



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

"COMUNICACIONES, ORIENTACION DE ANTENAS
PARABOLICAS"

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

MARIO MOGUEL LUNA

ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997.

**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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

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

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

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, Orientación de Antenas Parabólicas

que presenta el pasante: Miguel Lupa Morio
con número de cuenta: BB7810-5 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 local, Edo. de México, a 11 de Septiembre de 1997

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>II</u>	<u>Ing. Juan Gonzalez Voz</u>	<u>[Firma]</u>
<u>I</u>	<u>Ing. Vicente Mueñin Gonzalez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Marquez</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VBOUSEA

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

**AGUSTIN MOGUEL ALVARADO
APOLONIA LUNA RAMIREZ**

Quienes a base de carino y consejos han sembrado en mi, el deseo de estudiar y superarme. Y por haberme heredado lo mas valioso en la vida, principios y educacion.

A MIS HERMANOS:

MARTIN Y LETICIA

Por todo su apoyo y comprension.

A MI ASESOR:

Ing. JUAN GONZALEZ VEGA

por brindarme desinteresadamente todo el apoyo y confianza.

A LA UNAM:

Por permitirme formar parte de esta institucion, asi como por brindarme la oportunidad de contribuir al desarrollo de mi pais.

A MIS AMIGOS:

Por brindarme su amistad incondicional.

Finalmente quiero dar gracias a todas aquellas personas que hicieron posible la realizacion de este trabajo.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
1.0 CONCEPTOS BASICOS.....	3
1.1 Definicion de una onda electromagnetica.....	3
1.2 El espectro electromagnetico.....	4
1.3 Polarizacion de una onda.....	6
1.4 Patron de radiacion.....	8
1.4.1 Radiador isotropico.....	8
1.4.2 Propiedades direccionales de una antena.....	11
1.4.3 Ganancia de la antena.....	11
1.4.4 Patron de una antena.....	12
1.4.5 Lobulos del patron de radiacion.....	14
1.4.6 Lobulo mayor.....	14
1.4.7 Lobulo menor.....	14
1.4.8 Lobulo posterior.....	15
2.0 ANTENAS.....	16
2.1 Definicion de antena.....	16
2.2 Partes que componen una antena.....	21
2.2.1 Reflector principal.....	22
2.2.2 Hub.....	24
2.2.3 Montaje.....	24
2.2.4 Mecanismo de movimiento.....	25
2.2.5 Subreflector.....	25
2.2.6 Bocina primaria.....	26
2.2.7 Duplexor.....	26
2.2.8 Deshidratador.....	28
2.3 Tipos de montaje.....	29
2.4 Tipos de antenas parabolicas.....	29
2.5 Caracteristicas de una antena parabolica.....	43

3.0	APUNTAMIENTO DE ANTENAS PARABOLICAS.....	47
3.1	Calculo del angulo de azimuth y elevacion.....	53
3.2	Calculo para el apuntamiento de una antena movil tipo Offset.....	55
4.0	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ORIENTACION DE UNA ANTENA PARABOLICA.....	57
4.1	Factores mecanicos.....	58
4.1.1	Soportes	
4.1.2	Soportes azimuth-elevacion	
4.1.3	Soportes polares	
4.1.4	Orientacion polar.....	61
5.0	EQUIPO UTILIZADO EN LA ORIENTACION DE ANTENAS PARABOLICAS.....	65
5.1	Recepcion.....	67
	CONCLUSION.....	73
	BIBLIOGRAFIA.....	76

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las comunicaciones en el mundo entero están teniendo un gran auge, ya que la necesidad de la información es tanta que de esta dependen muchas de las actividades comerciales y de negocios, así como actividades socio-culturales e informativas, que tiene un gran peso en la vida diaria de la sociedad. Esta necesidad se esta cubriendo actualmente con los servicios y ventajas que nos proporcionan las comunicaciones vía satélite. Muchas empresas están aprovechando estos beneficios y por lo tanto están proliferando redes de datos, telefonía y servicios de TV por satélite, y con esto tienen la necesidad de buscar gente que conozca la tecnología que se utiliza en la implementación de estos servicios.

Este texto tiene la finalidad de que la gente sepa realizar el apuntamiento de una antena y de que se introduzca un poco al mundo de las comunicaciones por satélite.

No es tarea fácil el apuntamiento de antenas salvo que se cuente con los conocimientos mínimos, experiencia previa y equipo de medida adecuados.

Es sabido que un satélite es básicamente un repetidor, como los terrestres pero ubicado en una órbita geoestacionaria, a una distancia de la tierra de unos 36,000 Km. La órbita geoestacionaria se encuentra en el plano ecuatorial, y con un periodo de revolución de un día sideral de 23 h 56 m 4.1 s. De esta forma el satélite puede apuntarse con una antena fija, pues se mueve con la tierra.

Las limitantes de los satélites condicionan las instalaciones receptoras terrestres. En principio la potencia de los amplificadores del satélite esta limitada por la utilización de la energía solar. Otra condicionante es la limitación en el tamaño de sus antenas, y también el peso del satélite, ya que el costo aproximado del lanzamiento por cada kilogramo es de 50,000 dólares.

Por estos motivos, las estaciones receptoras deben estar preparadas para recibir señales muy débiles, que han efectuado recorridos de unos 72,000 Km.

Vamos entonces a comenzar con los conceptos básicos necesarios para comprender mejor todo lo relacionado con el apuntamiento de antenas.

1.0 CONCEPTOS BÁSICOS

1.1 DEFINICIÓN DE ONDA ELECTROMAGNÉTICA

Una onda electromagnética, se puede definir como aquella que esta 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 grandes distancias y transportan energía, la cual se denomina como radiación.

A menudo, el estudio de ondas electromagnéticas, se basa en el estudio de las características de la luz, y estas se asocian y se generalizan para todas las ondas electromagnéticas.

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 retornan al medio original.
- Se refractan, es decir, cambian 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 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

Se sabe actualmente que el intervalo de frecuencias del espectro electromagnético es muy grande .

La longitud de onda λ de la radiación electromagnética esta 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).

En términos de longitud de onda, el segmento reducido del espectro electromagnético que se refiere a la región visible esta 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 establecidos son meramente arbitrarios.

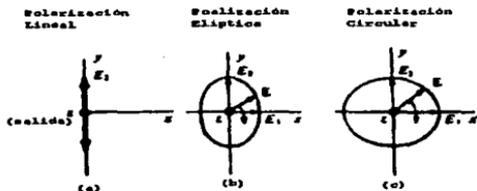
Los sistemas de comunicaciones emplean el espectro electromagnético mostrado. En los sistemas de comunicaciones vía satélite y otras aplicaciones de telecomunicaciones se trabaja en las bandas mas altas de frecuencia como son la super alta frecuencia (SHF), y la banda de extremadamente alta frecuencia (EHF), y dentro de estas bandas existen sub-bandas, donde hay bandas muy importantes, como la banda C, donde se manejan todas las señales de TV comercial, algunos sistemas de datos y voz, radiodifusión. Otra banda importante es la Ku, por donde se cursan servicios de datos y voz, así como televisión, y por ultimo mencionamos a la banda L, en la cual se manejan sistemas de comunicaciones móviles.

1.3 POLARIZACIÓN DE UNA ONDA

Se entiende por polarización de una onda plana uniforme al comportamiento temporal de la intensidad del campo eléctrico en un punto fijo del espacio. Considérese, por ejemplo, una onda plana uniforme que viaja en sentido Z con los vectores E y H situados en el plano X-Y. Si $E_Y=0$ y solo esta presente E_X , se dice que la onda esta polarizada en la dirección X. Análogamente, podría establecerse cuando la onda esta polarizada según Y. Si hay las dos componentes E_X y E_Y y están en fase, el campo eléctrico resultante tiene una dirección dependiente de las magnitudes relativas de E_X y E_Y . El ángulo que forme esta dirección con el eje X será:

$$\tan^{-1} (E_Y/E_X)$$

y sera constante en el tiempo como se muestra en la figura 1.3.1. En estos casos en los que el vector resultante es constante en el tiempo se dice que la onda esta polarizada linealmente.



Polarización lineal, elíptica y circular con propagación de ondas fuera de la página.

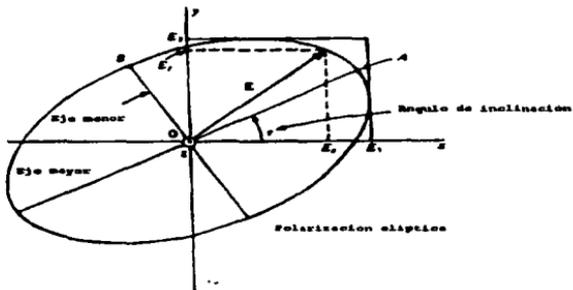


FIG. 1.3.1 POLARIZACIÓN LINEAR, ELÍPTICA Y CIRCULAR CON ÁNGULO DE INCLINACIÓN, MOSTRANDO LAS COMPONENTES E_x Y E_y Y AMPLITUDES DE E_1 Y E_2 .

Si E_X y E_Y no están en fase, es decir, alcanzan sus valores máximos en instantes diferentes, entonces la dirección del vector eléctrico resultante variara en el tiempo. En este caso puede demostrarse que el lugar geométrico de los vértices de estos vectores resultantes E será una elipse, diciéndose entonces que la onda esta polarizada elípticamente. En el caso en particular en que E_X y E_Y tengan igual magnitud y un desfase de 90° , el lugar será una circunferencia, hablándose entonces de polarización circular. La polarización elíptica es de hecho la forma mas general de polarización. La polarización esta completamente especificada por la orientación del eje mayor y por la razón de sus ejes, así como por el sentido de rotación del vector del campo eléctrico.

