

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ING. EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

FRANCISCO FLORES BALLESTEROS

ASESOR: FERNANDO ESTRADA SALAZAR

MONTERREY, N. L.

OCTUBRE DE 1998

T

TK510

F5

1998

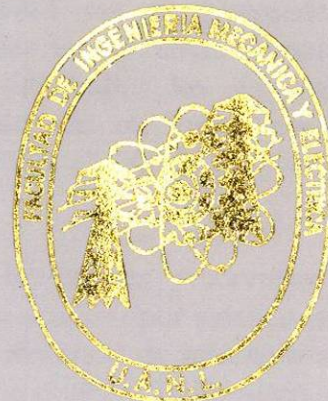
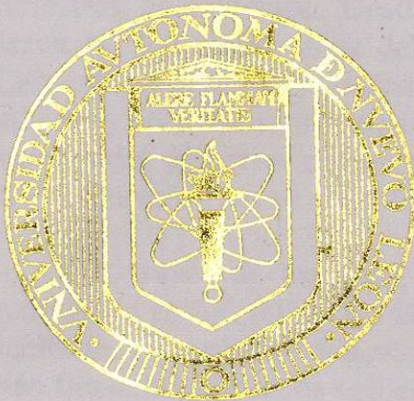
C.1



1080096852

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ING. EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA

FRANCISCO FLORES BALLESTEROS

ASESOR: FERNANDO ESTRADA SALAZAR

MONTERREY, N. L.

OCTUBRE DE 1998

T
TKS104
FS
1998



INTRODUCCIÓN

A principios de 1960, la American Telephone and Telegraph Company (AT&T) publicó estudios, indicando que unos cuantos satélites poderosos de diseño avanzado, podían soportar más tráfico que toda la red AT&T de larga distancia. El costo de estos satélites fue estimado en sólo una fracción del costo de las facilidades de microondas terrestres equivalentes. Desdichadamente, debido a que AT&T era un proveedor de servicios, los reglamentos del gobierno le impedían desarrollar los sistemas de satélite. Corporaciones más pequeñas y menos lucrativas pudieron desarrollar los sistemas de satélite y AT&T siguió invirtiendo millones de dólares cada año en los sistemas de microondas terrestres convencionales. Esta es la razón por la cual el uso de la tecnología satelital tuvo un atraso considerable.

A través de los años, los precios de la mayoría de los bienes y servicios han aumentado sustancialmente; sin embargo, los servicios de comunicación por satélite se han vuelto más accesibles cada año. En la mayoría de los casos, los sistemas de satélite ofrecen más flexibilidad que los cables Submarinos, cables subterráneos ocultos, radiomicroondas de línea de vista, o sistemas de fibra óptica.

Esencialmente, un satélite de comunicaciones es un repetidor de radio en el espacio. Un sistema de satélite consiste básicamente de una estación terrena transmisora, un satélite y una estación terrena receptora o una red usuarios.

LA HISTORIA DE LOS SATÉLITES

Los satélites de acuerdo a su principio de operación se pueden clasificar en pasivos y activos. Un satélite pasivo es el que simplemente refleja una señal de regreso a la tierra; no hay dispositivos de ganancia a bordo para amplificar y repetir la señal. Un satélite activo es aquel que de manera electrónica, repite una señal a la Tierra (por ejemplo, recibe, amplifica y retransmite la señal). Una ventaja de los satélites pasivos es que no requieren equipo electrónico sofisticado a bordo, aunque no necesariamente están sin potencia. Algunos satélites pasivos requieren de un *transmisor de guía de radio* para propósitos de rastreo y rangos. Una guía es una portadora no modulada transmitiendo continuamente a la cual una estación terrestre se puede unir y usar para alinear sus antenas o para determinar la ubicación exacta del satélite. La principal desventaja de los satélites pasivos es el uso ineficiente de la potencia transmitida.

Como se mencionó los satélites pasivos son los más sencillos. La luna es un satélite natural de la Tierra y, como consecuencia, a finales de la década de 1940 y a principios de la década de 1950, se convirtió en el primer satélite pasivo. En 1954 la marina de los Estados Unidos transmitió exitosamente los primeros mensajes sobre esta transmisión de tierra a Luna a Tierra. En 1956, se estableció un servicio de transmisión, entre Washington

D.C. y Hawaii y, hasta 1962, ofreció comunicaciones de larga distancia confiables. El problema era que el servicio estaba limitado a la disponibilidad de la Luna.

En 1957, Rusia lanzó el *Sputnik I*, el primer satélite terrestre activo. Un satélite activo capaz de recibir, amplificar y retransmitir información de y las estaciones terrestres. Sputnik I, transmitió información telemétrica por 21 días. Más adelante en el mismo año, Estados Unidos lanzó el *Explorer I*, el cual transmitió información telemétrica por casi 5 meses.

En 1958, la NASA lanzó el *Score* (Signal Communicating by Orbiting Relay Equipment), un satélite con forma cónica de 150 libras. Con una grabación a bordo, Score emitió el mensaje navideño de 1958 del presidente Eisenhower. Score fue el primer satélite artificial usado para retransmitir las comunicaciones terrestres. Score fue un *satélite repetidor retardado*; recibía transmisiones de las estaciones terrestres, las almacenaba en cinta magnética y las emitía a las estaciones terrestres más adelante en su órbita.

En 1960, la NASA, en conjunción con los Bell Telephone Laboratories y el Jet Propulsion Laboratory, lanzaron a *Echo*, un globo de plástico de 100 pies de diámetro, con una capa de aluminio. Echo reflejaba pasivamente las señales de radio desde una antena terrestre grande. Echo era sencillo y confiable, pero requería de transmisores de extremadamente alta potencia en las estaciones terrestres. La primera transmisión transatlántica utilizando un satélite fue lograda usando Echo. Además, en 1960, el Departamento de defensa lanzó a *Courier*. Courier transmitió 3 W de potencia y duró solo 17 días.

El 10 de Julio de 1962, AT&T lanzó a *Telstar I*, el primer satélite que recibía y transmitía simultáneamente. El equipo electrónico, en Telstar I, fue dañado por radiación solar y, consecuentemente duró solo unas cuantas semanas. *Telstar II* era, eléctricamente idéntico a Telstar I, pero estaba hecho más resistente a la radiación. Telstar II fue lanzado en forma exitosa el 7 de Mayo de 1963. Fue usado para transmisiones de teléfono, televisión y datos. La primera transmisión transatlántica exitosa de video fue lograda por Telstar II.

El Telstar se diseñó como experimento y no tenía intereses económicos comerciales. Además, la órbita utilizada hizo "visible" al satélite solamente por unos periodos breves. Un proyecto con objetivos similares fue el proyecto *Relay* desarrollado por Radio Corporation of America bajo contrato con la NASA que también fue exitoso.

SATÉLITES ORBITALES Y GEOESTACIONARIOS

Los satélites mencionados hasta el momento, son llamados satélites *orbitales* o *no geoestacionario*. Estos satélites giran alrededor de la tierra en un patrón elíptico o circular de baja altitud. Si el satélite esta girando en la misma dirección que la rotación de la Tierra y a una velocidad angular superior que la Tierra, la órbita se llama *órbita progrado*. Si el satélite está girando en una dirección opuesta a la rotación de la Tierra o en la misma

dirección pero a una velocidad angular menor que la de la tierra, la órbita se llama *órbita retrógrada*. Consecuente mente los satélites no geoestacionarios están alejándose o acercándose continuamente a la Tierra y no permanecen estacionarios a algún punto de la Tierra. Por lo tanto los satélites no geoestacionarios se tienen que utilizar cuando estén disponibles, lo cual puede ser un corto período de tiempo como 15 minutos de órbita. Otra desventaja con este tipo de satélites es la necesidad de equipo costoso para rastreo en las estaciones terrestres. Cada estación terrestre debe localizar al satélite conforme esté en órbita y después unir su antena al satélite y localizarlo cuando pasa por arriba. Una gran ventaja de estos satélites es que no se requieren de motores de propulsión abordo mantenerlos en sus respectivas órbitas.

Uno de los sistemas de satélites no geoestacionarios o orbitales más interesantes son el sistema soviético *Molniya*. Los satélites *Molniya* son usados para la transmisión de televisión y, actualmente son el único sistema de satélites comerciales no geoestacionarios en uso. *Molniya* utiliza una órbita altamente elíptica con un apogeo aproximadamente de 40 000 km y un perigeo de aproximadamente de 10 000 km. Con este sistema el apogeo es alcanzado mientras el satélite está es el hemisferio norte y el perigeo mientras el satélite esta en el hemisferio sur. Así de esta manera su órbita tiene un período de 12 h, y se pasa 11 horas en el hemisferio norte y el resto en el hemisferio sur.

SATÉLITES GEOESTACIONARIOS

Los satélites *geoestacionarios* o *geosíncronos* son satélites que giran en un patrón circular, con una velocidad angular igual a la de la Tierra. Consecuentemente, permanecen en una posición fija con respecto a un punto específico en la tierra. Una ventaja obvia es que están disponibles para todas las estaciones de la tierra que estén dentro de su *sombra* el 100% de las veces. La sombra de un satélite incluye a todas las estaciones terrenas que tengan un camino visible a él y estén dentro del patrón de radiación de las antenas del satélite. Una desventaja de este tipo de satélites es que necesitan de dispositivos de propulsión sofisticados y pesados para mantenerlos fijos en una órbita. El tiempo de órbita de un satélite geoestacionario es de 24 h, igual que la Tierra.

Syncom I, lanzado en febrero de 1963, fue el primer intento de colocar un satélite geoestacionario en órbita. *Syncom* se perdió durante la colocación en órbita. *Syncom II* y *Syncom III* fueron lanzados de manera exitosa en febrero de 1963 y agosto de 1964, respectivamente. El satélite *Syncom III* fue usado para transmitir los Juegos Olímpicos de Tokio en 1964. Los proyectos de *Syncom* demostraron la posibilidad de utilizar satélites geoestacionarios.

Desde los proyectos *Syncom*, un número de naciones y corporaciones privadas han lanzado, de manera exitosa, satélites que se estén usando actualmente para proporcionar comunicaciones regionales y globales, así como internacionales. Hay más de 200 sistemas de comunicaciones por satélite funcionando en el mundo. Hoy en día, proporcionan circuitos de datos y teléfono de portadora común fija mundial; televisión de cable punto a punto; distribución en red; radiodifusión de música; servicio de telefonía móvil; redes privadas para corporaciones, agencias de gobierno y aplicaciones militares.

