7) La base del alimentador sirve para sostener a uno de los dispositivos del equipo electrónico, llamado alimentador, mismo que debe de estar colocado en el foco del paraboloide (punto imaginario donde se concentra la energía captada por la antena, proveniente del satélite geostacionario al que está orientada).

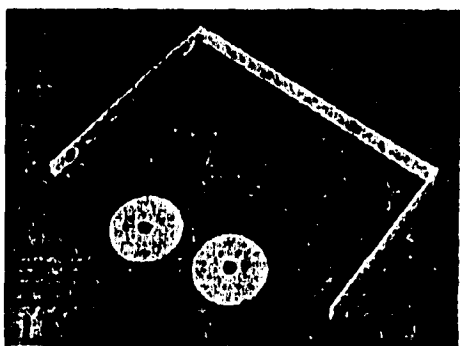


Fig. 7 Base del Alimentador

### 5. EQUIPO ELECTRONICO DE LA ANTENA

Los elementos del equipo electrónico son : el alimentador, el amplificador de bajo ruido, el convertidor de bajada y el receptor. Los tres primeros van colocados en la misma antena, mientras que el receptor se instala en un lugar cercano a la TV. En algunas instalaciones se coloca el convertidor de bajada debajo o atrás de la antena y se une al amplificador de bajo ruido con un cable coaxial.



-5.1 Alimentador. (Fig. 8) Cuando las ondas que vienen del satélite se reflejan por el paraboloide, se concentran en el foco geométrico del mismo, aquí se coloca el alimentador para que reciba las ondas concentradas y las guíe hacia el ABR. El alimentador se monta en la base construida quedando centrado con respecto al centro del paraboloide a una distancia de 59.36 cm del vértice. Un alimentador para sistemas de recepción de TV vía satélite tiene en su interior una pequeña antena que se mueve en dos direcciones: vertical u horizontal.

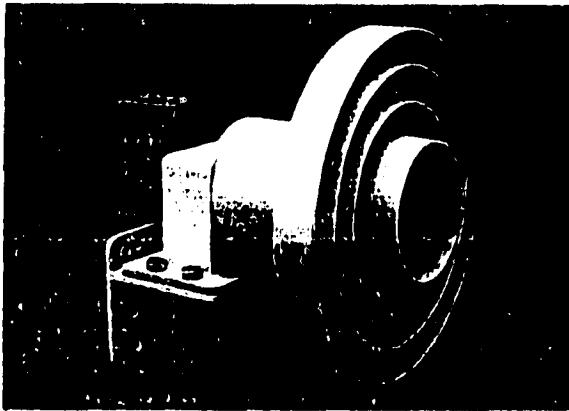
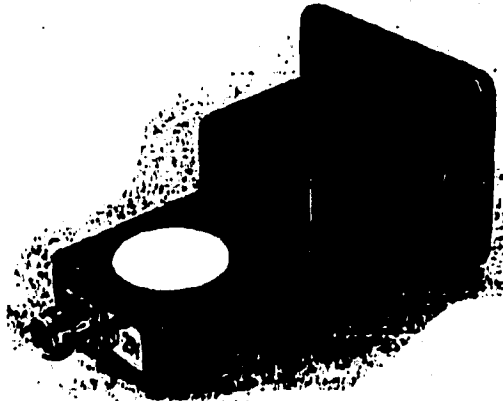


Fig. 8 Alimentador Polarotor

Su movimiento se dirige a control remoto por medio de tres cables conectados a él desde el receptor. La posición vertical u horizontal determina el canal que va a sintonizar ya que algunos satélites transmiten canales en polarización vertical y otros en polarización horizontal, así como otros en ambas simultáneamente, el alimentador solo funcionará en un tiempo determinado y en una sola de sus dos posiciones.

**-5.2 Amplificador de bajo ruido.** (Fig. 9) La concentración de energía en el foco geométrico de la antena parabólica es grande, en amplificación, pero la potencia que llega es baja, con relación a la que se necesita para la señal de la TV, por lo que se añade una etapa preamplificadora a la salida del alimentador con el amplificador de bajo ruido. Debido a la frecuencia de operación del ABR, el ruido eléctrico interno es grande y ensucia la señal de la TV.

Para esto se añaden filtros y etapas de realimentación. La capacidad de eliminar el ruido se le conoce con el nombre de "temperatura de ruido" la cual se da en grados kelvin.



**Fig. 9 Amplificador de Bajo Ruido (ABR)**

Entre menos grados de temperatura de ruido tenga un ABR en su frecuencia de operación, mejor será su calidad de amplificación.

**-5.3 Convertidor de bajada.** (Fig. 10) Este se vende junto con el receptor, su función es bajar la frecuencia de la señal a una frecuencia de 70 Mhz la cual; se conoce como "frecuencia intermedia", además de realizar otra etapa de amplificación.

Este se conecta con la salida del ABR mediante un cable coaxial o un conector N-N, el cual es preferible para evitar pérdidas de potencia de la señal.

La alimentación de c.d. que necesita el ABR se la proporciona el conector por medio del convertidor de bajada, así mismo para el cable coaxial. El convertidor de bajada obtiene la alimentación de c.d. por dos conductores que van conectados al receptor. La señal sale del convertidor de bajada por un cable coaxial que se conecta al receptor.

