



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

M. C. VIDAL Y ESPINOSA
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
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:

"Características de las Antenas Parabólicas"

que presenta el pasante: Vidal Martínez Florencia
con número de cuenta: 9031610-2 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 16 de Diciembre de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>II</u>	<u>Ing. Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>I</u>	<u>Ing. Vicente Magaña González</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Jorge Ramírez Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>



COMUNICACIONES
CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS PARABÓLICAS

Tanto este trabajo de seminario como todos estos años de estudio están dedicados a mis seres queridos . . .

A mis padres:

Catalina, Guadalupe y Florencio. Por su paciencia y apoyo en todos estos años de estudio.



A una persona especial.

Lucia. Sin ella no hubiese sido posible este sueño de tantos años hecho realidad.

A mi hermana.

Yadira. Por coco y me alcanzas !!!

A Erika.

Por tu ayuda incondicional en la realización de este trabajo de seminario.

A mis amigos:

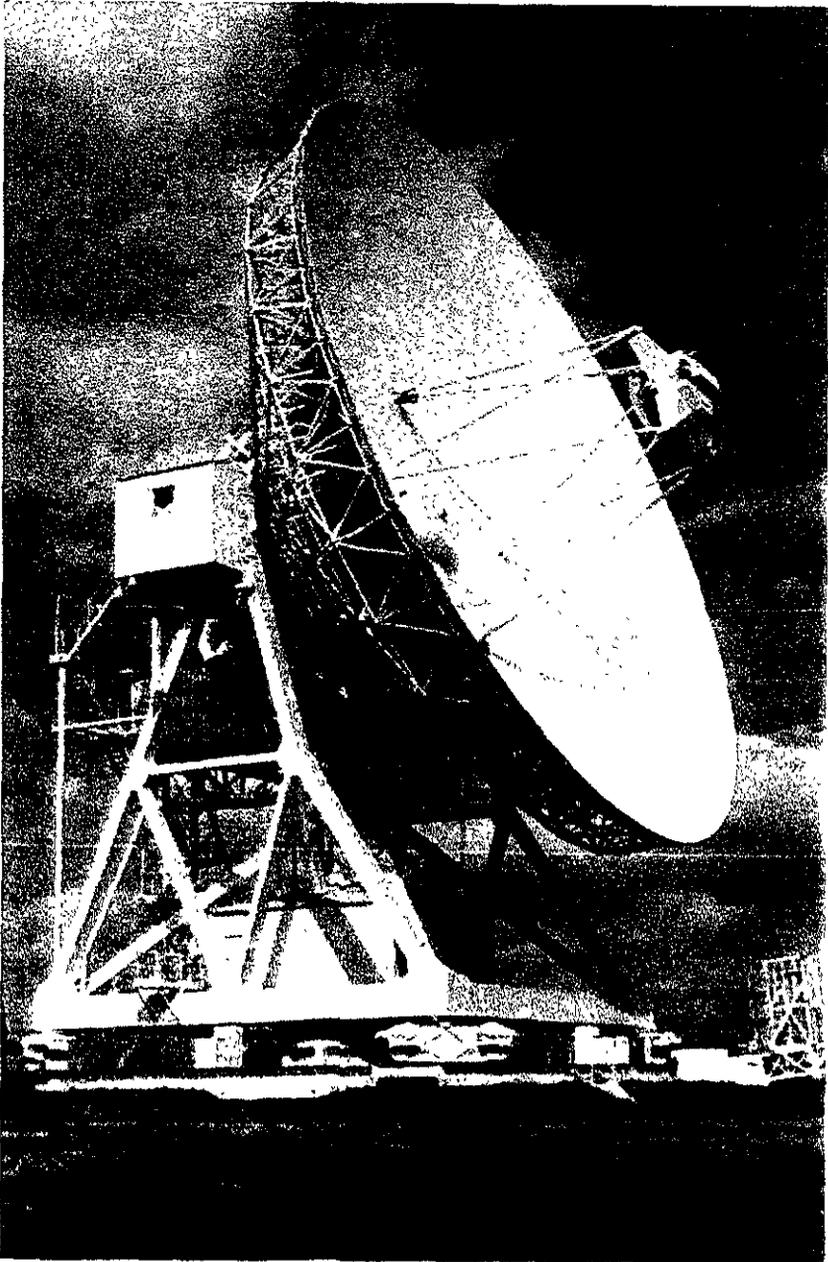
Blanca, Claudia, Carlos y Daniel. Todo es posible en esta vida, solo es cuestión de creer en uno mismo.

Ing. Juan González Vega.

Por su ayuda y asesoramiento para poder realizar este trabajo de seminario.

A todas aquellas personas que estuvieron involucradas directa e indirectamente en todos estos años de estudio y en este trabajo de seminario...

A todos





INDICE.

Introducción	1
1. Conceptos Básicos	3
1.1. Onda electromagnética	3
1.2. Ancho de haz de la antena	4
1.3. Ancho de banda de la antena	5
1.4. Impedancia de la entrada de la antena	5
1.5. Espectro electromagnético	6
1.6. Polarización	7
1.7. Patrón de radiación	8
1.8. Frente de onda	9
1.9. Atenuación	11
1.10 Interferencia	11
2. Antena parabólica	11
2.1. Reflector parabólico	11
2.2. Mecanismo de alimentación	15
2.3. Tipos de antenas parabólicas	21
3. Partes de la antena parabólica	26
3.1. Alimentador	27
3.2. Guia de onda	28
3.3. Amplificador de bajo ruido	31
3.4. Convertidor de bajada	34
3.5. Convertidor de bajada de bloque	36
2.10 Convertidor de bajada de bajo ruido en bloque	36
2.11 Receptor	39
4. Angulos de elevación y azimut	41
4.1. La brújula y el ángulo de azimut	41
4.2. Cálculo de los ángulos de elevación y azimut	42
4.3. Contorno de los ángulos de elevación	49
4.4. Carta universal de contornos de elevación y azimut	54
5. Ganancia y rendimiento de una antena parabólica	55
5.1. Perdidas de espacio libre	55
5.2. Ganancia de la antena parabólica	58
5.3. Potencia radiada isotrópica efectiva	60
5.4. Factor de mérito	61
5.5. Fuentes de interferencia	62
6. ¿Antenas parabólicas pequeñas o planas ?	64
7. Conclusiones .	66
8. Glosario	68
9. Bibliografía	69



†

INTRODUCCIÓN

La comunicación por satélite es otro método para establecer enlaces de comunicación. En la planeación de la red, las troncales de satélite para telefonía pueden ser lo óptimo desde el punto de vista económico para varias aplicaciones, entre las que se incluyen las siguientes:

1. Troncales internacionales del alto uso país a país.
2. Troncales nacionales en países altamente desarrollados, con más de 500 millas entre nodos de conmutación; y cada vez más, la tendencia es alto uso para atender radioenlaces o cable coaxial .
3. En áreas en desarrollo donde los enlaces por satélite reemplazan la antena focal y se espera alto crecimiento que se suple con enlaces por radio y cable coaxial.
4. En áreas con población dispersa, principalmente rurales, áreas *atrasadas* donde ésta puede ser la única forma de comunicación , por ejemplo el norte de Canadá y Alaska.
5. Rurales finales para desbordamiento en base a la asignación y la demanda. Una vez más, la longitud de la ruta es la consideración principal.
6. En muchos casos, se reduce la conexión internacional a un enlace.

Los satélites de comunicaciones transmiten hacia la tierra con una cobertura muy amplia, por lo que es posible captar sus señales desde diferentes zonas, en ocasiones aunque estén muy distantes entre sí. Sin embargo, según el diseño y la orientación de las antenas de cada satélite y la potencia con que éste transmita a la Tierra, hay lugares donde las ondas electromagnéticas llegan con mayor potencia que en otros

Varias corporaciones mundiales como la U.S. Federal Communications Commission (FCC), aceptan actualmenste el término *estación terrena* para designar



COMUNICACIONES
CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS PARABÓLICAS

el equipo de radio que se localiza en la superficie de la Tierra y que comunica con los satélites. La *estación terrestre* es un equipo de radio sobre la superficie de la Tierra que tiene comunicación con otros equipos similares en la superficie misma. En una estación terrena, la antena parabólica es el primer dispositivo del cual se reciben las señales transmitidas por el satélite de comunicaciones. En este trabajo de tesina hablaremos de la antena parabólica receptora de una señal que proviene del satélite.



1. CONCEPTOS BÁSICOS.

1.1 Ondas Electromagnéticas.

Una onda electromagnética, se puede definir como aquella que está constituida por campos eléctricos y magnéticos que se propagan a través del espacio, la región de un campo comienza donde las fuerzas eléctricas o magnéticas actúan. Los campos magnéticos y eléctricos en el espacio que son producidos por una antena viajan a grandes distancias y transportan energía, la cual se denomina como radiación.

A continuación mencionamos las características de las ondas electromagnéticas, las cuales son:

- Su propagación es de manera rectilínea.
- Se reflejan cuando inciden sobre una superficie lisa y retonan al medio original.
- Se refractan, es decir, cambia de trayectoria cuando entran en un medio transparente.
- Su energía se reparte de igual manera entre campos eléctricos y magnéticos mutuamente perpendiculares, y ambos campos oscilan perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda.
- Se propagan a la velocidad de la luz y su valor es igual a $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Pueden ser polarizadas.



1.2 Ancho de Haz de la Antena.

El ancho de haz de la la antena es sólo la separación angular entre dos puntos de media potencia (-3dB) en el lóbulo principal del patrón de radiación del plano de la antena, por lo general tomada en unos de los planos *principales*. El ancho de haz para la antena, cuyo patrón de radiación se muestra en la figura # 1, es el ángulo entre los puntos A, X y B (ángulo θ). Los puntos A y B son los puntos de media potencia (la densidad de potencia en estos puntos es la mitad de lo que es, una distancia igual de la antena en la dirección de la máxima radiación). El ancho de haz de la antena se llama *ancho de haz de -3dB* o *ancho de haz de media potencia*.

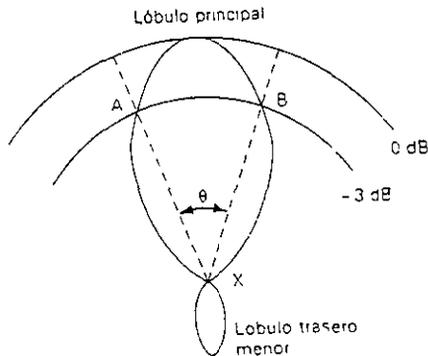


Figura # 1



1.3 Ancho de Banda de la Antena.

El ancho de banda de la antena se define como el rango de frecuencias sobre las cuales la operación de la antena es *satisfactoria*. Esto es, por lo general, se toma entre puntos de media potencia, pero a veces se refiere a las variaciones de la impedancia de entrada de la antena.

1.4 Impedancia de la Entrada de la Antena.

La radiación proveniente de la antena es el resultado directo del flujo de corriente de radiofrecuencia. La corriente fluye a la antena a través de la línea de transmisión, que está conectada a un espacio pequeño entre los conductores que componen la antena. El punto de la antena donde se conecta la línea de transmisión se llama terminal de entrada de la antena o solamente *punto de alimentación de la entrada de la antena*. Si la impedancia de la salida del transmisor y la impedancia de la entrada de la antena no son iguales a la impedancia característica de la línea de transmisión, no habrá ondas estacionarias en la antena, y se transfiere de la potencia máxima a la antena y se irradia.

La impedancia de entrada de la antena es sólo la relación del voltaje de entrada de la antena con la corriente de entrada. La impedancia de la entrada de la antena generalmente es compleja. Sin embargo, si el punto de alimentación se encuentra en un máximo de corriente y no hay componente reactiva, la impedancia de entrada es igual a la suma de la impedancia de radiación y la impedancia efectiva.



1.5 Espectro Electromagnético.

Se sabe actualmente que el intervalo de frecuencia del espectro electromagnético es muy grande. La longitud de onda λ de la radiación electromagnética está relacionada a la frecuencia f por la ecuación general

$$c = f\lambda.$$

Donde

c : es la velocidad de la luz (3×10^8 m/s)

f : frecuencia (Hz)

λ : Longitud de onda (m)

En términos de longitud de onda, el segmento reducido del espectro electromagnético que se refiere a la región visible está comprendido entre 0.00004 y 0.00007 cm

Debido a que las longitudes de onda de la radiación luminica son pequeñas, se define una unidad de medida menor como lo es el nanómetro, y que es una billonésima parte de un metro

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

El espectro electromagnético es continuo no hay separaciones entre una forma de radiación y otra. Los límites reestablecidos son meramente arbitrarios.



1.6 Polarización.

La polarización de una antena se refiere a la orientación del campo electromagnético radiado desde esta o hacia esta. Una antena puede polarizarse en forma lineal (por lo regular, polarizada horizontal o verticalmente, suponiendo que los elementos de la antena se encuentran dentro de un plano horizontal o vertical), en forma *elíptica* o *circular*. Si una antena irradia una onda electromagnética polarizada verticalmente, la antena se define como polarizada verticalmente, si la antena irradia una onda electromagnética polarizada horizontal, se dice que la antena está polarizada horizontalmente; si el campo eléctrico radiado gira en un patrón elíptico, esta polarizada elípticamente; y si el campo eléctrico gira en un patrón circular, está polarizada circularmente.