En 1964, se estableció una red de satélite comercial global conocida como *Intelsat* (Organización Satelital para Telecomunicaciones Internacionales). *Intelsat* es propiedad y operada por un consorcio de más de 100 países. *Intelsat* es manejada por las entidades de comunicaciones designadas en sus países respectivos. El primer satélite *Intelsat* fue *Early Bird I*, el cual fue lanzado en 1965 y proporcionaba 480 canales de voz. De 1966 a 1987, se lanzaron una serie de satélites designados, *Intelsat II, III, IV, V y VI*. *Intelsat VI* tiene capacidad de 80 000 canales de voz.

En órbita

Poner un satélite en órbita no es sólo cuestión de hacer que suba derecho y que luego gire. El lanzamiento es una operación cara y extremadamente compleja, y las consideraciones prácticas imponen una técnica en la que intervenga al menos una órbita intermedia.

Casi todos los transbordadores expulsan al satélite, primero, a una órbita elíptica de transferencia. La propia Naturaleza utiliza órbitas circulares y elípticas para los planetas y los cometas, así que ha dispuesto sabiamente las matemáticas adecuadas para ello. Encontramos así que una circunferencia no es sino un tipo especial de elipse. Técnicamente, una elipse se genera de modo más simple y puede ser considerada como una circunferencia aplanada. De manera similar, la mayoría de los satélites artificiales tienen órbitas elípticas, siendo las geoestacionarias la excepción. Podemos cuestionarnos cómo se equilibran las fuerzas gravitatoria y centrípeta, al estar cambiando constantemente la distancia del satélite a la Tierra. Sin embargo, ya que la velocidad del satélite no es constante, y de hecho varía de modo que las dos fuerzas se equilibran sea cual sea la distancia, es decir, cuando más cerca de la Tierra está el satélite, mayor es la velocidad que lleva.

Es preferible que el lanzamiento se efectúe desde un lugar próximo al ecuador, porque en él es mayor la velocidad de la superficie terrestre. De hecho, estando aún en la tierra, el cohete y su carga útil se encuentran ya viajando en la dirección necesaria. El efecto es comparativamente pequeño pero merece la pena tenerlo en cuenta. En el Ecuador viajamos a más de 1.600 km/h sin darnos cuenta.

La órbita de transferencia utilizada por los transbordadores tiene su perigeo muy cerca, a una altitud de unos 200 a 400 km. El apogeo está a una altitud geoestacionaria. La inclinación de la órbita de transferencia puede variar con la latitud del lugar de lanzamiento, pero no puede ser inferior a la latitud. El satélite permanece todo lo necesario en la órbita de transferencia hasta que, cuando está en su apogeo, se dispara un cohete a bordo, que desplaza al satélite de la órbita de transferencia y lo lleva a la órbita geoestacionaria.

En el lanzamiento de un satélite, el Transbordador, no alcanza directamente la órbita de transferencia, sino que se desplaza primero a una órbita de aparcamiento circular, a 100 km de altura. Cuando está en el perigeo de la órbita de transferencia propuesta, se lanza el satélite y se utiliza el motor de perigeo que lleva y que le proporciona el empuje para moverse a la nueva órbita.

PATRONES ORBITALES

Una vez proyectado, un satélite permanece en órbita debido a que la fuerza centrífuga, causada por su rotación alrededor de la Tierra, que es balanceada por la atracción gravitacional de la Tierra. Entre más cerca gire el satélite de la Tierra más grande es la atracción gravitacional y mayor será la velocidad requerida para poder balancearlo. Los satélites de baja altitud tienen órbitas de 100 a 300 millas de altura, y viajan aproximadamente a 17 500 millas por hora. A esta velocidad se requiere aproximadamente $1 \frac{1}{2}$ h para girar alrededor de toda la tierra. Consecuentemente, el tiempo en que el satélite esté visible en una estación terrestre en particular es de $\frac{1}{4}$ h o menos por órbita. Los satélites de altitud media de 6 000 a 12 000 millas tienen un período de rotación de 5 a 12 h y permanecen a la vista para una estación terrestre de 2 a 4 h por órbita.

Los satélites geostacionarios de gran altura de 19 000 a 25 000 millas, viajan a una velocidad de 6 879 millas por hora y tienen un periodo de rotación de 24 h, el mismo que el de la Tierra. Consecuentemente, permanecen en una posición *fija*, con respecto a una estación en la Tierra y tienen un tiempo de disponibilidad de 24 h.

ANGULOS DE VISTA

Para orientar una antena desde una estación terrestre hacia un satélite, es necesario conocer el *ángulo de elevación* y el *ángulo de azimut*. Estos se llaman *ángulos de vista*.

Ángulo de elevación. Este ángulo es formado entre la dirección de viaje de una onda radiada desde una antena de estación terrena y la horizontal. Entre más pequeño sea el ángulo de elevación, mayor será la distancia que una onda propagada deberá atravesar en la atmósfera terrestre. Como cualquier onda propagada a través de la atmósfera de la Tierra, sufre absorción y, también puede contaminarse por el ruido. Consecuente mente, cuando el ángulo de elevación es demasiado pequeño, la distancia que una onda propagada debe viajar en la atmósfera terrestre es muy larga y por lo tanto puede deteriorarse hasta un grado en que la transmisión es inadecuada. Generalmente 5° es considerado como el ángulo mínimo de elevación aceptable. El ángulo de elevación para una antena de una estación terrena y un satélite geostacionario esta dado por:

$$elevation = \arctan \left(\frac{\cos \mu - \frac{Rt}{Rt + h}}{|\sin \mu|} \right)$$

Donde:

$$\cos \mu = \cos(\text{Lat})\cos(\Delta l)$$

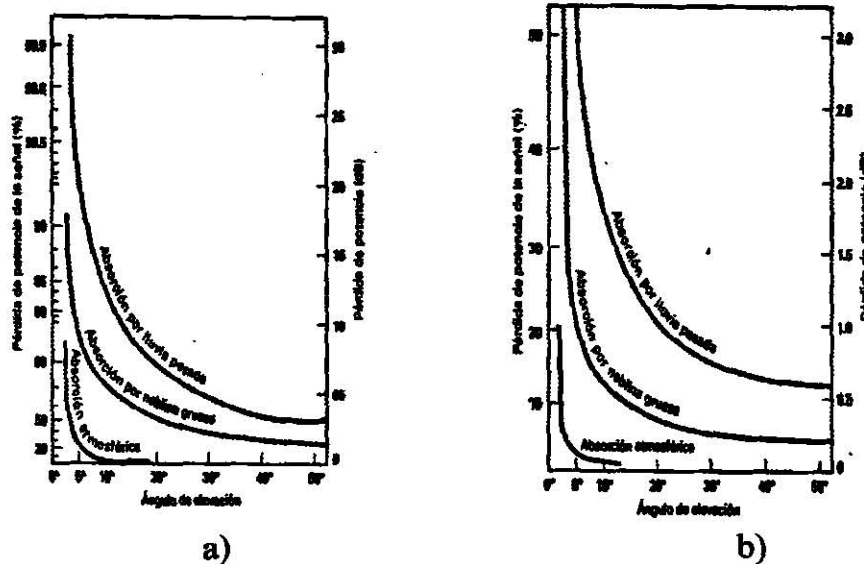
Lat: latitud de la estación terrena

Δl : separación angular entre la longitud de la estación terrena y la longitud del satélite

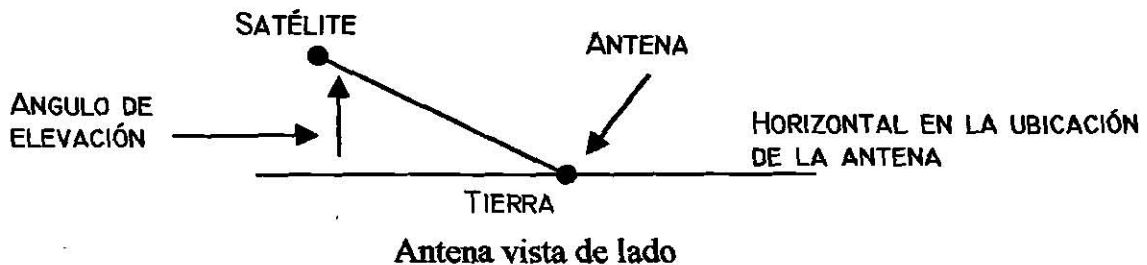
Rt: radio de la tierra = 6378 km

h: altura del satélite sobre el nivel del mar = 36 000km

Enseguida se muestra una representación del ángulo de elevación vista de lado y unas gráficas de cómo está relacionada la absorción atmosférica con el ángulo de elevación.

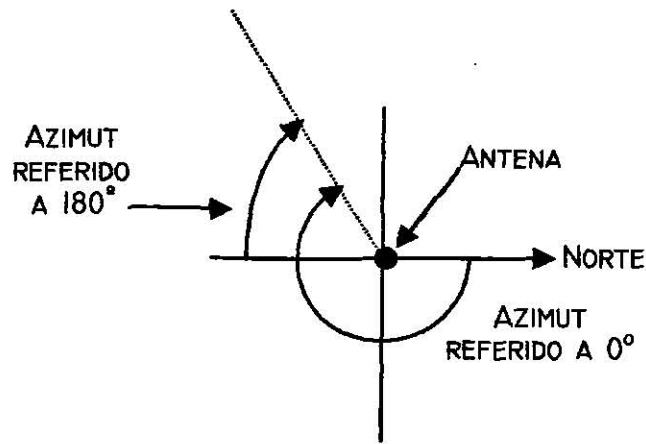


Atenuación debido a la absorción atmosférica: a) banda de 14/12 GHz b) banda de 6/4 GHz



Azimuth. El ángulo de azimuth se define como el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Normalmente se mide en una sola dirección según las manecillas del reloj, en grados del norte verdadero. El ángulo de elevación y azimuth, dependen ambos de la latitud y longitud de la estación terrena así como el satélite en órbita. Para un satélite geoestacionario el ángulo de azimuth se encuentra con la siguiente fórmula.