1.4 PATRÓN DE RADIACIÓN

1.4.1 RADIADOR ISOTRÓPICO

Un radiador isotrópico es análogo a un foco de luz, el cual define una esfera, la intensidad de energía es constante. El área de esta esfera de recepción de energía uniforme es igual a $4\pi r^2$. Esta es una practica común para medir la intensidad a una distancia en particular (radio) en unidades de watts por metro cuadrado, calculado de dividir la potencia de una fuente isotrópica por el área de un metro cuadrado de una esfera. La potencia de radio frecuencias producida por una fuente isotrópica produce una densidad de potencia constante en una distancia fija y esta densidad decrece conforme el punto de recepción se va alejando de la fuente.

Ignorando la perdida es teóricamente posible recibir toda la potencia transmitida por un colector con una superficie alrededor de la fuente, a pesar de la distancia.

Por lo tanto la antena receptora trabaja en base al área expuesta a la radiación de energía de RF de la fuente, esto es ilustrado por una fuente isotrópica la cual radia energía hacia dos antenas de igual área, figura 1.4.1. La superficie de la antena 2 esta mas alejada de la fuente, que la de la antena 1. Nótese como el área mas cercana intercepta considerablemente mas potencia que el área distante. Esta es la razón por la cual se debilita la señal conforme el receptor se va alejando del transmisor. Esto demuestra también el concepto de área de captura, es decir la relación entre el área efectiva de una antena y la potencia de la señal recibida por esta. Por ejemplo la eficiencia del plato de la antena es definido como la razón de área efectiva, esto es, una área física. Los valores típicos son 0.55 a 0.80.

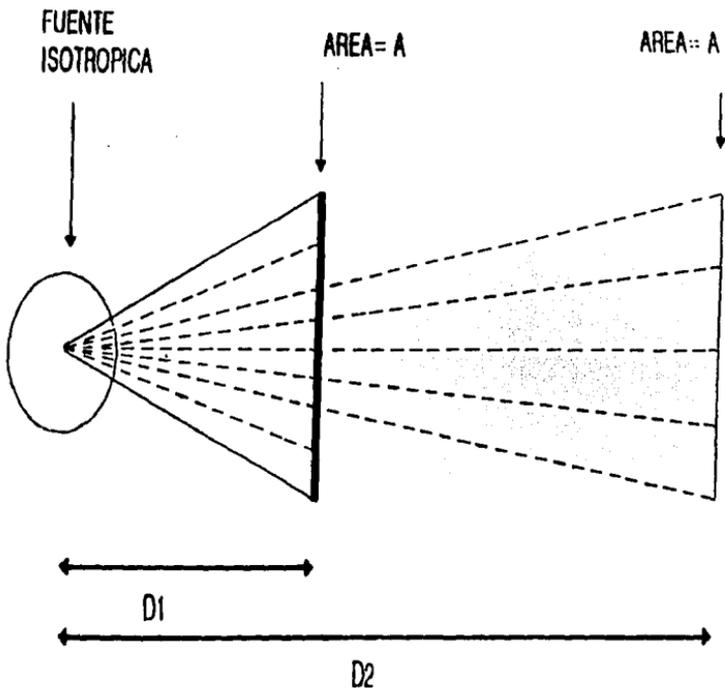


FIG. 1.4.1 EL RADIO DE ENERGIA CAPTURADO POR UNA ANTENA DE AREA FIJA SE DECREMENTA AL INCREMENTAR LA DISTANCIA DE LA FUENTE.

1.4.2 PROPIEDADES DIRECCIONALES DE UNA ANTENA

El dibujo de una fuente isotrópica no representa el como se lleva a cabo la comunicación en el satélite, por que las antenas transmisoras son directivas. El concepto de directividad significa que la antena tiene la capacidad de enfocar en una dirección específica , de ese modo incrementa la eficiencia en un enlace punto a punto. La energía la cual podría estar siendo radiada en otras direcciones alrededor del radiador isotrópico , es concentrada por la estructura de la antena y redirigida para incrementar la intensidad en la dirección deseada. Otra importante propiedad de una antena es la capacidad de transmitir y recibir a una frecuencia dada, la cual es llamada reciprocidad. Esto permite que la antena reciba precisamente con las mismas características direccionales que a la transmisión.

1.4.3 GANANCIA DE LA ANTENA

La ganancia de una antena, es una medición importante del comportamiento de una antena. En la comunicación comercial vía satélite es muy común definir la ganancia en una dirección específica tomando la razón de intensidad de energía radiada de una fuente isotrópica. Por supuesto, la antena y la fuente isotrópica podrían ser operadas con la misma cantidad de potencia de RF.

En la figura 1.4.1 el haz principal de la antena tiene una ganancia pico (es decir en la dirección de máxima radiación) de 10. Esto significa que la antena produce una señal 10 veces mas fuerte que una fuente isotrópica con igual potencia de entrada y localizada a la misma distancia. La ganancia de un plato de una antena con un área efectiva fija es incrementada con el cuadrado de la frecuencia, ya que la ganancia de una antena es una razón de potencia, y en la practica es común expresar esto en db.

1.4.4 PATRÓN DE UNA ANTENA

El patrón de radiación de una antena esta definido como una representación gráfica de las propiedades de radiación de la antena como función de las coordenadas espaciales. Normalmente se especifican en:

- a) Intensidad de campo
- b) Fase o polarización

Además nos proporciona información sobre la distribución de energía radiada como función del observador a lo largo de un radio constante.

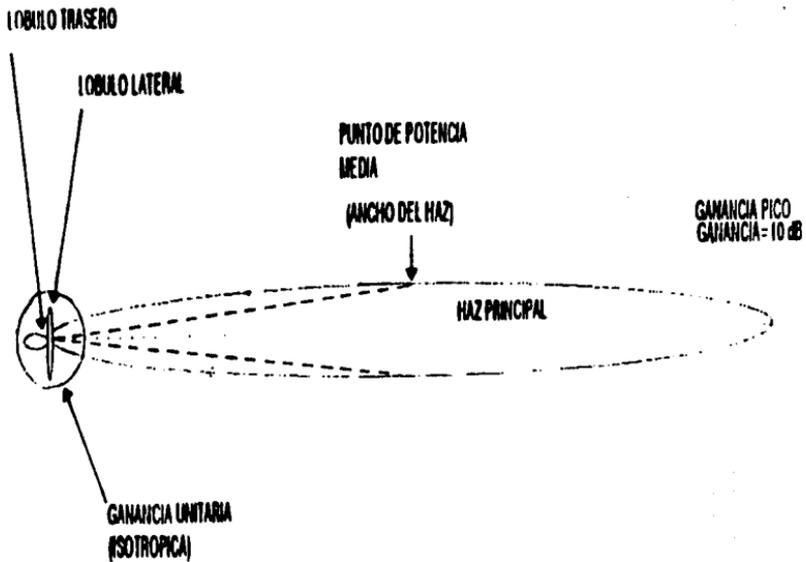


FIG. 1.4.3 GANANCIA DE UNA ANTENA DE ALTA GANANCIA, EXPRESADA COMO RELACIÓN EN POTENCIA.

1.4.5 LÓBULOS DEL PATRÓN DE RADIACIÓN

Porción del patrón de radiación acotados por regiones de intensidad de radiación máxima.

1.4.6 LÓBULO MAYOR

Es el lóbulo de radiación contenido en la dirección de radiación máxima.

1.4.7 LÓBULO MENOR

Es el lóbulo de radiación en cualquier otra dirección que el lóbulo deseado (usualmente un lóbulo lateral es adyacente al lóbulo principal y ocupa el hemisferio en la dirección del lóbulo principal).

1.4.8 LÓBULO POSTERIOR

Usualmente se refiere al lóbulo menor que ocupa el hemisferio en la dirección opuesta al lóbulo mayor. Las descripciones del funcionamiento de una antena son llamados patrones de antena, en términos de potencia relativa y db respectivamente. Los lóbulos laterales tienen la misma intensidad que el radiador isotópico lo cual significa que la ganancia es igual a 1 (cero db). Todas las antenas tienen lóbulos anteriores en dirección opuesta al lóbulo principal. La ganancia del lóbulo anterior tiende a hacerse menor que la unidad, en este caso se produce una ganancia negativa de - 3 db.

Los lóbulos laterales y el lóbulo principal son características de una antena de estación terrena mediante los cuales se generan y se reciben interferencias, por lo recientemente se ha enfocado la atención a la reducción de estos.

2.0 ANTENAS

2.1 DEFINICIÓN DE ANTENA

Una antena es el elemento o conjunto de elementos que se utilizan en la irradiación o recepción de las ondas electromagnéticas. En un sistema de comunicaciones, la antena se puede considerar como un circuito de transición, o transductor, entre una onda guiada por una línea de transmisión y una onda en el espacio libre y viceversa, es decir, es la interfase o etapa de transformación entre las señales electromagnéticas que viajan por el espacio y las señales que circulan por los subsistemas que están conectados a ella, como es el caso de una estación terrena.

La antena parabólica, se puede definir como una antena unidireccional compuesta de un elemento irradiante o receptor y un reflector en forma de parabolóide que concentra la energía en un haz.

Una antena parabólica refleja las señales que llegan a ella y las concentra en un punto común llamado foco; así mismo, las señales que provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación. Este foco coincide con el foco geométrico del parabolóide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en el se coloca el alimentador que por lo general es una antena de corneta o bocina. En las figuras 2.1.1, 2.1.2 Y 2.1.3 se muestran la forma en que se reflejan las señales en los diferentes tipos de antenas parabólicas.

En la estación terrena la antena es una de las partes mas importantes, ya que proporciona un medio de transmisión de la portadora de radio frecuencia modulada al satélite a una frecuencia de enlace ascendente y recibe la portadora de radio frecuencia desde el satélite con una frecuencia descendente.

En algunos casos, las antenas que reciben son distintas de las que transmiten, pero también es posible que una sola reciba y transmita al mismo tiempo, utilizando para ello frecuencias y elementos de alimentación diferentes. Por ultimo podemos mencionar que las funciones principales de la antena se pueden dividir en dos, la de transmitir/recibir señales hacia/desde el satélite y la de movimiento de antena.