1.7 Patrón de Radiación.

Un patrón de radiación es un diagrama polar o gráfica que representa las intensidades de los campos o las densidades de potencia en varias posiciones angulares en relación con una antena. Si el patrón de radiación se traza en términos de la intensidad de campo eléctrico o de la densidad de potencia, se llama *patrón de radiación absoluto*. Si se traza la densidad del campo o la densidad de potencia en relación al valor de un punto de referencia, se llama *patrón de radiación relativo*. La figura # 2(a) y 2(b) respectivamente muestra un patrón de radiación absoluto para una antena no especificada. El patrón se traza sobre papel con coordenadas polares con la línea gruesa sólida representando los puntos de igual densidad de potencia (10

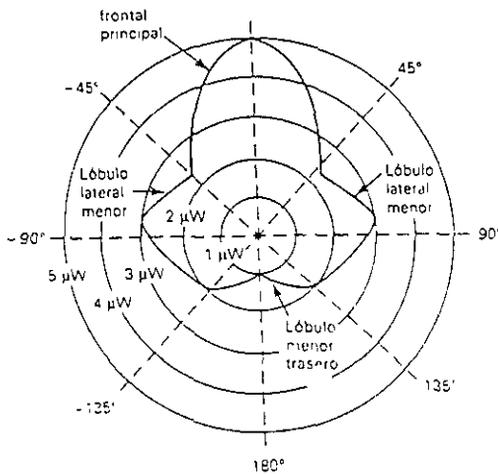


Figura # 2(a)

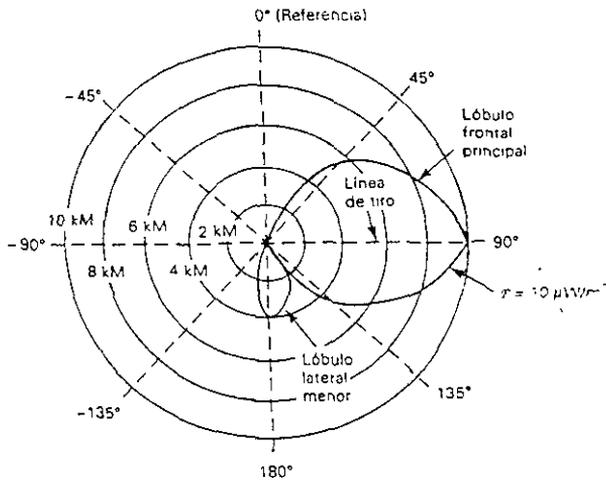


Figura # 2(b)

$\mu\text{W}/\text{m}^2$). Los gradientes circulares indican la distancia en pasos de dos kilómetros. Puede verse que la radiación máxima está en una dirección de 90° de la referencia. La densidad de potencia 10 Km de la antena en una dirección de 90° es $10 \mu\text{W}/\text{m}^2$. En una dirección de 45° , el punto de igual densidad de potencia es 5 Km de la antena; a 180° , está a solamente 4 Km; y en una dirección de -90° , en esencia no hay radiación.

1.8 Frente de onda.

La figura # 3 muestra una fuente puntual que radia potencia a una proporción uniformemente constante en todas direcciones. Dicha fuente se llama *radiador*



isotrópico. Un verdadero radiador isotrópico no existe. Sin embargo, se aproxima bastante a una antena omnidireccional. Un radiador isotrópico produce un frente de onda esférica de radio R . Todos los puntos a la distancia R de la fuente están en la superficie de la esfera y tienen densidades de potencia iguales. Por ejemplo, en la figura # 3 los puntos A y B están a la misma distancia de la fuente. Por lo tanto, las densidades de las potencias en los puntos A y B son iguales. En cualquier instante de tiempo la potencia total radiada, P , watt, está uniformemente distribuida en toda la

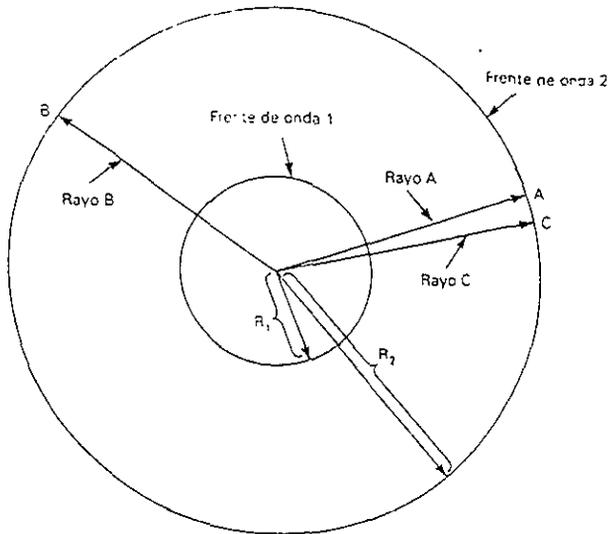


Figura # 3

superficie de la esfera (esto asume un medio de transmisión sin pérdidas). Por lo tanto la densidad de potencia en cualquier punto de la esfera es la potencia total radiada dividida por el área total de la esfera.



1.9 Atenuación.

La reducción de la densidad de potencia es inversamente proporcional a la distancia de la fuente; conforme se aleja un frente de onda de la fuente, el campo electromagnético continuo, que es radiado desde esa fuente, se dispersa. Es decir, las ondas se alejan más unas de otras y, consecuentemente, el número de ondas por unidad de área disminuye. Nada de la potencia radiada se pierde o se disipa, porque el frente de la onda se aleja de la fuente, la onda simplemente se dispersa sobre una área más grande, disminuyendo la densidad de potencia. La reducción en la densidad de potencia con la distancia es equivalente a la pérdida de potencia y comúnmente se llama *absorción atmosférica*.

1.10 Interferencia.

Interferir significa entrar en oposición, la interferencia es el acto de interferir. La interferencia de ondas de radio ocurre, cuando dos o más ondas electromagnéticas se combinan de tal forma que el funcionamiento del sistema se degrada.

2. ANTENA PARABOLICA

2.1 Reflector Parabólico.

En una estación terrena, la antena parabólica es el primer dispositivo a través del cual se reciben las señales transmitidas por un satélite de comunicaciones. De su diseño y construcción depende, en gran medida, la calidad de la recepción.

Una antena parabólica está formada por una superficie volumétrica de un paraboloides de revolución, y es sostenida por una base cuyo mecanismo permite moverla circularmente en dos direcciones: *elevación* y *azimut*. Gracias a estos movimientos se consigue orientar la antena hacia un determinado satélite geostacionario. La función de la superficie volumétrica es reflejar las ondas



electromagnéticas que provienen del satélite, y que inciden sobre ella, hacia un punto imaginario de la antena llamado foco. En general, entre más grande y más aproximada a un paraboloides sea esta superficie, mayor será la concentración de energía en el foco y en consecuencia mejorará la calidad de la señal recibida.

En esencia, una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas. Una antena se utiliza como la interface entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor. Una antena acopla energía de la salida de un transmisor a la atmósfera de la Tierra o de la atmósfera de la Tierra a un receptor. Una antena es un dispositivo recíproco pasivo; pasivo en cuanto a que en realidad no puede amplificar una señal por lo menos no en el sentido real de la palabra, y recíproco en cuanto a las características de transmisión y recepción de una antena son idénticas, excepto donde la corriente de alimentación al elemento de la antena se limitan a la modificación del patrón de transmisión.

Un reflector parabólico es probablemente el componente más básico para una antena parabólica. Los reflectores parabólicos se asemejan a la forma de un plato; por lo tanto, a veces se le llama antenas *parabólicas de plato* o solo antenas de *plato*. Para comprender como funciona un reflector parabólico, es necesario primero comprender la geometría de una parábola. Una parábola es una curva plana que se expresa matemáticamente como $y=ax^2$ y se define como el lugar geométrico de un punto que se mueve de tal forma que su distancia de otro punto (llamado foco) agregado a su distancia de una línea recta (llamada *directriz*) de longitud constante. El comportamiento de las ondas electromagnéticas se concentran en un punto, después de chocar con una superficie paraboloides, es análogo al fenómeno que permite producir una llama de fuego mediante una lupa. En este último caso, la lente refracta hacia un solo punto, los rayos del Sol que inciden sobre ella; la concentración de



energía calorífica llega a ser tan grande, que puede producir fuego en objetos de papel, madera o plástico, colocados en el foco de la lente. La figura # 4 muestra la geometría de una parábola cuyo foco está en el punto F y cuyo eje está en la línea XY.

Para la parábola mostrada en la figura # 4, existe la siguiente relación:

$$FA + AA' = FB + BB' = FC + CC' = k \text{ (una longitud constante)}$$

FX = longitud de foco de la parábola (metros)

FA = distancia del foco al punto A (metros)

FB = distancia del foco al punto B (metros)

FC = distancia del foco al punto C (metros)

AA' = distancia entre el punto A y el punto A' (metros)

BB' = distancia entre el punto B y el punto B' (metros)

CC' = distancia entre el punto C y el punto C' (metros)

k = una constante para una parábola determinada (metros)

WZ = longitud de la directriz (metros)

La relación de la longitud focal al diámetro de la boca de la parábola (FX/WZ) se llama la *relación de apertura* o solo *apertura* de la parábola; el mismo término se utiliza para describir los lentes de las cámaras. Un reflector que se encuentra detrás del foco de una lámpara de mano o de las luces de un automóvil tiene forma parabólica para concentrar la luz en una dirección en particular.

Una antena parabólica consiste de un reflector parabólico iluminado con energía de microondas irradiada por un sistema de alimentación localizado en el punto focal. Si se irradia energía electromagnética hacia el reflector parabólico desde



el foco, todas las ondas irradiadas viajarán la misma distancia para cuando lleguen a la directriz, sin importar desde que punto de la parábola se hallan reflejado. Por tanto, todas las ondas irradiadas hacia la parábola desde el foco estarán en fase cuando lleguen a la directriz (línea WZ). En consecuencia, la radiación se concentra a lo largo del eje XY, y ocurre la cancelación en todas la direcciones. Un reflector parabólico utilizado para recibir energía electromagnética exhibe exactamente el mismo comportamiento . Por tanto, una antena parabólica recibe el *principio de reciprocidad* y funciona igual de bien que una antena receptora para las ondas que llegan en la dirección XY (normal a la directriz). Los haces recibidos de todas direcciones se cancelan en ese punto.

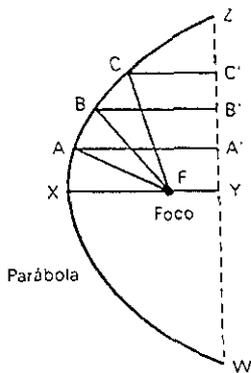


Figura # 4

Las antenas reflectoras parabólicas proporcionan una ganancia y una directividad extremadamente altas y son muy populares para los radios de microondas y el enlace de comunicaciones por satélite. Una antena parabólica se compone de dos



partes principales. Un *reflector parabólico* y el elemento activo llamado *mecanismo de alimentación*. En esencia, el mecanismo de alimentación aloja la antena principal, que irradia ondas electromagnéticas hacia el reflector. El reflector es un dispositivo pasivo que sólo refleja la energía irradiada por el mecanismo de alimentación en una emisión concentrada altamente direccional donde las ondas individuales están todas en fase entre sí.

No es necesario que el plato tenga una superficie metálica sólida para reflejar eficazmente o recibir las señales. La superficie puede ser una malla y todavía reflejar o recibir casi tanta energía como una superficie sólida, siempre y cuando el ancho de las aberturas sea menor a 0.1 de longitud de onda. Utilizar una malla en lugar de un conductor sólido reduce considerablemente el peso del reflector. Los reflectores de malla también son más fáciles de ajustar. Los afecta menos el aire, y en general proporcionan una estructura mucho más estable.

2.2 Mecanismos de Alimentación.

El mecanismo de alimentación de una antena parabólica realmente irradia la energía electromagnética y, por tanto se le suele llamar la *antena principal*. El mecanismo de alimentación es de mayor importancia porque su función es irradiar la energía hacia el reflector. Un mecanismo de alimentación ideal debe dirigir toda la energía hacia el reflector parabólico y no tener *efecto de sombra*. En la práctica, esto es imposible de realizar, aunque si se tiene cuidado de diseñar el mecanismo de alimentación, la mayor parte de la energía se puede radiar en la dirección correcta, y se puede minimizar el efecto sombra. Del mismo modo en que la energía sale de la antena parabólica, este mismo mecanismo se presenta para cuando la señal es llegada hacia la antena parabólica para su recepción de la misma. Hay tres tipos principales



de mecanismos de alimentación para las antenas parabólicas: alimentación central, alimentación de corneta y alimentación Cassegrain.

Alimentación central o Gregorian. La figura # 5 muestra un diagrama para un reflector parabólico alimentado centralmente con un reflector esférico adicional. La antena principal se coloca en el foco. La energía radiada hacia el reflector se refleja

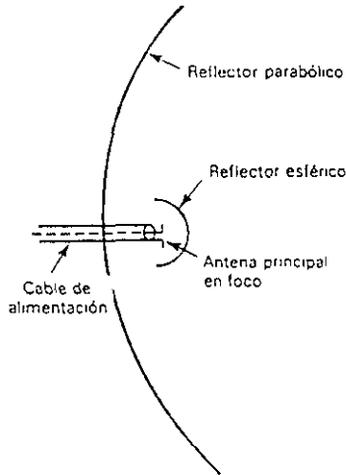


Figura # 5

hacia afuera en un haz concentrado. Sin embargo, la energía no reflejada por la parabólica se extiende en todas direcciones y tiene la tendencia de romper el patrón



de radiación general. El reflector esférico vuelve a dirigir tales emisiones nuevamente hacia el reflector parabólico, en donde se vuelven a reflejar en dirección correcta.

Aunque el reflector esférico adicional ayuda en concentrar más la energía en la dirección deseada, también tiene la tendencia de bloquear algunas de las reflexiones iniciales.

En consecuencia, el bien que se realiza se compensa con su propio efecto de sombra, y su funcionamiento en general es solamente de manera marginal mejor que sin el reflector esférico adicional. Del mismo modo en que la señal sale de la antena parabólica, se usa el mismo mecanismo y el mismo patrón cuando la señal llega a la antena.



Alimentación de corneta. La figura # 6 muestra un diagrama para un reflector

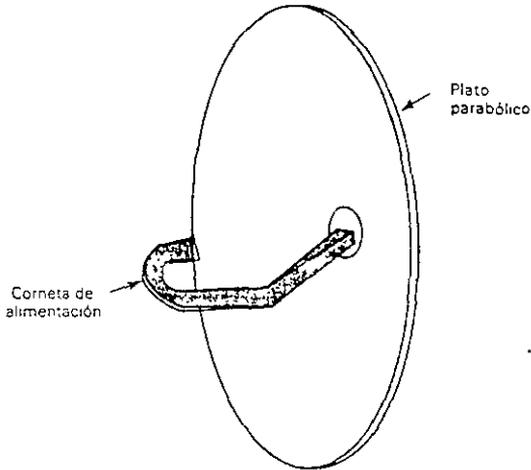


Figura # 6

parabólico utilizando alimentación de corneta. Con un mecanismo de alimentación de corneta, la antena principal es una pequeña antena de corneta en lugar de un simple dipolo o tabla de dipolo. La corneta es sólo una protección de material de guía de onda que se coloca en el foco y radia un patrón algo direccional hacia el reflector parabólico. Cuando un campo electromagnético que se está propagando alcanza la boca de la corneta, continua propagándose en la misma dirección general, excepto que, de acuerdo con el principio de Huygens, se extiende lateralmente, y el frente de onda eventualmente se vuelve esférico.