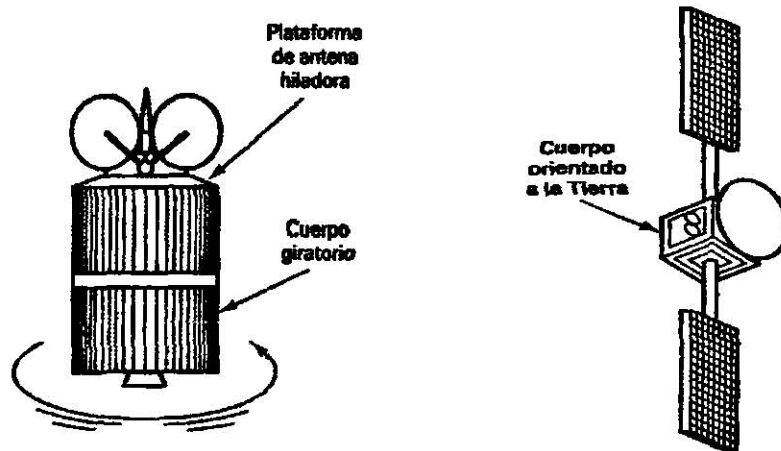
$$azimut = \arcsen\left(\frac{\text{sen } \Delta l}{\text{sen } \mu}\right)$$



Antena vista desde arriba

CLASIFICACIONES ORBITALES, CONTROL Y ESPACIAMIENTO

Hay dos clasificaciones principales de satélites de comunicaciones: *hiladores (spinners)* y *satélites estabilizadores de tres ejes*. Los satélites spinner, utilizan el movimiento angular de su cuerpo giratorio para proporcionar una estabilidad de giro. Con un estabilizador de tres ejes, el cuerpo permanece fijo con relación a la superficie de la Tierra, mientras que el subsistema interno proporciona una estabilización de giro. A continuación se muestra las dos clasificaciones principales de satélites.



a) b)
Clases de satélites: a) hilador; b) tres ejes estabilizado

Control

Nada es posible si no se puede controlar con precisión, desde la tierra, la actitud del satélite (su posición respecto a donde tiene que estar). Si se considera que un desplazamiento de tan sólo un grado en la dirección en que apunta la antena transmisora desplazaría la huella casi 700 km, resulta obvio que la estabilidad es esencial. Además, el satélite debe ser mantenido exactamente en su posición correcta en la órbita venciendo las múltiples influencias exteriores, como la fuerza gravitatoria del Sol, la Luna y otros planetas, que tienden a alejarlo. De hecho, las normas exigen que se mantenga su posición con una precisión de $\pm 0,1$ de longitud, aunque si se tiene en cuenta que esto representa una distancia de 74 km en la órbita, quizás ya no parezca tan oneroso.

Hay dos sistemas de control de actitud:

Rotación: el cuerpo del satélite es cilíndrico y gira hasta 100 rpm, y esta acción giroscópica se opone a cualquier cambio de eje de giro. Este mismo principio se utiliza en el estabilizador de un buque, en lo que un giróscopo comprueba la guiñada en mar gruesa. En este sistema, las antenas tienen que ser paradas, es decir, giradas en sentido contrario para que apunten siempre en el mismo punto de la tierra.

Estabilización de eje: tres discos sólidos, volantes inerciales, giran a alta velocidad accionados por motores interiores del satélite, en tres direcciones perpendiculares entre sí. Si cualquiera de ellas es acelerada, el satélite tiende a girar en sentido contrario, y viceversa. Controlando las velocidades de motor adecuadas, se puede girar el satélite a cualquier posición.

El satélite por lo tanto es observado 24 horas al día por el centro de control terrestre, y se les envían señales que accionan motores eléctricos o cohetes, o reactores de gas, de manera que siempre estén correctamente ajustados a su altitud, mantenimiento de estación y puntería de antena.

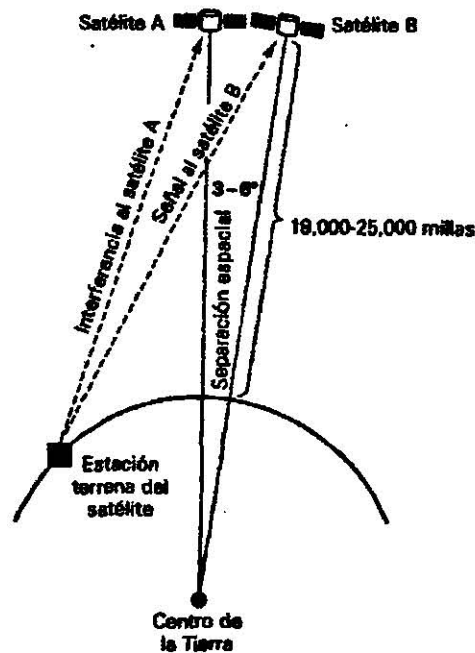
Para decirle exactamente a la estación terrestre qué es lo que sucede ahí arriba, existe un sistema de telemetría (del griego, medir a distancia) que actúa en el interior del satélite y que transmite continuamente los datos de diversos sensores. Este sistema mide, por ejemplo, las condiciones eléctricas, en especial el estado de la fuente de alimentación, la cantidad de combustible que queda, las presiones en el depósito de combustible, las temperaturas, y los dispositivos de puntería para la determinación de la altitud. Para el seguimiento, los controles miden la velocidad y la aceleración. Los equipos modernos son capaces de tener una sensibilidad tal que la posición de un satélite pueda ser determinada con una precisión de 100 m. Si se consideran las distancias que intervienen, es una precisión excelente. Para realizar todas estas funciones, se utiliza una antena independiente del satélite.

Espaciamiento

Los satélites geoestacionarios deben cumplir un espacio y espectro de frecuencia limitados, dentro de un arco específico. Cada satélite de comunicación se asigna una longitud en el arco geoestacionario, aproximadamente a 22 300 millas sobre el ecuador. La posición en la ranura depende de la banda de frecuencia de comunicación utilizada. Los satélites trabajando, en o casi en la misma frecuencia, deben estar lo suficientemente separados en el espacio para evitar interferir uno con otro. Hay un límite realista del número de estructuras satelitales que pueden estar en el espacio. La *separación espacial* depende de las siguientes condiciones:

1. Ancho de haz y radiación del lóbulo lateral de la estación terrena y antenas del satélite
2. Frecuencia de la portadora de RF
3. Técnica de codificación o de modulación utilizada
4. Límites aceptables de interferencia
5. Potencia de la portadora de transmisión

Generalmente, se requieren de 3 a 6° de separación espacial dependiendo de las condiciones establecidas anteriormente.



BANDAS DE SATÉLITES MAS UTILIZADOS (GHz)

<i>Banda</i>	<i>Subida</i>	<i>Bajada</i>	<i>Ancho de banda</i>
C	5.925 - 6.425	3.7 - 4.2	500
X	7.9 - 8.4	7.25 - 7.75	500
Ku	14 - 14.5	11.7 - 12.2	500
Ka	27 - 30	17 - 20	3000
	30 - 31	20 - 21	1000
V	50 - 51	40 - 41	1000
Q	-	41 - 43	2000

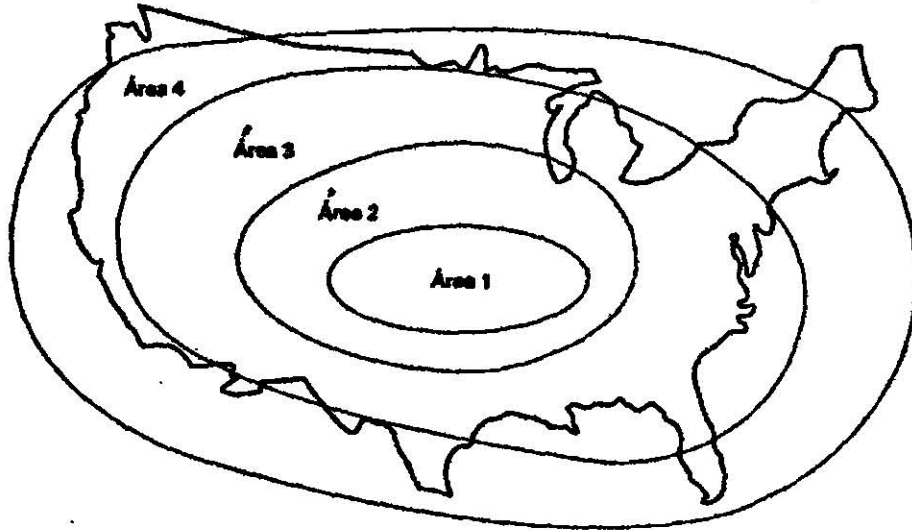
PATRONES DE RADIACIÓN: HUELLAS

El área de la Tierra cubierta por un satélite depende de la ubicación del satélite en su órbita geoestacionaria, su frecuencia de portadora y la ganancia de sus antenas. Los ingenieros satelitales seleccionan la frecuencia de portadora y la antena para un satélite, en particular, para concentrar la potencia transmitida limitada en un área específica de la superficie de la Tierra. La representación geográfica del patrón de radiación de la antena de un satélite se llama *huella*.

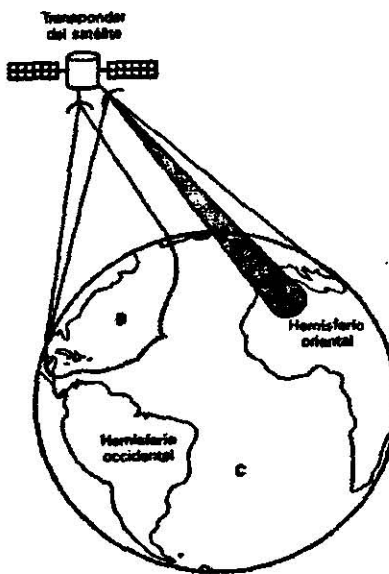
El patrón de radiación de una antena de un satélite se puede catalogar como de *punto, zonal o tierra*. Los patrones de radiación de antenas de cobertura de tierra tienen un ancho de haz de casi 17° e incluyen una cobertura de aproximadamente un tercio de la superficie de la tierra. Los haces de puntos concentran la potencia radiada en un área geográfica muy pequeña.

Reutilizar

Cuando se llena una banda de frecuencia asignada, se puede lograr la capacidad adicional para reutilizar el espectro de frecuencia. Incrementando el tamaño de una antena el ancho de haz de la antena también se reduce. Por lo tanto, diferentes rayos de la misma frecuencia pueden ser dirigidos a diferentes áreas geográficas de la Tierra. Esto se llama reutilizar la frecuencia. Otro método de reutilizar la frecuencia es usar la polarización dual. Diferentes señales de información se pueden transmitir a diferentes receptores de estaciones terrestres usando la misma banda de frecuencia, simplemente orientando sus polarizaciones electromagnéticas de una manera ortogonal, es decir, 90° fuera de fase. La polarización dual es menos efectiva debido a que la atmósfera de la Tierra tiene una tendencia a recorrer o repolarizar una onda electromagnética conforme pasa. Reutilizar es, simplemente, otra manera de incrementar la capacidad de un ancho de banda limitado.



Patrones de radiación de la antena de un satélite (huellas).