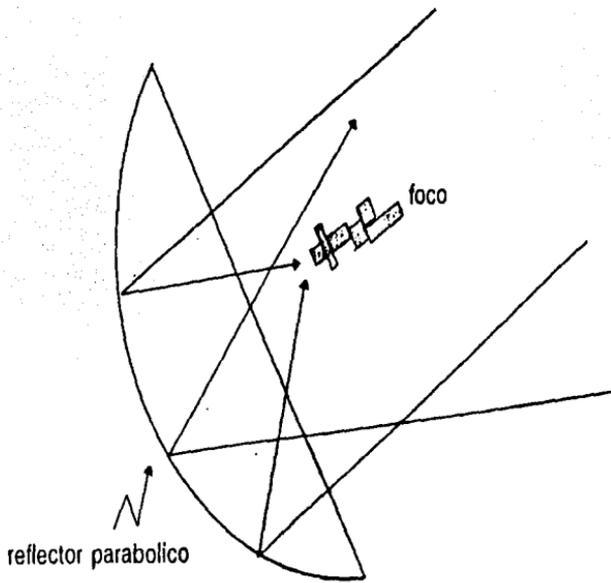


FIG. 2.1.1 REFLEJO DE LAS SEÑALES EN UNA ANTENA DE FOCO PRIMARIO.

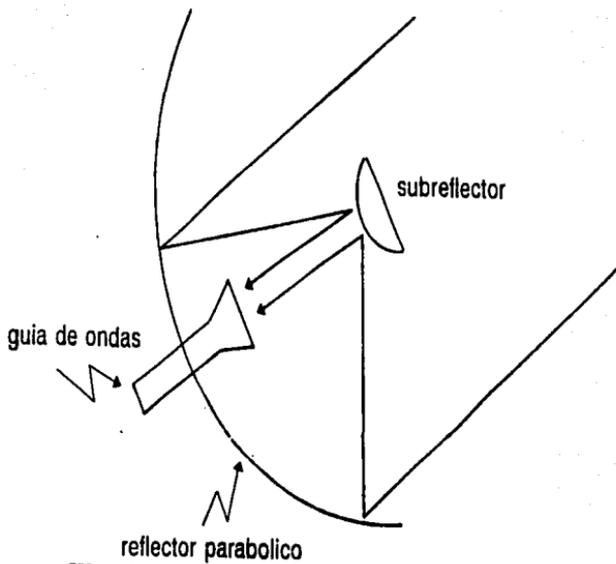


FIG. 2.1.2 REFLEJO DE LAS SEÑALES EN UNA ANTENA CASSEGRAIN.

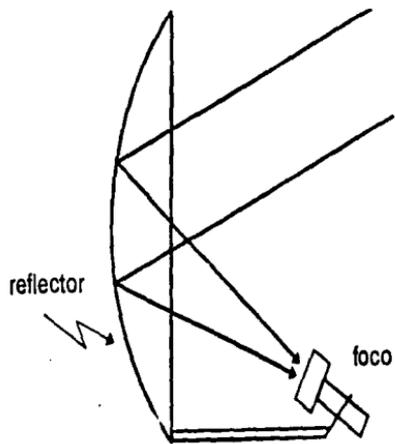


FIG. 2.1.3 REFLEJO DE LAS SEÑALES EN UNA ANTENA OFFSET.

2.2 PARTES QUE COMPONEN UNA ANTENA

A continuación vamos a hacer mención de las partes principales que componen una antena parabólica, teniendo en cuenta que dependiendo del tipo de antena de que se trate puede o no tener todos los componentes que a continuación se enlistan, o estos pueden ser de distinta forma, pero cumplen con la misma función. Tomando como base una antena tipo Cassegrain, los elementos que forman parte de una antena son:

a) ESTRUCTURA DE ANTENA

- Reflector principal
- Hub
- Montaje
- Mecanismo de movimiento

b) ALIMENTADOR DE ANTENA

- Subreflector
- Bocina primaria del tipo cónica ondulada
- Duplexor

c) DESHIDRATADOR

d) UNIDAD DE CONTROL DE ANTENA

e) UNIDAD DE CONTROL DE MOTORES DE AZIMUTH Y ELEVACIÓN

A continuación voy a hacer una breve descripción de las partes que conforman al subsistema de antena.

2.2.1 REFLECTOR PRINCIPAL

Como ya se había comentado antes, el reflector tiene la función de concentrar las señales provenientes del espacio en un solo punto llamado foco, así como de reflejar las señales provenientes del foco y concentrarlas en un haz de radiación muy angosto.

El reflector principal esta formado por varios paneles individuales u hojas reflectoras que tienen alta resistencia a la corrosión y que normalmente están hechas de una aleación de aluminio super reforzado o en su caso de fibra de carbono. El panel reflector se encuentra montado en la parte cóncava de la estructura de antena. La superficie reflectora del reflector principal debe pintarse de un color blanco difuso para que la radiación solar visible e infrarroja sea dispersada y con esto prevenir el excesivo calentamiento del subreflector y del reflector primario, cuando la antena se encuentra en posición directa al sol.

En la figura 2.2.1 se muestran las partes de componen la estructura de la antena.

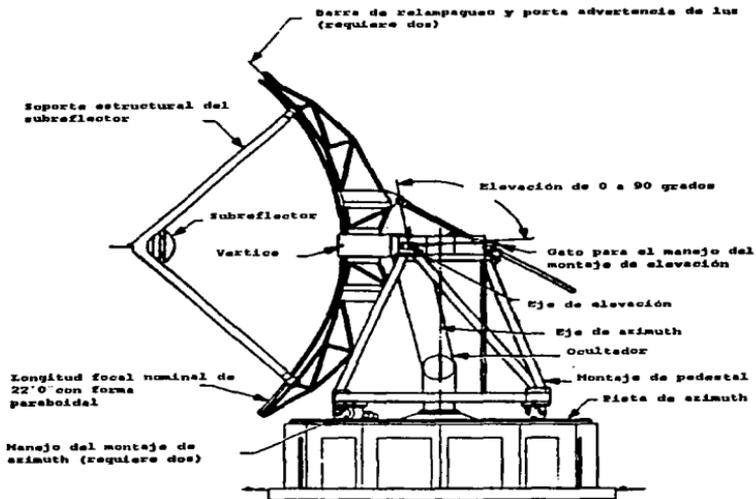


FIG. 2.2.1 PARTES QUE COMPOEN LA ESTRUCTURA DE LA ANTENA PARABÓLICA.

2.2.3 HUB

El hub de la antena es la cavidad donde se encuentran montados los equipos denominados como LNA's, sistemas de guías de onda y en algunos casos se pueden tener los convertidores de bajada, todos estos equipos son utilizados para recibir las señales provenientes del satélite. El hub de la antena se encuentra localizado en la parte posterior de la estructura de esta.

2.2.3 MONTAJE

El montaje de la antena, esta en función de los desplazamientos del satélite y el tipo de estación terrena (fija o móvil), así como su posición geográfica, y sus aplicaciones, por lo que podemos tener tres tipos de montajes como son: elevación-azimuth, x-y o ecuatorial, los cuales analizaremos mas adelante, pero el mas común es el de azimuth y elevación, y consta de dos tornillos "sin fin" uno para cada eje, y su base, así también como la estructura de acero que soporta el plato o antena.

1.2.4 MECANISMO DE MOVIMIENTO

La unidad de control de antena es la encargada de operar los movimientos de la antena, enviando señales de control de movimiento a la unidad de control de motor, que se encarga de enviar la energía necesaria para operar los motores de a.c. que mueven los tornillos "sin fin" en los respectivos ejes, el de azimuth y elevación. Cabe hacer notar que los movimientos en los dos ejes son independientes entre sí. En el caso de que no se cuente con control automático de antena, los mecanismos de movimiento consisten para azimuth de una base redonda deslizable y un tornillo ajustador, y para elevación de dos bisagras y un tornillo "sin fin".

1.2.5 SUBREFLECTOR

El subreflector como ya se había mencionado antes, se encuentra localizado en el punto focal de la antena parabólica, y su función es doble, ya que en la trayectoria de transmisión de una señal, en una Estación Terrena, la señal proveniente del subsistema de HPA o TWT pasa a través del duplexor, (que se encarga de separar la trayectoria de transmisión y recepción) y llega a la bocina principal enviando la energía hacia el subreflector, el cual se encarga de distribuirla al reflector principal para que sea enviada hacia el satélite. En la trayectoria de recepción, la energía proveniente del satélite es concentrada por el reflector principal hacia el subreflector, este a su vez la refleja nuevamente concentrándola en la bocina primaria que deja pasar la señal hacia el duplexor entregándola al subsistema de LNA's, o en su caso al receptor de satélite y de ahí a la TV.

Con este arreglo se minimizan las pérdidas de polarización, y también se tiene una excelente figura de mérito, así como se limitan las características de los lóbulos laterales. En la figura 2.2.5 se muestran las partes que conforman al alimentador.

2.2.6 BOCINA PRIMARIA

La bocina o trompeta cónica, es usada como un radiador primario, ya que radia un haz axialmente simétrico con un mínimo de lóbulos laterales, y con esto contribuye a que la antena tenga una alta eficiencia y una baja temperatura de ruido. La apertura de la trompeta, es cubierta con una superficie hecha de teflón, para prevenir la entrada de polvo y lluvia.

2.2.7 DUPLEXOR

Por lo general se utiliza la misma antena para transmitir y recibir señales, para esto se interconecta simultáneamente con los bloques de transmisión y recepción por medio de un dispositivo de microondas llamado duplexor. Este es un tipo de acoplador ortomodal de polarización, ya que consiste de una guía de onda circular conectada ortogonalmente con una guía de onda rectangular. Estas dos guías son combinadas por medio de una ranura de acoplamiento. Para asegurar que la salida del bloque de transmisión no causara algún deterioro de las señales que son recibidas por el bloque de recepción, se integra al duplexor, un filtro rechaza banda, el cual trabaja en la banda de transmisión.