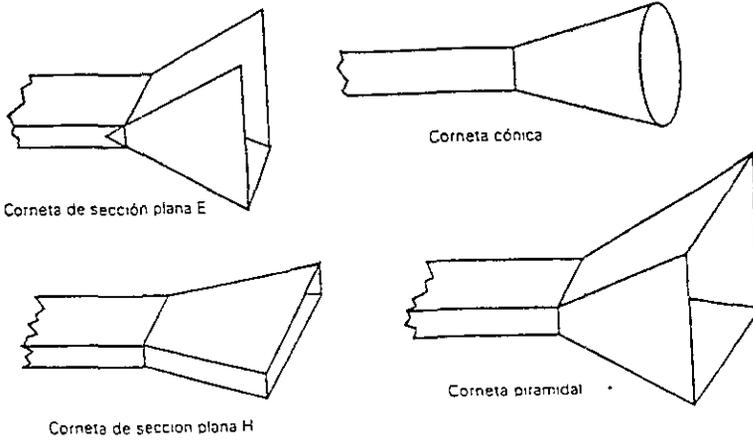


Figura # 7

La estructura de la corneta puede tener varias formas distintas, como se muestra en la figura # 7: sección (dirigido solamente en una dirección), piramidal o conico. Así como la alimentación central, una alimentación de corneta presenta algo de obstrucción a las ondas reflejadas del plato parabólico. Del mismo modo cuando la señal es recibida por la antena parabólica las ondas electromagnéticas son reflejadas en el plato parabólico, para concentrarse en el foco en donde se encuentra la corneta y la guía de onda en donde la señal será recibida y guiada



Alimentación Cassegrain. La alimentacion Cassegrain lleva el nombre de un astrónomo del siglo XVIII y evolucionó directamente de los telescopios ópticos astronómicos. La figura # 8 muestra la geometría básica de un mecanismo de alimentación Cassegrain. La principal fuente de radiación se localiza en o justo detrás

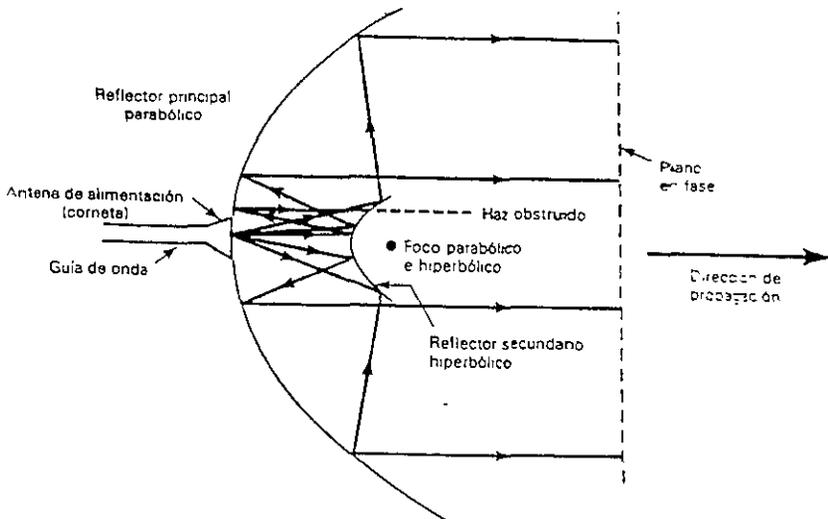


Figura # 8

de una pequeña abertura en el vertice de la parábola, en lugar del foco. La antena principal se apunta a un pequeño reflector secundario (*subreflector Cassegrain*) localizado entre el vertice y el foco.

Los haces emitidos de la antena principal son reflejados desde el subreflector Cassegrain y luego iluminan el reflector parabólico principal exactamente como si se hubiera originado en el foco. Los haces son manejados por el reflector parabólico de



la misma forma que los mecanismos de alimentación central y alimentación de corneta. El subreflector debe tener una curvatura hiperboloide para reflejar los haces desde la antena principal, de tal forma como para funcionar como una *fente virtual* en el foco parabólico. Cuando la señal llega de un satélite es reflejada primeramente en el plato parabólico, donde se concentra en el foco de la misma en donde se encuentra el reflector el cual guiará a las ondas o la señal recibida hacia la entrada de la corneta. La alimentación Cassegrain se utiliza por lo regular para recibir señales extremadamente débiles o cuando se requiere líneas de transmisión extremadamente largas o corridas de guías de onda y es necesario colocar preamplificadores de bajo ruido tan cerca de la antena como sea posible. Con la alimentación Cassegrain, los preamplificadores se deben colocar justo antes del mecanismo de alimentación y no ser una obstrucción para las ondas reflejadas.

2.3 Tipos de Antena Parabólica.

Existen dos tipos de antenas parabólicas frecuentemente más utilizados en el área de comunicaciones las cuales son: *antena parabólica de avance central* y *antena de avance decentrado u offset*

Antena parabólica de avance central. El paraboloides circular convencional de disco representa una de las antenas más simples de bajo costo para una estación terrena pequeña. El paraboloides produce una radiación simétrica sobre la superficie. Esto es que la frecuencia es independiente sobre el ancho de banda, haciendolo una excelente elección para una estación terrena pequeña. El diseño de este tipo de antenas parabólicas es en dirección recta hacia el plano de la directriz de la antena parabólica. El ángulo de reflector está seleccionado en un ángulo de iluminación.



La antena parabólica de avance central es estructuralmente superior a otros tipos (figura # 9), siendo su desventaja principal que hay una pérdida de eficiencia eléctrica debida al bloqueo de señales. Las ventajas estructurales de este método son, que es adecuado para antenas parabólicas de estaciones terrestres muy grandes. Hay una forma de reducir el bloqueo de las señales utilizando el denominado enganche de

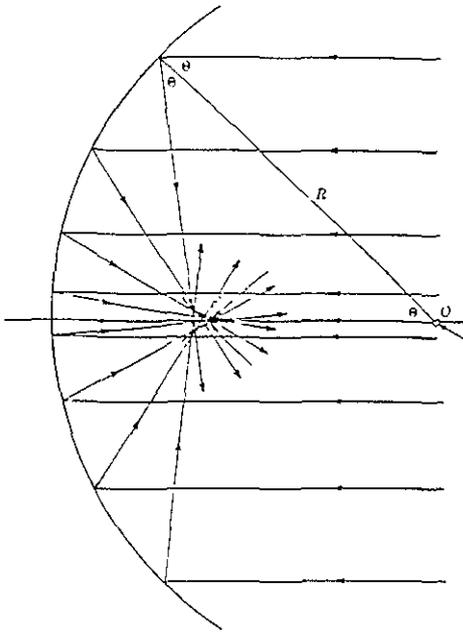


Figura # 9

tope. Este dispositivo es adecuado para antenas parabólicas de tamaño medio, es decir, 3-4m



Antena de avance decentrado u Offset. El obstáculo de la abertura del plato se pueden evitar apoyándose de una antena de desplazamiento. A continuación muestran las dos configuraciones de antenas de desplazamiento. El reflector principal

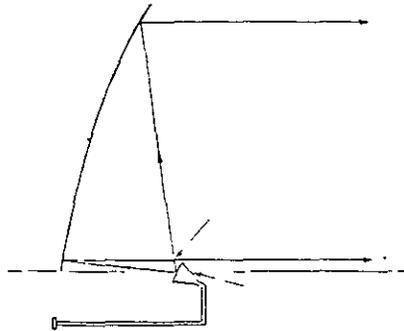


Figura # 10

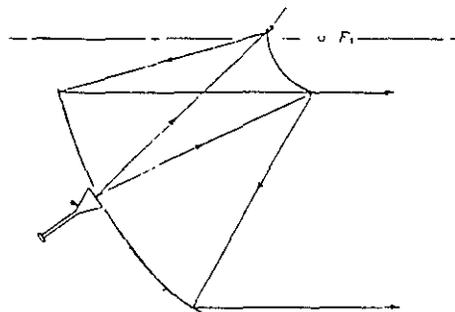


Figura # 11

es una sección de un paraboloides, corte apartado sobre el eje. Se localiza abajo el eje como se muestra en la figura # 10, da completamente abertura despejada. Al aire libre el arreglo Cassegrain, mostrada en la figura # 11, se localiza el alimento



dentro de la abertura del reflector principal, para desprestigiar pérdidas del obstáculo del plato.

Es la más popular de todas para aplicaciones de radio enlaces. Es de construcción y fabricaciones sencillas, porque consta de una sola pieza realizada mediante estampado en prensa, embutición o moldeo. Una vez hecha la antena parabólica reflectora de una pieza, normalmente se recubre por inmersión. Un punto importante de cualquier diseño de antena parabólica es que debe ser lisa para tener una baja retención de la nieve.

Tres de los parámetros más importantes, en cuanto a rendimiento, son la eficacia, la discriminación polar cruzada (DPX) y la ganancia lo que varía con el tamaño de antena parabólica, y de ahí que sea importante seleccionar un tamaño de antena adecuado para un satélite en particular. Generalmente, puede preverse que la ganancia sea aproximadamente la siguiente para distintos tamaños de antena parabólica: 45cm, ganancia 33.39dBi; 55cm, ganancia 35,1dBi; 76cm, ganancia 38 dBi; 120 cm, ganancia 42.4 dBi.

<i>Ejemplo de una antena parabólica</i>			
Diámetro (metros)	2.5	3	3.5
Relación F/D	0.36	0.36	0.36
Distancia focal (cm)	90	90	90
Ganancia a 12 GHz	46.6	48.2	49.5
Ganancia a 11.7 GHz	45.9	47.5	48.8



3. PARTES DE LA ANTENA PARABÓLICA.

Como se ha mencionado anteriormente la parte fundamental de una antena parabólica es el plato, pero también la antena parabólica esta compuesta de varios elementos electronicos que la forman, para poder así recibir la señal ya sea que provenga del satellite. En su conjunto con la antena parabólica formarian una estación terrena; los elementos que la forman son:

- Alimentador.
- Guía de onda.
- Amplificador de Bajo Ruido.
- Convertidor de bajada
- Receptor.

El alimentador, Amplificador de Bajo Ruido y el convertidor de Bajada se colocan sobre la misma antena, tal como se observa en la figura # 12; el receptor, en



cambio, se instala en un lugar cercano al televisor, al gusto del usuario. En algunas instalaciones se acostumbra colocar el convertidor de bajada debajo o atrás de la antena, y se unen con el amplificador de bajo ruido mediante un cable coaxial.

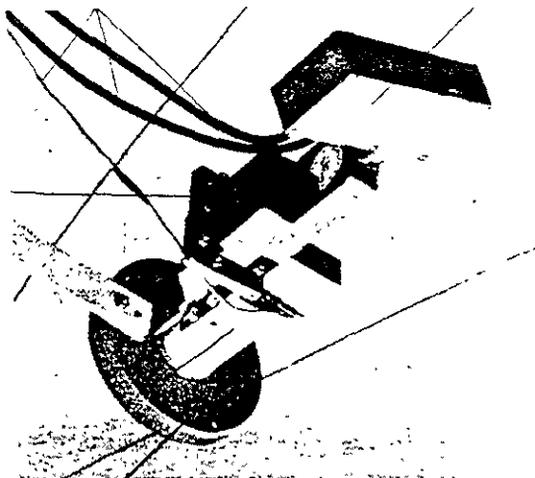


Figura # 12



3.1 Alimentador.

Cuando las ondas electromagnéticas provenientes del satélite son reflejadas por el paraboloide, se concentran en el foco geométrico del mismo. Por lo tanto, en ese mismo lugar se coloca el alimentador para que este reciba las ondas concentradas y las guíe hacia el siguiente elemento electrónico (amplificador de bajo ruido).

Un alimentador para sistemas de recepción de TV vía satélite como se muestra en la figura # 13, de este tipo popular o casero, tiene en su interior una pequeña

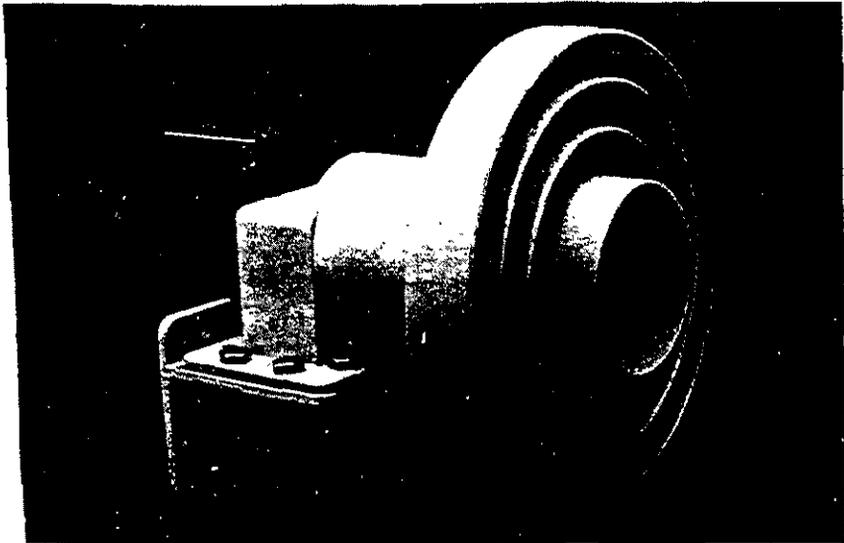


Figura # 13

antena que se mueve en dos posiciones: vertical y horizontal. Su movimiento se dirige a control desde el receptor, mediante tres cables que están conectados a él. La posición vertical u horizontal determina el canal que se vaya a sintonizar, ya que algunos satélites transmiten canales de polarización vertical, otros en polarización



horizontal, y otros en ambas simultaneamente; pero sea cual sea el caso, el alimentador solo podra funcionar a un tiempo determinado en una de las dos posiciones.