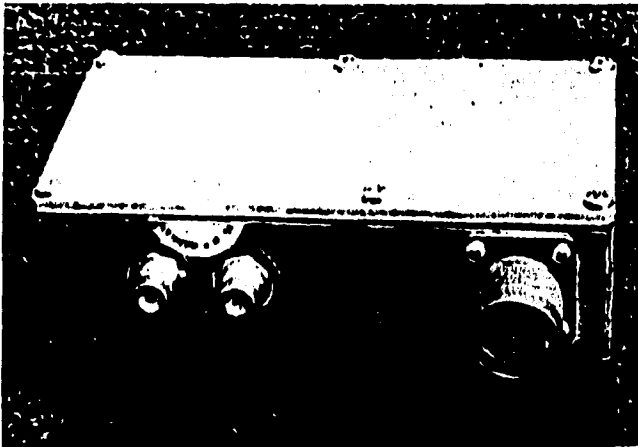


Fig. 10 Convertidor de Bajada

**Deben de conectarse los siguientes cables:**

- 3 conductores que van del alimentador al receptor.
- 2 conductores que van del convertidor de bajada al receptor.
- 1 cable coaxial que va del convertidor de bajada al receptor.
- Todos estos conductores van a la parte posterior del receptor.
- Si la distancia del cable es de 30 m se usa un cable EKC de 3 pares #22.
- Si la distancia del cable es mayor de 50 m. se usa un cable EKC de 3 pares #20 para los cinco primeros conductores.
- El cable coaxial es de RG-6
- El cable coaxial está formado por un conductor interno, un forro grueso de material dieléctrico que lo cubre, un blindaje de material conductor, un forro externo, y en sus extremos terminales tipo F.

-5.4 Receptor. (Fig. 11) Las ultimas señales tales como demodulación, mezclado y amplificación de la señal las lleva a cabo el receptor. Los receptores contienen las siguientes controles, entradas, salidas y fuentes de alimentación:

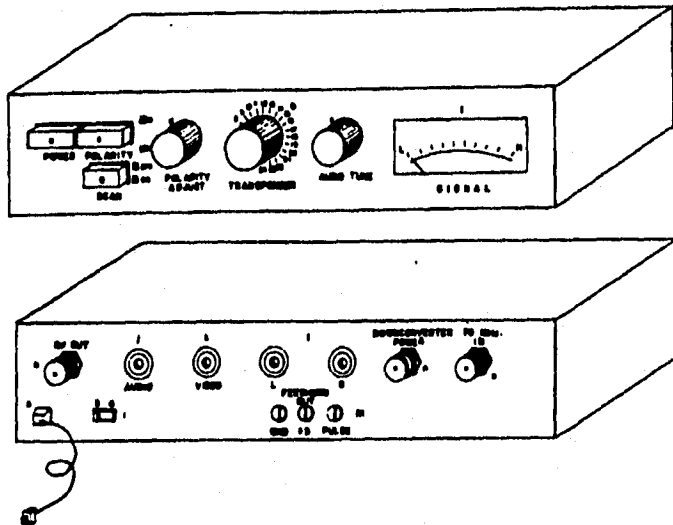


Fig. 11 Receptor. Vistas anterior y posterior

- a) Encendido y apagado.
- b) Selector de 24 canales.

c) Selector de polaridad: horizontal o vertical.

d) Ajuste de polaridad.

e) Sintonía de audio.

f) Galvanómetro.

g) Barrido de canales.

h) Salida señal de TV canal 3 ó 4.

i) Selector de canal 3 o 4.

j) Salida de audio.

k) Salida de video.

l) Salidas para estereofonía.

m) 3 conexiones: GND, Vcc y pulsos.

n) Alimentación de CD para el convertidor el ABR.

ñ) Alimentación de CA.

o) Entrada para la señal con frecuencia de 70 Mhz .

**6. Configuraciones geométricas**  
**y su funcionamiento.**

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación.

La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiante o recibida por una antena isotrópica (dBi).



n) Alimentación de CD para el convertidor el ABR.

ñ) Alimentación de CA.

o) Entrada para la señal con frecuencia de 70 Mhz .

**6. Configuraciones geométricas**  
**y su funcionamiento.**

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación.

La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiante o recibida por una antena isotrópica (dBi).

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

Estrictamente, la ganancia de una antena tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbra asociarla a la dirección de máxima radiación, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación; su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con el que es iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo.

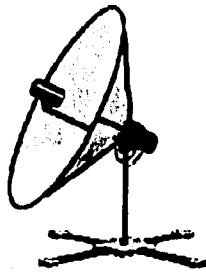
Cuanto mayor es el diámetro de una antena parabólica, mayor es su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es más angosto, y los lóbulos secundarios se reducen; asimismo, si su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea

la frecuencia de operación, pues "eléctricamente" hablando, la antena es más grande en términos de longitudes de onda.

Una antena parabólica (Fig. 1) tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas -como si fuera una lente- en un punto común llamado foco (nodo de recepción); asimismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación (nodo de transmisión).

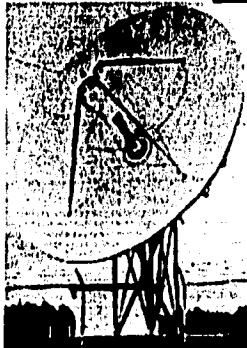
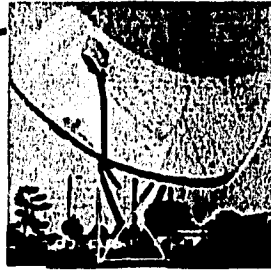
Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en él se coloca el alimentador, que por lo general es una antena de corneta -o bocina- el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos.

Hay varios tipos de alimentación de una antena parabólica, pero los tres más utilizados son los de alimentación frontal, descentrada y Cassegrain (fig. 12).



**ANTENA PARABOLICA  
ALIMENTACION FRONTAL**

**ANTENA  
PARABOLICA  
ALIMENTACION  
DESCENTRADA**



**ANTENA PARABOLICA  
CASSEGRAIN**

**Fig. 12 Tipos de Alimentación de una Antena Parabólica**

## 7. TIPOS DE ANTENAS

### 7.1 Antenas Axialmente Simétricas

Existen 4 tipos de antenas comunes: antena reflector paraboloide (Fig. 13), antena reflector Cassegrain (Fig. 14), Antena Cassegrain con alimentación de rayo de guía de onda (Fig. 15). Se usan usualmente en estaciones terrenas, tienen estructuras mecánicas simples.

Una antena con reflector paraboloide (Fig. 13) tiene la configuración básica de una antena axialmente simétrica.