La figura 2.2.7 muestra la construcción del duplexor.

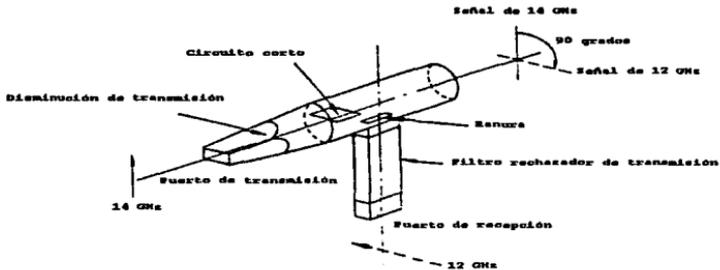


FIG. 2.2.7 CONSTRUCCIÓN DEL DUPLEXOR

2.2.8 DESHIDRATADOR

El deshidratador cumple con la función de proporcionar aire seco dentro de las guías de onda, a una presión específica, con el fin de mantener una condición seca óptima y así evitar la introducción de agua o vapor de agua debido a las fluctuaciones de temperatura.

2.3 TIPOS DE MONTAJE

El tipo de estación terrena (fija o móvil), así como las necesidades que se tengan para pruebas y mantenimiento frecuentes, determinara la estructura de montaje que la antena debe tener, ya sea de azimuth-elevación, x-y o ecuatorial. Todos tienen dos ejes para realizar los movimientos de orientación de la antena, uno es fijo con relación al piso (es decir que la alineación del eje no cambia, pero por supuesto gira para orientar a la antena adecuadamente) y se denomina primario, y el secundario es móvil con referencia al primer eje.

En el caso del montaje elevación-azimuth, la antena tiene su propio eje primario fijo en la dirección vertical, y al girar alrededor de el se efectúan los cambios del ángulo de azimuth, su eje secundario es horizontal, como se muestra en la figura 2.3.1 y con el se orienta la antena en elevación. El montaje es sencillo y tiene la ventaja de que solo el giro en elevación puede producir deformaciones en la geometría de la antena debidas a su peso. Por esta razón lo utiliza la mayoría de las antenas que deben conservar una buena precisión geométrica en la superficie de su reflector y en el apuntamiento del haz principal de radiación, por ejemplo, las estaciones internacionales Intelsat A- cuyo diámetro es normalmente de 30 m y también muchas estaciones domesticas de menor diámetro. Sin embargo, cuando una estación esta cerca del ecuador y necesita funcionar con un sistema de rastreo automático, el montaje elevación-azimuth dificulta las maniobras de orientación y es preferible emplear un montaje X-Y.

El montaje X-Y tiene su eje primario colocado horizontalmente, y eje secundario es perpendicular a el, como se muestra en la figura 2.1.2. La configuración es practica para rastrear con facilidad a un satélite cuando este pasa por el cenit o sea directamente arriba de la estación, en la zona ecuatorial, puesto que se evita hacer desplazamientos de la antena tan rápidos como los que se necesitan hacer con el montaje elevación-azimuth; pero resulta inadecuada para rastrear satélites cerca del horizonte. En general, el montaje X-Y es mas apropiado para las antenas que se comunican con satélites de órbita baja (satélites situados a alturas aproximadas de 700 a 1000 Km, y que completan varias vueltas alrededor de la Tierra en un día) que con satélites geostacionarios.

Eje principal de la
antena hacia el satélite

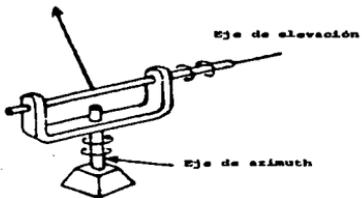


FIG. 2.3.1 MONTAJE ELEVACIÓN-AZIMUTH

Eje principal de la
antena hacia el satélite

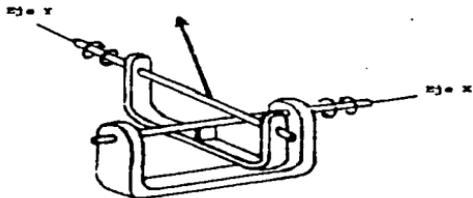


FIG. 2.3.2 MONTAJE X-Y.

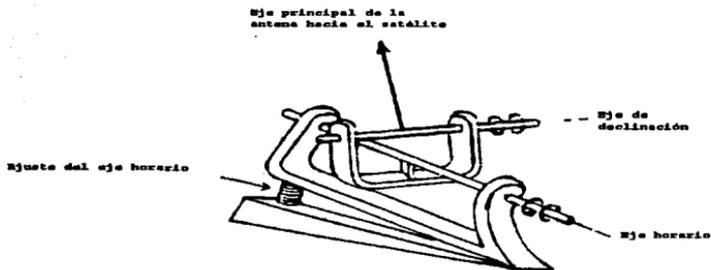


FIG. 2.3.3 MONTAJE POLAR

Por lo que respecta al montaje ecuatorial, su eje primario (horario es paralelo al eje de rotación de la Tierra, y el secundario es un eje perpendicular de declinación como se muestra en la figura 2.1.1. Como el eje primario es paralelo al eje polar de la Tierra, a este montaje también se le llama polar. Normalmente se usa para montar radiotelescopios, pues permite que la antena siga a un objeto celeste con solo girarla sobre su propio eje horario, y se utiliza muy poco en estaciones terrenas de comunicaciones. Sin embargo, es posible que en el futuro se emplee en mayor grado en estaciones con antenas pequeñas o medianas localizadas en latitudes intermedias, considerando que sus haces de radiación son relativamente anchos y que pueden orientarse hacia distintos satélites con un solo movimiento alrededor de un eje, sin importar los muy pequeños cambios asociados en la declinación.

De cualquier forma, cabe señalar que los ajustes de los ejes horario y de declinación son mucho mas complicados que los de orientación con un montaje de elevación-azimuth.

Para realizar los ajustes de orientación se emplean mecanismos de engranajes y gatos de tornillo, y las fuerzas motrices asociadas se generan por medio de motores.

Independientemente del tipo de montaje que se utilice, es preciso indicar que no solo sirve para conservar la orientación de la antena hacia el satélite, sino que también es la estructura que la soporta. En consecuencia, el montaje debe ser rígido, y con mayor razón a frecuencias altas como la Ku, en donde los haces de radiación de las antenas son mas angostos y el apuntamiento correcto se vuelve mas importante; aun expuesto a la lluvia o a fuertes vientos, dicho montaje debe ser capaz de soportar a la antena bien orientada hacia el satélite, pues dependiendo de su tamaño incluso pequeños movimientos de uno o dos centímetros pueden degradar mucho la calidad de la señal.

2.4 TIPOS DE ANTENAS PARABÓLICAS

Las antenas, como se ha mencionado, son uno de los subsistemas mas importantes en una estación terrena, y debido a esto se deben de tener en varios tipos y formas, dependiendo de las necesidades que se tengan, por lo que las hay de diferentes tamaños, configuraciones y acabados, según las frecuencias a las que tengan que trabajar, y los servicios que se quieran cursar.

Por la forma del reflector principal, se pueden clasificar las antenas parabólicas como:

- Antenas con reflector hiperbólico
- Antenas con reflector circular
- Antenas con reflector elíptico
- Antenas con reflector cilíndrico

- Antenas con reflector parabólico

Y dependiendo del tipo de alimentación que se use, podemos clasificar las antenas como:

- Antenas con alimentador Cassegrain
- Antenas Gregory o de punto focal

- Antenas tipo Offset o de alimentación descentrada, etc.

La figura 2.4.1 muestra los tipos de superficies reflectoras mencionadas anteriormente y su comportamiento.

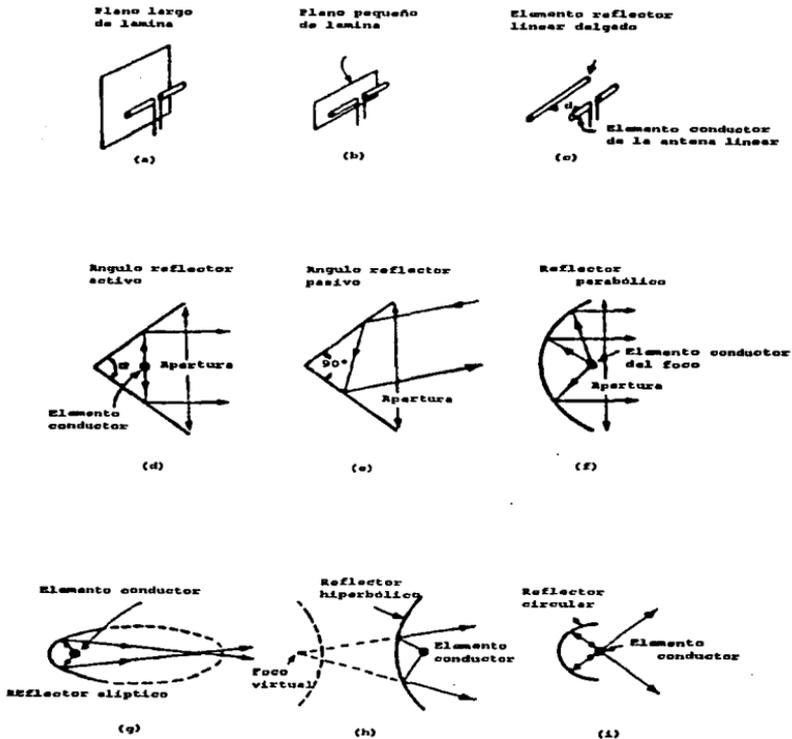


FIG. 2.4.1 TIPOS DE SUPERFICIES REFLECTORAS.