3.2 Guía de Onda.

Las lineas de transmisión de cables paralelos, incluyendo los cables coaxiales, no pueden propagar eficazmente la energía electromagnética arriba de 1 GHz aproximadamente, y en frecuencias arriba de 15 GHz aproximadamente, son

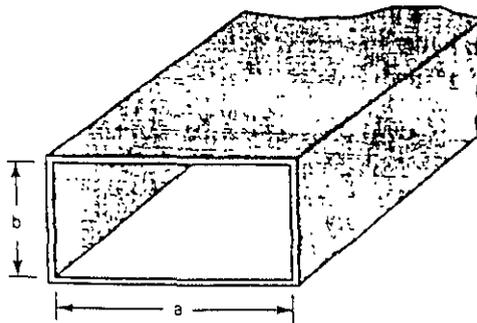


Figura # 14

inservibles para distancias mayores a unas cuantas pulgadas. Esto se debe a la atenuación causada por el efecto piel y por las perdidas de radiación. Además las líneas de transmisión de cables paralelos no se pueden utilizar para propagar señales de alta potencia, por que al alto voltaje asociado con ellas causa que el dielectrico que separa los dos conductores se rompa. En consecuencia, las líneas de transmision de cables paralelos son imprácticas para muchas aplicaciones de UHF y de microondas



En su forma más sencilla una guía de onda es un tubo conductor hueco, por lo general rectangular en sección transversal, como lo muestra en la figura # 14 pero a veces circular o elíptico. Las dimensiones de la sección transversal se selecciona de tal forma que las ondas electromagnéticas se propagan dentro del interior de la guía. Una guía de onda no conduce corriente en el sentido real, sino que sirve como un límite que confina la energía electromagnética, las paredes de la guía de onda son conductores y por tanto reflejan energía electromagnética de la superficie. Si la pared de la guía de onda es un buen conductor y muy delgado, fluye poca corriente en las paredes interiores y, en consecuencia, se disipa muy poca potencia. En una guía de onda, la conducción de energía no ocurre en las paredes de la guía de onda, sino a través del dieléctrico dentro de la guía de onda, que por lo general, es de aire deshidratado o gas inerte. En esencia, una guía de onda es análoga a un conductor de cable metálico con el interior removido. La energía electromagnética se propaga a lo largo de la guía de onda reflejándose hacia un lado y otro en un patrón de zig zag.

El área de la sección transversal de una guía de onda tiene que estar en el mismo orden que la longitud de onda de la señal que se está propagando. Por lo tanto, la guía de onda se restringe por lo regular a frecuencias por abajo de 1 GHz.



COMUNICACIONES
CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS PARABÓLICAS

Rango de frecuencias útiles. GHz	Dimensiones externas Mm	Atenuación promedio teórica DB/m	Clasificación de potencia promedio teórico (CW) KW
1.20 - 1.70	169 x 86.6	0.0052	14,600
1.70 - 2.60	113 x 58.7	0.0097	6,400
2.60 - 3.95	76.2 x 38.1	0.019	2,700
3.95 - 5.85	50.8 x 25.4	0.036	1,700
5.85 - 8.20	38.1 x 19.1	0.058	635
8.20 - 12.40	25.4 x 12.7	0.110	245
12.4 - 18.0	17.8 x 9.9	0.176	140
18.0 - 26.5	12.7 x 6.4	0.37	51
26.5 - 40.0	9.1 x 5.6	0.58	27
40.0 - 60.0	6.8 x 4.4	0.95	13
60.0 - 90.0	5.1 x 3.6	1.50	5.1
90.0 - 140	Ø 40.0	2.60	2.2
140 - 220	Ø 40.0	5.20	0.9
220 - 325	Ø 40.0	8.80	0.4

Dimensiones de la guía y características eléctricas

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



3.3 Amplificador de Bajo Ruido.

Aún cuando la concentración de energía en el foco geométrico de la antena parabólica es grande, en terminos de amplificación, la potencia total que llega al alimentador es todavía muy baja, en relación a la que se necesita para poder procesar la señal de televisión; por lo tanto, es preciso añadir una etapa de preamplificación, inmediatamente después de la salida del alimentador, misma que se realiza mediante un amplificador de bajo ruido. figura # 15.

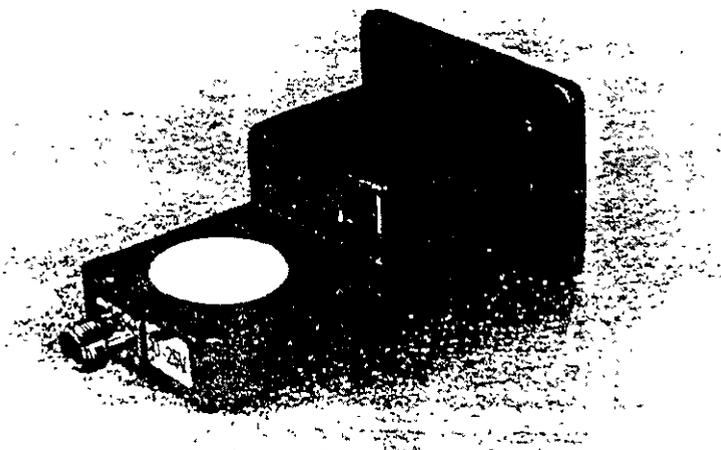


Figura # 15



El ABR va directamente acoplado al alimentador, tal como se observa en la figura # 16.

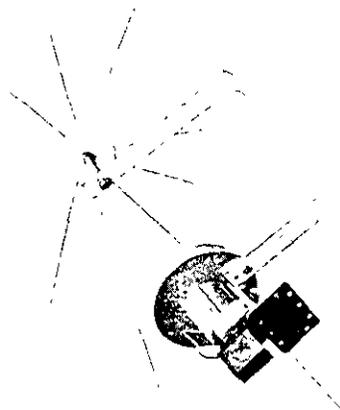


Figura # 16



En las frecuencias en la que opera un ABR, el ruido eléctrico interno producido por sus mismos circuitos es muy alto, y puede ser amplificado por el mismo ABR. *ensuciando*, a la señal de televisión. Para reducir este efecto de su capacidad para eliminar su propio ruido interno, tal capacidad es indicada por un parámetro conocido como *temperatura de ruido*, medida en grados Kelvin. Entre menos grados de temperatura de ruido tenga un ABR en su frecuencia de operación, mejor será su frecuencia de amplificación.



3.4 Convertidor de Bajada.

La función del convertidor de bajada es la de bajar la frecuencia de la señal a una de 70 MHz. conocida como *frecuencia intermedia*, además de realizar otra etapa de amplificación. Figura # 17.

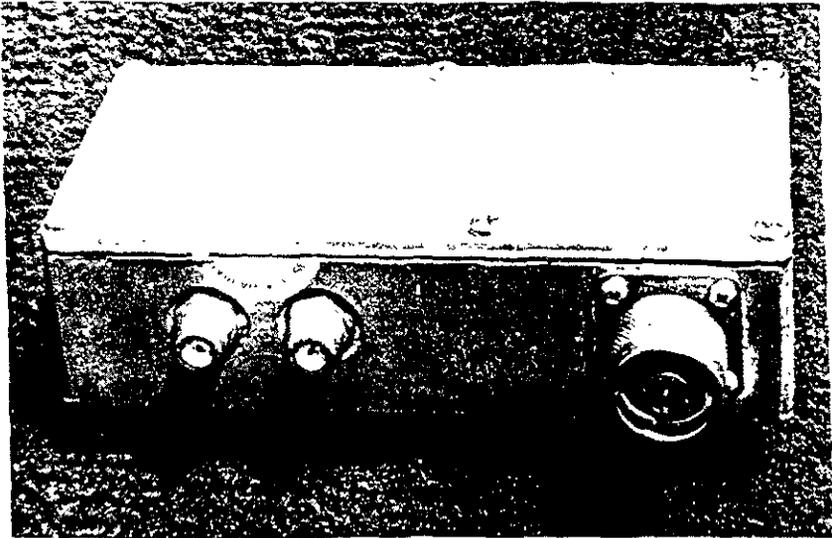


Figura # 17

El convertidor de bajada se conecta a la salida del ABR mediante un cable coaxial o un conector N-N. Es preferible usar este conector en lugar de cable coaxial, con el fin de evitar pérdidas de potencia en la señal.



La alimentación de corriente directa que necesita el ABR, se le proporciona mediante este mismo conector, a través del conector de bajada Figura # 18. El mismo caso se tiene por optar por un cable coaxial. En cuanto al convertidor de bajada, éste obtiene la alimentación de corriente directa mediante dos conductores que van conectados al receptor. La señal sale del convertidor de bajada por un cable coaxial, que posteriormente se conecta al receptor.

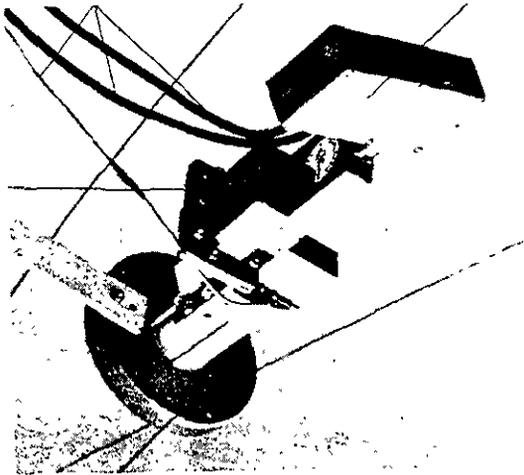


Figura # 18



3.5 Convertidor de Bajada en Bloque.

Anteriormente se describió el funcionamiento y las conexiones del ABR, el convertidor de bajada y el receptor. En este tipo de arreglo, una vez que el ABR ha llevado a cabo la amplificación de las señales, el convertidor de bajada reduce la frecuencia intermedia (FI). En este caso, la reducción de la frecuencia se realiza en un solo paso.

En la actualidad existen fabricantes de equipo para TV que utilizan otro método de conversión de frecuencias, conocido como *conversión de bajada en bloque*. En este caso, el proceso de reducción se realiza en dos pasos. En el primer paso, la información contenida en el intervalo de frecuencias de las señales que salen del ABR es transferida en su conjunto por un convertidor a otra gama intermedia de frecuencias, que puede ser de 950 a 1450 Mhz o de 440 a 940 MHz. Estas señales pasan por el convertidor al receptor por un cable coaxial, y en este último (el receptor) donde se lleva a cabo la segunda conversión del canal seleccionado, transfiriendo la información a una frecuencia intermedia de 70 MHz.

La ventaja que tiene el nuevo tipo de conversión es que el primer paso de reducción es independiente del canal que se seleccione. lo que significa que una sola antena con su ABR y su convertidor de bajada en bloque puede ser conectada a varios receptores, cuyos usuarios pueden seleccionar independientemente el canal que deseen.

3.6 Convertidor de Bajada de Bajo Ruido en Bloque (LNB).

El *Convertidor de Bajada de Bajo Ruido en Bloque* (Low Noise Block Downconverter) o LNB combina en una sola unidad el ABR y al convertidor de bajada, y en este caso ya no es necesario el conector N-N. El convertidor también es



de dos pasos, como es descrito anteriormente; por lo tanto, el LNB también es apropiado para instalaciones multiusuarios.

Un LNB es más barato que un arreglo ABR – Convertidor de Bajada en Bloque, ya que su proceso de manufactura es más económico, pero en cambio cualquier falla que se presente en el LNB es más difícil de detectar y reparar; por lo tanto, son más costosos los gastos de servicio.

Una ventaja del LNB es que las pérdidas que se producen entre la etapa de amplificación de bajo ruido y la etapa de conversión de bajada son menores, debido a que no existe ningún conector o cable externo intermedio entre las etapas.

En algunas áreas y, principalmente en las grandes ciudades, la interferencia que producen los sistemas de microondas sobre las estaciones terrenas llega a ser tan alta que es necesario instalar algún filtro entre la etapa de amplificación de bajo ruido y la de conversión de bajada, que reduzca los efectos de esta interferencia sobre la estación terrena; sin embargo los filtros que se utilizan para reducir las interferencias terrestres, por su alto costo, suelen utilizarse únicamente en sistemas multiusuarios grandes o condominios de lujo. Esta es la desventaja de los LNB, ya que en su caso, entre la etapa de amplificación de Bajo ruido y la etapa de conversión, no es posible colocar ningún filtro, y a pesar del blindaje no se elimina la interferencia totalmente, porque el ruido se introduce por la antena junto a la señal deseada.

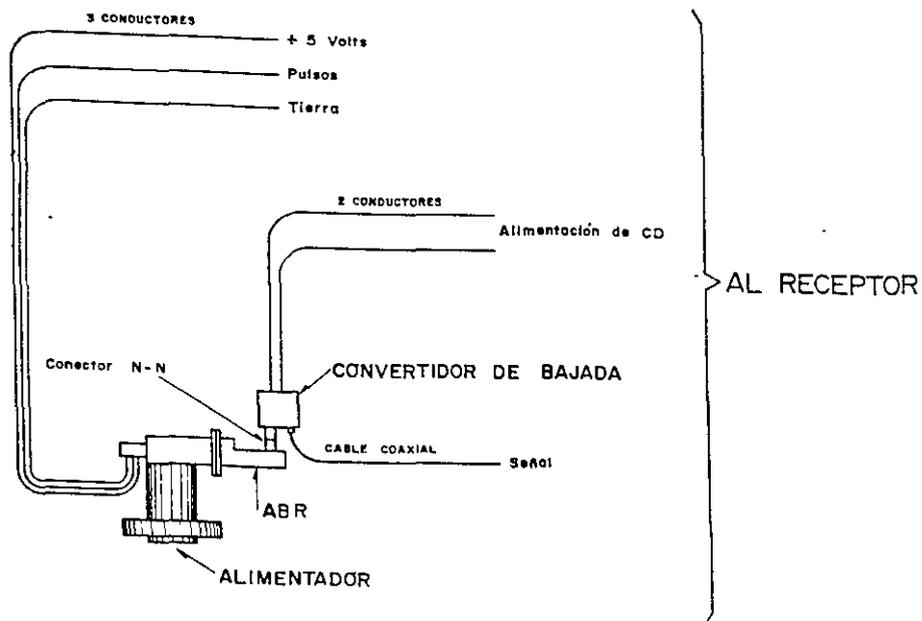


Diagrama de conexiones del Alimentador, Amplificador de Bajo Ruido y
Convertidor de Bajada



3.7 Receptor.

Las últimas etapas que se necesitan de demodulación, mezclado y amplificación de la señal, se lleva a cabo en el receptor. Por lo general todos los receptores contiene los siguientes controles, entradas, salidas y fuentes de alimentación como se muestran en la figura # 19(a) y 19(b) respectivamente.