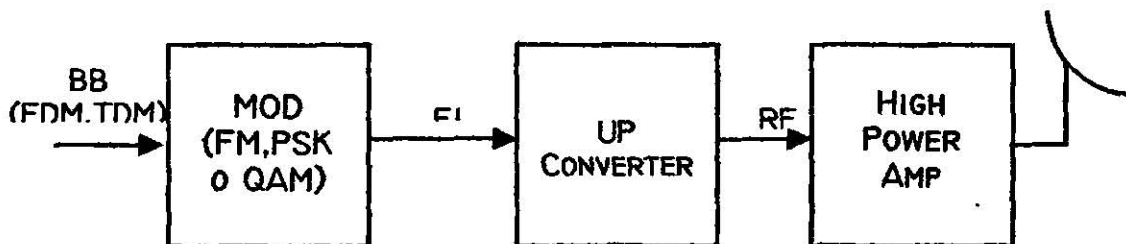
Haces: A, punto; B, zonal; C, tierra

MODELOS DE ENLACE DEL SISTEMA SATELITAL

Esencialmente, un sistema satelital consiste de tres secciones básicas: una de subida, un transponder satelital y una de bajada.

Modelo de subida (up link)

El principal componente dentro de la sección de *subida*, de un sistema satelital, es el transmisor de la estación terrena. Un típico transmisor de la estación terrena consiste de un *modulador*, un *convertidor ascendente (up-converter)* y un *amplificador de microondas de alta potencia (HPA)*. El modulador convierte las señales de banda base de entrada a una frecuencia intermedia modulada en FM (70 MHz), en PSK o en QAM. El convertidor convierte la frecuencia intermedia (FI) a una frecuencia de portadora de RF apropiada. El HPA proporciona una sensibilidad de entrada adecuada y potencia de salida para propagar la señal al transponder del satélite.



Transponder Satelital

Un típico transponder satelital consta de un *amplificador de bajo ruido LNA*, un *convertidor de frecuencias* y un *amplificador de potencia*. En el satélite el LNA recibe y amplifica la señal de RF de entrada. La salida del LNA alimenta a un convertidor de frecuencia (un oscilador de desplazamiento), que convierte la frecuencia de subida de banda alta a una frecuencia de bajada de banda baja. El amplificador de potencia que es comúnmente un tubo de ondas progresivas (TWT, travel wave tube), amplifica la señal de RF para su transmisión de regreso a la estación terrena. Cada canal de RF del satélite requiere de un transponder separado.



El amplificador de potencia:

De los muchos extraños dispositivos utilizados en el satélite, ciertamente que el denominado "tubo de onda progresiva, TWT" es uno de ellos. Estas letras aparecen frecuentemente en las hojas de especificaciones técnicas de los transpondedores de satélites. Los TWTs, se utilizan en la etapa amplificadora de potencia.

La amplificación de señales de muy alta frecuencia de los satélites nada tiene de fácil si se compara con la de las frecuencias inferiores utilizadas en la banda radio de radiodifusión. Conforme las frecuencias se van haciendo más altas, se hacen más difícil su manejo, y las técnicas de los circuitos cableados normales dejan de poder ser utilizables. A principio de la década de los años 40 se produjo un importante avance con la aparición del TWT, y desde entonces ha proseguido el desarrollo del dispositivo para lograr mayor potencia de salida, mayor anchura de banda, y capacidad de empleo a frecuencias más elevadas. Básicamente se encuentra acoplado entre dos guías de ondas, y la salida proporciona una potencia muy superior a la que se aplica a la entrada (como sucede con cualquier amplificador de potencia). La guía de ondas de salida lleva la onda directamente a la antena transmisora. En el TWT, la onda circula a lo largo de cierto tipo de guía helicoidal dentro de un recipiente de vidrio en el que se ha hecho el vacío, de unos 60 cm de longitud. Proyectado por el centro de la hélice, en el mismo sentido en el que se desplaza la onda, se encuentra un estrecho haz de electrones. Todo el sistema está dispuesto de manera que existe una mutua interacción entre la onda y el haz de electrones, y conforme la primera progresa por las espiras de la hélice, se transfiere energía del haz de electrones a ella. Mediante esta complicada interacción, la onda es amplificada. Podemos asemejar esto al deslizamiento por un tobogán en el que la gravedad (el haz de electrones) se suma continuamente al movimiento, de modo que un arranque relativamente lento en la parte superior se convierte en una salida rápida en la parte inferior. Los TWTs, pueden generar unas potencias de salida comprendidas entre 200 y 250 Watt, con ganancias superiores a 50 dB.

Energía:

La energía necesaria para todos los elementos eléctricos del interior de un satélite se obtiene de las celdas solares. Estas celdas se fabrican con una fina capa de silicio o arseniuro de galio depositado en una base especial. Para conseguir una gran superficie de captación de la luz solar, las celdas se extienden por lo general en paneles planos, tipo alas, que es una característica distintiva de muchos satélites. Como alternativa, los satélites giratorios en forma de tambor pueden tener las celdas convenientemente fijadas en torno a la superficie externa, no necesitando, por tanto, paneles. La electricidad producida por una sola celda es pequeña, y de ahí que se necesiten muchas.

En lo alto del espacio, sin que la atmósfera los filtre, los rayos solares tienen toda su potencia, y de hecho hay más de 1 kW/m^2 . Las celdas solares son relativamente poco eficaces en la conversión de esta energía de electricidad, pero están siendo mejoradas con nuevos desarrollos. Las primeras celdas tenían un rendimiento de sólo un poco por ciento,

pero las más recientes superan el 20 %. Por lo tanto, la luz solar, al caer sobre las celdas solares, genera la electricidad suficiente para mantener cargadas las baterías de acumuladores del satélite. Las más utilizadas de estas son las del tipo de níquel-cadmio, las mismas que utilizamos en casa para no tener que estar comprando continuamente pilas. Nunca pueden agotarse, así que el número de celdas solares tiene que ser amplio. Además los satélites sufren un eclipse cuando se encuentran en la sombra de la Tierra. Anualmente tienen que afrontar dos eclipses, en torno a los equinoccios (hacia el 21 de marzo y el 22 de septiembre, en que la noche y el día son de igual duración). Los eclipses comienzan por 1 ó 2 minutos al día unos 20 días antes del equinoccio, llegan hasta más de una hora diaria en el equinoccio, y vuelven a disminuir durante los 20 días siguientes. Durante el eclipse, el satélite depende por completo de sus baterías, y por eso se necesita que tengan suficiente capacidad. Los satélites modernos necesitan una potencia total de 1 a 2 kW. Puede parecer pequeña cuando se piensa que, en la Tierra con esta potencia sólo se calienta una habitación, pero que esta energía se extraiga gratuitamente de los rayos del sol es un gran logro de la moderna ingeniería.

Antenas:

Los satélites llevan hoy varias antenas, que entran principalmente en dos categorías, la parabólica y las de corneta. La primera tiene la característica de enfocar la onda de radio en un estrecho haz, y las de tipo corneta tienen la característica de ser omnidireccionales.

Puede parecer un tanto extraño que se mencionen antenas de propiedades omnidireccionales. Todo lo que hemos estudiado hasta ahora parece exigir un haz estrecho de radio apuntando hacia un satélite en particular, en el enlace hacia arriba, o hacia una pequeña zona de la Tierra, en el enlace hacia abajo. Sin embargo, mientras un satélite está siendo dirigido hacia la órbita final, no ha sido establecida su actitud correcta respecto a la Tierra, así que las antenas direccionales no apuntan correctamente. Por lo tanto, las antenas omnidireccionales son el único medio para mantener el contacto con el control terrestre, y se utilizan hasta que se ha estabilizado dicha "actitud". Tras ello, se hace cargo la antena direccional.

Vida útil:

Si se considera lo que cuesta un satélite, es natural que el equipo que lo diseña trate de que alcance una edad bien madura. Ciertos factores inevitables se combinan para evitarlo:

1. Las celdas solares actuales se deterioran y su eficiencia decae con el tiempo.
2. El combustible necesario para las correcciones de actitud y otras maniobras llega un momento en que se agota.
3. Siempre existe el riesgo de fallo de componentes aunque, verdaderamente, es pequeño, especialmente porque no existe corrosión atmosférica como en la Tierra. Se logra,

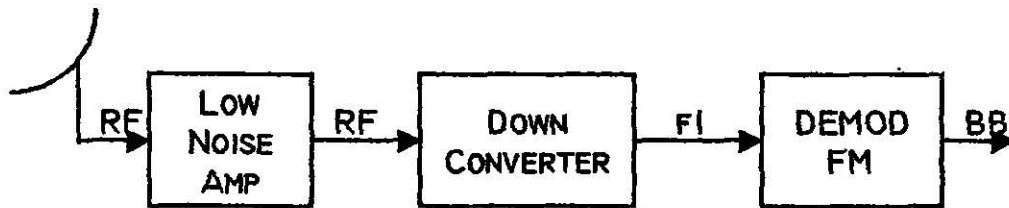
incluso, que sea menos catastrófico duplicando los sistemas, de forma que si uno falla otro asuma automáticamente su función.

4. Existe otra fuente potencial de desastre, que merece la pena mencionar, aunque hasta ahora no ha dado prácticamente motivos de alarma. Se debe a los meteoritos y a la "basura espacial" de origen humano, bajo la forma de objetos desechados. Los meteoritos, pequeños por lo general, se queman en la atmósfera, así que causan pocos problemas en la Tierra, pero pueden constituir un peligro a la altura geoestacionaria. Las basuras espaciales van en aumento, y los artículos pueden establecerse en órbitas propias, de forma que cuando una de estas corta a la geoestacionaria puede producirse una colisión. Hasta ahora no ha habido problemas, pero el riesgo existe.

Por lo general, se espera una vida de al menos 10 años.

Modelo de bajada (down link)

En un receptor de estación terrena un LNA recibe la señal de RF, nuevamente el LNA amplifica y pasa la señal al convertidor de frecuencias. El convertidor de RF a FI es una combinación de filtro mezclador pasa-banda que convierte la señal de RF a FI.



La antena parabólica para TV

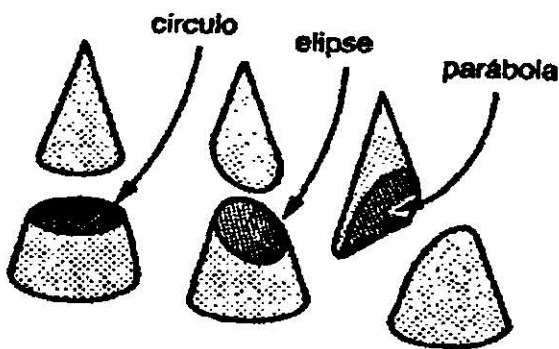
El objeto de toda antena es enviar o recoger cuanto señal de radio sea posible y, en el caso de la antena parabólica, cuanto mayor sea mejor lo hará. Pero para el espectador doméstico, los paraboloides grandes son incómodos, pesados y difíciles de manejar, de difícil montaje y, sin lugar a dudas, poco estéticos. Además, la instalación no es tan directa como la de una antena terrestre normal que por lo general no es sino un racimo de varillas cortas de aluminio. De ahí que en la antena receptora deba llegarse a un compromiso entre el tamaño y la captación de señal.