Como se había mencionado antes, los reflectores parabólicos son usados para proveer una alta direccionalidad a las antenas, es decir, que concentran la energía en un haz muy angosto y en una cierta dirección. En la figura 2.4.1, se muestra como trabaja un reflector parabólico, el cual refleja las ondas originadas por una fuente en el foco, en haces paralelos, es decir, la parábola transforma los frentes de onda circulares generados en el foco, en frentes de onda planos. También se muestran varias formas de reflectores que pueden ser utilizados para aplicaciones especiales, como son los reflectores con forma elíptica, hiperbólica y circular.

Por lo que se refiere a la parábola cilíndrica, esta convierte una onda radiada cilíndricamente por una fuente en el foco, en una onda plana en su apertura, y una superficie reflectora del tipo parabolóide, convierte una onda esférica producida por una fuente isotópica en el foco, en una onda plana en su apertura, como se muestra en la figura 2.4.2.



FIG.2.4.2 REFLECTOR PARABOLICO CILINDRICO CON LINEA DE ORIGEN (a) Y REFLECTOR PARABOIDAL CON PUNTO DE ORIGEN (b).

En lo que se refiere a los tipos de alimentación de una antena parabólica, encontramos que existen varios tipos, pero los mas utilizados son los de alimentación frontal, descentrada y Cassegrain.

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 esta orientada hacia el suelo; esto ultimo presenta el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador que se desperdicia por desborde, se refleja parcialmente al tocar el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida. Así mismo, si la antena esta recibiendo del satélite, los rayos que incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador, y pueden ocasionar 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.

Una característica inconfundible de este tipo de antenas, es que la parte cóncava del subreflector, y no la convexa se encuentra frente al alimentador. Entre las ventajas de este tipo de antenas, esta el hecho de que son fácilmente orientables, y además ofrecen una razonable eficiencia en el rango del 50 al 60 %.

La figura 2.4.3 muestra una antena con alimentación frontal o de tipo Gregory.

En una antena tipo Offset o de alimentación descentrada, solo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella, es decir, los ejes del alimentador y del paraboloide no coinciden. Sin embargo, la construcción de toda la estructura reflectora y de soporte es mas costosa que la de alimentación frontal para el caso de una Estación Terrena, además de que no se resuelve el problema de desborde por las orillas de la superficie parabólica. Con este tipo de montaje del alimentador, se elimina el bloqueo del mismo, así como la estructura de soporte se puede eliminar; pero se tiene el inconveniente de la aparición de considerables lóbulos laterales. De cualquier forma, este tipo de antenas se utiliza en varias estaciones receptoras y transmisoras de TV, telefonía y datos.

Actualmente este tipo de antenas se esta utilizando en las redes VSAT para transmitir/recibir datos en alta velocidad, ya que su instalación es fácil y económica, además de que requiere un mínimo mantenimiento, y además de que son de una gran durabilidad y se adaptan a los terrenos y condiciones de operación mas difíciles o inhóspitas. La figura 2.4.4 muestra una antena con alimentación descentrada o de tipo Offset.

La antena Cassegrain, es mucho mas eficiente que cualquiera de los dos tipos ya descritos, y su ganancia es mayor, pero su precio es mas alto. Se utilizan en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras de televisión, así como en todas las que transmiten y reciben cantidades muy grandes de telefonía y datos. Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamado "subreflector", y el alimentador o corneta ya no tiene su apertura orientada hacia el piso, sino hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce en las señales ya no es generado por reflexiones en la Tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera.

Los ejes de la parábola, el alimentador y la hipérbola coinciden, además de que el punto focal del reflector principal coincide con el punto focal virtual del subreflector hiperbólico; el diseño es equivalente a tener una antena imaginaria menos cóncava y con un alimentador mas alejado de su vértice; de esta forma, la parábola equivalente captura mejor la energía radiada por la corneta y el desborde se reduce significativamente. Además, con el diseño Cassegrain se tiene la ventaja de que el equipo electrónico se puede colocar sin problemas en el hub de la antena sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de perdidas por cableado.

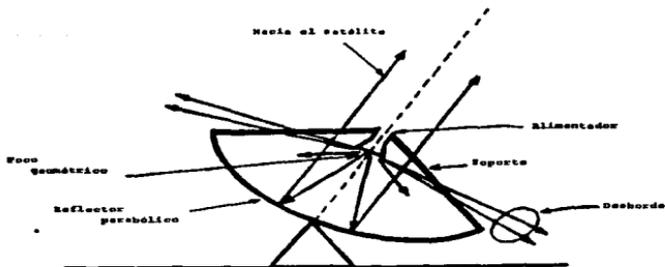
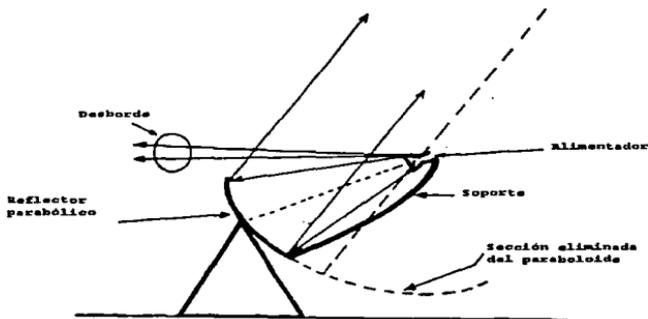


FIG. 2.4.3 ANTENA PARABÓLICA CON ALIMENTACIÓN FRONTAL(GREGORY).



(modo de transmisión).

FIG. 2.4.4 ANTENA PARABÓLICA CON ALIMENTACIÓN DESCENTRADA(OFFSET).

Otras ventajas que ofrece este tipo de antena es su baja temperatura de ruido, exactitud de apuntamiento, y flexibilidad en el diseño del alimentador. Debido al montaje del alimentador, se incrementa la estabilidad y esto permite una exactitud de apuntamiento de antenas de alta ganancia y que manejan haces de radiación muy angostos.

La figura 2.4.5 muestra una antena tipo Cassegrain.

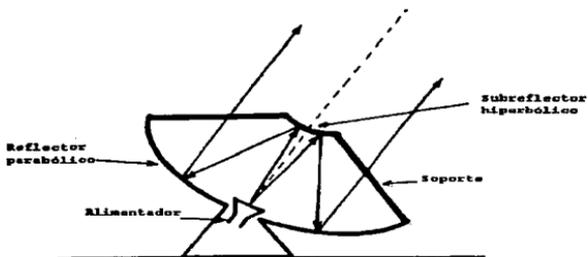


FIG. 2.4.5 ANTENA PARABÓLICA CASSEGRAIN CON ALIMENTACIÓN FRONTAL.

Además de los tipos de antenas ya mencionados, existen varios otros que también son empleados en ciertas aplicaciones, aunque en realidad son muy pocas. Por ejemplo, la antena toroidal es un reflector que en su plano vertical tiene una curvatura parabólica, mientras que en el plano horizontal la curvatura es circular; presenta las ventajas de que puede recibir simultáneamente las señales provenientes de varios satélites, situados en una sección del arco geoestacionario sin necesidad de moverla, y sus dimensiones son relativamente pequeñas del orden de 10 m de diámetro. Así mismo se pueden utilizar antenas Cassegrain con alimentador descentrado para eliminar el bloqueo del subreflector hiperbólico, o bien las nuevas antenas planas con control de fase que pronto tendrán su aplicación principal en las estaciones de vehículos terrestres.

2.5 CARACTERÍSTICAS DE UNA ANTENA PARABÓLICA

Las características más importantes de una antena parabólica son su ganancia, patrón de radiación y temperatura de ruido, aunque existen otras que son igual de importantes. A continuación enlistare las características más importantes que deben de cumplir las antenas, especialmente las utilizadas en Estaciones Terrenas.

- Ganancia elevada en la dirección de las señales deseadas.
- Ganancia mínima en las otras direcciones.
- Gran eficiencia.
- Baja temperatura de ruido.
- Orientable en cualquier dirección.
- Buena calidad de transmisión o recepción, que no disminuya debido al viento o condiciones meteorológicas desfavorables.
- Alta discriminación de las señales con polarización ortogonal.

La ganancia de la antena es la capacidad de la antena de amplificar las señales que recibe o transmite en cierta dirección, esta ganancia se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por la antena isotópica. En términos matemáticos, la ganancia de una antena parabólica, esta definida por:

$$G = 10 \log\{ \eta \pi^2 (D/\lambda^2) \} \text{dbi}$$

donde:

D = diámetro de la antena

η = eficiencia de la antena

λ = longitud de onda

Como se había mencionado, es deseable que se tenga la mayor ganancia posible en la dirección en la que se va a transmitir o recibir, y la mínima en todas las direcciones que no sean de interés, por lo que los lóbulos laterales o secundarios de una antena deben ser lo más pequeños posibles, para que no capten señales indeseables o no transmitan en otras direcciones no autorizadas o indeseables.

La ganancia de una antena debe tener siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención, asociarla con la dirección máxima de radiación, que es el lóbulo principal de su patrón de radiación, cuyo valor depende de varios factores, como el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de la superficie, etc. Mientras más grande sea el diámetro de la antena mayor será la ganancia y el lóbulo principal de radiación será más angosto y los lóbulos laterales se reducen.

Por lo que se refiere a la eficiencia de la antena, esta representa el porcentaje del área de apertura efectiva que es usada en la transmisión o recepción de señales, y es producto de varios factores que reducen la ganancia de la antena, como son: la eficiencia de iluminación del reflector principal, eficiencia de desborde, eficiencia de fase, eficiencia de bloque, eficiencia disipativa en el sistema del alimentador y eficiencia en la tolerancia del reflector. Con todos estos factores, el nivel de eficiencia de una antena es siempre menor de 1 ($\eta < 1$), y el valor típico de una antena es de 0.6 o un 60 %.