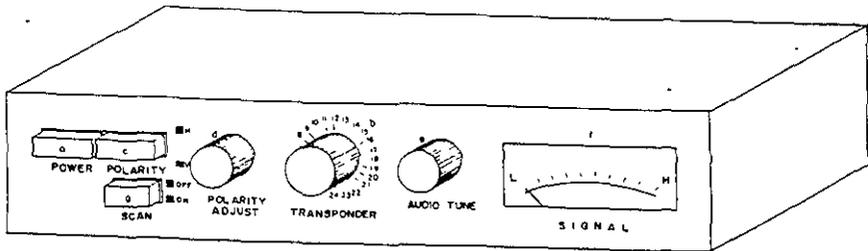


Figura # 19 (a).

- a) Encendido y apagado.
- b) Selector de canales.
- c) Selector de polaridad, vertical u horizontal.
- d) Ajuste de la polaridad.
- e) Sintonía de audio.
- f) Galvanómetro indicador de nivel de señal.



- g) Barrido de canales.
- h) Salida de la señal de TV para el canal 3 o 4.
- i) Selector de canal 3 o 4.
- j) Salida de audio.
- k) Salida de video.
- l) Salidas izquierda y derecha para sonidos estéreo.
- m) 3 conexiones para los cables de van del alimentador (tierra, +5V y pulsos)

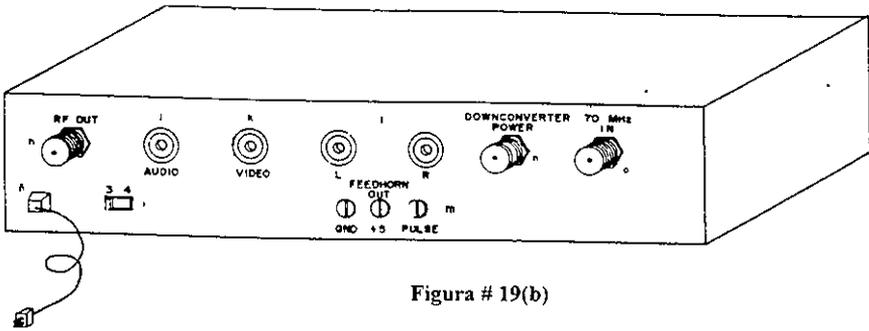


Figura # 19(b)

- n) Alimentación de corriente directa para el convertidor de bajada y el ABR.
- o) Alimentación de corriente alterna
- p) Entrada para la señal con frecuencia intermedia de 70 MHz, proveniente del convertidor de bajada.



4. ÁNGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT.

4.1 La Brújula y el Ángulo de Azimut.

La brújula permite medir el ángulo que hay entre el eje magnético de la Tierra y cualquier línea visual. El eje magnético no tiene la misma dirección que el eje geográfico, siendo la diferencia entre las direcciones de ambos (declinación magnética) función de cada región geográfica específica. Existen ciertos lugares donde la declinación magnética es igual a cero; por ejemplo, en algunas zonas del estado de Florida (Estados Unidos), del Caribe y de América de Sur. En estos lugares, el azimut de una antena parabólica queda perfectamente definido por la orientación de la brújula, sin necesidad de efectuar ningún ajuste. Por otra parte, la declinación magnética puede tomar valores de 100° o más, como ocurre en el archipiélago de Parry, Canadá. En el continente americano, entre las latitudes 60° S y 55° N, esta declinación varía entre 0° y 35° E u O. y en el caso particular de la República Mexicana, el intervalo de variación está entre 5° E y 14° E

Para orientar la antena parabólica en azimut es preciso restar o sumar la declinación magnética al valor leído en la brújula, dependiendo de si la declinación es hacia el oeste o el Este, para localizar el verdadero azimut geográfico. Existen datos publicados de la declinación magnética por zonas geográficas en las llamadas *cartas de líneas isogónicas*, y debido a que los polos magnéticos Norte y Sur varían ligeramente de posición con el tiempo, existen organismos nacionales e internacionales que realizan nuevas mediciones cada tres o cinco años, para actualizar dichas cartas. Es importante notar que además de considerar la declinación magnética al orientar una antena con la brújula, es preciso tomar en cuenta la posible influencia, sobre la aguja del instrumento, que pueden ejercer los equipos eléctricos o las estructuras metálicas cercanas.



Obviamente, con un poco de práctica, la antena puede girarse poco a poco, sin necesidad de depender totalmente de la brújula, hasta que se perciba en la pantalla del televisor la mejor calidad posible de la imagen. Esto puede hacerse mediante el indicadores de intensidad de señal del aparato receptor cuyo máximo indica una óptima recepción.

4.2 Cálculos de los Ángulos de Elevación y Azimut.

La orientación de un plato parabólico queda definida por dos ángulos; el de elevación α y el de azimut β . Al reorientar la antena de un satélite a otro, ambos ángulos cambian de valor. El nuevo ajuste de los ángulos α y β pueden hacerse de forma automática o manualmente.

Considerese un sistema de coordenadas esféricas θ , φ , r , cuyo origen coincide en el centro de la tierra. En el punto P se encuentra la estación terrena, y el punto S denota la localización del satélite al quien se desea orientar la antena. La órbita geostacionaria, también llamada *Cinturón de Clarke*, se halla en el plano ecuatorial a una altura de 35,800 km más el radio terrestre. Conviene introducir un sistema auxiliar de coordenadas x' , y' , z' , cuyo origen coincida con el punto P, o sea, con la estación terrena, y cuyos ejes sean paralelos al sistema original. Una variable referida al sistema original, cuyo origen es C, lleva asociado el superíndice C, y una variable referida al sistema auxiliar, con el origen de P, tiene el superíndice P. Con base lo anterior se deduce las expresiones siguientes:

$$x_S^P = x_S^C - x_P^C \quad (1)$$

$$y_S^P = y_S^C - y_P^C \quad (2)$$

$$z_S^P = z_S^C - z_P^C \quad (3)$$



en donde x_S y_S z_S y x_P y_P z_P son, respectivamente, las coordenadas de los puntos S y P con respecto al superíndice en cuestión. En la figura # 21 R es igual al radio terrestre más la altura del nivel del mar del lugar donde está ubicada la estación terrena. Es considerar o no esta altura sobre el nivel del mar arroja resultados muy similares, con diferencias de fracciones de minuto angular.

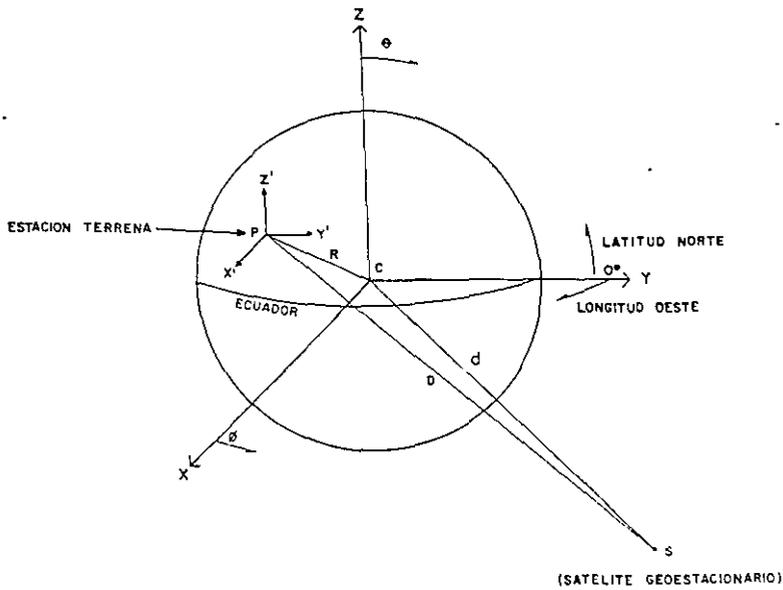


Figura # 20

Si se considera que el meridiano de longitud 0° o de Greenwich coincide con el plano yz , y si LAT, LONG y POS denotan, respectivamente, la latitud norte y longitud oeste de la estación terrena, y la longitud oeste del satélite, se tiene que:



$$\theta_P^C = 90^\circ - \text{LAT} \quad (4)$$

$$\phi_P^C = 450^\circ - \text{LONG} \quad (5)$$

$$\theta_S^C = 90^\circ \quad (6)$$

$$\phi_S^C = 450^\circ - \text{POS} \quad (7)$$

Sustituyendo las expresiones (4) a (7) en los equivalentes en coordenadas esféricas de las ecuaciones (1) a (3) se obtienen los valores de las coordenadas x_S^P , y_S^P , z_S^P , con las cuales se puede obtener la distancia D entre la estación terrena y el satélite:

$$x_S^P = -R \sin(90^\circ - \text{LAT}) \cos(450^\circ - \text{LONG}) + d \cos(450^\circ - \text{POS})$$

$$y_S^P = -R \sin(90^\circ - \text{LAT}) \sin(450^\circ - \text{LONG}) + d \sin(450^\circ - \text{POS})$$

$$z_S^P = -R \cos(90^\circ - \text{LAT})$$

$$D = \sqrt{(x_S^P)^2 + (y_S^P)^2 + (z_S^P)^2}$$

Finalmente con referencia a la figura # 22, en donde α es el ángulo formado entre la línea tangente en P y la trayectoria PS, y α' es un ángulo agudo formado por las rectas CP y PS, y aplicando las leyes de los senos y cosenos, se tiene que:

$$\alpha = \text{ángulo de elevación} = 90^\circ - \alpha'$$

$$\alpha' = \text{ángulo} \operatorname{sen} \left(\frac{1}{2RD} \sqrt{(d+D+R)(d+D-R)(d+R-D)(R+D-d)} \right)$$



$$\tan\left(\frac{\psi + \Omega}{2}\right) = \frac{\left(\cot\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)\right)}{\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)}$$

$$\tan\left(\frac{\psi - \Omega}{2}\right) = \frac{\left(\cot\left(\frac{\gamma}{2}\right) \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)\right)}{\cos\left(\frac{a+b}{2}\right)}$$

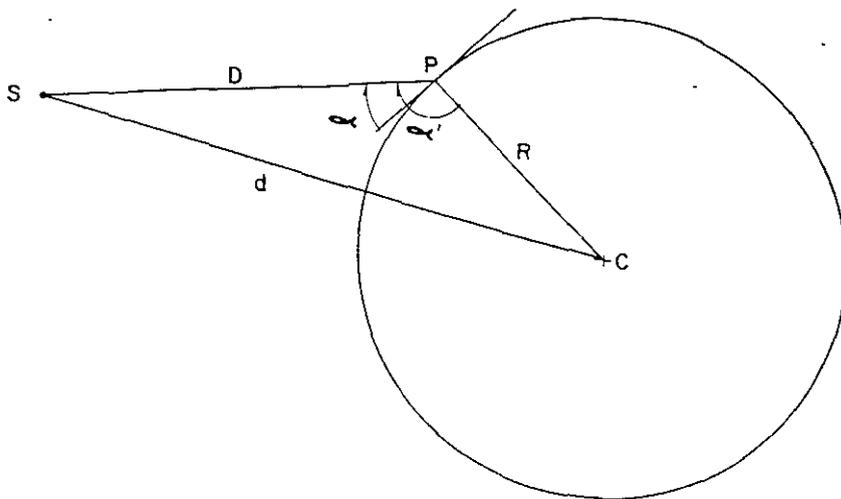


Figura # 21

en donde, $a = 90^\circ$, $b = 90^\circ - \text{LAT}$, y $\gamma = \text{POS-LONG}$. Al resolver el sistema de ecuaciones, se obtiene el ángulo phi, y finalmente el ángulo buscado de azimut beta



$$\beta = 360^\circ - \psi$$
$$= \tan^{-1} \left(\cot \left(\frac{\gamma}{2} \right) \cot \left(\frac{LAT}{2} \right) \right) + \tan^{-1} \left(\cot \left(\frac{\gamma}{2} \right) \tan \left(\frac{LAT}{2} \right) \right)$$

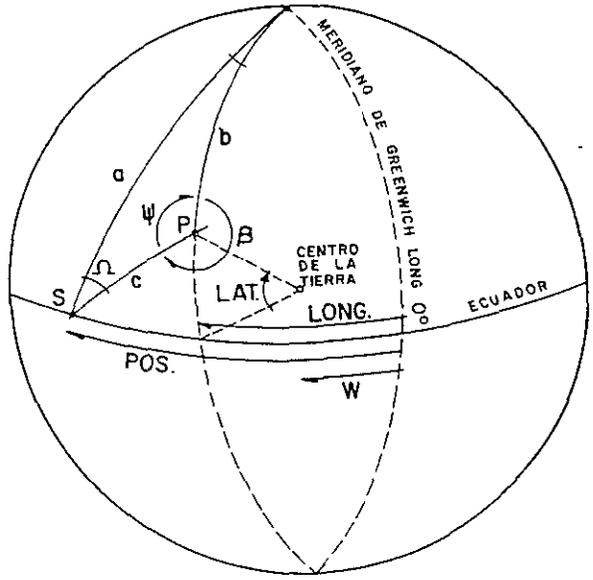


Figura # 22



Las ecuaciones permiten calcular los ángulos de orientación α y β para cualquier pareja arbitraria estacionaria terrena-satélite; es importante hacer notar que mediante otros criterios de análisis, diferentes al descrito, también es posible deducir expresiones matemáticas aparentemente distintas, pero que conducen a resultado similares; como se muestra en la figura # 23(a) y # 23(b) respectivamente.

