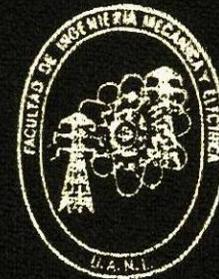


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE
(ESTACIONES TERRENAS)

EXAMEN TIPO "B"

PRESENTADO COMO CUMPLIMIENTO PARCIAL
DE LOS REQUERIMIENTOS
PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

ROMAN ZEPEDA GUADARRAMA

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA, N. L.

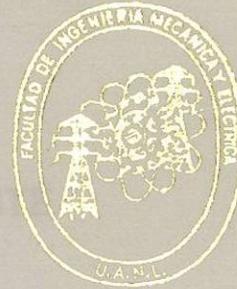
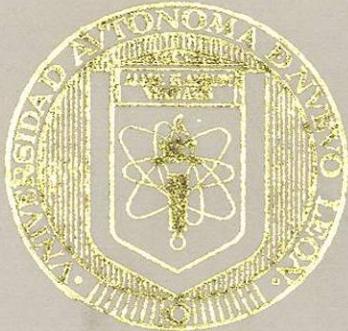
MARZO DE 1996

F
FK5104
74
C.1



1080072235

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



COMUNICACION VIA SATELITE
(ESTACIONES TERRENAS)

EXAMEN TIPO "B"

PRESENTADO COMO CUMPLIMIENTO PARCIAL
DE LOS REQUERIMIENTOS
PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA:

ROMAN ZEPEDA GUADARRAMA

ASESOR: ING. FERNANDO ESTRADA SALAZAR

CD. UNIVERSITARIA, N. L.

MARZO DE 1996

T
TKS104
24

FECHA: 9/Dic/97
DONADO POR: Biblioteca
"Ing. Guadalupe E.
Cedillo Garza."
U.A.N.L. FINE BIBLIOTECA

BUR ui Ran a F-122

TEXE

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

**COMUNICACIÓN VÍA SATELITE
(Estaciones Terrenas)**

EXAMEN TIPO “B”

***PRESENTADO COMO CUMPLIMIENTO PARCIAL DE LOS REQUERIMIENTOS
PARA OBTENER EL TITULO DE :***

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

PRESENTA :

ROMAN ZEPEDA GUADARRAMA

ASESOR : Ing. Fernando Estrada Salazar

CD . UNIVERSITARIA DE N,L.

MARZO 1996

INDICE

PROLOGO	01
DEDICATORIA.....	02
INTRODUCCION.....	04
FUNCIONAMIENTO	10
LA ONDA DE RADIO.....	18
PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES Y ANTENAS.....	24

PROLOGO

El objetivo primordial del presente trabajo es servir como guía de estudio y temática, para presentar mi examen profesional en lo que se refiere a estaciones terrenas para establecer la comunicación vía satélite, a través de la opción de cursos ya que tome el de comunicación vía satélite, mi asesor fue el Ing. Fernando Estrada Salazar.

Las comunicaciones vía satélite han alcanzado en la actualidad una etapa muy interesante en su desarrollo. Tradicionalmente, los satélites han sido utilizados para brindar el servicio de telecomunicaciones internacionales transoceánicas a través de antenas de entrada, conectadas a las redes nacionales de comunicaciones.

Las fibras ópticas presentan a hora un reto a los satélites en lo que concierne a estas rutas tradicionales, pero, en lugar de anunciar la desaparición de las comunicaciones por satélites han permitido desarrollar mercados nuevos para los cuales los satélites son la mejor opción.

Los cambios principales que han ocurrido son la introducción de antenas más pequeñas para servicios nuevos tales como la recepción directa de televisión, de sistemas de negocios con aperturas muy pequeñas y determinales móviles para comunicaciones marítimas, aeronáuticas y también terrestres. La utilización de los satélites para la percepción remota de la superficie y el medio ambiente de la Tierra aun está en su infancia y apunta de extenderse aceleradamente en la escena internacional. Todas estas nuevas y excitantes aplicaciones de las comunicaciones por satélites se han hecho posibles gracias al avance de la tecnología. En el futuro, esto continuara con avances nuevos tales como el procesamiento de señales a bordo, enlaces entre satélites, y antenas desplegadas de grandes dimensiones, que harán posibles otras aplicaciones nuevas, tales como las comunicaciones de persona a persona, quizá a principios del siglo veintiuno.

A lo largo del presente desarrollo a manera de introducción explico la importancia y tipos de estaciones terrenas, posteriormente presento un tema sobre el funcionamiento de dichas estaciones, también hago énfasis en las señales que radian y reciben estas así como el procesamiento de las mismas.