Podemos decir, que un parámetro muy importante al momento de usar la antena como unidad receptora, es la temperatura de ruido, mas este factor no depende únicamente de la antena, sino que también se involucra al amplificador de bajo nivel de ruido LNA, y al sistema de guías de onda. En un LNA, la temperatura de ruido, es su parámetro indicativo, y mientras este valor sea mas bajo, mucho mejor, por que el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de la recepción aumenta. Sin embargo no solo se introduce ruido en la señal a través del LNA, sino también por la antena, y su magnitud se calcula en función de una temperatura de ruido de la antena, y los factores que la determinan son la frecuencia de operación y la inclinación del plato parabólico, así también, los lóbulos laterales y el lóbulo principal del patrón de radiación. La suma de la temperatura de ruido de la antena y la propia del amplificador de bajo nivel de ruido, determinan casi completamente la temperatura de ruido del sistema de recepción. Los amplificadores típicos con refrigeración criogénica tienen una temperatura de ruido de unos 20 °K, con lo que la temperatura total del sistema, incluidas las guías de onda, llega a ser de unos 70 °K. En caso de que no se utilice refrigeración la temperatura puede ser del orden de 80 a 120 °K.

Por último, la relación de la ganancia de antena a temperatura de ruido (G/T), es una cifra de mérito que se usa comúnmente para indicar el rendimiento de la antena de la Estación Terrena y el LNA, en relación a la sensibilidad de la recepción desde el satélite, de la portadora del enlace descendente.

$$G/T = 10 \log ((\text{Ganancia de la antena})/(\text{Temp. de ruido del sistema}))$$

3.0 APUNTAMIENTO DE ANTENAS

PARABÓLICAS

Antes de pasar a la descripción del proceso de apuntamiento de las antenas parabólicas utilizadas en la recepción de señales vía satélite, conviene conocer las técnicas básicas utilizadas.

La orientación de la antena de una estación terrena hacia el satélite geostacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimuth; 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. Tomando como referencia al eje de simetría del plato parabólico, que coincide con el eje de simetría de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquel formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite como se muestra en la figura 3.0.1; por su parte, el ángulo de azimuth 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, figura 3.0.2.

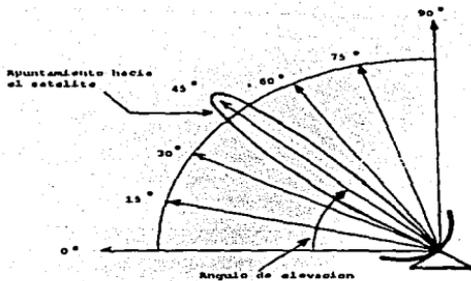


FIG. 3.0.1 DEFINICIÓN DEL ÁNGULO DE ELEVACIÓN.

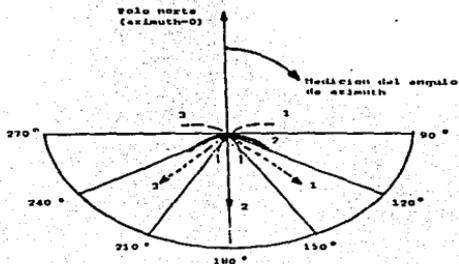


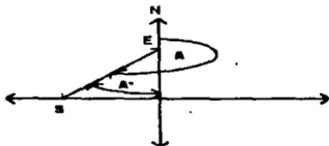
FIG. 3.0.2 DEFINICIÓN DEL ÁNGULO DE AZIMUTH.

Dependiendo de la localización de la estación terrena con respecto a la posición del satélite, el ángulo de azimuth esta dado por:

CASO 1. ESTACIÓN EN EL HEMISFERIO NORTE

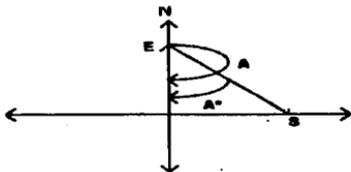
- Satélite al Oeste de la estación

$$Az = 180^\circ + A^\circ$$



- Satélite al Este de la estación

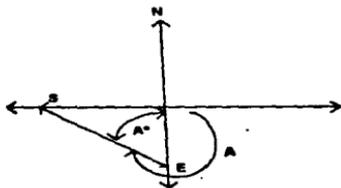
$$Az = 180^\circ - A^\circ$$



CASO 2. ESTACIÓN EN EL HEMISFERIO SUR

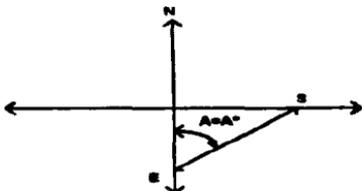
- Satélite al Oeste de la estación

$$Az = 360^\circ - A^\circ$$



- Satélite al Este de la estación

$$Az = A^{\circ}$$



3.1 CALCULO DEL ÁNGULO DE AZIMUTH

Y ELEVACIÓN

Para calcular el ángulo de azimuth y en base a lo mencionado anteriormente tenemos:

$$A' = \tan^{-1}(\{\tan(\text{LONG SAT}-\text{LONG E/T})\}/\{\text{sen}(\text{LAT E/T})\})$$

Para calcular la elevación, primero tenemos:

$$A = \tan^{-1}(\{\text{HCS}-R \cos \delta\}/\{R \text{ sen } \delta\})$$

donde:

HCS = Distancia promedio del centro de la Tierra al satélite = 42,164.2 km.

R = Radio promedio de la Tierra.

$$\cos \delta = \cos \{(\text{LAT E/T}) (\cos(\text{LONG SAT}-\text{LONG E/T}))\}$$

Y para el calculo de elevación tenemos:

$$E = A-\delta$$

Ejemplo:

Calcular las coordenadas de azimuth y elevación a las que se tiene que poner una antena en Panamá para orientarse al satélite Solidaridad 1, teniendo en cuenta que las coordenadas de la e/t/ en Panamá son las siguientes: LAT E/T = 8.58 °N

$$\text{LONG E/T} = 79.32 \text{ °W}$$

$$\text{LONG SAT} = 109.2 \text{ °W}$$

Primeramente calculamos el $\cos \delta$

$$\cos \delta = \cos\{(\text{LAT E/T}) (\cos(\text{LONG SAT}-\text{LONG E/T}))\}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$\cos \delta = \cos (8.58) \cos (109.2-79.32)$$

$$= 0.988(0.867) = 0.856$$

$$\delta = \cos^{-1} \delta = 31.129^\circ$$

Por tanto:

$$A = \tan^{-1}\{(42,164.2 - (6,378.155) (0.856)) / (6,378.155 (\sin 31.129))\}$$

$$A = \tan^{-1}\{(36,704.499) / (3,297.293)\} = 84.866^\circ$$

Sustituyendo

$$E = A-5$$

$$E = 84.866-31.129 = 53.737^{\circ}$$

Y el azimuth, sabiendo que el satélite esta al Oeste de la estación:

$$Az = 180^{\circ} + A'$$

$$Az = 180 + \{\tan^{-1}\{\tan(109.2-79.32)\}/\{\sin(8.58)\}\}$$

$$Az = 180 + \{\tan^{-1}\{\tan 29.88\}/\{0.149\}\}$$

$$Az = 180 + 75.641 = 255.461^{\circ}$$

3.2 CALCULO PARA EL APUNTAMIENTO DE UNA

ANTENA MÓVIL TIPO OFFSET

Para las antenas del tipo Offset de tipo parabólico, de la marca Scientific Atlanta, se realiza un calculo adicional denominado Factor de Corrección y esta dado por la siguiente expresión:

$$F.C = \tan^{-1}\{\{\sin (LAT SAT-LONG E/T)\}/\{\tan LAT E/T)\}$$

Después de que ya se tienen los ángulos obtenidos por forma matemática, pues se procede a realizar el apuntamiento en forma practica, para esto, es necesario que la antena este emplazada en un lugar donde no exista ningún obstáculo para recibir la señal del satélite.

Tras ser montada la antena, se puede apuntar de forma aproximada con la ayuda del inclinómetro, sin embargo la falta de precisión de la medida dada por la brújula hace que el punto calculado no sea mas que una aproximación.

Dada la mayor precisión del ángulo de elevación, lo mas conveniente es ajustar primero este ángulo. Con la ayuda de un receptor de TV(para el caso de servicios de televisión), o de un analizador de espectros, encontramos el máximo nivel de señal para este punto, y posteriormente se gira la antena ligeramente hacia el Este según el azimuth calculado, hasta observar que se recibe un máximo de señal. Una vez localizado el máximo, se fijara la parábola y se hará un nuevo ajuste del ángulo de elevación, hasta conseguir un nuevo máximo en el nivel de recepción. Finalmente, los procesos de ajuste de azimuth y elevación se pueden repetir a fin de optimizar el apuntamiento.

4.0 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ORIENTACIÓN DE UNA ANTENA PARABÓLICA

Para recibir senales procedentes de satélite, deben ajustarse estos ángulos de elevación y azimuth correctamente; sin embargo existe un tercer movimiento que tiene gran importancia para que la señal recibida sea clara, este movimiento esta en el alimentador de la antena. El ajuste del alimentador se hace con la finalidad de alinear las guías de onda del polarizador con la onda proveniente del satélite, que normalmente para transmisiones de senales de televisión en los satélites domésticos utiliza una polarización lineal. Con este ultimo ajuste, se puede garantizar la óptima recepción de la señal proveniente del satélite

4.1 FACTORES MECÁNICOS

4.1.1 SOPORTES

El propósito del soporte de una antena no solo es enfocar el plato con exactitud hacia un satélite determinado, sino también permitir el apuntamiento a voluntad hacia otros en el arco geosíncrono.

4.1.2 SOPORTES AZIMUTH-ELEVACIÓN

Un soporte az-el es fácil de entender, aunque más difícil de utilizar. Para ubicar un satélite, primero hay que colocarse en el ángulo de azimuth correcto y luego girar verticalmente hacia el ángulo de elevación requerido, figura 4.1.2.