Al llevar a cabo su función de recoger la energía de la onda de radio entrante a unas frecuencias tan elevadas, la antena parabólica receptora intercepta la onda y la dirige hacia un solo punto de recepción. Muchos de nosotros hemos utilizado el mismo principio en nuestros días jóvenes cuando éramos quizás altivos propietarios de un "cristal de quemar". Es éste una lente que se utiliza para recoger los rayos del Sol y enfocarlos en un punto de luz brillante y de calor sobre un trozo de papel que, con suerte, empieza a arder. Este mismo principio se extiende al espejo cóncavo, que tiene la capacidad de enfocar los rayos luminosos sobre un punto delante de él. Así como la luz es reflejada por una superficie de

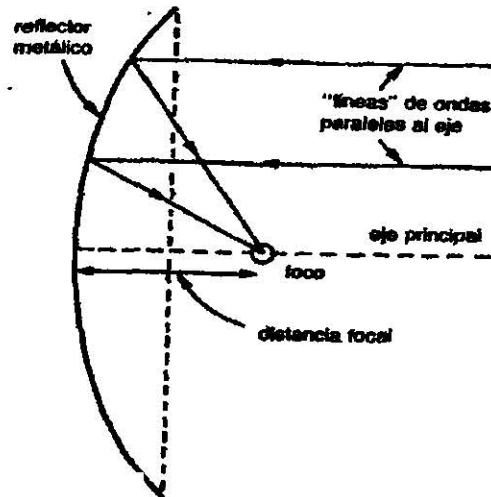
espejo, las ondas de radio lo son para una superficie metálica, y las reglas que rigen la reflexión son las mismas en los dos casos.

Una parábola es una forma particular de una sección cónica, cuya forma se revela al ser seccionado un cono de determinada manera. Esto, nos proporciona ejemplos demostrativos de cómo aparecen el círculo, la elipse y la parábola, según se cambia el ángulo de corte. Estas formas pueden ser definidas matemáticamente, y la característica de importancia predominante de la parábola es que no tiene aberración esférica. Observe, no obstante, que un reflector parabólico solamente dirige con precisión los rayos incidentes hacia su foco cuando llegan paralelos a su eje principal. En consecuencia, el reflector debe prepararse de forma que su eje apunte directamente hacia el satélite. Por lo tanto el reflector parabólico tiene exactamente las características requeridas, de modo que tiene la forma perfecta tanto para las antenas transmisoras como para las receptoras de satélite.

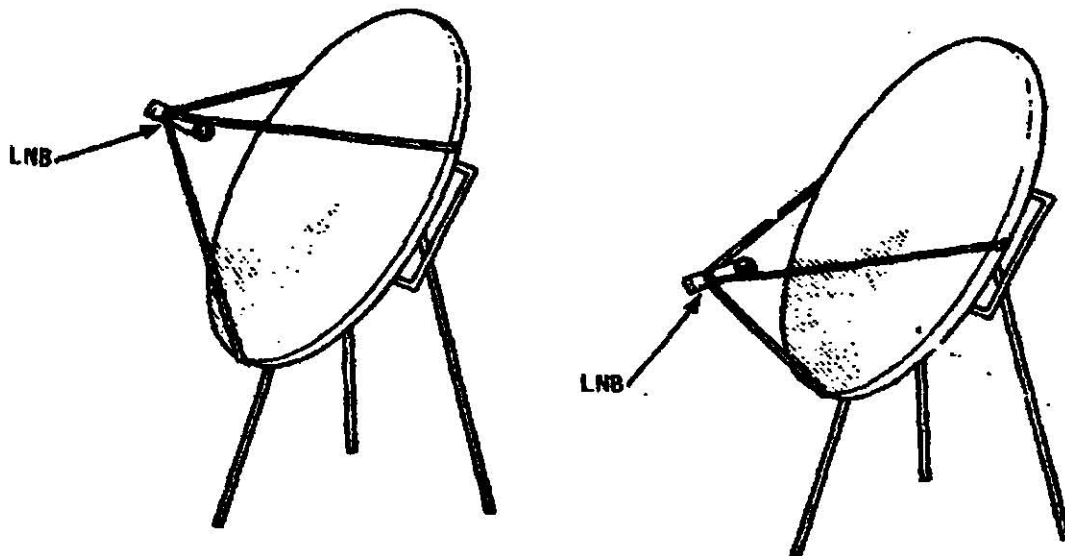
Las figuras siguientes indican cómo se construye un reflector práctico para satélite. A éste en particular se le denomina del tipo de foco primario, y en el foco está el LNB hacia el que se dirige la energía de la onda. El LNB está unido por cable al equipo de recepción de las instalaciones. El reflector de foco primario presenta una desventaja obvia, y es que el LNB y su soporte bloquean parcialmente a la onda entrante de forma que reduce efectivamente el área de captación del reflector, especialmente en los pequeños. Para evitar esto, está ganando popularidad el reflector desplazado. Evita el ensombrecimiento del LNB montándolo más abajo. En consecuencia, se modifica el perfil del reflector.



Seccionamiento de un cono



Principio de funcionamiento de una Antena parabólica



Antenas parabólicas: De Foco Primario y Con Desplazamiento

Asentamiento y Alineamiento

Es necesario conocer la importancia que tiene alinear una antena parabólica de manera que su eje apunte directamente hacia el satélite. Además debe haber un camino ininterrumpido entre los dos, ya que en caso contrario la onda de radio entrante se vería bloqueada. Incluso los aviones que pasan pueden provocar "fluctuaciones de imagen". El reflector debe asentarse, por tanto, de modo que, si se exceptúan las inevitables nubes, lluvia o bruma, se obtenga una visión libre de obstrucciones del satélite no sólo desde el centro del mismo, sino también desde su contorno. Para muchos espectadores potenciales europeos, con una clara vista desde la casa o el jardín hacia el sur, esto no ofrece problemas. Por otra parte, para otros que se encuentran con edificios o árboles en el camino, las cosas no son tan sencillas para los reflectores más grandes, a no ser que se disponga de un tejado plano adecuado. Para conseguir una buena recepción, el reflector tiene que ser apuntado con una precisión superior a medio grado, así es que tiene que ser sujeto por pasadores a una base sólida o a un bloque de hormigón. No ha lugar a la cuestión de si debe poderse mover, ya que ha de aguantar fuertes vientos. Los reflectores más pequeños utilizables con DBS se ubican con mayor facilidad; por ejemplo, un reflector de 30 cm puede ser montado en una chimenea, una pared, o incluso el alféizar de una ventana. Con ello, prácticamente todo el mundo puede convertirse en espectador de TV vía satélite, aunque posiblemente limitados a un solo satélite.

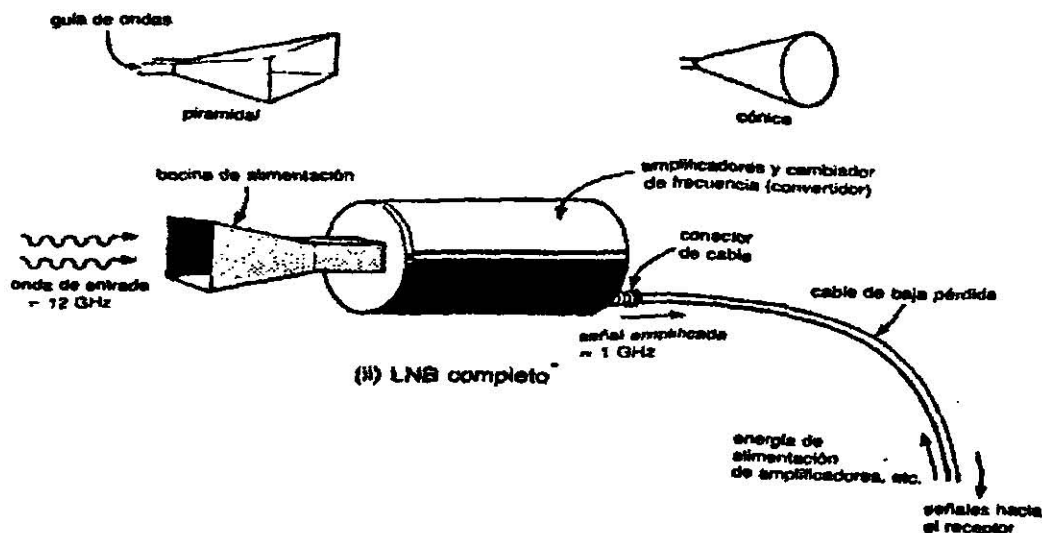
Apuntar el reflector en la dirección correcta exige primeramente conocer los ángulos adecuados de azimut y elevación para el satélite en particular. Estos ángulos se pueden conocer mediante las ecuaciones que se ilustraron anteriormente.

El LNB

El conversor de Bloques de Bajo Ruido (Low Noise Block) es la unidad a la intemperie asociada al reflector. Es probablemente el elemento más importante del equipo de la instalación receptora, ya que sin un LNB todo el sistema se ve en peligro.

Se coloca justamente en el foco del reflector doméstico para evitar gastos extra y la inconveniencia de una guía de ondas de gran longitud. Tiene dos funciones: Aceptar las señales débiles de entrada reflejadas por la superficie del reflector, amplificarlas y convertirlas en una frecuencia más pequeña para transmitirla a la casa a través de un cable coaxial.

Es conocido que las ondas de radio pueden viajar por el interior de una guía. La toma de alimentación del LNB es un dispositivo de forma especial adaptado a una sección corta de forma de ondas, desde el que se pueden proyectar ondas hacia el reflector para su transmisión o, igualmente, recogerlas del reflector al ser recibidas por éste. Es algo así como un megáfono para transmitir y la anticuada "trompetilla" de sordos para la recepción. Esta analogía no debe llevarse muy lejos, pero ya se puede reconocer cierta similitud en las formas. Las dimensiones de la corneta se controlan por la gama de longitudes de onda con las que tiene que ser utilizada. El cuerpo del LNB contiene los componentes electrónicos como un amplificador de bajo ruido y el convertidor de bloque. Este último es un cambiador de frecuencia, que acepta la banda entrante de señales y las cambia a una banda semejante, pero centrada en una frecuencia inferior. Si no se hiciera esto, las señales de una 12 GHz tendrían que ser directamente alimentadas a la casa mediante una guía de ondas. La sustitución por cable no es practicable, porque las pérdidas en el cable aumentan con la frecuencia, y a 12 GHz un cable resultaría realmente caro. Por lo tanto, es mejor disminuir primero la frecuencia, para poder utilizar cable. Las características de operación del LNB son proporcionadas por sus fabricantes, y una de las características importantes que no debe perderse es la gama de frecuencias en la que trabaja el LNB.



