



164
21.

**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**Facultad de Estudios Superiores
CUAUTITLAN**

COMUNICACIONES

**"Características de las Antenas Parabólicas
de una Estación Terrena para un
Enlace Vía Satélite"**

TRABAJO DE SEMINARIO

**Que para obtener el título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

p r e s e n t a

ARTURO QUIRINO VALTIERRA MENDOZA

· ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México

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.



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

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

ATN: 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-Cuatitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones Características de las Antenas Parabólicas
de una Estación Terrestre para un Satélite

que presenta el pasante: Arturo Quirino Valtierra Mendoza,
con número de cédula: 9222267-2 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.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Comité Local, Edo. de México, a 10 de Septiembre de 19 97

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>III</u>	<u>Ing. Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Vicente Madarrón González</u>	<u>[Firma]</u>
<u>I</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Márquez</u>	<u>[Firma]</u>

DEP/VOBOSER

AGRADECIMIENTOS:

A MIS PADRES POR SU APOYO BRINDADO A LO LARGO DE TODA MI CARRERA.

A MIS HERMANOS POR LA AYUDA BRINDADA DURANTE MIS ESTUDIOS.

A MI NOVIA POR SU COMPRESIÓN Y APOYO MOSTRADO MIENTRAS ME ENCONTRABA ESTUDIANDO.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR HABERME DADO LA OPORTUNIDAD DE ESTUDIAR EN UNO DE SUS PLANTELES.

A MÉXICO POR HABERME BRINDADO LA OPORTUNIDAD DE SER LIBRE Y OBTENER UNA EDUCACIÓN GRATUITA PARA LOGRAR MI SUPERACIÓN.

A DIOS QUE MEDIO LA OPORTUNIDAD DE VIVIR, DE GOZAR DE BUENA SALUD Y UNA BUENA CAPACIDAD DE ESTUDIO PARA LOGRAR ASÍ ESTE TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA ADEMÁS DE ESTAR EN UNA FAMILIA COMO A LA QUE PERTENEZCO.

A MIS MAESTROS QUE SE ESFORZARON POR ENSEÑARME TODOS SUS CONOCIMIENTOS SIN MÁS RECOMPENSA ALGUNA QUE LA SATISFACCIÓN DE HABER COOPERADO A LA FORMACIÓN DE UN INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA.

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE LA CARRERA.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU"

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1 Eje del Espectro	2
1.1 El Espectro Electromagnético	2
1.2 Polarización de una Onda	6
Capítulo 2 Patrón de Radiación	8
2.1 Radiador Isotrópico	8
2.2 Lóbulos del Patrón de Radiación	9
Capítulo 3 Antenas Parabólicas	13
3.1 Tipos de Antenas Parabólicas	13
3.2 Partes que Componen una Antena Parabólica	19
3.3 Características de una Antena Parabólica	26
Capítulo 4 Apuntamiento de Antenas Parabólicas	29
4.1 Angulos de Acimut y Elevación	29
4.2 Calculo de Angulos de Acimut y Elevación	38
4.3 El Angulo de Declinación	40
CONCLUSIONES	45
GLOSARIO	46
BIBLIOGRAFÍA	51

INTRODUCCIÓN

En esta presente tesis se abordara el tema de las características que presenta una antena en una estación terrena.

Una antena es un elemento o conjunto de elementos que se utilizan en la transmisión 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 interface 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 paraboloide que concentra la energía de un haz.

Una antena parabólica refleja las señales que llegan a ella y las concentra en un punto común llamado foco: asimismo, las señales que provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación. Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide lo que llamaremos punto focal, y en el se coloca el alimentador.

CAPITULO I EJE DEL ESPECTRO

1.1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La teoría de Maxwell la llevó a cabo H.R. Hertz en 1885, quien demostró que la radiación de energía electromagnética puede verificarse a cualquier frecuencia. O sea, la luz, la radiación térmica, y las ondas de radio tienen la misma naturaleza y todas ellas viajan a la velocidad de la luz (3×10^8 m/s). Todos los tipos de radiación pueden reflejarse, enfocarse mediante lentes, polarizarse, y así sucesivamente.

Se sabe actualmente que el intervalo de frecuencias del espectro electromagnético es muy grande, como se muestra en la figura 1. 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, $c = 3 \times 10^8$ m/s.

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 más altas de frecuencia como son la super alta frecuencia (SHF), y la banda de extremadamente alta frecuencia (EHF), y dentro de estas bandas existen subbandas como las que se encuentran mostradas en la fig. 2 a y 2 b, donde hay bandas muy importantes, como la banda C, donde se manejan todas las señales de TV comercial, algunos sistemas de voz, datos y radiodifusión. Otra banda importante es la Ku, por donde

se cursan servicios de datos y voz así como de televisión y por último mencionamos a la banda L, en la cuál se manejan sistemas de comunicaciones móviles.

ESPECTRO DE FRECUENCIAS

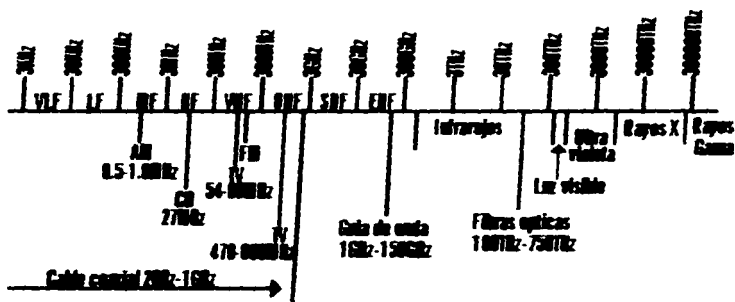
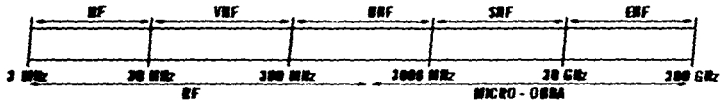


Fig. 1

EL EJE DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS

ESPECTRO DE FRECUENCIAS



ESPECTRO DE MICRO-ONDA

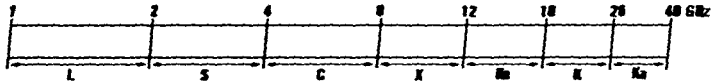


Fig. 2 a ESPECTRO DE FRECUENCIAS

Fig. 2 b ESPECTRO DE MICRO-ONDA

La capa atmosférica-ionosfera opaca las ondas y las refleja, dependiendo del tamaño de la frecuencia tomándolo como ventanas ópticas y de radio esto se observa en la figura 3.