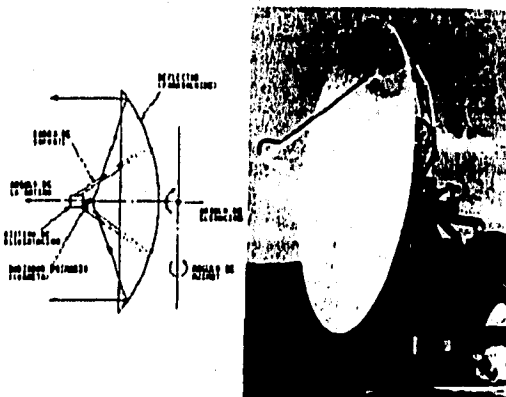


Fig. 13 Antena de Reflector Paraboloide

Para el fácil acceso y largo mantenimiento de la antena, el equipo electrónico como el sistema de alimentación, LNA, HPA no deben moverse cuando la antena rota en elevación. La antena modificada con reflector Cassegrain alimentado por antena con reflector (horn -punta o brazo-) fue hecha para cubrir esta necesidad.

Usando una antena con alimentación de rayo de guía de onda el equipo electrónico esta libre de la rotación de la antena en cualquier posición, elevación o azimut.

En una antena parabólica con 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 que se desperdicia por desborde, se refleja parcialmente al tocar el suelo (el porcentaje y forma de la reflexión dependen de la conductividad, permitividad y rugosidad del terreno cercano a la antena, así como la polarización de la señal) y puede degradar la calidad de la señal transmitida.

Asimismo, si la antena está recibiendo del satélite, los rayos que incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador, y pueden causar una degradación en la calidad de la señal recibida al sumarse fuera de fase con los rayos directos que son reflejados por el plato parabólico.

El desborde de la radiación del alimentador se puede reducir si se aumenta el diámetro de la antena o si utiliza un alimentador de mayor directividad -más complicado de fabricar y normalmente de mayores dimensiones-, pero esto puede convertir a la antena en demasiado voluminosa, o bien el alimentador y su estructura de soporte bloquean más el paso libre de las señales con la consecuente degradación de las mismas.

A pesar de tales desventajas, incluyendo la del montaje del equipo electrónico inmediatamente atrás del alimentador, esta antena resulta fácil y económica de construir, y para ciertos fines su operación es satisfactoria, por lo que -por ejemplo- se usa casi universalmente en las estaciones caseras receptoras de televisión, donde la calidad de recepción de la señal es suficiente puesto que se consume localmente y no es necesario que pase por etapas adicionales de procesamiento, como si ocurre en telefonía multicanal o distribución de televisión.

## 7.2 Antenas con reflector Cassegrain

Compuesto de un reflector principal, un subreflector y un radiador primario.

Este tipo de antena se usa en estaciones terrenas debida a su alta eficiencia y a su diseño de temperatura de ruido bajo; fácil acceso al equipo electrónico tal como el LNA comparado con el de la antena de reflector paraboloide (Fig. 14).

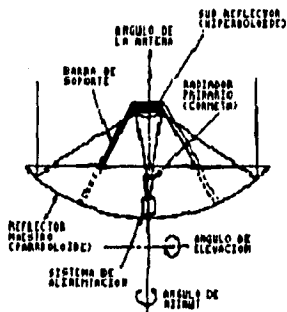


Fig. 14 Antena Reflector Cassegrain



### 7.3 Antenas con reflector Cassegrain con alimentación de rayo de guía de onda

La alimentación del rayo de guía de onda se usa como el radiador primario debido a que tiene baja pérdida de transmisión, distribución de amplitud rotacionalmente simétrica y características de ancho de banda (Fig. 15).

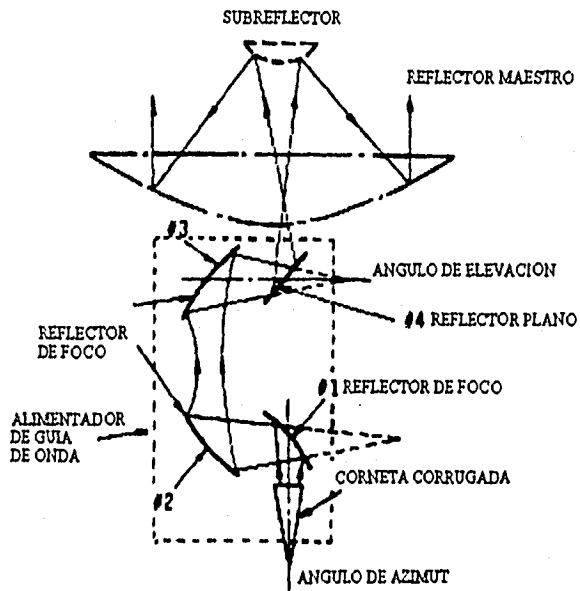


Fig. 15 Alimentación del Rayo de Guía de Onda. Antenas Cassegrain

Este tipo de antena tiene un ancho de banda de frecuencias de operación mayor que la Cassegrain simple descrita anteriormente, permite colocar el alimentador y a todo el equipo electrónico asociado en una construcción que, además de protegerlos de las condiciones ambientales, los pone al alcance del personal de mantenimiento, y adicionalmente el equipo es independiente de cualquier movimiento que la antena haga en elevación o azimut.

La conducción de las señales desde el alimentador hasta los reflectores parabólicos e hiperbólicos se realiza por medio de un haz que se refleja en los cuatro reflectores internos del sistema. De estos reflectores, dos son coaxiales con el eje de elevación de la antena (es decir, que sus ejes son paralelos y además se superponen) y los otros dos lo son con el eje de azimut; cada espejo o reflector produce una reflexión de  $90^\circ$  de los rayos de la señal, y normalmente se utilizan dos planos y dos elípticos o parabólicos. El efecto total es como si el alimentador se alargase hasta el vértice de la parábola, como si fuera un periscopio imaginario.