El LNB Básico

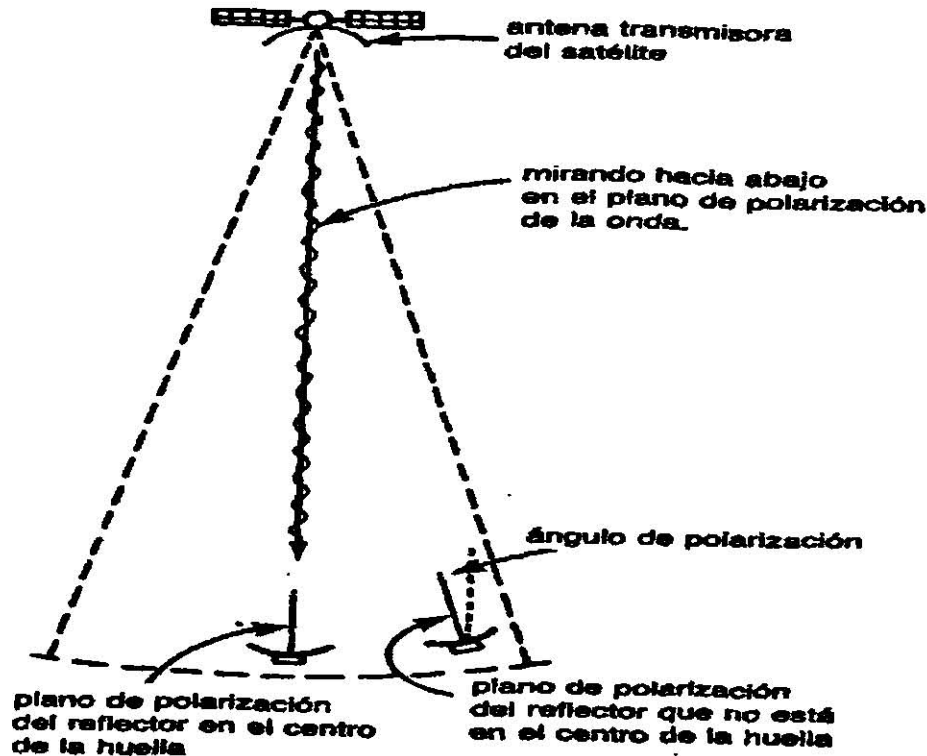
Desplazamiento de la polarización

Como el fenómeno del que se deriva, el desplazamiento de la polarización no es algo que resulte sencillo de entender. De hecho, comprender este concepto, es quizá uno de los más difíciles. Sin embargo, las cifras de desplazamiento de la polarización van a encontrarse frecuentemente junto a las de elevación y acimut porque afectan al LNB o al reflector en su conjunto. Es por lo tanto deseable que sepamos algo de cómo surgen y para qué se usa.

El plano de propagación de una onda es el que contiene a la dirección de propagación y a la dirección de las vibraciones eléctricas y magnéticas. Por lo tanto, cuando miramos de frente hacia una onda polarizada verticalmente podríamos imaginarnos al plano de polarización como una hoja de papel sostenida verticalmente y de frente. Se intenta mostrar como surge un ángulo de polarización cuando no están alineados los planos de polarización del satélite y de reflector del receptor. No hay que tomar el dibujo al pie de la letra, porque podría conducir a conclusiones erróneas. Un diagrama simple como éste no puede mostrar cómo ha girado un plano respecto al otro y, por tanto, debe aceptarse únicamente como una idea de los planos y de cómo pueden no quedar en coincidencia. Observe en el dibujo que el plano de polarización de la onda emitida desde la antena del satélite pasa a través del centro de la huella, y que si la antena receptora está en esta posición los dos planos de polarización estarán alineado – sin problemas. Por otra parte, si la antena receptora está en cualquier otra posición, la figura indica que los dos planos de

polarización forman un ángulo, que recibe el nombre de ángulo de polarización; cuanto mayor es, tanto menor es la captación de señal. No obstante, se gira el reflector receptor o el LNB, puede ser cancelado el efecto.

En la práctica, cuando se tiene control a distancia del LNB para cambiar la polarización habrá también un control de "deslizamiento" para sintonización en fino. Este control por lo general elimina todas las discrepancias de polarización, incluidos los efectos de la despolarización de ondas lineales.



Ángulo de polarización

Ruido

El ruido eléctrico llega proveniente de muchas fuentes, siendo una de las principales el propio firmamento ya que genera el ruido atmosférico y el ruido galáctico. El primero de ellos se aprecia fácilmente ya que, en su expresión más potente, los relámpagos provocan crujidos en la radio o salpicaduras blancas en las pantallas de TV. En esos instantes, el ruido es superior a la señal deseada y, aunque durante un momento el programa se ve totalmente emborronado, es posible que no nos demos cuenta, porque su duración es muy pequeña. Podemos ver los relámpagos, pero lo que ya no son tan evidentes son las múltiples descargas menores que se producen continuamente en la atmósfera, todas ellas fuentes de ruido de radio. Lo peor del ruido atmosférico se encuentra por debajo de unos 20 MHz, así que no es gran problema a las frecuencias de satélite. No ocurre lo mismo con el

ruido galáctico que, como se adivina, procede de la galaxia. Puede que los astrónomos amen este ruido, porque les dice mucho sobre el universo, pero los ingenieros de comunicaciones no se sienten tan felices con él, especialmente cuando se trabaja por encima de los 20 MHz, como es el caso.

Por desdicha, la Naturaleza tiene otra fuente de ruidos que introduce de manera poco amistosa en todos nuestros equipos. Se debe a lo que denominamos *agitación térmica*. Pensemos primeramente en un gran estanque con millones de diminutos peces de colores, y supongamos que en cada fracción de segundo podemos contar el número de ellos a cierta distancia de la superficie del agua. Es claro que, como los peces están nadando en todas direcciones, el número contado en cada momento sería distinto, y decimos que esto es aleatorio, lo que implica que el recuento en cada instante no tiene ninguna relación con los demás instantes. Los peces de colores representan los electrones en un aparato eléctrico. Los electrones, son las partículas diminutas que con sus millones y millones forman una corriente eléctrica.

Como los electrones, al igual que los peces de colores, corren en todas direcciones, su número en la superficie final, por ejemplo, de un trozo de conductor varía aleatoriamente. Cada electrón porta una minúscula carga de electricidad, así que la carga total varía, también aleatoriamente. Estos rápidos cambios de tensión (conocidos por *ruido blanco*, implicando "blanco" que los cambios se producen a todas las frecuencias) son de tan pequeño valor que aparentemente pueden ser ignorados, pero no cuando a continuación va una alta amplificación. Como sucede con la propia señal, hablamos en términos de potencia de ruido.

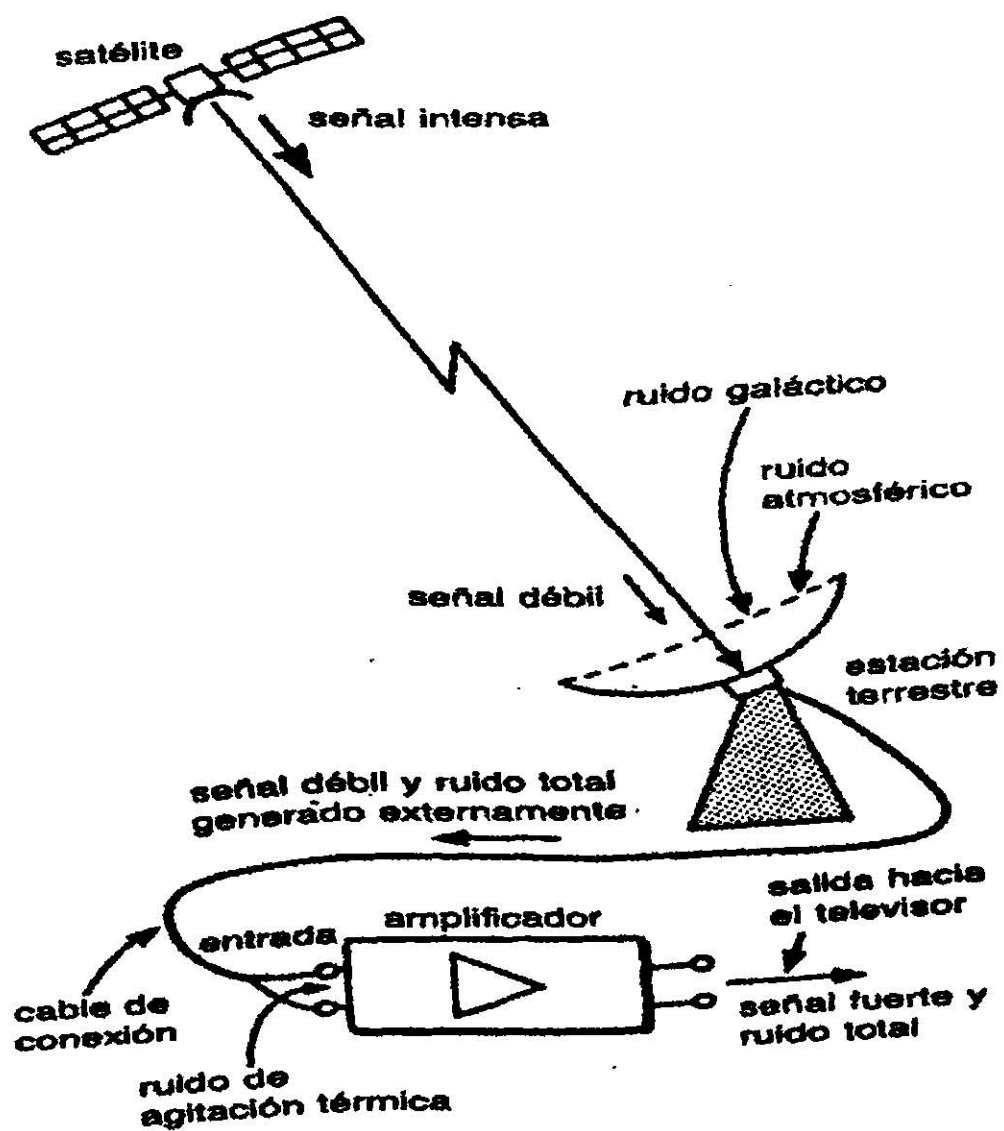
Un amplificador es un dispositivo electrónico que aumenta la intensidad o la potencia de las señales eléctricas muchos miles de veces, y así, el ruido térmico generado a la entrada al propio amplificador aumenta de potencia junto con la señal.