4.1.3 SOPORTES POLARES

Los soportes polares giran alrededor de un eje; el eje polar alineado paralelamente a una recta que pasa por ambos polos terrestres. El soporte se ajusta mediante la regulación de los ángulos de eje polar y de declinación. El ángulo del eje polar es igual a la latitud del lugar.

En la ciudad de México, situada a 19.29° de latitud norte, este ángulo se fijara a 19.29° . En el ecuador, el ángulo del eje polar se girará a cero y el arco de los satélites se gira a lo largo de un círculo directamente encima de la antena. En ambas ubicaciones, la orientación del eje polar correrá exactamente a lo largo de una línea norte-sur.

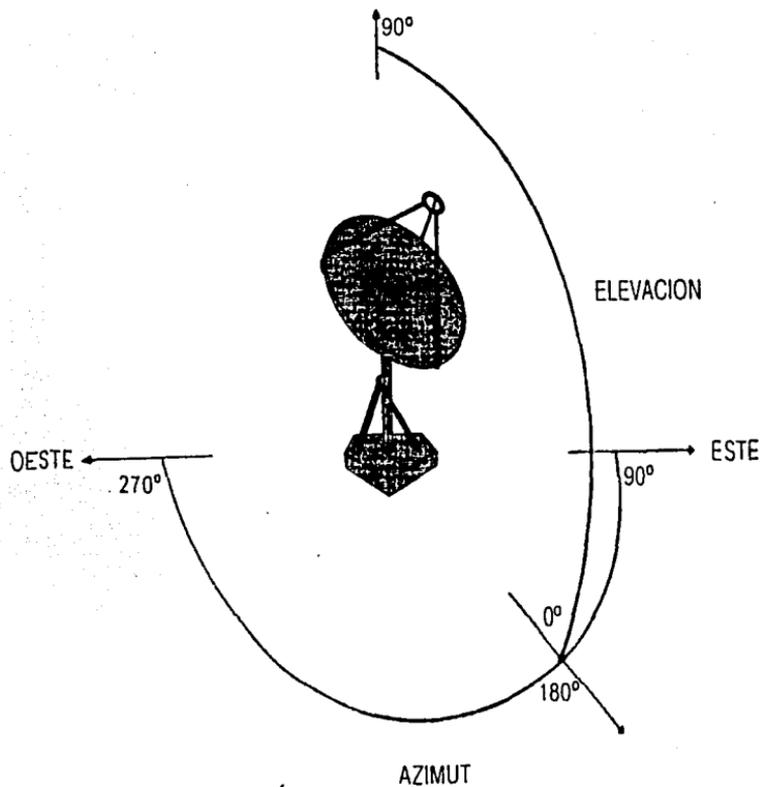


FIG. 4.1.2 SOPORTE ELEVACIÓN-AZIMUTH.

El ángulo de declinación que varía entre 2.8° a 5.4° en México, cambia el movimiento de rastreo de uno circular a uno de elipse aplastada. Esto sirve para compensar el hecho de que el arco de satélites que se encuentra a una distancia finita, a mayor distancia de dicho arco, menor es el desplazamiento requerido en la declinación. Otra forma de imaginar esto, es comprender que una vez que se ha fijado el ángulo del eje polar, el plato apunta directamente a lo largo de una línea paralela al plano que pasa por el ecuador terrestre. La regulación de la declinación baja la "visión" de la antena hasta el arco de satélite. Una vez fijada en el valor calculado para esa latitud durante la instalación, no necesita ser cambiada nunca, figura 4.1.3.

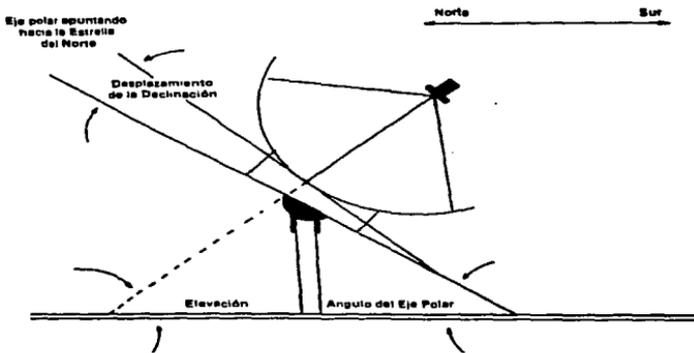


FIG. 4.1.3 GEOMETRÍA DE UN SOPORTE POLAR.

4.1.4 ORIENTACIÓN POLAR

Tres ajustes son necesarios en casi todas las antenas para que se pueda seguir el arco de satélites: orientación norte-sur, ángulo de declinación y ángulo del eje polar.

Orientación norte-sur

Un soporte polar debe tener su eje alineado con el eje terrestre norte-sur para poder detectar todos los satélites en el arco visible, esto es fácil de entender imaginándose la antena sobre el ecuador, pues será capaz de explotar el círculo de satélites sobre el cielo, solo si gira sobre un eje alineado con el centro de la tierra.

El ángulo de declinación

El ajuste de la declinación baja la vista de la antena desde un plano paralelo al plano ecuatorial hasta el arco de satélites. El ángulo de declinación es mayor en las ubicaciones mas cercanas a los polos.

El ángulo de declinación se mide con un inclinómetro. La diferencia entre dos observaciones, una en la parte principal de la base, la barra del eje, y la otra en una superficie plana en la parte posterior del plato, determina el ángulo de declinación. La forma mas fácil de determinar este ángulo es con un inclinómetro colocado en una superficie posterior que sea paralela a la cara del plato. El valor debe ser igual a la suma de la latitud del lugar mas el ángulo de declinación.

Por ejemplo, en la ciudad de México la latitud es de 19.29° , así que el valor del ángulo del eje polar será de 19.29° y el ángulo de declinación de 3.44° , de tal forma que el plato se fijara a una elevación de 22.71° , figura 4.1.4.

Problemas de instalación en operación polar

Una vez que la antena barre el arco con precisión, se debe obtener la máxima intensidad de señal en todos los satélites. Generalmente, esto se logra ajustando solamente la posición norte-sur y el ángulo del eje polar. No obstante, en ocasiones será necesario ajustar el ángulo de declinación, sobre todo para satélites en los extremos del arco.

En la figura 4.1.5 se muestran seis problemas de rastreo comunes, la mejor forma de visualizarlos es imaginándose el arco de satélites y el rastreo de la antena como dos círculos. Los dos círculos tienen que estar alineados para conseguir un rastreo perfecto. Es así de sencillo, ninguno de estos procedimientos funcionara si el poste no esta perfectamente vertical o si el soporte no descansa verticalmente sobre el poste.

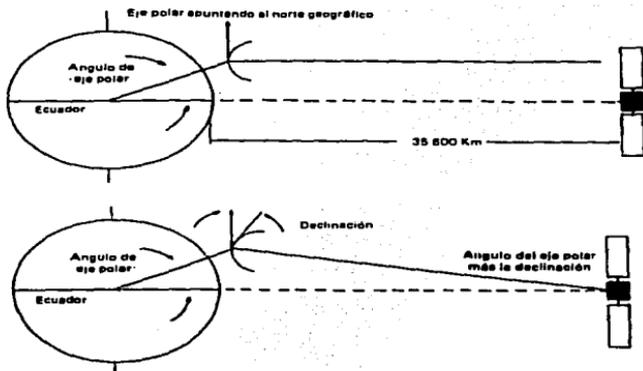


FIG. 4.1.4 ALINEACIÓN DE UN SOPORTE POLAR.

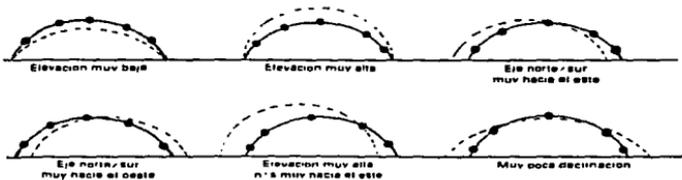


FIG. 4.1.5 PROBLEMAS DE RASTREO COMUNES PARA UN SOPORTE POLAR.

5.0 EQUIPO UTILIZADO EN ORIENTACIÓN

DE

ANTENAS PARABÓLICAS

Después de que ya se conocen las características de una antena, y que ya se han determinado los ángulos para orientar la antena, es necesario conocer un poco de los equipos que nos ayudaran para realizar el apuntamiento en forma practica, como son el inclinómetro, la brújula, el analizador de espectros y el equipo de recepción de satélite, y a continuación hago una breve descripción de algunos de ellos y como nos ayudan a realizar el apuntamiento.

Para medir el ángulo de azimuth de una antena, el instrumento que debe utilizarse es la brújula. La brújula es un dispositivo magnético, que siempre nos indica la dirección de las líneas de fuerza del campo magnético terrestre, o sea de norte a sur. Ahora, teniendo en cuenta, por una parte la ley de las atracciones y las repulsiones magnéticas y, por otro lado, que el polo norte de una brújula se dirige hacia el polo norte geográfico de la tierra, se deduce que el polo magnético de la tierra que se encuentra en el norte de la misma es el polo sur magnético, ya que atrae al polo norte de la brújula. Recíprocamente, el polo magnético que se encuentra en el sur geográfico es el polo norte magnético, ya que atrae el polo sur de la brújula.

Sin embargo, no apuntan directamente al norte sino que en realidad la dirección de la brújula forma un cierto ángulo con el meridiano terrestre. Al ángulo que forma la brújula con el meridiano terrestre se le llama declinación magnética en el lugar considerado. Por lo que al hacer el apuntamiento de la antena es necesario considerar este valor.

Al hacer la medida del azimuth utilizando la brújula, debe situarse lejos de cualquier objeto metálico, por ejemplo el mástil de la antena, que pueda perturbar la indicación de la aguja.