#### 7.4 ANTENAS OFF SET

El radiador primario y el subreflector de las antenas offset (Fig. 16) no bloquean la apertura y así los niveles de los lóbulos laterales de las antenas offset deben de ser mucho más bajos que los de las antenas axialmente simétricas.

Por esta razón las antenas offset se usan en estaciones terrenas para reducir interferencias causadas por otros satélites y redes de comunicación de microondas terrestres.

También, cuando se selecciona una configuración apropiada, las antenas offset tienen la ventaja (lower wind loading -permitir menor viento-).

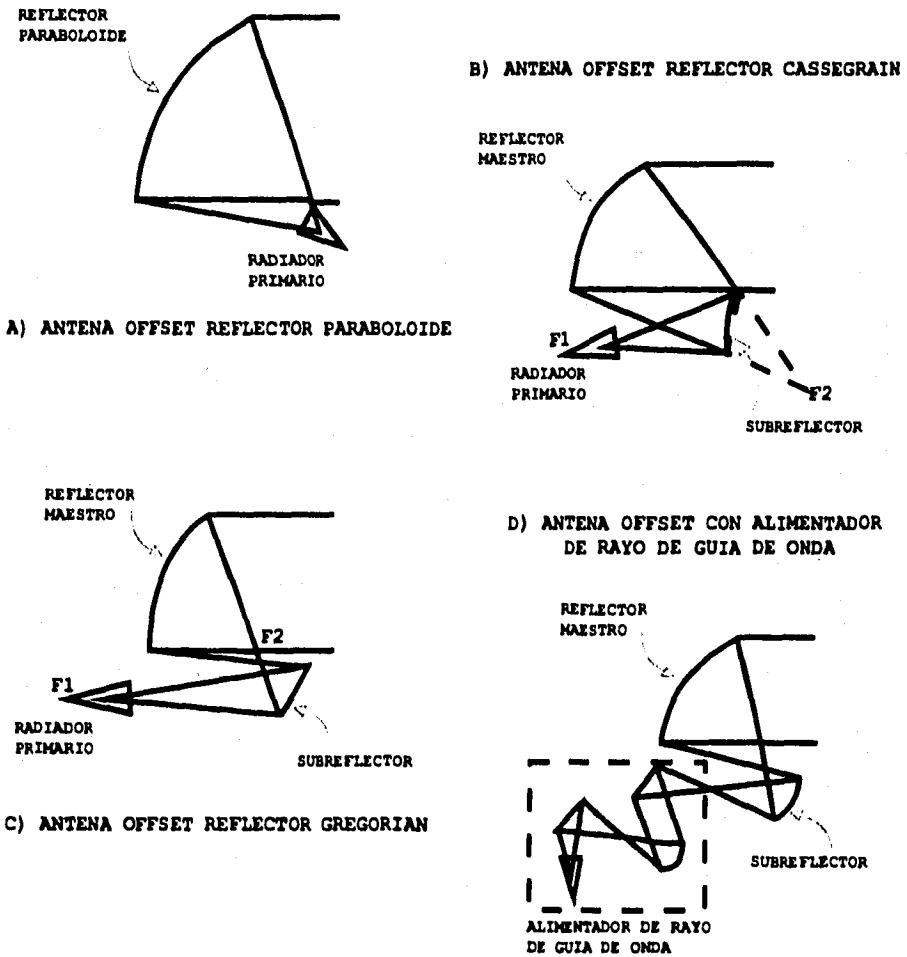


Fig. 16 Configuración de las antenas Offset

### 7.5 Antena Offset con Reflector Dual

Son adecuadas para antenas con multirayo con radiadores primarios múltiples y para antenas de rayo dirigido usando mecanismos de desplazamiento de el subreflector.

Las antenas offset de reflector sencillo tienen distribución de amplitud asimétrica en la apertura, un nivel de polarización de cruce relativamente alto, y baja ganancia.

Las antenas offset de reflector doble pueden ser diseñadas de tal manera que el reflector principal y el subreflector generen componentes de polarización de cruce inversa, los cuales se cancelarían uno al otro y producirían un nivel de polarización de cruce bajo equivalente al de una antena axialmente simétrica.

En las antenas offset de reflector doble, la forma del reflector puede ser diseñada para tener una distribución de apertura axialmente simétrica y tener alta ganancia, usando un radiador primario con forma de radiación axialmente simétrica.

Cuando se emplea un alimentador de rayo de guía de onda, la forma de los reflectores convergentes y del subreflector también son diseñados para producir una distribución de amplitud axialmente simétrica.

En las antenas offset de diámetros largos, las configuraciones de reflectores dobles generalmente se usan: son más pequeñas que las de tipo reflector sencillo, debido a que el radiador primario y el equipo de recepción-transmisión puede ser localizado detrás de el reflector principal.

#### **7.6 Antenas Offset con reflector sencillo**

Este tipo de antenas tiene un reflector principal parabólico asimétrico, con el alimentador primario localizado en el punto focal.

Las antenas de reflector sencillo de diámetro pequeño (Fig. 17) se emplean en comunicaciones de estaciones terrenas de baja capacidad y para la recepción de emisoras de televisión de satélites.



Fig. 17 Antena Offset de Reflector Sencillo y Diámetro Pequeño

### 8. Diseño mecánico

El futuro mecánico de las antenas de satélites es su ligereza, alta dureza o rigidez, y su pequeña deformación termal, los cuales son requeridos durante el lanzamiento y en el espacio.

Durante el lanzamiento los materiales compuestos son normalmente usados en la estructura de materiales debido a su ligereza, alta dureza, y su alta resistencia. Estructuras desplegadas son comunes, las cuales son plegables en el lanzamiento y desplegadas en el espacio. Ensamblar en el espacio puede ser posible en el futuro.

Otro impacto en el diseño de antenas de satélites en el lanzamiento es la vibración. Esta vibración tiene un rango de frecuencia ancho, y la carga máxima de aceleración es de algunos cientos de  $m/s^2$ . Para evitar la alta energía de vibración en el lanzamiento, se diseña de tal forma que la antena de satélite tenga la más baja frecuencia natural en general, más de 30-50 Hz. Por esta razón se requiere un alto coeficiente específico en la estructura de materiales.