De esta manera, la longitud de onda depende de la velocidad v que depende del medio. En este sentido, la frecuencia es una cantidad fundamental siendo esto

independiente del medio. Cuando el medio es el vacío $v = c = 3 \times 10^8$ m/s. Esto muestra la relación de la longitud de onda con la frecuencia por $v = c$.

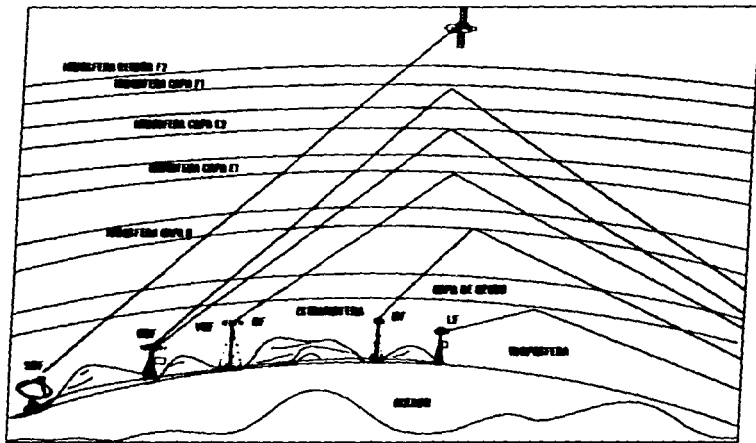


Fig. 3

CAPAS DE LA ATMOSFERA TERRESTRE
REFLEXIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS

1.2 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. La energía de una onda electromagnética 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.

Las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz.

Las ondas electromagnéticas pueden ser polarizadas.

La teoría electromagnética de la luz establece que está se propaga como campos transversales oscilatorios. La energía se reparte de igual manera entre los campos eléctrico E y magnético B , que son mutuamente perpendiculares fig 4.

Una onda dada puede tener dos polarizaciones ortogonales que existen simultáneamente y llevan información diferente sin interferencia. Este principio de rehuso de frecuencia es utilizado para incrementar la información de los satélites hacia la tierra y viceversa, como se muestra en la figura 4.

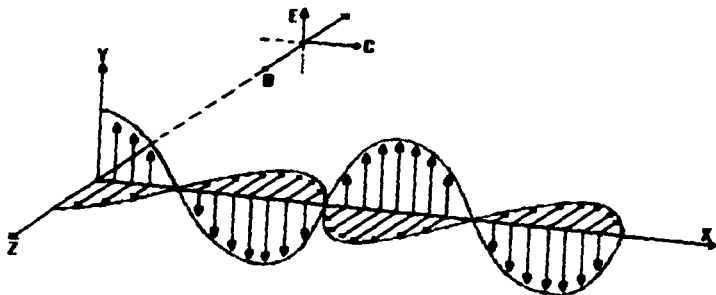


Fig. 4

**PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNETICAS COMO CAMPOS
OSCILATORIOS TRANSVERSALES ELÉCTRICO E Y MAGNÉTICO B, QUE
SON MUTUAMENTE PERPENDICULARES.**

CAPITULO 2 PATRÓN DE RADIACIÓN

2.1 RADIADOR ISÓTROPICO

Un radiador isótropico 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 $4\pi r^2$. Esto es una práctica 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 isótropica por el área de un metro cuadrado de una esfera. La potencia de radiofrecuencias producida por una fuente isótropica 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 las pérdidas 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 isótropica la cual radia energía a dos antenas de igual área. La superficie de la antena 2 está más lejana de la fuente que la antena 1, nótese que la antena 1 que esta más cercana de la fuente intercepta considerablemente más potencia que la antena 2. 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, un área física. Los valores típicos son 0.55 a 0.80.

DIRECTIVIDAD

El concepto de directividad significa que la antena tiene la capacidad de enfocar la energía en una dirección específica, de este modo incrementa la eficiencia en un enlace punto a punto. La energía la cuál 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 cuál es llamada reciprocidad. Esto permite que la antena reciba precisamente con las mismas características direccionales que la transmisión.

2.2 LÓBULOS DEL PATRÓN DE RADIACIÓN

PATRÓN DE UNA ANTENA

El patrón de radiación de una antena está definido como una representación gráfica de las propiedades de radiación de la antena como función de las coordenadas espaciales.

LÓBULOS DEL PATRÓN DE RADIACIÓN

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

LÓBULO MAYOR

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

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)

Los lóbulos laterales y el lóbulo principal son características de una antena de estación terrena mediante los cuales se generan y se reciben interferencias. Fig. 5

Otras de las definiciones útiles del comportamiento de una antena además de la ganancia pico, son el ancho de haz a media potencia (comúnmente llamada ancho de haz) es el ancho del lóbulo principal medido entre dos puntos donde la intensidad de potencia es la mitad de la intensidad pico. Un nombre para la misma medición comúnmente usado es el ancho de banda a -3 db. Entonces el punto donde es la media potencia de intensidad es 3 db abajo, como se muestra en la fig. 6. El ancho de banda a media potencia define el rango de apuntamiento de la antena (ángulo de alineamiento) sobre el cual la antena o el satélite

pueden moverse sin que se pierda la señal. Esto es prácticamente una pérdida de potencia de un 25% de la señal. Lo cual requiere de un apuntamiento exacto o control de posición del satélite.