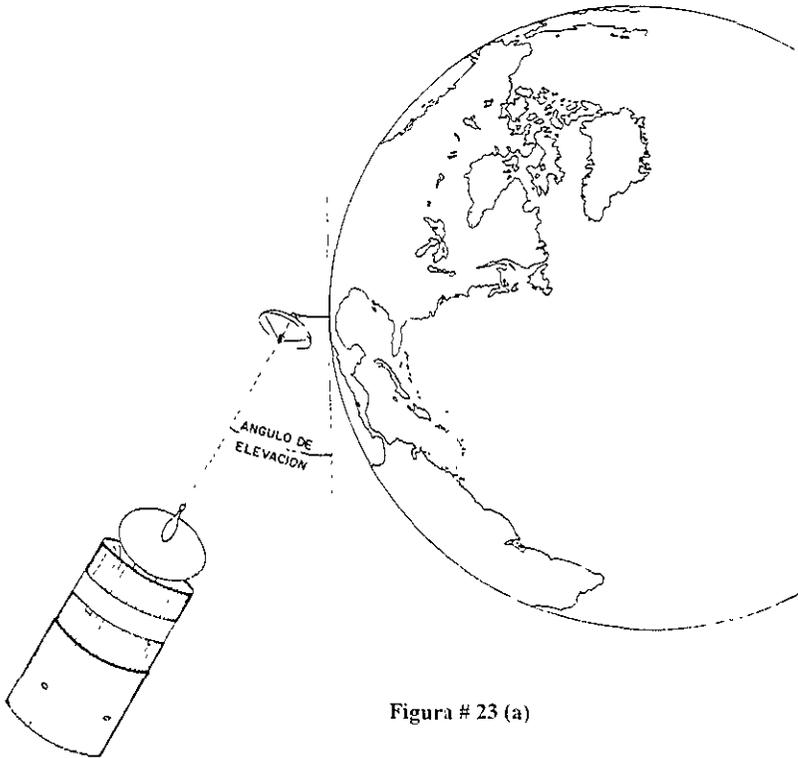
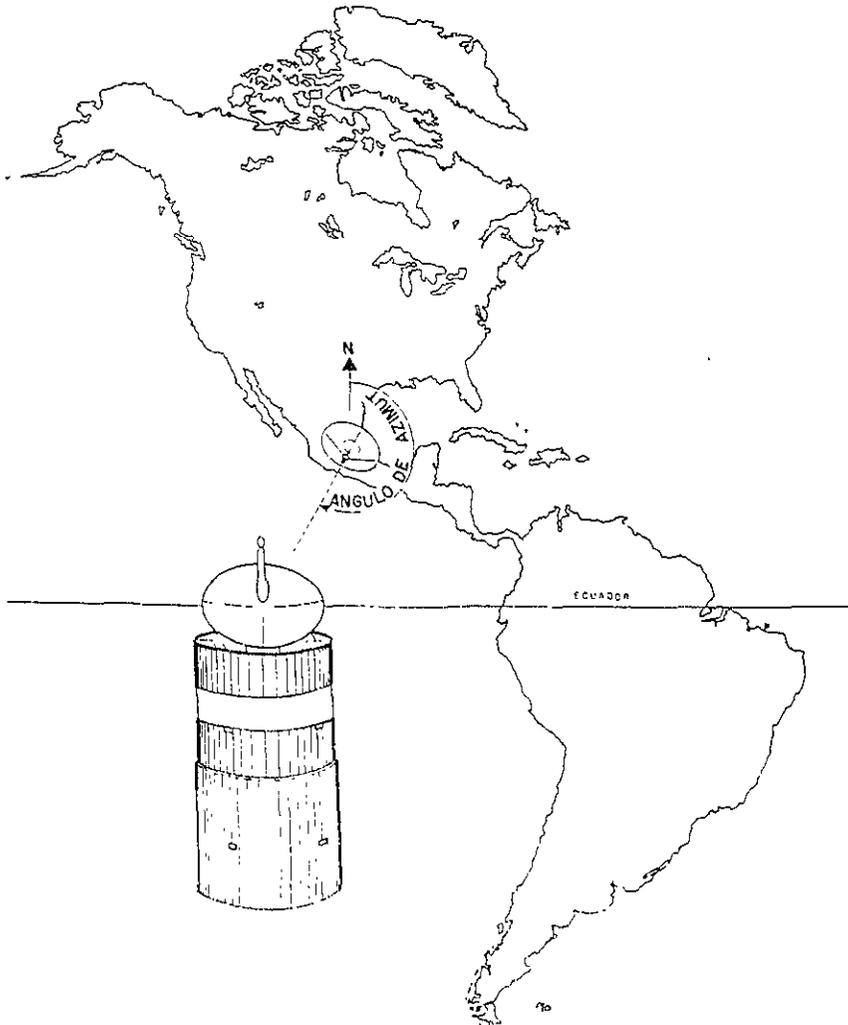


Figura # 23 (a)



Figura # 23 (b)





4.3 Contorno de Ángulos de Orientación.

Al graficar los resultados de las ecuaciones obtenidas, através de familias de curvas, en donde puede leerse, por ejemplo, el ángulo de elevación α para una cierta latitud de la estación terrena y una diferencia de longitud entre ésta y el satélite. La gran ventaja de estas familias de curvas es que son útiles para cualquier satélite, puesto que lo unico que importa es la diferencia de longitudes entre la estación terrena y el satélite; pero, en contraparte, resulta muy poco ilustrativa. En cambio, si los ángulos α y β son mostrados gráficamente sobre una región geográfica determinada, y particularizando a un solo satélite a la vez, se pueden obtener contornos prácticos y muy ilustrativos, como los de la figura # 24. Estos contornos se obtuvieron empleando las ecuaciones 9 y 13 con el satélite geoestacionario *Galaxy 2*, ubicado a 74°O . Como es de esperarse, todo plato parabólico situado en el hemisferio norte y sobre el meridiano 74°O que desee detectar señales del *Galaxy 2*, debe tener un ángulo de azimut β de 180° , puesto que la parábola esta totalmente de espaldas al Polo Norte y viendo de frente al satélite. Si nos desplazamos hacia la izquierda, a lo largo de una de las curvas de ángulo de elevación constante, por ejemplo $\alpha = 50^{\circ}$, es sencillo imaginar cómo debe girar el plato parabólico, tratando de mantener una vista directa hacia el satélite; de esta forma, para una estación situada sobre la línea del ecuador, el ángulo de azimut baja a 90° , puesto que su línea visual con el satélite forma una escuadra de 90° con respecto a la dirección hacia el polo Norte

También es de esperarse que, como lo muestra la figura # 24. Mientras más cerca esté la estación terrena del satélite, tanto el latitud como en longitud, el ángulo de elevación tenderá hacia 90° , tomando este valor cuando el plato parabólico está precisamente sobre el ecuador, viendo al satélite totalmente hacia arriba, a lo largo de una perpendicular a la Tierra en ese punto. Es aquí donde la distancia D estación terrena-satélite es mínima. Conforme aumenta la distancia entre la estación terrena y



el satélite, el ángulo de elevación va decreciendo. De hecho, es fácil visualizar los contornos de ángulo de elevación como proyecciones de círculos concéntricos sobre la superficie terrestre, aun cuando en la figura muestre únicamente una parte de los

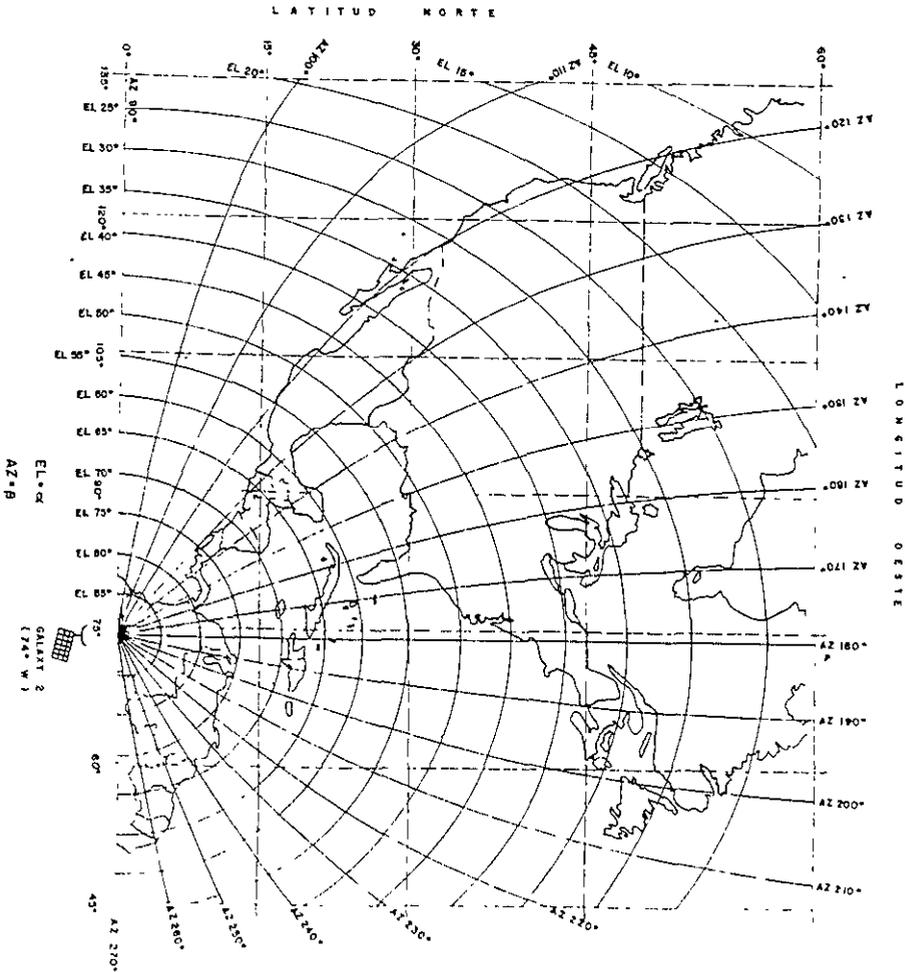


Figura # 24



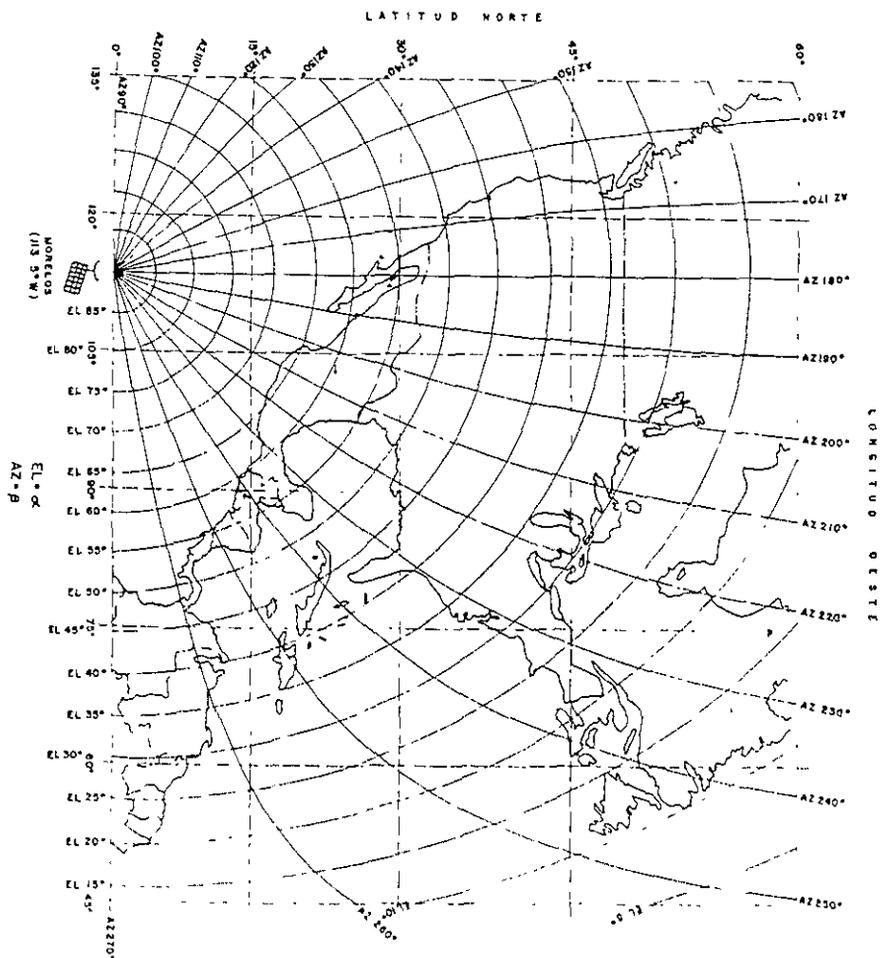
mismos. La utilidad de estos contornos es obvia, pudiendose determinar por interpolación, y con bastante aproximación, la pareja de ángulos α y β para cualquier estación terrena orientada al satélite.

Un grupo de contornos similares a los de la figura # 24 puede obtenerse para cada satélite de interés. Los contornos asociados a los satélites mexicanos Morelos 2 Solidaridad se muestran en las figura # 25 y figura # 26. A diferencia de la figura # 24, en ambos casos el satélite se encuentra ubicado en el lado extremo occidental del continente americano; por consiguiente, los contornos de ángulos de elevación se ven desplazados hacia el oeste, siendo concéntricos ahora con los satélites Solidaridad. Con referencia la figura # 25, las estaciones terrenas situadas en la parte central de la península de Baja California tiene un ángulo de azimut de 180° , puesto que sus platos deben de estar de espaldas al Polo Norte, viendo de frente al satélite Morelos 2 Morelos 2, ubicado en 113°O . Si nos desplazamos por ejemplo, en la dirección *Este* a lo largo de la curva de ángulo de elevación constante $\alpha = 60^\circ$, observamos que el plato parabólico debe girar, para seguir viendo de frente al satélite, hasta que en el punto sobre el ecuador, $\beta = 270^\circ$. Si el desplazamiento se hiciese sobre la misma curva, pero en dirección oeste, al llegar a un punto sobre el ecuador, el ángulo de azimut β sería igual a 90° .