El resultado es que la relación señal/ruido (S/N) a la salida del amplificador es peor que a la entrada.

Al disminuir la temperatura, los peces de colores van más lentos, y lo mismo ocurre con los electrones, que tienen menos energía proporcionada por el calor para seguir marchando, y de ahí la definición dada la *agitación "térmica"*. En consecuencia, este tipo de ruido se reduce al caer la temperatura, y viceversa. Las grandes estaciones terrestres lo reducen actualmente haciendo que sus amplificadores trabajen a temperaturas extremadamente bajas, pero en las casas no es esto practicable. Ciertos componentes del amplificador producen también ruido, así que dependemos de los fabricantes para que lo reduzcan al mínimo mediante la elección de los componentes y las técnicas de diseño.

En consecuencia, la señal procedente de un satélite, que ha recogido en su camino el ruido atmosférico y el galáctico, se enfrenta finalmente a más ruido aún, añadido por el propio equipo. Como no se puede reducir mucho el ruido total, adoptase las medidas necesarias para que la señal sea amplia.

Enseguida se muestra un bosquejo de todas estas consideraciones.



Degradación de la Señal debida al Ruido

LA RECEPCIÓN DOMÉSTICA DE TELEVISIÓN

Antes de entrar en detalles es conveniente dar un vistazo a lo que hay disponible:

1. El más sencillo se compone de una antena parabólica básica fija, LNB y receptor para ver ciertos canales de un solo satélite. No es tan restrictivo como parece, ya que con el DBS (Direct Broadcasting System) pueden recibirse de esta forma todos los canales del propio país.
2. Utilizando el sistema de (1) pueden añadirse otros canales del mismo satélite, pero de polarización opuesta. Para ello se necesita visitar la antena parabólica en el exterior y girar físicamente el LNB.
3. Puede aumentarse más aún la gama de (2) haciendo más visitas a la antena para alinearla con otros satélites. Aunque todos los satélites que proporcionan suficiente señal para una antena en particular pueden ser captados ajustando manualmente el LNB y/o la antena, el método es a duras penas recomendable de manera regular, ya que la alineación precisa de un satélite puede ser un rompecabezas. No obstante, la vida se simplifica si se instala un montaje polar. En consecuencia, puede decirse en resumen que la utilización del sistema básico es ideal para canales de la misma polarización de un solo satélite, pero no tanto si se busca algo más.
4. Merece la pena añadir un polarizador. Se instala en el LNB o junto a él, y se controla a distancia para ajustar la polarización; es decir, las acciones de (2) se llevan a cabo accionando un interruptor en vez de tener que bajar al jardín.
5. Para el aficionado que quiere tenerlo todo, los sistemas más caros no solamente disponen de polarizadores, sino también de reflectores parabólicos movidos por motor, o sea, equipos especiales en la parte posterior de la antena para apuntarla hacia cualquier satélite, controlados asimismo a distancia desde el interior de la casa. En los receptores más sofisticados, todo lo que tiene que hacer el usuario es marcar el canal que quiere. El sistema hace todo lo demás, mueve la antena, establece la polaridad y sintoniza en fino todo ello.

Opciones de reflectores

Debemos recapitular ahora los principales tipos de antenas y montajes de antena disponibles. Pensando en que esta explicación esta destinada a estudiantes de la carrera de Telecomunicaciones, las consideraciones técnicas de tamaño, ganancia y eficiencia serán tratadas en un curso de Dispositivos de microondas, así que una vez sabido lo que se quiere, debería ser posible elegir el mejor compromiso. ¿Pero sabemos siempre lo que queremos? Ciertamente que los residentes en un país determinado desearán recibir al menos las transmisiones DBS locales. Si no quieren nada más, será suficiente con un reflector parabólico fijo de 60 a 30 cm de diámetro (o su equivalente en versión plana) y probablemente constituya la instalación más libre de mantenimiento y menos cara de todas.

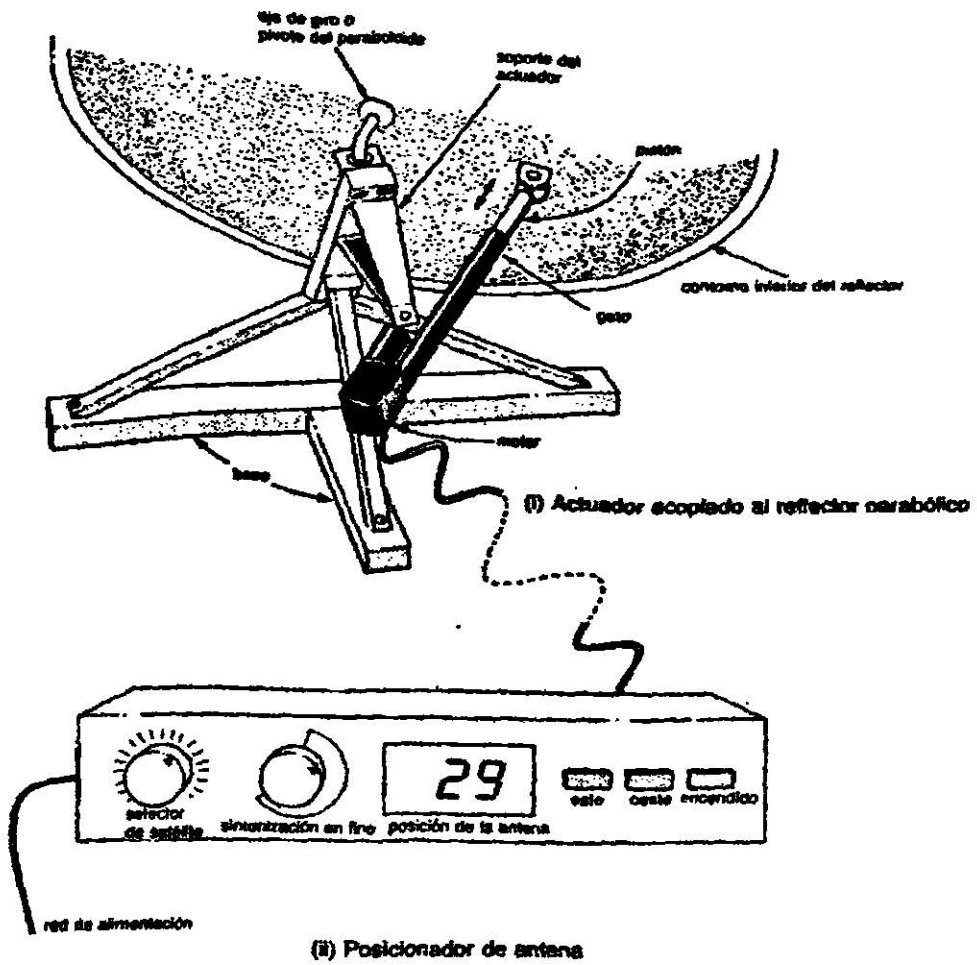
En total, según vaya pasando el tiempo, el aficionado irá disponiendo de una buena cantidad de canales. Pero muchos de ellos estarán en otro idioma, y puede ser que otros estén codificados. De modo que en esto reside una elección quizá no muy sencilla: (1) el más sencillo de los reflectores parabólicos, tipo "hágalo usted mismo", ya montado quizá o (2) algo más complicado y más caro para ver dos, tres o muchos más satélites. Las publicaciones de satélites pueden ayudar a hacerse una idea ya que la información actual relativa a programas, idiomas, huellas y disponibilidad de equipos está siempre a mano.

Suponiendo que se necesite algo mejor que el montaje fijo, nos encontramos nuevamente con muchas opciones, por lo general aplicables a antenas parabólicas o planas. Básicamente las opciones estriban en:

1. Diseños especiales de antenas que aumentan las posibilidades de montaje fijo para un satélite, por ejemplo, con dos LNB, instalados juntos de forma que se reciban ambos tipos de polarizaciones. Este sistema elimina la necesidad de girar el LNB o de cambiar la polarización mediante control a distancia. Es posible además proporcionar dos tomas de alimentación independiente de manera que cada una de ellas "vea" una parte distinta del arco y que por lo tanto pueda captar distintos satélites sin tener que girar la antena parabólica. Estos dos métodos representan un avance sobre el dispositivo de un solo satélite, sin la complicación de tener que cambiar la posición de la antena. No obstante, no tiene las posibilidades de los sistemas más sofisticados.
2. El montaje polar, que puede describir el arco geoestacionario y que se ajusta manualmente.
3. El montaje polar, accionado por control a distancia, por lo general desde un "receptor" independiente. Para ello, se instala un "actuador" en el montaje, generalmente en la forma de un pistón accionado por motor. La siguiente figura muestra un croquis de un sistema típico. Según se introduce o se extrae el pistón, movido por el motor, el gato, del paraboloide gira en torno a su pivote, situado de forma tal en la parte posterior del reflector que éste describe el arco geoestacionario. En la citada figura se da una idea del receptor, que incluye un indicador de posición de la antena útil porque, de no existir, al encender el usuario no tendría idea de hacia donde estaría apuntando la antena.

Si no se adapta el cambio de polarización por el método de (1) y no se quiere hacer a mano, hay dos posibilidades. Puede hacerse que un motor controlado a distancia gire el LNB o, lo que es más probable, puede utilizarse una toma de alimentación con polarizador interno, controlado a distancia.

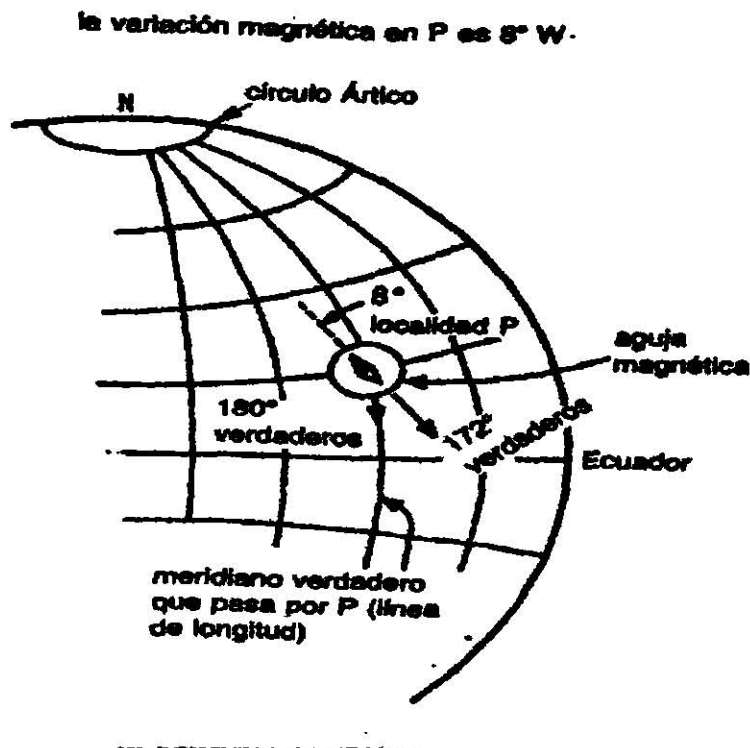
El control a distancia de la polarización se hace casi siempre desde el receptor, que suele disponer de un control de "deslizamiento" (skew) para efectuar la sintonización en fino.