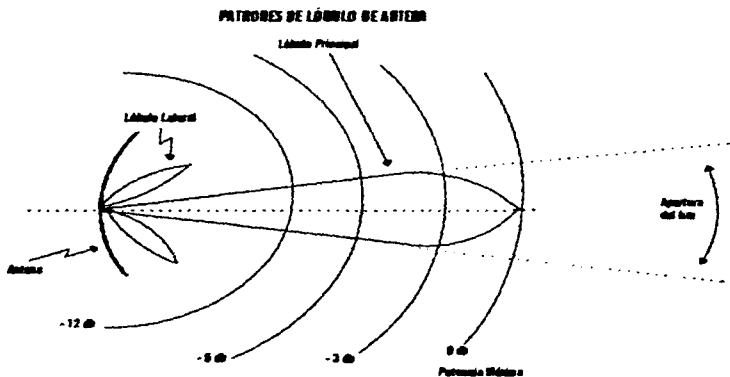


Fig. 5
PATRONES DE LÓBULO DE ANTENA

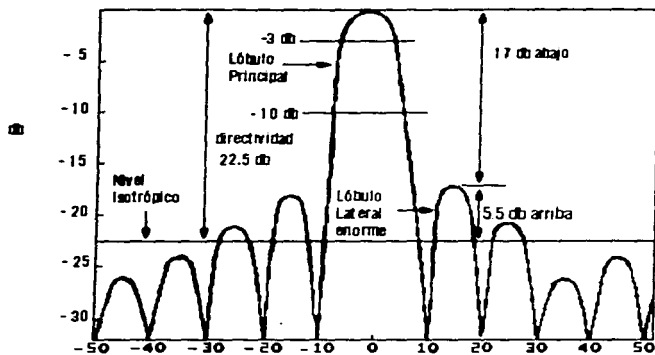


Fig. 6

LÓBULO PRINCIPAL Y LÓBULOS LATERALES CON RESPECTO A EL NIVEL ISOTRÓPICO

CAPITULO 3 ANTENAS PARABÓLICAS

3.1 TIPOS DE ANTENAS PARABÓLICAS

Las antenas, como se ha mencionado, son uno de los subsistemas más en una estación terrena y debido a esto se deben tener varios tipos y formas, estas antenas cuentan con un reflector parabólico, pues ya que 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. 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.

ANTENA PARABÓLICA TIPO GREGORY O DE PUNTO FOCAL

En una antena parabólica con alimentación frontal, el eje del alimentador o corneta coincide con el eje de la antena y la apertura por la que radia está orientada hacia el suelo, esto último presenta el inconveniente de que la energía radiada por el alimentador que se desperdicia por desborde, se refleja parcialmente al tocar el suelo y puede degradar la calidad de la señal transmitida. Asimismo, si la antena está recibiendo del satélite, los rayos que inciden sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador y pueden causar

una degradación en la calidad de la señal recibida al sumarse fuera de fase con los rayos directos que son reflejados por el plato parabólico

Entre las ventajas de este tipo de antenas está el hecho de que son fácilmente orientables y además ofrecen una razonable eficiencia en el rango del 50 al 60%.

A continuación se muestra una antena parabólica con alimentación frontal Fig. 7.

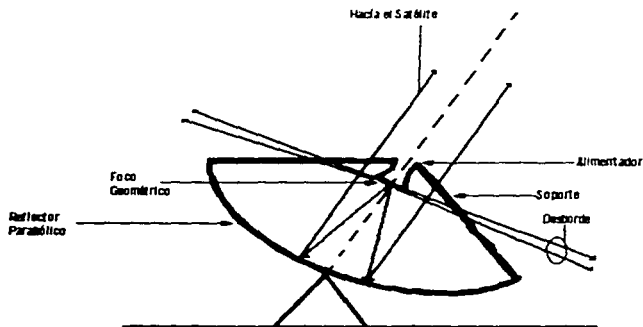


Fig. 7

ANTENA PARABÓLICA TIPO GREGORY O DE PUNTO FOCAL

ANTENA PARABÓLICA TIPO OFFSET O DE ALIMENTACIÓN DESCENTRADA

En una antena tipo offset o de alimentación descentrada, sólo 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 paraboloides no coinciden. Sin embargo, la construcción de toda la estructura reflectora y de soporte es más 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 antena se utiliza en varias estaciones receptoras y transmisoras de TV, telefonía y datos. Actualmente éste tipo de antenas se está utilizando en las redes VSAT para transmitir y recibir datos en alta velocidad, ya que su instalación es fácil y económica, además que requiere un mínimo de mantenimiento y de que son de una gran durabilidad y se adaptan a los terrenos y condiciones de operación más difíciles e inhóspitas su eficiencia está en el rango de un 70 a 80%. A continuación se muestra una antena de tipo offset. Fig. 8.

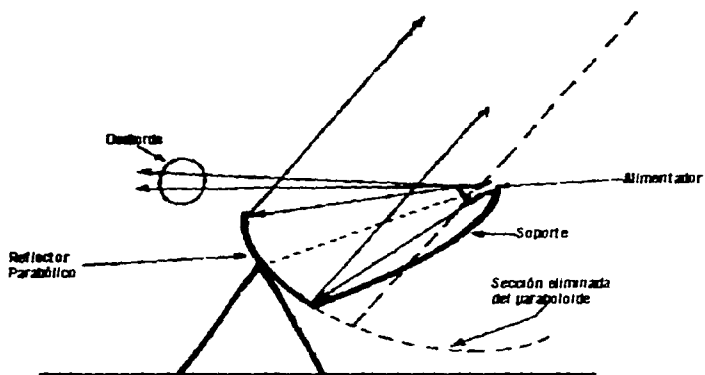


Fig. 8
ANTENA PARABÓLICA DE TIPO OFFSET O DE ALIMENTACIÓN
DESCENTRADA

ANTENA PARABÓLICA CON ALIMENTADOR CASSEGRAIN

La antena Cassegrain, es mucho más eficiente que cualquiera de los dos tipos ya descritos, y su ganancia es mayor, pero su precio es más 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 receptor principal coinciden con el punto focal virtual del subreflector hiperbólico como se muestra en la fig. 9. Y el diseño es equivalente a tener una antena imaginaria menos cóncava y con un alimentador más 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 o foco de la antena sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de pérdidas por cableado.