El medio ambiente en el espacio se caracteriza por sus extremadamente bajas presiones atmosféricas (aproximadamente  $10^{-6}$  Pa en 500 Km de órbita.) y bajas temperaturas ( $-200$  °C) bajo no teniendo radiación solar o fuente de calor en una órbita geoestacionaria.



El uso de materiales compuestos que contienen polímero para miembros estructurados hacen que la transferencia de calor se dificulte, debido a su baja conductividad de calor. Por ello temperaturas bajas, y radiación solar en el espacio producen extremadamente altas y bajas áreas de temperaturas en la antena, las cuales llevan a la degradación de los materiales y a la deformación de la antena. Para evitar esta degradación, la antena es controlada termalmente y se usan materiales con bajo coeficiente de expansión. Debido a la degradación del material, el choque entre protones y electrones predomina. En general los metales y cerámicas muestran buen endurecimiento sobre la radiación, pero materiales químicos son vulnerables debido a las estructuras moleculares de los materiales que cambian con facilidad.

### 9. Materiales.

Las antenas necesitan cubrir los siguientes requisitos también como su peso y volumen:

**Fuerza-resistencia:** Suficiente resistencia para resistir la estructura y las cargas termales en el lanzamiento y en órbita.

**Rigidez o dureza:** Suficiente dureza en lanzamiento y en órbita.

**Distorsión termal:** Lo más pequeña requerida en órbita.

**Endurecimiento para la radiación:** Degradable lo menos posible durante el tiempo de vida de el satélite.

**Fuga de gas:** Pequeñas características de fuga de gas se requieren en vacío.

Para llenar estos requisitos se usan los siguientes materiales: Fibra de carbón reforzada de plástico (CFRP), Fibra de Kevlar reforzado de plástico (KFRP), aleación de Titanium, aleación de Aluminio, en la estructura de la antena.

#### **9.1 CFRP.**

Esta compuesta de materiales de fibra de carbón y resina epoxy, muy usada para la estructura de la antena.

Este material es excelente en rigidez y dureza y en estabilidad termal así como en coeficiente específico, coeficiente de expansión.

La resina epoxica tiene buen endurecimiento sobre la radiación como material químico. Otra ventaja de este material es su habilidad de controlar propiedades como dureza y coeficiente de expansión. Las fibras de carbón utilizadas en CFRP se clasifican en dos grupos:

En alta resistencia a la tensión, en alto coeficiente. Como este material tiene buena reflectibilidad (0.04 db de pérdida en banda C) puede usarse para superficies del reflector sin ninguna metalización en la superficie. La metalización en algunas ocasiones se utiliza para reducir las pérdidas de transmisión en guía de onda y en filtros de microondas o para evitar que la orientación de la fibra dependa de corrientes eléctricas, las cuales generan componentes de polarización de cruce. Aluminio puesto en vacío generalmente es usado para la metalización.

## **9.2 KFRP.**

También es un material compuesto, hecho de Kevlar y resina epóxica. Es un tipo de fibra de Aramida. Es inferior a CFRP en el coeficiente específico y en el coeficiente de expansión, pero tiene una menor pérdida de transmisión.

Por esta razón KFRP se usa para la fijación de la antena, frecuencia en lugar adecuado, red de polarización.

### **9.3 Aleación de Titanium.**

El CFRP tiene excelentes propiedades, pero tiene un punto débil llamado despliegue interlaminar, por esta razón no es adecuado para algunos tipos de soportes o uniones con figuras complejas. Por estas partes las aleaciones de Titanium son usadas debido a su alta resistencia a la tensión y bajo coeficiente de expansión. Como el coeficiente de expansión de el Titanium es la mitad que la del Aluminio, el Titanium es ensamblado en la estructura del CFRP. La desventaja del Titanium es su pobre manejabilidad.

### **9.4 Aleación de Aluminio.**

Es el material metálico más popular para estructuras astronáuticas y aereas.

### 9.5 Nomex.

Fibra de Aramida que tienen en general bajas pérdidas de transmisión y bajo coeficiente de expansión.

### 9.6 FRM (Fibra Reforzada de Metal).

Es un material compuesto hecho de metal y fibras, FRM es superior a CFRP en resistencia al corte, en la resistencia al despliegue interlaminar y conductividad del calor.

## 10. Orientación en Elevación y Azimut

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geostacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación (Fig. 18) y azimut (Fig. 19); los valores de estos ángulos dependen de la posición geográfica de la estación -en latitud y longitud- y de la ubicación en longitud del satélite.

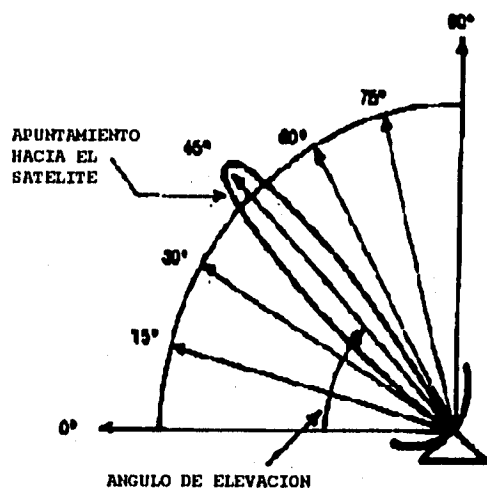


Fig. 18 Ángulo de Elevación

Tomando como referencia al eje de simetría del plato parabólico, que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquel formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite; por su parte, el ángulo de azimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj -con relación al norte geográfico de la tierra- para que ese mismo eje de simetría -prolongado imaginariamente- pase por la posición en longitud del satélite.