Sistema de Posición de la Antena y el Receptor

La solución “hágalo usted mismo” (Do It Yourself)

Lo primero que hay que hacer son las operaciones topográficas del asentamiento, a no ser que sea evidente que tiene una amplia visibilidad hacia el sur. Para efectuar una comprobación de fiar se necesita una brújula para estimar el acimut y un inclinómetro para la elevación. No tienen porqué ser unos instrumentos complicados y, por ejemplo, será suficiente una brújula de bolsillo, sin olvidar nunca que toda brújula apunta hacia el Norte magnético, no hacia el Norte verdadero con el que estamos trabajando. La posición actual del Norte magnético está en la actualidad en $79^{\circ} \text{ N } 70^{\circ} \text{ W}$ (esquina NW de Groenlandia). Lo que dificulta las cosas para los afectados por la navegación es que no permanece en esa posición, sino que vaga lentamente en torno a una ruta circular de 160 km de diámetro. En la figura siguiente puede verse que en la posición mostrada la brújula apunta a la izquierda del Norte. En el ejemplo mostrado, los 8° de diferencia se conocen por el nombre de *variación* (declinación magnética), una descripción apta ya que no solamente varía por toda la Tierra sino que también lo hace, como se ha dicho, con el tiempo. A veces se denomina *desviación magnética*.



Variación Magnética

Instalación del reflector parabólico

Cuando se ha elegido la antena y se encuentran las piezas a mano, comienza la instalación. Consideramos en primer lugar un reflector sencillo para trabajar con un solo satélite. Se ha sugerido que finalmente se necesita una precisión de puntería de medio grado aproximadamente, así que hay que tener cuidado. Los fabricantes suelen añadir muchas ayudas incorporadas pero si no hubiera ninguna podríamos utilizar los dispositivos que hemos sugerido anteriormente. Después de todo, su ayuda sólo se necesita para localizar al satélite, ya que la alineación de precisión se hace después, con la imagen de TV o con un medidor de nivel de señal.

Si el montaje del reflector es un trípode u otra base metálica, esta base debe estar bien nivelada. Si es un tubo cilíndrico o prismático embutido en el suelo, debe estar vertical, lo que implica una doble comprobación (por ejemplo con un nivel de albañil), la segunda a 90° de la primera. Suponemos que la longitud de cable entre la antena y la casa está entre los límites generalmente aceptados de 80-100 m. Si fuera mayor, sería posible superar las pérdidas excesivas en el cable instalando un "amplificador de línea" especial.

Para obtener un correcto ajuste en acimut, puede ser útil indicar primeramente sobre el terreno la línea Norte-Sur, mediante guijarros y un bramante fino. Tenga cuidado y no utilice la brújula en las proximidades del reflector, ya que el hierro o acero de la estructura atraería a la aguja magnética y produciría un rumbo equivocado.

Alineamiento

Para ayudar a montar algunos sistemas, sus vendedores prestan kits (equipos) de instalación. Estos kits pueden incluir brújula, inclinómetro, e incluso un medidor de intensidad de señal que puede ser sintonizado al canal adecuado del satélite. Suponemos no obstante que no disponemos de estas ayudas.

Indudablemente, la forma más eficaz para finalizar el alineamiento de la antena es teniendo conectados cerca el receptor del satélite y el televisor. Esto supone fabricar un cable coaxial para conectar el LNB al receptor, ya que el cable entre el receptor y el televisor puede ser el que vaya a utilizarse finalmente dentro de casa.

Existe una alternativa, y es que un miembro de la familia o un amigo coopere observando la TV en el interior de la casa y actúe de medidor humano de señal, avisando del estado de la imagen a la persona que está luchando con el reflector. Con este método no se mueve ningún equipo, pero es demasiado lo que hay que adivinar para que lo recomendemos aunque, no nos engañemos, muchas antenas de TV terrestre se ajustan de este modo.

Asegúrese que el LNB esté ajustado para la polarización y desplazamiento adecuados, que apunta correctamente hacia el centro del reflector hacia el centro del

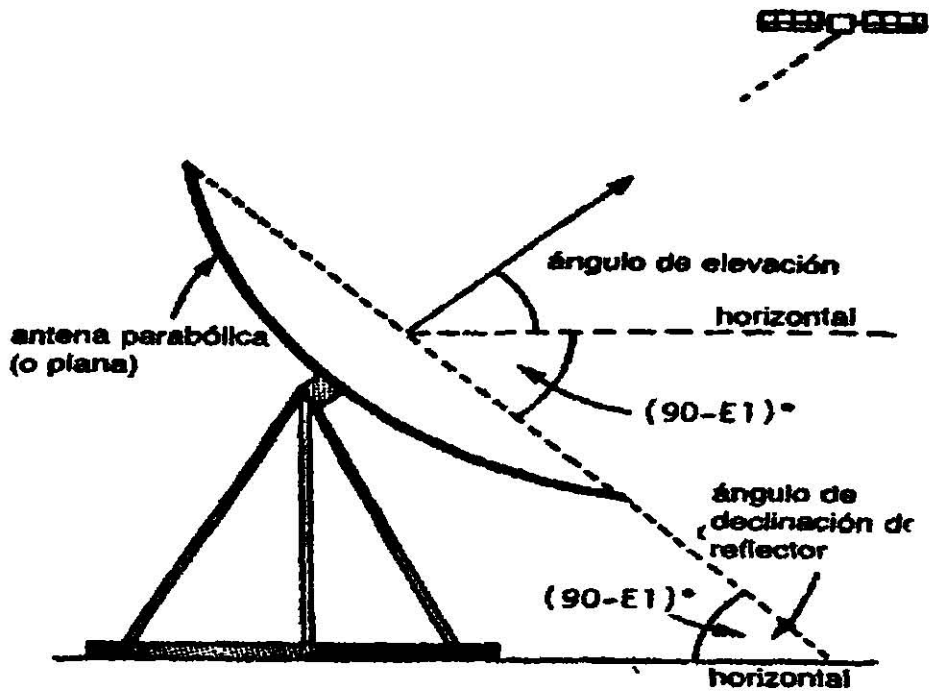
reflector, y que el receptor esté sintonizado al canal deseado del satélite, que se sabe está emitiendo, y encienda todo. Puede ser que haya una imagen, pero ¡no confíe en ella! Si sólo aparece una pantalla llena de nieve, sujete el reflector por detrás y efectúe una búsqueda en cuadrado por el cielo hasta encontrar el satélite. Si hace esto desplazando la antena parabólica para captar un pequeño cuadrado, después, con el mismo centro, un segundo algo mayor, y así sucesivamente, ampliando el tamaño del cuadrado. Siguiendo este método llegará a encontrar un satélite, que se reconocerá inicialmente por una ligera interrupción del ruido en la pantalla del televisor. Cuando suceda, el ajuste en fino adicional en acimut, elevación del LNB y del control de deslizamiento deberá proporcionar la imagen. Ajuste lo mejor posible. Un método útil cuando se retiene la imagen es desplazar el reflector ligeramente hacia la izquierda hasta que aparezca el ruido, luego hacia la derecha hasta el ruido. La mejor imagen deberá estar en la posición intermedia entre estas dos. Con ello se ajusta el acimut. Repita arriba y abajo en elevación. Finalmente, apriete todas las tuercas de ajuste. Muchos receptores incluyen un medidor de señal (o de intensidad). Su utilización para efectuar los ajustes de señal máxima tiene varias ventajas sobre la contemplación de la imagen de TV. Una buena imagen no significa necesariamente que la señal sea la óptima, y debemos tratar de conseguirla para tener algo en la mano los días lluviosos.

Montajes polares

Comparado con el montaje básico de Az/El, tiene mucho que ofrecer, no en su instalación que es más difícil, pero sí ciertamente que su utilización posterior. Tiene un atractivo para todos los que desean cambiar frecuentemente de satélite, y es obligado para quienes quieren hacerlo desde el sillón, ya que es la única modalidad de montaje que permite con facilidad la "motorización". La forma de la curva polar ha sido incorporada al montaje por el fabricante, y su instalación inicial supone apuntar con precisión al reflector parabólico hacia el polo. El polo es, de hecho, el punto más elevado del arco geostacionario, y como éste es simétrico respecto a su polo, en cualquier lugar de Europa el polo debe estar en el Sur verdadero. Como cabría esperar, la elevación del polo varía con la latitud de la ubicación de la antena parabólica. Imaginemos ahora el satélite en ese punto.

Un reflector parabólico de montaje polar apuntando hacia el sur y alineado así, describirá el arco completo, de horizonte a horizonte, al ser girado. Esto puede hacerse a mano o con ayuda de un motor. Si la antena parabólica no está alineada con precisión, o si su soporte no es verdaderamente vertical, la curva de seguimiento no coincidirá con el arco geostacionario, y el resultado será una maravillosamente clara visión de nada. Aunque sólo han sido considerados los reflectores parabólicos, esta técnica se aplica por igual a las antenas planas.

Casi todo el trabajo de instalaciones básica se ha tratado en las dos Secciones anteriores, pero existen ciertas diferencias en el montaje polar. Por ejemplo, según se indica, no se necesita ajustar la elevación de la misma manera, la única información necesaria es la altitud y el ángulo de desplazamiento.



Ángulos de Desplazamiento y Declinación

Cableado

Hay que conectar entre sí todas las partes y piezas, y para ello no será suficiente con un trozo de cable de cobre barato. La televisión terrestre lo demuestra, ya que sus terminales de bajada de antena comprenden cables coaxiales.

El cable coaxial ofrece, gracias a su construcción especial, la ventaja de una alta inmunidad ante las señales interferentes y el ruido procedente del exterior. No obstante, no puede ser totalmente inmune y, por tanto, es importante tratar de buscar pérdidas bajas y baja captación de ruido, lo que significa instalar la antena tan cerca de la casa como sea posible. Por consiguiente, sería poco sensato mantener la antena parabólica fuera de la vista, al fondo de un extenso jardín.

Como una antena parabólica totalmente automatizada (control a distancia del polarizador y del actuador) necesita cables extras de control, existen multi-cables especiales que consisten en un cable coaxial para la señal combinado con otro u otros cables no coaxiales.