Otras ventajas que ofrece este tipo de antena son 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. A continuación se muestra una antena tipo Cassegrain. Fig. 9.

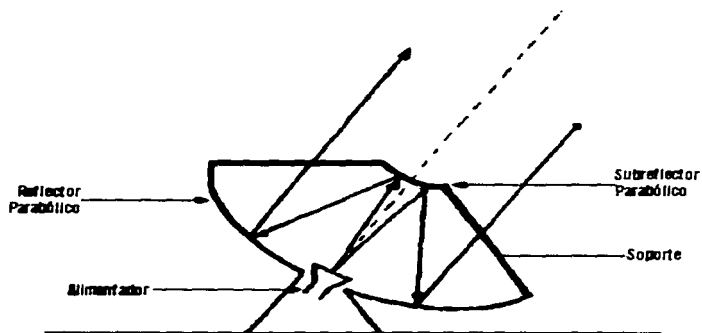


Fig. 9

ANTENA PARABÓLICA CON ALIMENTADOR CASSEGRAIN

3.2 PARTES QUE COMPONEN UNA ANTENA PARABÓLICA

A continuación se va 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 en listan, o estos pueden ser de distinta forma, pero cumplen con la misma función. Tomando como base una antena de tipo Cassegrain, los elementos que forman parte de una antena son:

A) ESTRUCTURA DE LA ANTENA

- Reflector principal.
- Foco o Hub.
- Montaje.
- Mecanismo de movimiento.

B) ALIMENTADOR DE ANTENA

- Subreflector.
- Bocina primaria del tipo cónica ondulada.
- Duplexor.

C) DESHIDRATADOR

A continuación vamos a hacer una descripción de las partes que conforman el subsistema de antena. Fig. 10.

REFLECTOR PRINCIPAL

Como se había mencionado, el reflector tiene la función de concentrar las señales provenientes del foco y concentrarlas en un haz de radiación muy angosto.

El reflector principal está 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 superreforzado o en su caso de fibra de carbono. El panel reflector se encuentra montado en la parte cóncava de la estructura de la 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.

FOCO o HUB

El hub o foco de la antena es la cavidad donde se encuentran montados los equipos denominados LNA / LNB, sistemas de guías de onda. 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 la antena.

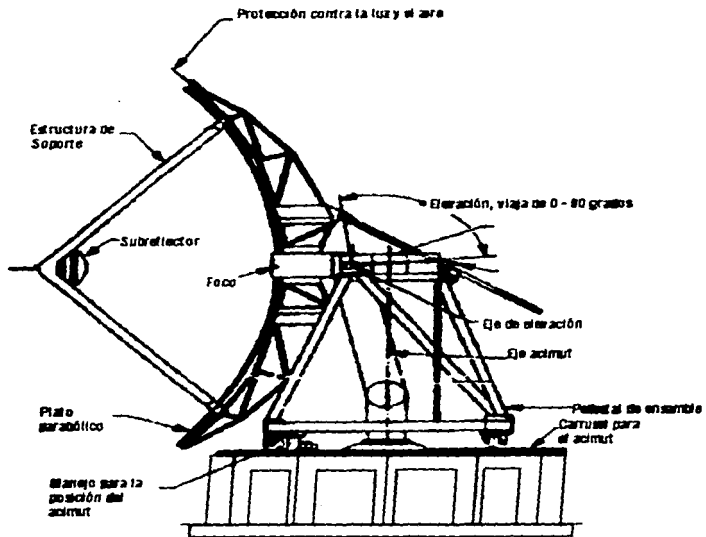


Fig. 10

PARTES QUE COMPONEN UNA ANTENA

El LNA / LNB (Low Noise Amplifiers / Low Noise Converter)(Amplificador de Bajo Ruido / Amplificador de Bajo Ruido con Convertidor) El primer proceso activo en una señal de bajada en un enlace satélital ocurre en el LNA / LNB La antena y el amplificador de bajo ruido son los elementos más importantes de una estación terrena receptora y juntos definen la calidad de su operación El amplificador de bajo ruido tiene una temperatura de ruido como su principal parámetro indicativo, y mientras ésta sea más baja tanto mejor, porque el ruido que se añade a la señal es menor y la calidad de la recepción aumenta. Los requerimientos del LNA son los siguientes

- 1.-Provee alta ganancia y bajo nivel de ruido para estabilizar el valor del coeficiente G/T en el sistema.
- 2.-Provee la transición de la guía de onda de la antena al cable coaxial. El LNA está diseñado para aceptar una entrada de la guía de onda y provee una salida para el cable coaxial.
- 3.-Provee un mecanismo adecuado que permite montar directamente la guía de onda de la antena y permitir la conexión del cable coaxial con la unidad

Ahora para un enlace de subida es necesario darle a la señal cierta potencia para que está pueda llegar al satélite para esto es necesario lo siguiente: se transfiere una señal de la frecuencia intermedia que, dependiendo del sistema, puede tener una frecuencia central de 70 MHz, 140 MHz, 1 GHz, o más a una posición dentro del espectro electromagnético. La

señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aun muy bajo, por lo que es preciso amplificarla antes de entregarsela a la antena, para esto se utiliza un Amplificador de Alta Potencia (HPA) (High Power Amplifier) Del cual existen fundamentalmente dos tipos El tubo de ondas progresivas TWT y el Klistrón

El tubo de ondas progresivas (TWT) es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande, que abarca todas las frecuencias utilizables del satélite(500 MHz o más en algunos casos)

Un Klistrón es un amplificador de banda estrecha, suficiente para manejar uno o dos canales de TV, varios cientos de canales telefónicos o algunos canales de datos de muy alta velocidad de transmisión

Al LNA y HPA los encontramos juntos en la misma caja

MONTAJE

El montaje de la antena, está 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 3 tipos de montajes como son elevación – acimut, x-y o ecuatorial, los cuáles analizaremos más adelante, pero el más común es el de acimut y elevación, y consta de 2 tornillos “sin fin” uno para cada eje y su base, así también como la estructura de acero que soporta el plato o la antena

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 de acimut 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 acimut de una base redonda deslizable y un tornillo ajustador y para elevación de dos bisagras y un tornillo sin fin.