DEDICATORIAS

A mis padres por que me brindaron todo su apoyo y sobre todas las cosas me dieron la vida, gracias viejos.

A mi hermana vero con mi agradecimiento por sus consejos y ayuda.

Al Ing. Fernando Estrada, quien día a día trabaja pacientemente y dedicadamente en el esfuerzo por hacer diferente la vida de sus alumnos.

ROMÁN

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

Todo satélite es sólo un nodo o punto intermedio de la red de comunicaciones de la que forma parte, que se complementa con las estaciones terrenas que se comunican a través de él. Una **estación terrena** consiste en una serie de equipos interconectados entre sí, de los cuales el más representativo y conocido es su antena o plato parabólico. El término estación terrena se utiliza indistintamente para indicar a todo equipo terminal que se comunica desde la Tierra con un satélite, sin importar si está fijo en algún punto, si es una unidad móvil, o si está instalado en un barco, avión, o cualquier otro vehículo. En la figura 1 se ilustra el diagrama de bloques generalizado de una estación terrena, pero dependiendo de su aplicación particular algunas estaciones son mucho más sencillas y carecen de uno o varios de los bloques indicados, por ejemplo, las estaciones caseras de recepción de televisión sólo requieren los bloques de la antena y el receptor, mientras que en algunas redes de recolección de datos que aún son poco utilizadas las estaciones contribuyentes emplean fundamentalmente sólo la antena y el transmisor; por sus características de radiación, todas las estaciones terrenas que tengan antenas pequeñas no necesitan sistemas de rastreo, que las de diámetro muy grande como las de comunicaciones internacionales sí lo requieren para conservar su angosto haz directivo bien apuntado hacia el satélite; cuando una estación terrena satisface necesidades vitales o prioritarias de comunicación, no se desea que deje de funcionar por posibles y eventuales fallas locales del suministro comercial de energía eléctrica, por lo que debe adaptarse su propia planta de respaldo, denominada comúnmente como sistema ininterrumpido de energía. En el diagrama de bloques de la figura 1 ningún módulo o parte de él se indica redundante o repetido, pero en la práctica sí se acostumbra tener redundancia, dependiendo nuevamente de la aplicación de la estación terrena y de la importancia o vitalidad de la información que maneje; por ejemplo, puede haber amplificadores de alta potencia o de bajo ruido redundante de forma similar a como se hace en los satélites para garantizar la interrupción del servicio aunque uno de ellos llegase a descomponerse; en varios casos se tiene todo un bloque transmisor o receptor por duplicado.

Por lo general, la misma antena se utiliza para transmitir y recibir, si es que su aplicación así lo requiere, para esto se interconecta simultáneamente con los bloques de transmisión y recepción por medio de un dispositivo de microondas llamado diplexor. Si la estación cuenta con un sistema de rastreo, la antena tiene comúnmente además de su propio alimentador un sistema separado de alimentación que permite realizar el rastreo automático del satélite en combinación con varios mecanismos acoplados a ella.