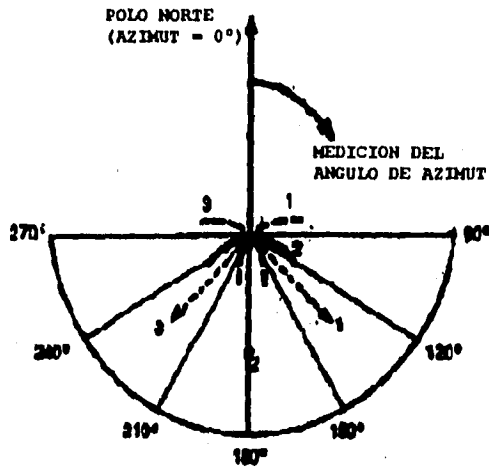


Fig. 19 Ángulo de Azimut

Cuando se requiere cambiar la orientación de la antena de un satélite a otro, es necesario variar -mediante algún mecanismo- sus ángulos de elevación y azimut; además, aunque se mantenga siempre en comunicación con el mismo satélite -y dependiendo de la aplicación de la estación terrena-, también es necesario efectuar con frecuencia correcciones pequeñas en ambos ángulos, pues ningún satélite geostacionario es realmente fijo, sino que tiende a salirse poco a poco de su posición orbital.

Por otra parte, por ejemplo, las embarcaciones marítimas cambian constantemente de posición y dirección, y las antenas de sus estaciones terrenas deben reorientarse sincronizadamente en elevación y azimut para conservar comunicación con el satélite; incluso, puede haber casos en los que aunque la estación terrena sea fija, algunas condiciones ambientales ocasionales -como la lluvia y el viento- y el mismo peso de la antena modifiquen su orientación y sea necesario realizar pequeñas correcciones de los ángulos de elevación y azimut para garantizar una recepción o transmisión óptima de las señales.



**11. CARTA UNIVERSAL DE CONTORNOS DE**  
**ANGULOS DE ELEVACION Y AZIMUT**

Se usa la "Carta Universal de contornos de ángulos de elevación y azimut" para orientar antenas parabólicas hacia cualquier satélite geoestacionario.

Dicha carta consta de un mapa geográfico del mundo y una mica o lámina transparente con los contornos de los ángulos impresos en ella. El procedimiento para utilizar su carta universal es muy sencillo; simplemente se necesita seguir los siguientes pasos:

1.- Coloque la mica sobre el mapa, haciendo coincidir la línea horizontal de la primera con la línea ecuatorial del mapa.

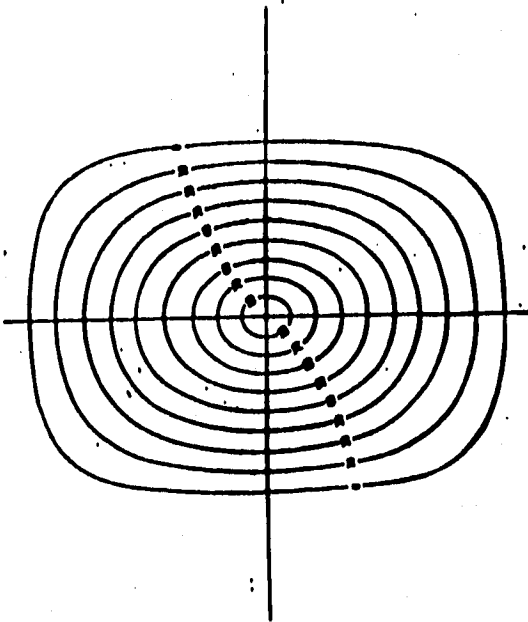
2.- Deslice la mica sobre el mapa, hasta que la flecha dibujada abajo de la vertical central de la mica coincida con la posición de longitud este u oeste del satélite deseado, misma que se lee directamente sobre la escala horizontal inferior del mapa.

3.- Lea directamente sobre los contornos los ángulos de elevación y azimut que deberá tener la antena para la posición geográfica elegida. De ser preciso, recurra a interpolación para leer los resultados con mayor precisión.

ANNEX I.3

ELEVATION ANGLE TO A GEOSTATIONARY SATELLITE

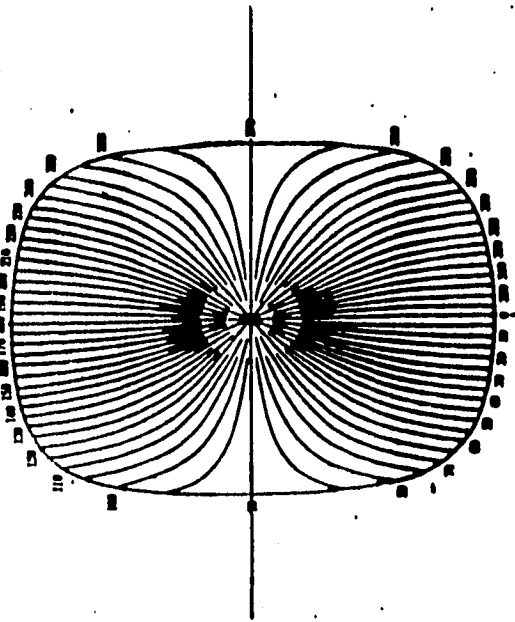
ELEVATION ANGLE (deg)



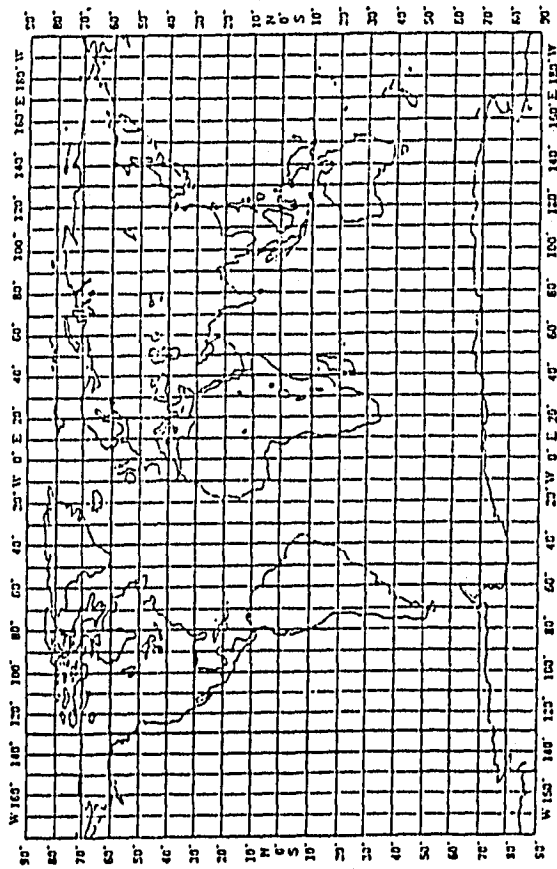
ANNEX I.2

AZIMUTH ANGLE TO A GEOSTATIONARY SATELLITE

AZIMUTH ANGLE (deg)