SUBREFLECTOR

El subreflector, como ya se había mencionado anteriormente, 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 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 al 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, éste a su vez, la refleja nuevamente concentrándola en la bocina primaria que deja pasar la señal hacia el duplexor entregándola al sistema de LNA o LNB, 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.

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.

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 un 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 causará ningún deterioro de las señales que son recibidas por el bloque de recepción, se integra al duplexor, un filtro rechaza banda, el cuál trabaja en la banda de transmisión.

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.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE UNA ANTENA PARABÓLICA

Las características más importantes de una antena parabólica son su ganancia, su patrón de radiación y temperatura de ruido. A continuación en listamos las características más importantes que deben cumplir las antenas, en una Estación Terrena

- 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 decibelios en relación con la

potencia radiada o recibida por la antena isotrópica. En términos matemáticos, la ganancia de una antena parabólica, está definida por: La ganancia esta dada en db (decibeles).

$$G = 10 \log [\eta \pi^2 (D / \lambda)^2]$$

Donde:

D = diámetro de la antena.

η = eficiencia de la antena

λ = longitud de onda.

Como se habia 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 son 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 convicción 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 de la antena, su concavidad, la rugosidad de la superficie, etc. Mientras más grande sea el diámetro de la antena mayor será su ganancia y el lóbulo principal de radiación será más angosto y los lóbulos laterales se reducen.

Por último, la relación de la ganancia de antena de 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, con relación a la sensibilidad de la recepción desde el satélite, de la portadora de enlace descendente. Como se muestra en la figura 11.

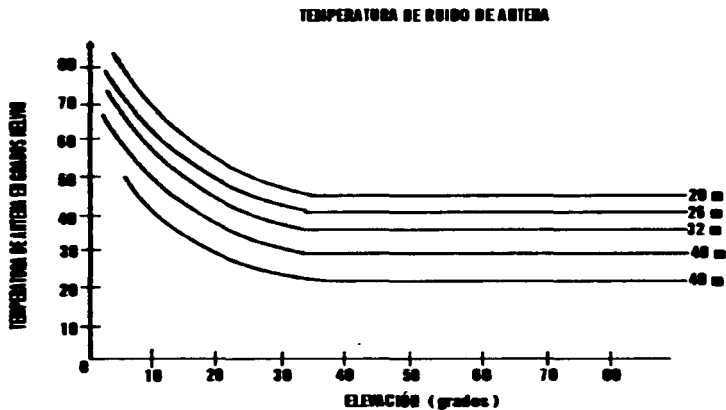


Fig. 11

TEMPERATURA DE RUIDO DE ANTENA

CAPITULO 4 APUNTAMIENTO DE ANTENAS PARABÓLICAS

4.1 ANGULOS DE ACIMUT Y ELEVACIÓN

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 un satélite geostacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y acimut, 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 su eje de máxima radiación, el ángulo de elevación es aquél formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite como se muestra en la figura 12 a y 12 b; por su parte, el ángulo de acimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj - con relación al norte geográfico de la tierra - para que ese mismo eje de simetría - prolongado imaginariamente - pase por la posición en longitud del satélite. Fig 13 a y 13 b.