TRANSMISOR

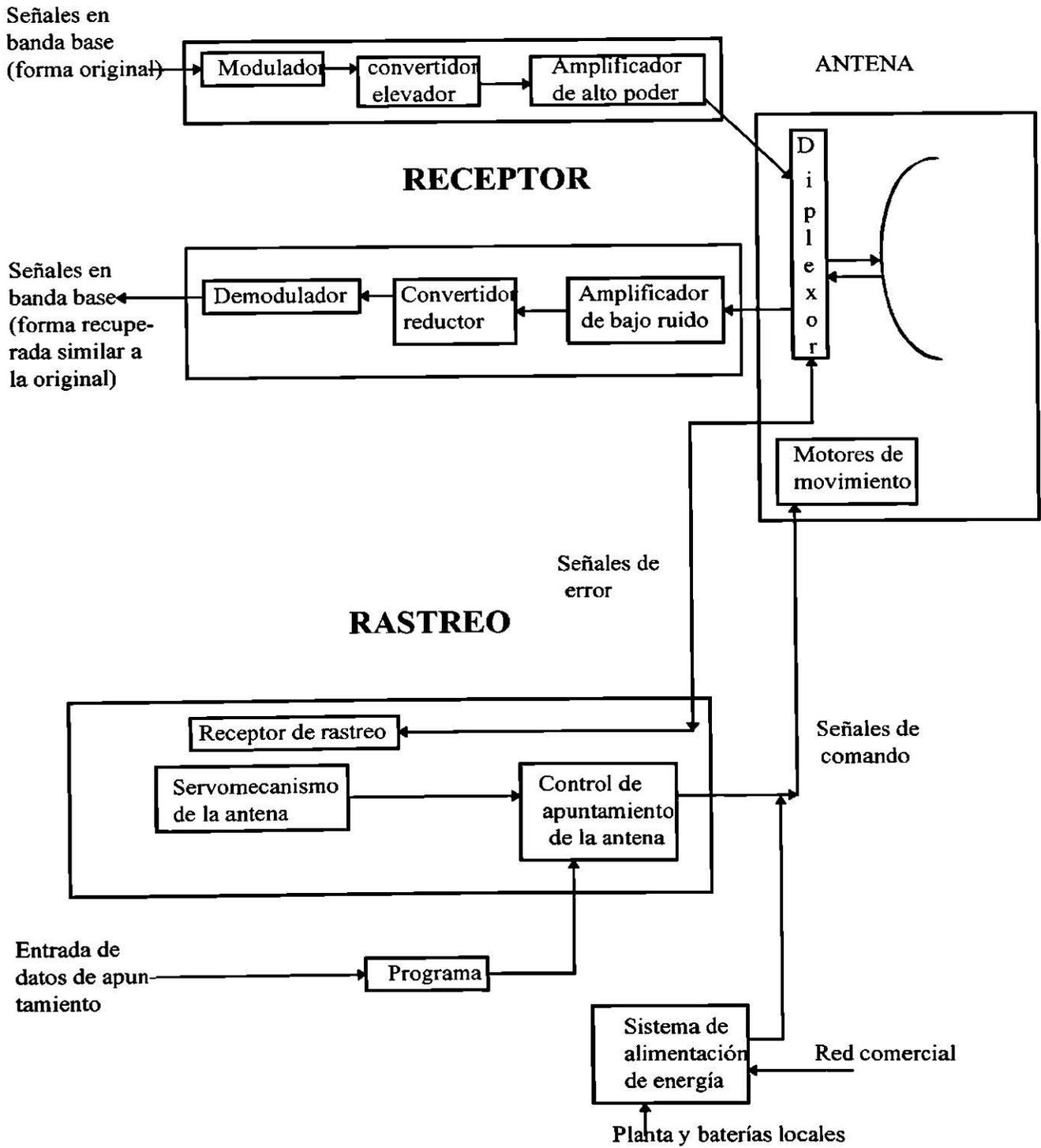


FIGURA 1 : Diagrama de bloques generalizado de una estación terrena.

Los satélites de comunicaciones actuales son satélites activos, geoestacionarios con cobertura tanto global como doméstica. En base a esto explico en mi trabajo la forma en que se establece la comunicación por satélite, el proceso que sufre la señal, las bandas de frecuencias utilizadas, etc.

ESTACION TERRENA TRANSMISORA:

- *Acometida de la señal a transmitir.(Entrada de banda base)
- *Modulador.
- *Convertidor de subida(U/C, up converter)
- *Amplificador de potencia(HPA, high power amp.)
- *Antena, lado de transmisión.

La señal de información(telefonía, televisión, información digital, etc.), es recibida por el equipo transmisor de satélite en tierra, una vez que ha agrupado adecuadamente mediante la multiplexión, en la forma de la señal de Banda Base(BB) para ser alimentada al modulador. Este modulador opera a una frecuencia estándar de 70 Mhz. llamada frecuencia intermedia(FI) la cual es modulada en frecuencia por la banda base. La señal de FI(modulada), es posteriormente elevada al rango de las microondas(Ejemplo: 6 Ghz. en banda C), en el convertidor de subida para luego ser amplificada en el HPA con la finalidad de conseguir el suficiente nivel para que la señal llegue al satélite con la potencia suficiente. La señal de microondas es alimentada a la antena la que concentra la energía dirigiéndola hacia el satélite.

SATELITE DE RADIOCOMUNICACION:

- *Antena lado de recepción.
- *Amplificadores de Bajo Nivel de Ruido(LNA)
- *Convertidor de Frecuencia(Traslador de Banda)
- *Amplificador de potencia (HPA).
- *Antena lado de transmisión.

Al llegar la señal al satélite, es captada por la antena de recepción la cual la alimenta a un amplificador de bajo nivel de ruido(LNA) el que amplifica la microonda para luego, en el convertidor, bajar su frecuencia al rango de la banda "Down - Link"(ejemplo el rango de 4 Ghz. en banda C). Una vez trasladada la frecuencia, la señal será amplificada en el HPA y enviada de nuevo hacia la tierra por la antena de transmisión. Esta antena, en ocasiones, es la misma que la de recepción.

ESTACION TERRENA RECEPTORA:

- *Antena lado de recepción
- *Amplificador de bajo ruido.
- *Convertidor de bajada(D C down converter).

* Demodulador.

*Entrega de la señal de banda base.