ANNEX 2 WORLD MAP TO ESTIMATE THE AZIMUTH, ELEVATION AND RANGE OF A GEOSTATIONARY SATELLITE (ATLANTIC AND INDIAN OCEAN REGION SATELLITE)



12. GEOMETRIA DE LA ANTENA POLAR

LATITUD DE LUGAR = ANGULO DEL EJE POLAR

ANGULO DEL EJE POLAR + ANGULO DE DECLINACION = ANGULO DE ELEVACION

ANGULO DE ELEVACION = ANGULO DE INCLINACION

**EJEMPLO:**

Si la latitud de Monterrey es de  $26^\circ$  así que el valor del ángulo del eje polar deber ser  $26^\circ$  y el ángulo de declinación es de  $4.38$  así que el plato debe fijarse a una elevación de  $30.38^\circ$ .

**13. TABLA DE ANGULOS DE DECLINACION Y DE EJE**  
**POLAR PARA LA REPUBLICA MEXICANA**

LATITUD DEL LUGAR	EJE POLAR	DECLINACION
17	17	2.95
18	18	3.12
19	19	3.28
20	20	3.44
21	21	3.60
22	22	3.76
23	23	3.92
24	24	4.07
25	25	4.23
26	26	4.38
27	27	4.53
28	28	4.67
29	29	4.82
30	30	4.96
31	31	5.10
32	32	5.24
33	33	5.38

**Tabla 1**

#### 14. CONCLUSIONES.

Dentro de la elaboración de esta tesina podemos encontrar que las antenas son un dispositivo por medio del cual se tiene una comunicación con los satélites, gracias a las antenas se puede establecer la comunicación vía satélite, debido a que son las primeras en recibir señales que transmite un satélite, de su diseño y construcción dependerá la calidad de recepción de las señales.

Se mencionaron las partes de la construcción de antenas así como los elementos del equipo electrónico de la antena; dentro de los más importantes encontramos a la superficie volumétrica, la cual refleja las ondas que vienen del satélite hacia un punto llamado foco. Una característica importante que también se vio fue la construcción de la superficie, la cual puede ser lisa, de malla o de lámina perforada; dentro de las cuales la superficie lisa presenta varias ventajas con respecto a la de la malla o la de lámina perforada. Otra parte adecuada es la base de la antena la cual se puede mover en dos direcciones: en elevación y azimut para orientar a la antena hacia un satélite geoestacionario.

Dentro del equipo electrónico encontramos el alimentador o polarizador que es el que recibe las ondas concentradas y las guía hacia el amplificador de bajo ruido que realiza una etapa preamplificadora a la salida del alimentador, el cual tiene unidades en °K y además es de mejor calidad entre menos grados de temperatura de ruido tenga en su frecuencia de operación. También el convertidor de bajada se encarga de bajar la frecuencia de la señal a una frecuencia adecuada o frecuencia intermedia. Por último encontramos el receptor, el cual realiza funciones muy importantes tales como demodulación de la señal, mezclado, y amplificación; el receptor que se tenga va a mejorar la calidad de la señal; así como el costo va a depender del tipo de receptor que se compre.

Una de las características de la antena es su ganancia y su patrón de radiación; la ganancia es la capacidad de la antena para amplificar la señales que transmite o recibe en cierta dirección. Y los lóbulos laterales deben de ser lo más pequeños posibles para que no capten señales indeseables. Aquí debemos mencionar que el alimentador define la ganancia final de la antena y de sus lóbulos; dentro de los más comunes encontramos tres tipos de alimentación que son:

alimentación frontal que se usa universalmente en las estaciones caseras receptoras de televisión. Alimentación descentrada (Offset) que se usan en estaciones terrenas para reducir interferencias causadas por otros satélites y redes de comunicación de microondas terrestres. Y por último, alimentación Cassegrain que también se usa en estaciones terrenas debido a su alta eficiencia y a su diseño de temperatura de bajo ruido y al fácil acceso al equipo electrónico.

Otro aspecto que se mencionó fué el diseño mecánico de las antenas, las cuales en el futuro serán muy ligeras, alta dureza y rigidez, así como pequeña deformación termal durante el lanzamiento y en el espacio.

Los materiales, los cuales están espuestos a temperaturas muy bajas y presiones atmosféricas bajas, tales como materiales compuestos que contienen polímero son los siguientes: fibra de carbón reforzada de plástico, fibra de Kevlar reforzada de plástico, aleación de Titanium, aleación de aluminio en la estructura de la antena. La fibra de carbón se utiliza para la estructura de la antena, mientras que la fibra de Kevlar se usa para la fijacion de la antena, y la aleación de Titanium se ensambla en la estructura de la fibra de carbón.



Una vez que se tiene la antena, el equipo electrónico y todos los elementos antes mencionados, el paso siguiente es orientar a la antena hacia un satélite geoestacionario lo cual se logra ajustando dos ángulos en elevación y Azimut, esos valores dependen de la posición geográfica de la estación en la latitud y longitud de la posición del satélite. Una forma sencilla de orientar una antena parabólica hacia un satélite es conociendo la carta universal de contornos de ángulos de elevación y Azimut, la cual consta de un mapa y una mica con los contornos de los ángulos. La cual es la forma más sencilla y rápida de conocer éstos ángulos conociendo la posición del satélite elegido.