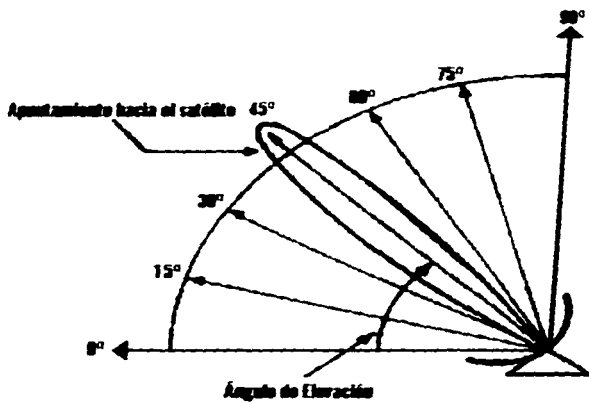


Fig. 12 a

DEFINICIÓN DEL ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE LA ANTENA DE UNA ESTACIÓN TERRENA

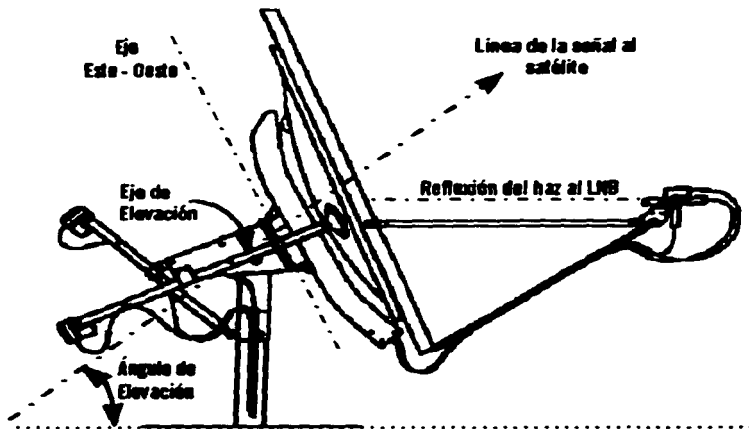


Fig. 12 b

ÁNGULO DE ELEVACIÓN DE UNA ÁNTENA PARABÓLICA

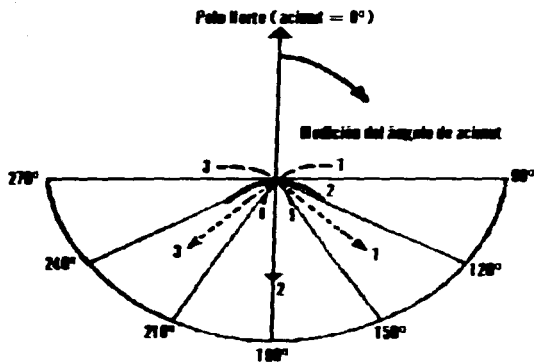


Fig. 13 a

DEFINICIÓN DEL ÁNGULO DE ACIMUT DE LA ANTENA DE UNA ESTACIÓN TERRENA

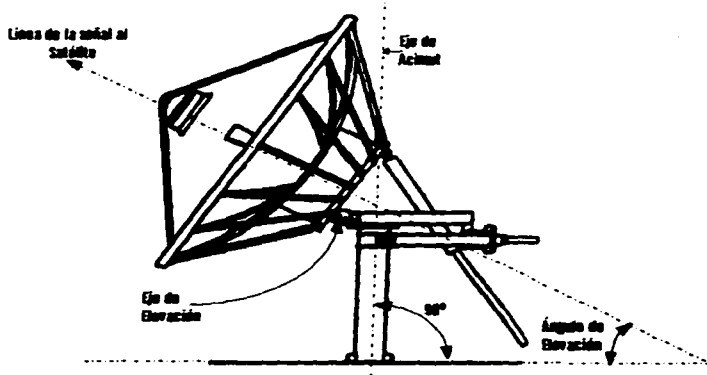


Fig. 13 b

ÁNGULO DE ACIMUT DE UNA ANTENA PARABÓLICA

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

CASO I ESTACIÓN EN EL HEMISFERIO NORTE

-Satélite al Oeste de la Estación.

$$Ac = 180^\circ + A'$$

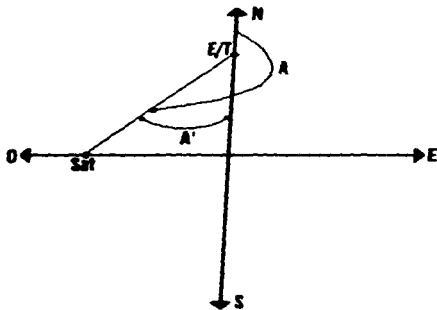


Fig. 13°

SATÉLITE AL OESTE DE LA ESTACIÓN

-Satélite al Este de la Estación.

$$Ac = 180^\circ - A'$$

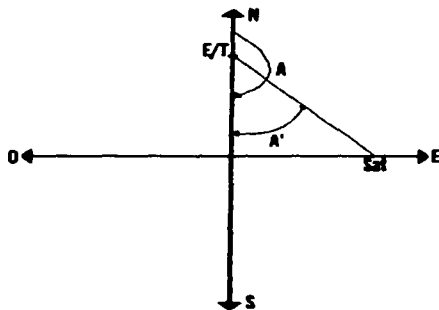


Fig. 13^b

SATÉLITE AL ESTE DE LA ESTACIÓN

CASO 2: ESTACIÓN EN EL HEMISFERIO SUR

-Satélite al Oeste de la Estación.

$$Ac = 360^\circ - A'$$

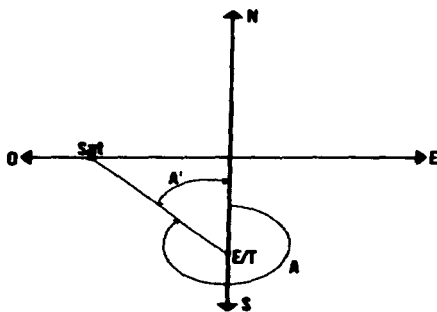


Fig. 13°

SATÉLITE AL OESTE DE LA ESTACIÓN

-Satélite al Este de la Estación.

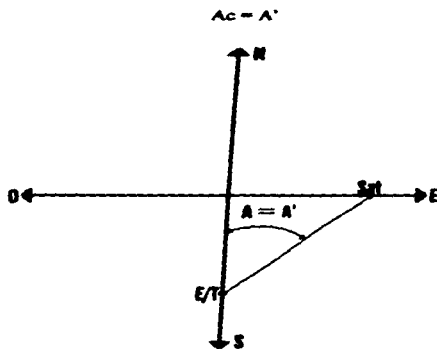


Fig. 13^a

SATÉLITE AL ESTE DE LA ESTACIÓN

4.2 CÁLCULO DE ÁNGULOS DE ACIMUT Y ELEVACIÓN.

A continuación se presentan los parámetros geométricos con respecto a una estación terrena, con movimiento de acimut y elevación de un satélite en órbita.

λ_s = Longitud del satélite.

λ_p = Longitud de la estación terrena.

ϕ = Latitud de la estación terrena

0.151269 = Constante.

$\lambda_{sp} = \lambda_s - \lambda_p$

Formulas matemáticas para la obtención de los ángulos de acimut y elevación para localizar un satélite geoestacionario:

Ángulo de acimut = $180^\circ + A'$

Donde A' es:

$A' = \tan^{-1} [\text{Tang } \lambda_{sp} / \text{Sen } \phi]$

Ángulo de elevación = $\tan^{-1} [(\text{Cos } \beta - 0.151269) / \text{Sen } \beta]$

Donde β es:

$\beta = \cos^{-1} [(\text{Cos } \phi) (\text{Cos } \lambda_{sp})]$

Nota: Las unidades utilizadas deben ser homogéneas, por ejemplo si damos el dato de la longitud de la estación terrena en grados oeste, la longitud del satélite deberá darse también en grados oeste o viceversa.