Una interpretación similar a la anterior se le aplica a los contornos de la figura # 26, correspondientes al satélite mexicano Solidaridad, que opera en 116.8°O . Es fácil intuir que la familia de contornos es la misma que el de la figura # 25, sólo que centrada ahora en otro satélite, desplazándolos únicamente sobre el arco ecuatorial, utilizando un par de láminas. Una de ellas transparente y móvil, que contenga los



Figura # 25





COMUNICACIONES
CARACTERISTICAS DE LAS ANTENAS PARABÓLICAS

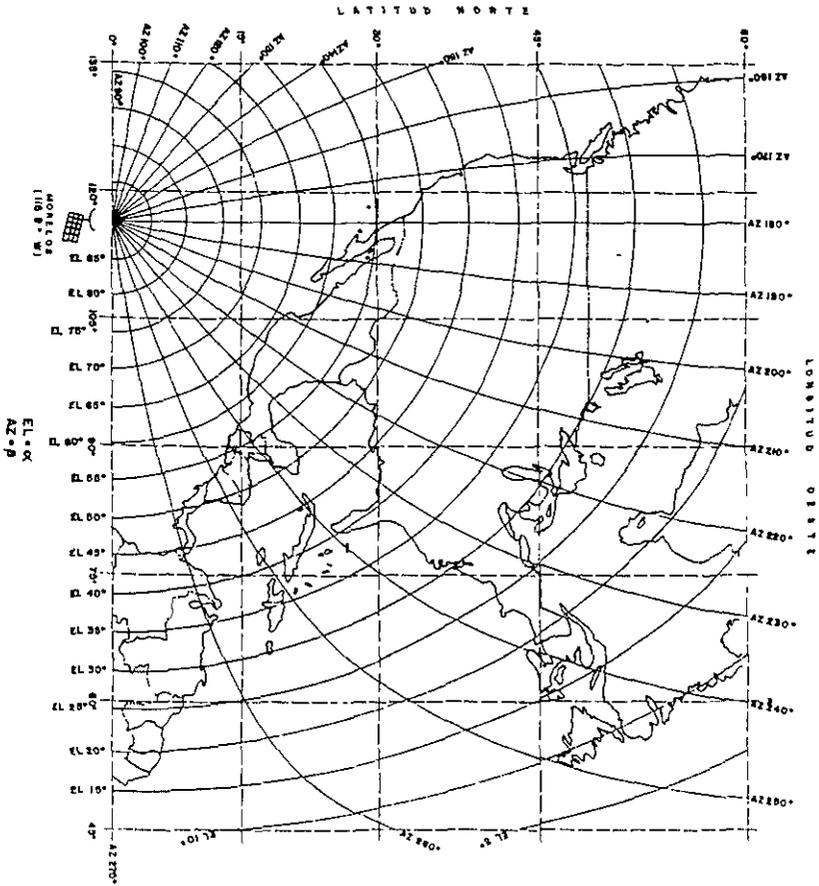


Figura # 26



contornos los cuales deben de coincidir con la posición del satélite geostacionario deseado. En este principio se basa la *Carta Universal de Contornos*.

4.4 Carta Universal de Contornos de Elevación y Azimut.

Anteriormente se mostraron los contornos de los ángulo de elevación y azimut necesarios para orientar una antena parabólica hacia tres satélites específicos. Muchos contornos similares, para otros satélites, son publicados periódicamente en revistas especializadas, la gran desventaja de esta forma de representar los ángulos de orientación es que siempre hay que dibujar los contornos para un satélite muy particular y una zona geográfica específica, y cada vez que se cambie de satélite o zona geográfica, hay que realizar un dibujo diferente.

Sin embargo, si se usa la *Carta Universal de Contornos de Ángulos de Elevación y Azimut* para orientar antenas parabólicas hacia cualquier satélite Geostacionario se evita la molestia de redibujar los contornos cada vez que se quiera cambiar de satélite. Este sistema geográfico es concedido al Dr. Rodolfo Neri Vela y al Dr. Bernardo Martínez Avalos por los Estados Unidos Americanos con número de patente 4,725,236, en febrero de 1988.

EL proceso para utilizar la Carta Universal es muy sencillo:

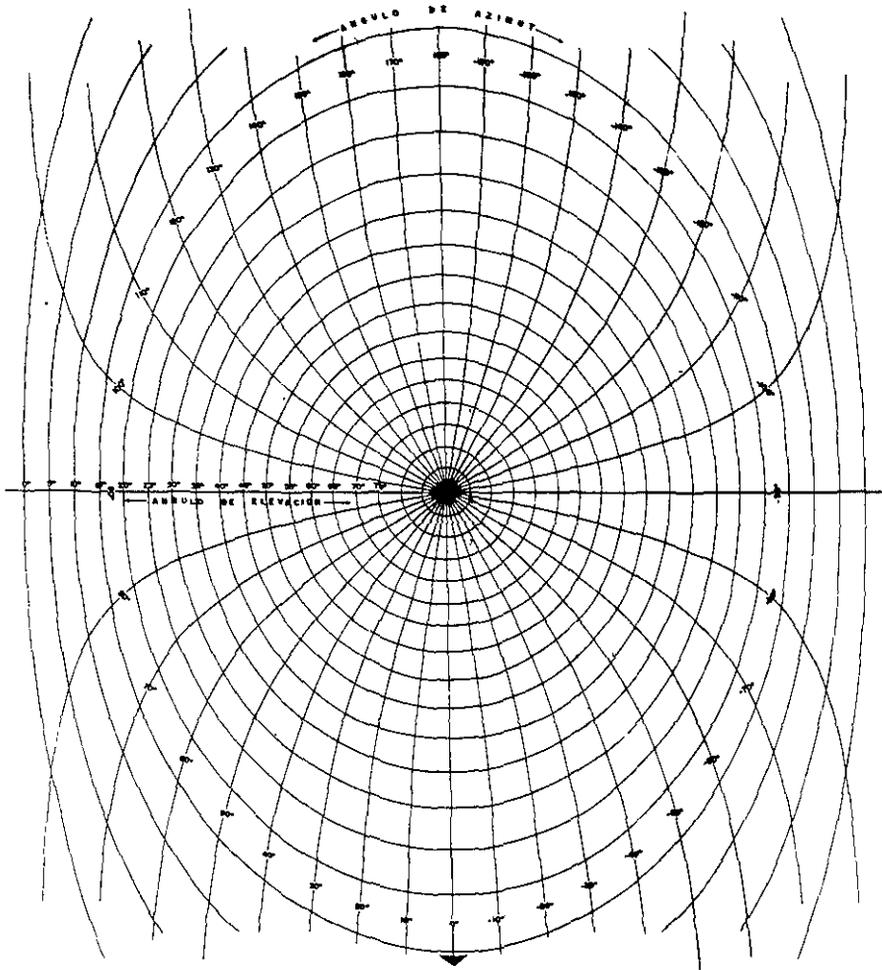
1. Coloque la mica sobre el mapa, haciendo coincidir la línea horizontal de la con la línea ecuatorial del mapa
2. Deslice la mica sobre el mapa, hasta que la flecha dibujada abajo de la vertical central de la mica coincida con la posición de longitud este u oeste del satélite deseado, misma que se lee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

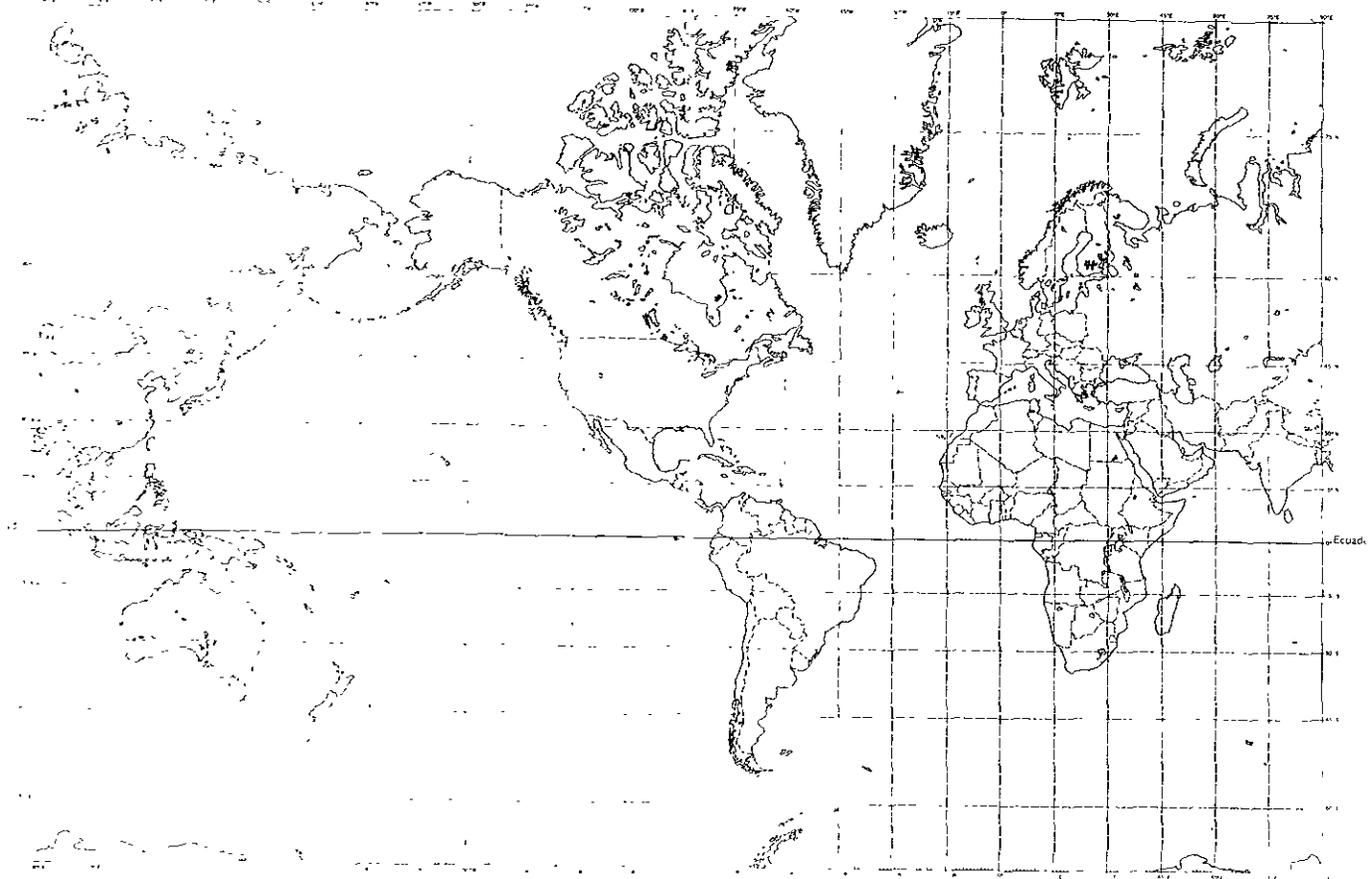


3. Lea directamente sobre los contornos los ángulos de elevación y azimut que deberá tener la antena para la posición geográfica elegida. De ser preciso, recurra a interpolación para leer los resultados con mayor precisión.

No olvide que los anteriores son con respecto al norte geográfico de la Tierra; que por cuestiones técnicas, al ángulo de elevación no debe ser menor de los 10° ; y que debe consultarse el contorno de radiación de cada satélite en particular (huella de iluminación o *footprint*), para asegurar que la energía radiada llegue con un nivel de potencia aceptable.

ANGULOS DE ELEVACION Y AZIMUT







5. GANANCIA Y RENDIMIENTO DE UNA ANTENA PARABÓLICA.

5.1 Pérdidas de espacio libre.

La pérdida de espacio libre en las comunicaciones por satélite es una función de la frecuencia en uso y la distancia que tiene que cubrir la señal desde el satélite sobre la Tierra y la distancia en línea recta hasta el punto de recepción. El valor de d , la distancia, viene determinado por la posición del satélite con respecto al punto receptor. La atenuación atmosférica se debe a la absorción de energía de microondas del oxígeno, el vapor de agua y la lluvia. El efecto de atenuación atmosférico no es tan grave en las frecuencias de banda C y banda Ku.

<i>Frecuencia</i>	<i>d 35,787 fm</i>	<i>d 39,000 km</i>	<i>d 41,679</i>
<i>GHz</i>	<i>(cenit)</i>	<i>(típica)</i>	<i>(horizonte)</i>
6	195.6	196.3	196.9
5	199.0	199.8	201.9
11	204.4	205.1	205.7
12	205.1	205.8	206.4
14	206.5	207.2	207.9

El efecto de rotación de Faraday es un fenómeno que experimenta las señales que han viajado por la ionosfera. Estas señales tienen una interacción mutua con el campo magnético terrestre produciendo un efecto conocido como rotación de Faraday. El efecto es proporcional a la densidad de la capa ionizada y tiene como consecuencia una atenuación de la señal.

Las pérdidas de centello son el resultado del paso de las señales por varias capas ionizadas entre 80 y 450 km sobre la Tierra. El centello hace que las señales se



debiliten. Un fenómeno que es crítica es el de la pérdida de transmisión debida a un eclipse.

Los sistemas de comunicación vía satélite no carecen de dificultades de propagación, pero normalmente son de naturaleza previsible, y en la mayoría de los casos pueden tomarse medidas para garantizar que las estaciones terrenas, allí donde estén, con muy pocas excepciones, puedan recibir la señal emitida por un satélite.

Estos son algunos de los factores más importantes a tener en cuenta:

- a) Pérdidas de espacio libre;
- b) Atenuación debida a nubes y lluvia;
- c) Atenuación atmosférica;
- d) Efecto de rotación de Faraday;
- e) Pérdidas de señales debido al centello;
- f) Interferencia de canales contiguos;
- g) Interferencia de la transmisión.



5.2 Ganancia de la antena parabólica .

A una frecuencia dada, la ganancia de una antena parabólica es función de su área efectiva y se puede expresar mediante la fórmula:

$$G = 10 \log_{10} \left(\frac{4\pi A \eta}{\lambda^2} \right)$$

Las antenas parabólicas de que se disponen comercialmente se alimentan de manera convencional, por medio de una antena de cono en su foco y, generalmente, tiene una eficiencia del 55% o más; con tal eficiencia la ganancia (G en dB) es:

$$G = 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} F + 7.5$$

Donde F es la frecuencia en gigahertz y D es el diámetro de la pérdida en pies.

En unidades métricas se tiene:

$$G = 20 \log_{10} D + 20 \log_{10} F + 17.8$$

Donde D es la distancia en metros y F la frecuencia en gigahertz.

En toda regla hay excepciones. Un método para llevar de RF desde y hacia el punto de radiación es el que se conoce como método de periscopio. En este caso, la antena se monta en el edificio o caseta del equipo de radio y la torre se instala un reflector plano en el punto de radiación. Si la antena queda directamente debajo del reflector, este se orientará a 45° para hacer que el haz se emita en línea recta paralela a la Tierra, como se ilustra en la figura # 27.



Para efectos de cálculo de trayectoria, puede haber una pérdida o ganancia de varios decibels en cada extremo cuando se usan técnicas de periscopio. La ganancia o la pérdida dependen de la frecuencia, el tamaño de la antena, el área transversal del reflector y la distancia de la antena al reflector.

También se pueden usar otros tipos de antena, tales como la *cornucopia*, cono, espiral, etc. Además del costo y la ganancia, otras características son: La relación frente a la espalda, lóbulos laterales y eficiencia.