Con esto concluimos que la antena es un dispositivo básico e indispensable en sistemas de comunicación via satélite y que la comunicación via satélite es la forma más rápida y con mayor futuro que cualquier otro sistema de comunicación hablando en grandes distancias.

**15. GLOSARIO**

**Alimentador:** Dispositivo por medio del cual se irradia la energía electromagnética.

**Angulo de Azimut:** Tomando como referencia el eje de simetría del plato parabólico, que coincide con su eje de máxima radiación, el ángulo de azimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj (con relación al norte geográfico de la tierra) para que ese mismo eje de simetría pase por la posición en longitud del satélite.

**Apertura:** Diámetro del ancho del emisor primario por el cual se irradia la energía electromagnética.

**Banda de frecuencia:** Rango de frecuencias de ondas electromagnéticas que se utilizan para un determinado propósito.

**Banda C:** Rango de frecuencias de microondas utilizadas en la comunicación vía satélite, que va de 3.7 a 4.2 GHz para bajada y de 5.925 a 6.425 Ghz de subida.

**Banda Ku:** Rango de frecuencias de microondas utilizadas en la comunicación vía satélite, que va de 10.950 a 11.2 Ghz para bajada y de 14 a 14.5 Ghz de subida.

**Cable coaxial:** Es el cable utilizado para comunicaciones de alta frecuencia, está formado por dos conductores múltiples, concéntricos, separados entre sí por material aislante.

**Corneta corrugada:** Tipo de emisor de una antena, el cual se encuentra modificado en sus paredes interiores, de tal forma que el flujo de energía electromagnética siga una dirección perpendicular a estas paredes y no choque con las mismas.

**Cassegrain:** Científico francés diseñador de un tipo de telescopio en 1672, de quien se tomó el nombre para la configuración de la antena descrita anteriormente.

**Distorsión termal:** Son todas aquellas deformaciones sufridas por la antena debido al cambio de temperatura.

**Desborde:** Es toda aquella energía electromagnética que sale del plato o del emisor en una dirección no deseada, esto debido a deformaciones de la antena.

**Desprendimiento interlaminar:** Este se da en los materiales conformados por fibras metálicas y resinas, y sucede cuando debido a esfuerzos axiales en el material, las fibras metálicas empiezan a separarse unas de otras fracturando la resina y disminuyendo la dureza de la pieza hasta fracturarse.

**Distribución de amplitud rotacionalmente simétrica:** Esto significa que la densidad de la energía electromagnética es igual en cualquier punto reflejado del plato principal y para esto el emisor o corneta también debe de emitir la densidad de la energía electromagnética simétricamente.

**Energía electromagnética:** Es aquella energía caracterizada por un fenómeno ondulatorio.

**Estación terrena:** Es el conjunto de instalaciones terrestres en donde se envía y recibe la información manejada por el satélite, existen también estaciones terrenas que se encargan del comando de telemetría del satélite.

**Foco:** Es el punto ubicado a determinada distancia del paraboloide donde se concentra la energía electromagnética.

**Ganancia:** Es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena.

**Geostacionario:** Este término se refiere generalmente a un satélite y sucede cuando el satélite gira alrededor de la tierra a la misma velocidad, por lo que al ser visto desde la superficie terrestre, se mantendría estacionario en el mismo punto.

**Guía de ondas:** Es un dispositivo por medio del cual se transporta el flujo de energía electromagnética.

**HPA (High Power Amplifier):** Amplificador de alta potencia. Este es un dispositivo empleado por las grandes antenas para amplificar la energía electromagnética recibida.

**Huella de iluminación:** Es el terreno de la superficie terrestre en donde se recibe la energía electromagnética reflejada por el satélite.

**Lóbulos laterales:** Es energía electromagnética, reflejada por la antena en direcciones diferentes a la de emisión principal.

**Nivel de ruido:** Es el conjunto de señales indeseables que se detectan en el proceso de transmisión o recepción de la información.

**Offset:** Este término se emplea para distinguir a aquellas antenas que tienen el foco desplazado, o sea fuera de lugar.

**Paraboloide:** Este término se emplea para nombrar al plato principal de la antena. Cuya forma se describe como todos aquellos puntos de una superficie que se encuentran a la misma distancia de un punto llamado foco.

**Patrón de radiación:** Dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir.

**Pétalos:** Son una sección de la superficie de un paraboloide de la antena.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

SATELITES

**Polarización:** Este término se relaciona con la dirección en que la energía electromagnética es enviada o recibida. Solo existen dos tipos: la vertical y la horizontal, la cual se propaga en 90 grados de diferencia de al anterior.

**Polarización cruzada:** es el flujo de energía electromagnética transmitida por la antena, la cual al ser reflejada por alguna imperfección en la antena, cambia de fase por lo que constituye una pérdida en la transmisión o recepción.

**subreflector:** Es aquella superficie reflectora diferente al plato principal en una antena.

**Superficie volumétrica:** Es una superficie en tres dimensiones de tipo parabólico.

**Temperatura de ruido:** Es aquel ruido que se da por la temperatura de los dispositivos electrónicos.

**Vértice:** Es aquel punto que se encuentra en el centro de la superficie del plato parabólico.

16. BIBLIOGRAFIA

- ADVANCED TECNOLOGY IN SATELLITE COMMUNICATION ANTENNAS  
ELECTRICAL AND MECHANICAL DESING  
TAKASHI KITSUREGAWA  
ARTECH HOUSE, BOSTON-LONDON
  
- SATELITE DE COMUNICACIONES  
RODOLFO NERI VELA  
MCGRAW HILL
  
- THE SATELLITE TV HANDBOOK  
ANTHONY T. EASTON  
HOWARD W. SAMS & CO., INC.
  
- THE HIDDEN SIGNALS ON SATELLITE TV  
THOMAS P. HARRINGTON  
COOPER BOOKS