Ejemplificando las ecuaciones anteriores tenemos lo siguiente:

En este ejemplo se obtendrán los ángulos de acimut y elevación para orientar una antena parabólica tomando como base que nuestra estación terrena se encuentra en la ciudad de México, teniendo la siguiente posición:

$$\lambda_p = 99.09^\circ \text{ Longitud Oeste.}$$

$$\phi = 19.29^\circ \text{ Latitud.}$$

El satélite que deseamos localizar con nuestra antena parabólica desde nuestra estación terrena, es el satélite Solidaridad 2, el cuál tiene una posición orbital de:

$$\lambda_s = 113^\circ \text{ Oeste Longitud del satélite.}$$

$$\therefore \lambda_{sp} = 113^\circ - 99.09^\circ = 13.91^\circ$$

Por lo tanto como nuestra estación terrena se encuentra en el hemisferio norte y longitud Oeste la fórmula para calcular el ángulo de acimut:

$$\text{Ángulo de acimut} = 180^\circ + A^\circ.$$

Donde A° es:

$$A^\circ = \text{Tan}^{-1} [\text{Tang } \lambda_{sp} / \text{Sen } \phi]$$

Substituyendo valores tenemos:

$$A^\circ = \text{Tan}^{-1} [\text{Tan } 13.91^\circ / \text{Sen } 19.29^\circ] = 36.85^\circ$$

$$\therefore \text{El ángulo de acimut} = 180^\circ + 36.85^\circ = 216.85^\circ$$

Ahora calculamos el ángulo de elevación:

$$\therefore \text{Ángulo de elevación} = \text{Tan}^{-1} [(\text{Cos } \beta - 0.151269) / \text{Sen } \beta]$$

Donde β es:

$$\beta = \cos^{-1} [(\cos \phi) (\cos \lambda_{sp})]$$

Substituyendo valores tenemos

$$\beta = \cos^{-1} [(\cos 19.29^\circ) (\cos 13.91^\circ)] = 23.62^\circ$$

$$\therefore \text{Ángulo de elevación} = \tan^{-1} [(\cos 23.62^\circ - 0.151269) / \sin 23.62^\circ] = 62.35^\circ$$

Nota: Para la orientación real de la antena se debe considerar el ángulo de declinación magnética y tomar como referencia el norte verdadero

4.3 EL ÁNGULO DE DECLINACIÓN

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 sus ángulos de eje polar y de declinación. El ángulo del eje polar es igual a la latitud del lugar.

Por ejemplo 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 fijara a 0° 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.

EL ÁNGULO DE DECLINACIÓN

El ángulo de declinación, que varía entre 28 a 54 grados 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 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. Como se muestra en las figuras 14 a y 14 b

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 más cercanas a los polos.

El ángulo de la 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 la declinación. La forma más 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 más el ángulo de la 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° (este valor se encuentra en un mapa donde se da los valores del ángulo de declinación) , de tal forma que el plato se fijará a una elevación de 22.71° . La figura 15 muestra el porque del ángulo de declinación.

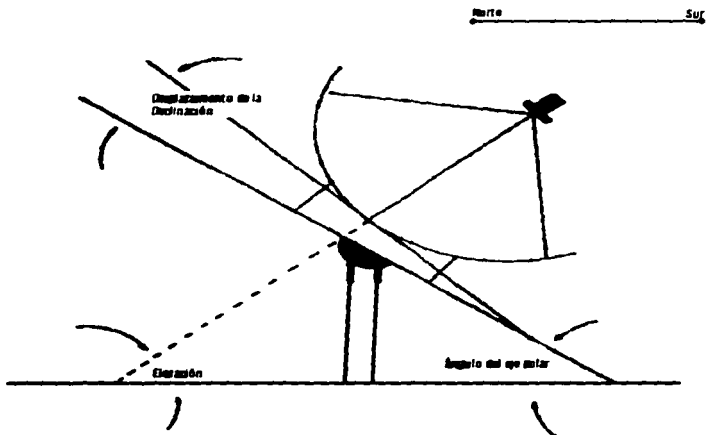


Fig. 14 a

GEOMETRÍA DE UN EJE POLAR

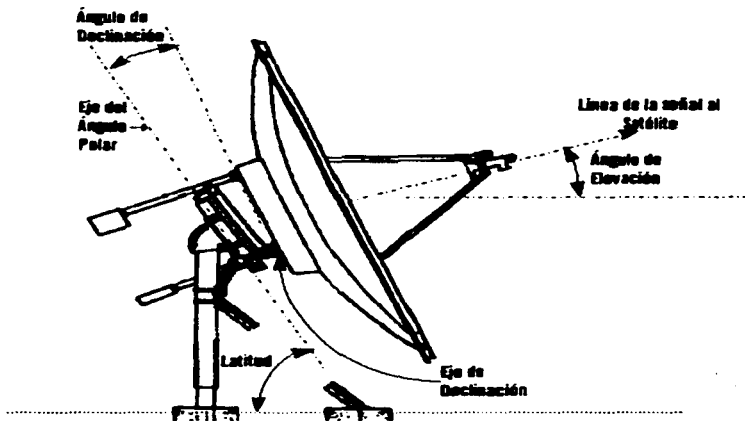


Fig 14 b

ÁNGULO DE DECLINACIÓN DE UNA ANTENA PARABÓLICA

Fuente: [Illegible text]

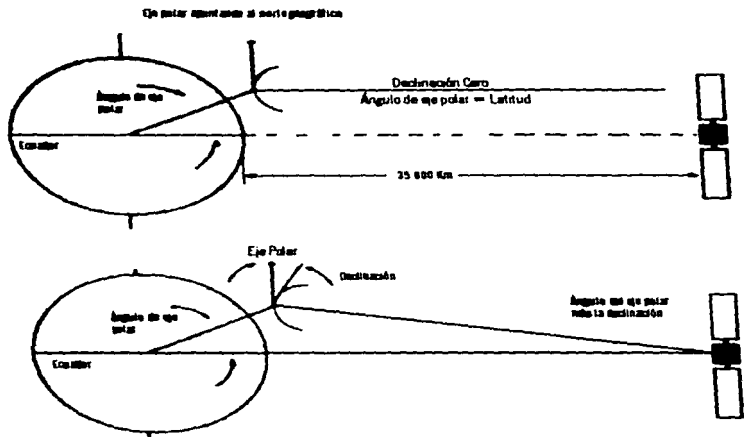


Fig. 15
ALINEACIÓN DE UN SOPORTE POLAR

CONCLUSIONES.