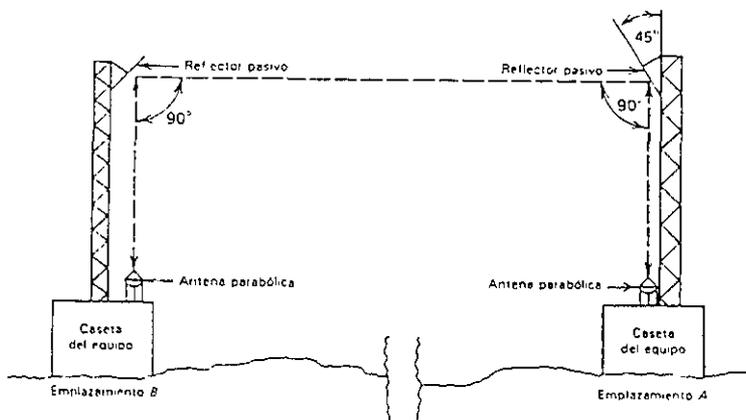


Figura # 27



5.3 Potencia Radiada Isotrópica Efectiva (EIRP).

El Ingeniero de radio utiliza el término potencia efectiva radiada isotrópicamente (PERI) para describir la potencia en el haz de radio en relación con la antena isotrópica.

Recuérdese que el radiador isotrópico es una antena hipotética que radia o recibe de igual manera en cualquier radiación (definición del IEEE), el diccionario del IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) añade: *no existe físicamente una antena que radie isotrópicamente, pero es una referencia conveniente para expresar las propiedades direccionales*. Esta tiene la ganancia de uno, que se designa como cero decibeles.

La potencia radiada isotrópica efectiva se define como una potencia de transmisión equivalente y se expresa matemáticamente como

$$\text{EIRP} = P_t A_t \text{ (watts)}$$

Donde

P_t = potencia total radiada (watts)

A_t = ganancia directiva de la antena transmisora (sin unidades)

$$\text{EIRP (dBm)} = 10 \log (P_t / 0.001) + 10 \log A_t$$



EIRP es la potencia equivalente que tendría que radiar una antena isotrópica para alcanzar la misma densidad de potencia en la dirección seleccionada en un punto determinado, como otra antena. En la figura # 25, se muestra un ejemplo de la potencia radiada isotrópica eléctrica (EIRP).

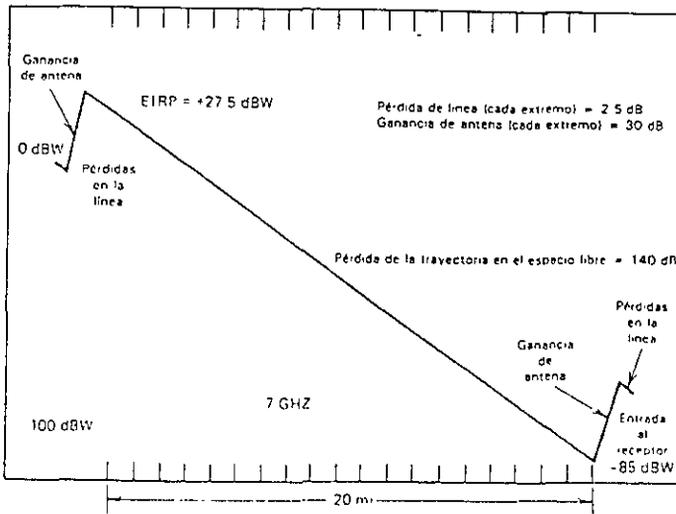


Figura # 28



5.4 Factor de Mérito.

Se introdujo el factor de mérito, G/T , de una estación terrena en la tecnología para describir la capacidad de la estación terrena para recibir la señal desde el satélite.

El numerador G de la expresión es la ganancia de la antena a la frecuencia de recepción. La forma logarítmica de la expresión es:

$$G/T = G_{dB} - \log T_e$$

La temperatura (T , T_e) de ruido y su relación con la cantidad de ruido (dB) es un dispositivo como se menciono anteriormente en unidades de K° .

5.5 Fuentes de interferencia.

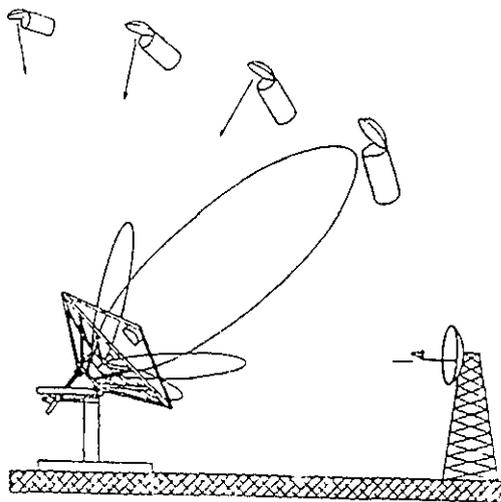
El ruido eléctrico total, que es la señal indeseable, procede de una serie de distintas fuentes. Estas pueden verse mejor en la figura # 29 de una antena parabólica receptora.

El primero de los componentes indeseables es la discriminación de polarización cruzada, la segunda fuente de señales de interferencia indeseable procede de los satélite en orbitas continuas. Las dos fuentes de interferencia restantes son las transmisiones terrestres y el ruido eléctrico que emana de la Tierra.

En una antena parabólica típica de un satélite será evidente que cuanto mayor es el ángulo de elevación, menor es el riesgo de interferencia terrestre. A la inversa, cuando el satélite está proximo al horizonte cuanto menor es el ángulo de elevación, mayor es el riesgo de interferencia de transmisiones terrestres y de ruido que emana de la Tierra



Figura # 29





6. ¿ANTENAS PARABÓLICAS PEQUEÑAS O PLANAS?

La antena de placa plana funciona con un principio totalmente a la antena de avance descentrado. En este caso, el foco del reflector parabólico refleja las señales recibidas en la parte superior de un avance primario. Estas señales recogidas por el avance primario se introducen entonces en la unidad exterior. En el caso de la antena de placa plana los principios son muy distintos.

La antena de placa plana funciona con un principio totalmente diferente a la antena de avance descentrado. En este caso, el foco del reflector parabólico refleja las señales recibidas en la parte superior de un avance primario. Estas señales recogidas por el avance primario se introducen entonces en la unidad exterior. En el caso de la antena de placa plana los principios son muy distintos.

La antena de placa plana tiene varias ventajas y puede resultar muy popular a largo plazo. Es fácil de montar, tiene baja resistencia al viento, no tiene bloqueo de avance y puede hacer frente a todas las polarizaciones. Una placa plana de 350 mm cuadrados da una ganancia de unos 31 dBi, es decir, igual que la antena parabólica circular de 400 mm. Debido a las complejidades de fabricación, es probable que la antena de placa plana sea más costosa que la antena parabólica.

Antenas parabólicas para TV. Los sistemas de antena colectiva por satélite se utilizan para transmitir programas de televisión vía satélite a muchos televidentes. En la actualidad, los particulares que desean captar canales de TV transmitidos por satélite en la banda Ku en Japón y Europa, tienen a su alcance una variedad de equipos que pueden incluir ya sea una antena parabólica pequeña o una antena plana; ambas miden, aproximada y respectivamente, unos 50 cm de diámetro o largo, y estéticamente son muy atractivas.



Una antena parabólica pequeña (banda Ku) funciona teóricamente de la misma manera que un plato de la banda C; sin embargo, al operar a frecuencias más altas, es obvio que el alimentador y la electrónica asociados varían, al igual que el control de calidad en el acabado de la superficie del plato, el montaje, etc. Por su tamaño reducido, si se desea, todo el equipo -incluyendo la antena- se puede colocar dentro de una habitación, cerca de una ventana, siempre y cuando desde esa posición se pueda orientar el plato hacia el satélite objetivo; la otra alternativa, según el caso y gusto, es instalar el plato en el exterior.

Por su parte, las antenas planas también se pueden colocar en el interior o el exterior, y funcionan como un conjunto muy grande de antenas dipolo que suman su potencia en un punto de recolección. Básicamente, una antena plana consiste de tres capas que no hacen contacto entre sí: una placa metálica continua llamada *plano de tierra*, una placa de plástico con líneas metalizadas que transmiten o guían la potencia de las señales, y otra placa de plástico metalizado con muchas ranuras rectangulares (aprox. 250) que detectan las señales provenientes del satélite. Todo este arreglo es protegido por una última placa de plástico, que además le da a la antena un aspecto muy atractivo, y que de acuerdo con su color se pueden incluso *camufllear* con la construcción, para que se confunda con la pared o el techo y sea prácticamente invisible.

La ganancia y calidad de recepción que se obtiene con las antenas planas ofrecidas en el mercado son similares a las que se logran con antenas parabólicas pequeñas; inclusive, las primeras - por su dimensión plana - se pueden fabricar fácilmente, siempre y cuando las ranuras y los demás elementos estén bien diseñados.



CONCLUSIONES.

La antena parabólica es una herramienta fundamental para las comunicaciones vía satélite, gracias a ella es posible el intercambio de información desde una estación terrena a un satélite. estación terrena a estación terrena, satélite a satélite.

No solamente la antena parabólica se utiliza para la recepción de señales para TV, ésta como se mencionó, son herramientas básicas para la transmisión y recepción de información, por lo que las antenas parabólicas las podemos encontrar tanto en casa habitación. como en obserbatorios, bancos, estaciones de radio, estaiones televisoras, edificios públicos, empresas privadas y lo más importante, en los mismos satélies.

La información que es transmitida es un espacio libre, por medio de ondas electromagnéticas es invisible a los ojos; esta señal u ondas electromagnéticas es transmitida en forma vertical u horizontal, llamandose a este proceso, polarización de la señal (polarización vertical y polarización horizontal respectivamente). La potebcia radiada en un espacio libre sin obstáculos o intcferencias, sería la misma en la recepción si no consideraramos factores importantes como la atenuacion, la interferencia, etc.; sin embargo para diseño de una antena parabólica hay que considerarlos; otros factores importantes como es en la práctica: arboles, montañas, nubes o edificios. Atenuación: lluvia, nubes, neblina, vientos fuertes, capas atmosféricas, etc Sin embaigo existen otros factores en el diseño como es la refracción, absorción, reflexión, difracción, propagación de la señal, etc

La eficiencia de la antena parabólica esta determinada por varios factores, como son la ganancia de la misma, la potencia radiada y las perdidas que existen tanto en el espacio libre como en la misma antena.



La antena paraoica esta dividida en dos partes fundamentales: mecánica y eléctrica. En la parte mecánica encontramos lo que es el plato parabólico, la base de elevación y azimut; en la parte eléctrica encontramos el alimetador, la guía de onda, el amplificador de bajo ruido, convertidor de bajada y el receptor. Estos instrumentos son básicos para cualquier entena parabólica y con ayuda de otros *utencilios* se llega a obtener diferentes mecanismos de alimentación, como es el de *corneta*, *central* y *Cassegrain*. Sin embargo existen diferentes tipos de antenas parabólicas basandose en los mecanismos de alimentación, como son la antena de avance central y la antena de avance decentrada.

Se debe de tener en cuenta que para recibir la señal de nuestro satélite hay que orientar la antena parabólica a un satélite determinado. En el apuntamiento de nuestra antena parabólica existen dos parámetros que son: elevación y azimut. En la elevación como su nombre lo indica, elevamos nuestra antena al satélite en un máximo de 90° (en el acuador) y el azimut orientamos la antena en el horizonte en un maximo de 180° Existen tablas de para la orientación de la antena parabólica en donde nos describe la posición del satélite. Pero también existen la *Carta Universal de Contornos de Ángulos de Elevación y Azimut*.

La antena parabólica es una herramienta importante en el área de comunicaciones vía satélite, ya que podemos transmitir voz, datos e imagen a grandes distancias, lugares de difícil acceso ó como medio de respaldo en la transmisión de información.



GLOSARIO

Ancho de Banda: Medida de capacidad de transmisión de una línea, usualmente expresada en ciclos por segundo o Hertz.

Antena: Conductor que capta o emite ondas electromagnéticas en radio y televisión.

Decibelio: Unidad con que suele expresarse la relativa intensidad de los sonidos y equivale aproximadamente al umbral mínimo de percepción sonora. Su abreviatura es dB.

Ecuador: Círculo imaginario que pasa por el centro de la Tierra y es equidistante de los polos. Círculo imaginario que pasa por el centro de la esfera celeste, esfera también imaginaria y concéntrica con la Tierra.

Enlace: Es un circuito físico entre los puntos, o bien un circuito lógico o conceptual entre dos usuarios de una red de conmutación de paquetes u otro tipo de red de comunicaciones, que les permite comunicarse entre sí.

Foco: En geometría, cada uno de los puntos especiales de la elipse, de la hipérbola y de la parábola.

Grado Kelvin (K°). Unidad de temperatura en la escala del mismo nombre.

Haz: Porción de rayos luminosos.

Hercio (Hertz): Unidad de frecuencia, que significa 1 ciclo por segundo. Se abrevia Hz.



Latitud: Distancia que hay desde un punto de la superficie de la Tierra al Ecuador.

Lóbulo: Reborde en figura de onda.

Longitud: Distancia de un punto de la Tierra al meridiano cero, medida en grados en el Ecuador.

Microonda: Onda electromagnética con una frecuencia superior a los 900 MHz. Las señales son transmitidas por antenas especiales que deben de estar a la vista.

Onda Electromagnética: Vibración u oscilación eléctrica y magnética que se propaga por el espacio a la velocidad de la luz.

Parábola: En geometría, curva abierta formada al cortar un cono por un plano paralelo a una generatriz.

Reciproco: Dícese de la acción o sentimiento que se da entre dos personas o cosas y se ejerce simultáneamente de una hacia otra, y a la inversa.

Satélite: Es un dispositivo satélite localizado a varios miles de kilómetros sobre la Tierra, el cual actúa como un espejo en las telecomunicaciones. Muchos de estos satélites están en órbitas sincronizadas con la rotación de la Tierra, aproximadamente a 35.680 km sobre la línea ecuatorial, de tal manera que parece estar en un punto estacionario en el espacio.



BIBLIOGRAFÍA

Sistemas de Comunicaciones Electronicas.

Wayne Tomasi.

Ed. Prentice Hall Hispanoamericana

México 1997

Comunicaciones de Redes y

Procesamiento de datos

Gonzalez Sainz Nestor

Ed. MC Graw Hill

México 1993

Satellite Communications.

Timothy Pratt & Charles W. Bostian

Ed. John Wiley & Sons

Singapore 1986

Sistemas de Telecomunicación

Vía Satélite

James Wood

Ed. Paraninfo.

España 1995

Ingengería de Ssistemas de Telecomunicaciones

Roger L. Freeman.

Ed. Limusa

Mexico 1995