Para el caso de encontrar el ángulo de elevación de una antena, el instrumento utilizado es un inclinómetro, y una de las formas de realizar la medida consiste en colocar el listón sobre el plato y el inclinómetro encima. Dado que el ángulo medido y la elevación difieren en 90° , el ángulo medido deberá ser:

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

Ya que se ha orientado una antena, colocándola en los ángulos de azimuth y elevación con ayuda de los instrumentos ya mencionados, ya podemos captar señal, y además saber si esta es optima, por lo que es necesario colocar un receptor a la salida de la antena, por lo que se puede ver que el receptor es igual de importante que el subsistema de antena, y por esto voy a hacer una descripción mas detallada de la parte receptora.

5.1 RECEPCIÓN

La parte de recepción como se menciona anteriormente, es la que nos va ha indicar que tan bueno ha sido nuestro apuntamiento de antena con el satélite, por lo que este equipo toma una gran importancia en este proceso. Puedo hablar en el caso de que el lado receptor sea una Estación Terrena o un caso mas sencillo, que se trate de un receptor de TV. Voy a tratar el caso mas general que es el de la Estación Terrena.

Un diagrama a bloques de la Estación Terrena se muestra en la figura 5.1.1, en el se observan integrados los bloques de transmisión y recepción, pero en este análisis nos encargaremos únicamente del lado de recepción.

En el diagrama se observa que la trayectoria de recepción consta de los siguientes equipos: un puerto de la antena, un LNA, un Down Converter, un Demodulador, un Decodificador y finalmente el equipo del usuario.

La antena recibe simultáneamente todas las senales transmitidas por el satélite en la polarización y banda de frecuencias en la que ella funciona, o sea información de muy diversos tipos dentro de un ancho usual de 500 Mhz; sin embargo, lo común es que en cada estación en particular solamente sea de interés recibir una pequeña porción de toda esa información, concentrada quizá en un ancho de banda de tan solo 5 Mhz o menos. Es decir, que la estación, después de capturar y amplificar toda esa información, debe separar solo aquella parte que le corresponde para procesarla.

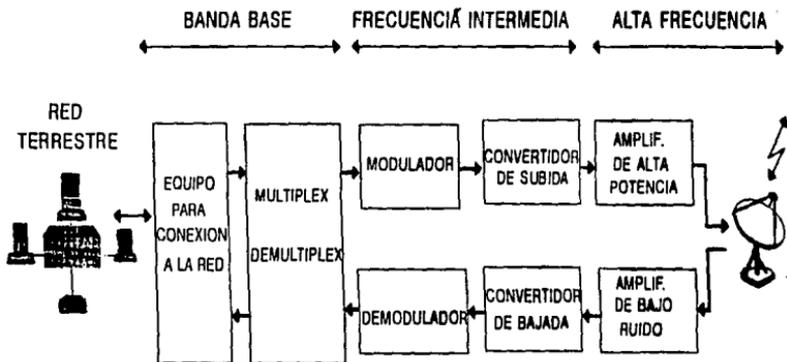


FIG. 5.1.1 DIAGRAMA A BLOQUES DE UNA ESTACIÓN TERRENA Tx-Rx DE DATOS.

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

La relación G/T se utiliza comúnmente para definir las cualidades de recepción de una Estación Terrena. Esta relación se conoce como FACTOR DE CALIDAD cuyas unidades son db/ °K.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

A la salida del amplificador de bajo nivel de ruido, van conectados en cadena un Convertidor Reductor de Frecuencia y un Demodulador. La salida del amplificador se conecta al Convertidor de Frecuencia, que transmite toda la información de la frecuencia de recepción a una frecuencia intermedia de recepción, que generalmente es de 70 Mhz. Esta reducción de frecuencia puede hacerse de un solo paso, bajando la frecuencia de llegada a la antena a la frecuencia intermedia que se le debe entregar al Demodulador.

La señal que sale del Convertidor Reductor de Frecuencias aun esta modulada y el paso siguiente es demodularla para obtener la señal original.

Realmente no es posible obtener una señal idéntica a la que fue transmitida ya que diversos factores se encargan de distorsionarla. Por ejemplo la lluvia, la nieve, la contaminación, etc.

Por lo que podemos decir que el Demodulador es un bloque muy importante, ya que es el que determina la calidad final del enlace.

El bloque denominado como Decodificación, se utiliza en el caso en que la señal haya sido codificada para poder transmitirla al satélite, en cuyo caso estamos hablando de una transmisión digital. Este bloque puede ser o no incluido en la Estación Terrena, dependiendo si el usuario entrega su señal para transmitirla en forma digital o en forma analógica, en el primer caso, el bloque no se debe incluir, ya que la señal entregada por el usuario viene previamente codificada, pero en el segundo caso, si se incluye, ya que la señal entregada por el usuario no ha sido procesada, y se le debe entregar en la misma forma.

Por ultimo podemos decir que en el caso de que la recepción se haga con un receptor de TV, los conceptos arriba mencionados no cambian en gran cosa, ya que en un sistema de recepción de TV se sigue el mismo proceso del manejo de la señal, pero los equipos que se utilizan son diferentes. Los equipos básicos necesarios para recibir una señal de satélite son: un LNB y el Receptor de satélite en si. El LNB es un equipo que en un solo bloque realiza las funciones de un LNA y un Down Converter que se utiliza en una Estación Terrena, ya que la señal que llega a la antena, al pasar por el LNB, la amplifica manteniendo fija la relación señal a ruido (G/T), y además la convierte a una frecuencia de FI que esta en el rango de 950 a 1450 Mhz.

Y el proceso de Demodulación y de Decodificación de la señal que se hacían en dos bloques distintos en la Estación Terrena, se llevan a cabo enteramente en el receptor de TV vía satélite, figura 5.1.2.

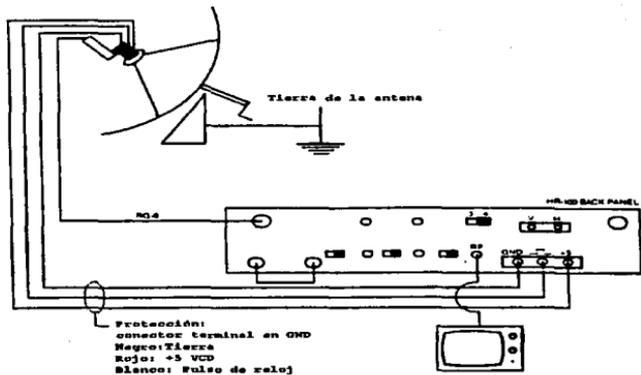


FIG. 5.1.2 INSTALACIÓN BÁSICA DE RECEPCIÓN SIMPLE.

CONCLUSIÓN

El orientar una antena parabólica a un satélite geoestacionario podría pensarse en una actividad fácil y sencilla, pero no es así, ya que para realizarlo se requieren de conocimientos básicos y de experiencia necesaria para realizar un apuntamiento exacto, con lo cual se pueda obtener una señal lo mas optima posible.

Además antes de realizar el apuntamiento de la antena se tienen que tener en cuenta muchos aspectos como son:

- Tipo de montaje o estructura
- Tipo de antena
- Ganancia de la antena
- Patrón de radiación
- Tipos de servicios que se piensan brindar
- Tipo de equipo de transmisión y recepción con que se cuenta

Una vez que se hallan tomado en cuenta estos aspectos se puede proceder al apuntamiento de la antena. Este se puede realizar para un satélite en especial o para todo el arco geoestacionario al que se tenga acceso, dependiendo del lugar donde se valla a instalar la antena.

Si se piensa apuntar la antena a un satélite en especial se debe seleccionar una antena con montaje azimuth-elevación, en donde la antena se orientara con estos ángulos y una vez encontrado un máximo en la señal, se fijara y ya no tendrá ningún cambio. Este tipo de apuntamiento es muy utilizado en Estaciones Terrenas.

Ahora que si se piensa orientar la antena parabólica a todo el arco geostacionario, se debe seleccionar un montaje ecuatorial o montaje polar, ya que este nos permitirá localizar distintos satélites con un solo movimiento sobre su eje polar, sin importar pequeños cambios en la declinación. La declinación también es importante ya que si esta es alta o baja no nos permitirá ver todos los satélites que se encuentran en el arco, sino tan solo algunos de ellos.

Una vez seleccionado el tipo de montaje a usar, se requiere de equipo necesario para orientar la antena. En el caso de una antena en una Estación Terrena, se necesita para la transmisión de un Codificador, Modulador, Convertidor de Subida y de un Amplificador de Ondas Progresivas (TWT o HPA). Para la recepción se requiere de un Amplificador de Bajo Nivel de Ruido, Convertidor de Bajada, Demodulador y Decodificador.

En el caso de una antena casera en la que solo hablamos de recepción, se utiliza un LNB y un receptor de satélite, el LNB es un equipo que contiene un LNA y un Convertidor de Bajada, la Demodulación y la Decodificación las realiza el receptor de TV vía satélite.

Con todo lo antes mencionado puedo concluir que el fin de esta tesina es mencionar algunos de los aspectos que se deben tomar en cuenta para orientar una antena parabólica.

BIBLIOGRAFÍA

- INSTALACIÓN DE ANTENAS PARABÓLICAS- TVRO

ING. ÁNGEL GALINDO ARELLANO

ENTEL

- ORIENTACIÓN DE ANTENAS PARABÓLICAS

ING. VÍCTOR ANDRÉS GONZÁLEZ REZA

ENTEL

- DISEÑO DE ANTENAS, TEORÍA, APLICACIONES Y MEDIDAS

VOLUMEN 1

ENTEL

- DISEÑO DE ANTENAS, TEORÍA, APLICACIONES Y MEDIDAS

VOLUMEN 2

ENTEL

- **INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE ESTACIONES TERRENAS**

ENTEL

- **MANUAL DE INSTALACIÓN DE ESTACIÓN TERRENA SIMPLIFICADA**

LEHMEX, S.A. DE C.V.

ENTEL