Por lo tanto de acuerdo a lo que se desarrollo en la presente tesis podemos concluir que en una estación terrena, la antena es una de las partes más importantes, ya que proporciona un medio de transmisión de la portadora de radiofrecuencia modulada al satélite a una frecuencia de enlace ascendente. Existen diferentes tipos de antenas con las que podemos obtener diferentes ganancias.

Este tipo de antenas presenta diferentes parámetros que nos presentan la pauta para elegir la antena que más se acerque a nuestras necesidades, tanto en costo como en necesidades técnicas para lograr una buena transmisión y recepción.

La antena no solo debe de proveer de la ganancia necesaria para poder permitir la transmisión y recepción apropiada, pero también debe tener características de radiación que discrimine señales no deseadas y minimice interferencia de otro satélite o sistema terrestre.

En algunos casos, las antenas que reciben son distintas a 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 último podemos mencionar que las funciones principales de la antena se pueden dividir en dos, la de transmitir o recibir señales hacia o desde el satélite con una transmisión y recepción apropiada.

GLOSARIO.

Ángulo de Acimut

Es la cantidad en grados que hay que girar la antena es en el sentido de las manecillas del reloj - con relación - al norte geográfico de la antena - para que ese mismo eje de simetría-prolongado imaginariamente - pase por la posición en longitud del satélite.

Ángulo de Declinación

Este ángulo baja la vista de la antena desde un plano paralelo al plano ecuatorial hasta el arco de satélites.

Ángulo de Elevación

Es aquél formado entre el piso y el eje de simetría dirigido hacia el satélite.

Deshidratador

Es lo que proporciona aire seco dentro de la guía de onda para mantenerla en condiciones óptimas.

Directividad

El concepto de directividad significa que la antena tiene la capacidad de enfocar la energía en una dirección específica.

Duplexor

Es lo que utiliza la antena para poder transmitir y recibir señales. Es un dispositivo de microondas que se interconecta simultáneamente con los bloques de transmisión y recepción.

Foco

Es el punto donde se concentran las señales reflejadas por el reflector principal, y es donde se encuentran montados los equipos denominados como LNA o LNB y sistema de Guía de Onda. Si la antena es de tipo Cassegrain el foco se encuentra localizado en la parte posterior de la estructura de está.

Ganancia de una Antena

Es la capacidad de la antena de amplificar las señales que recibe o transmite en cierta dirección.

G/T

Ganancia de la Antena a Temperatura de Ruido. Es una cifra de mérito que se usa comúnmente para indicar el rendimiento de la antena de la Estación Terrena.

Guía de Onda

Es usada como un radiador primario, ya que radia un haz axialmente simétrico, con un mínimo de lóbulos laterales.

HPA	High Power Amplifier. Amplificador de Alta Potencia. Es lo que amplifica la señal antes de entregársela a la antena, del cual existen fundamentalmente dos tipos: El tubo de ondas progresivas (TWT) y el Klistrón.
LNA	Low Noise Amplifier. Amplificador de Bajo Ruido. Es donde se realiza el primer proceso activo en un enlace de bajada, este elimina cualquier ruido que se le pueda añadir a la señal antes de ser amplificada a un nivel aceptable.
LNB	Low Noise Block Converter. Amplificador de Bajo Ruido con Convertidor. Tiene la misma función que un LNA solo que ahora también se le integrara la función del bloque convertidor.
Lóbulo Lateral	Es el lóbulo de radiación en cualquier otra dirección que el lóbulo principal.
Lóbulo Principal	Es el lóbulo de radiación contenido en la dirección de radiación máxima.

Patrón de Radiación	Es lo que nos proporciona información sobre la distribución de la energía radiada como función del observador a lo largo de un radio constante
Radiador Isotrópico	Es análogo a un foco de luz, el cual define una esfera, donde la intensidad de la energía es constante.
Reflector Principal	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.
Subreflector	Se encuentra localizado en el punto focal de la antena parabólica, tiene la función de concentrar la señal del Reflector Principal al foco y viceversa. Nota: Esto solo se presenta en una antena tipo Cassegrain.
TWT	Travelling Wave Tube. Tubo de Ondas Progresivas. Es un amplificador de microondas de ancho de banda muy grande (500 MHz o más en algunos casos).

KClstrón

Es un amplificador de banda estrecha, suficiente para manejar uno o dos canales de televisión, varios cientos de canales telefónicos o algunos canales de datos.

BIBLIOGRAFIA.

Apuntes del Curso de Orientación de Antenas Parabólicas.

Ing. Víctor Andrés González Reza.

TELECOMM 1994.

Factores que Intervienen en el Apuntamiento de una Estación Terrena a un Satélite Geoestacionario.

Ing. Miguel A. Grimaldo Guzmán. Ing. Gabriel Hernández Castillo.

TELECOMM 1997

Información Complementaria al Curso de Instalación de Antenas Parabólicas.

Ing. Angel Galindo Arellano.

TELECOMM 1997

Satellite Earth Stations.

Ing. Jorge B. Vespoli.

Ing. James H. Cook.

Ing. Gary M. Springer.

Reprinted by Scientific – Atlanta, Inc. From the NAB Engineering Hand Book.

Satélites de Comunicaciones.

Ing. Rodolfo Neri Vela.

Edit. Mc Graw Hill.