En la estación terrena receptora la señal es recogida por la antena, alimentada al LNA donde se amplifica con un bajo nivel de ruido, alimentada al convertidor de bajada donde la señal es convertida del rango de microondas a frecuencia intermedia(70 Mhz.), para luego ser recuperada la información en el demodulador. La señal a la salida del demodulador es la información en la forma de Banda Base.

La posibilidad técnica de que varias estaciones transmisoras tengan acceso simultáneamente al satélite se conoce como Acceso Múltiple. Los tipos principales de acceso múltiple son.

* Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA)

* Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA)

* Acceso Múltiple por Diferenciación de Código (CDMA)

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA

En este tipo de acceso FDMA, se asigna una frecuencia y un cierto ancho de banda a cada uno de los transmisores en tierra que tengan acceso al satélite. La asignación de la portadora se hace de acuerdo a la distribución particular que de sus transponders haga el administrador del sistema de satélite. El ejemplo siguiente trata de aclarar esto.

Supongamos un satélite ocupado en su totalidad para retransmisión de televisión(Ejemplo. Galaxy Y). La señal de televisión ocupa un ancho de banda de 36 Mhz. Una vez que ha modulado a la portadora en frecuencia; Además es necesario dejar una guarda de 2 Mhz. A cada lado de la banda, es decir, se necesita una banda total de 40 Mhz. Para transmitir una señal de televisión mediante un enlace de satélite. Recordemos también que el ancho de banda disponible en el satélite es de 500 Mhz. De acuerdo a todo lo anterior, en el ancho de banda de que dispone el satélite caben 12 canales de televisión($500/40 = 12$) sobrando un espacio de 20 Mhz.

En los sistemas actuales es costumbre utilizar la técnica de reutilización de frecuencias con polarización ortogonal, la cual consiste en repetir de nuevo los 500 Mhz. Disponibles entre otros 12 canales pero utilizando una polarización a 90 grados de la otra. Es decir, que las polarizaciones de ambas señales será perpendiculares. Por otra parte, tratando de disminuir más la interferencia posible, la distribución se hará, en un caso, dejando el hueco de 20 Mhz. Al final de la banda, y en el otro caso dejando al inicio.

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE TIEMPO

El TDMA es una técnica totalmente digital en la cual cada estación terrena tiene acceso al satélite solo en un tiempo asignado para su transmisión, agotándose este, deja de

transmitir hasta que le toque nuevamente su turno. En este sistema, el ruido de intermodulación es eliminado representando una gran ventaja al compararlo con el FDMA aunque el TDMA es un sistema mucho más complejo que el FDMA ya que necesita una buena sincronización entre todas las estaciones terrenas que lo usan y además se requiere de una estación de referencia.

ACCESO MULTIPLE POR DIFERENCIACION DE CODIGO:

El CDMA, también llamado acceso múltiple por espectro de dispersión, combina la transmisión desde cada estación terrena con un código al azar; es totalmente digital, y presenta la ventaja de que las antenas terrenas transmisoras y receptoras pueden ser muy pequeñas, sin importar que sus ganancias sean bajas. Por otra parte presentan el inconveniente de que ocupa el ancho total del transponder. De cualquier manera, en los sistemas militares, tiene ventajas considerables ya que las secuencias tomadas al azar son necesarias para proveer protección criptográfica.

SISTEMA DE ENERGIA ELECTRICA:

Podemos considerar dos tipos de fuentes de energía eléctrica en el satélite: La Fuente Primaria que consiste en celdas solares y la Fuente Secundaria la cual consiste de un banco de baterías. Hay que hacer notar que mientras las celdas solares estén recibiendo energía de la luz solar ellas proporcionan toda la energía que necesitan los circuitos y recargan mismo tiempo las baterías; en el momento que ocurre un eclipse o región de sombra para el satélite, las baterías serán las encargadas de proporcionar la energía hasta que el eclipse concluya.

F U N C I O N A M I E N T O

EL TRANSMISOR

Las estaciones terrenas transmisoras sencillas cuentan con un bloque de transmisión como el indicado en la figura 1 y las que conducen gran cantidad o diversidad de señales tienen varios bloques en paralelo. El equipo transmisor consiste básicamente en tres módulos: modulador, convertidor elevador y amplificador de alta potencia. Después de que una señal ha sido generada o producida ya sea que consiste en canales telefónicos, de televisión o de datos y una vez hechas las combinaciones necesarias de multiplexaje en frecuencia o en el tiempo si es que el tráfico así lo dicta se requiere acondicionarla para que pueda ser radiada eficientemente a través del aire, hacia el satélite, sin que sea interferida o interfiera con otras señales; este acondicionamiento permite que también se le pueda recuperar fielmente o sea, con la mayor aproximación posible en la estación terrena receptora, aunque su nivel de potencia sea sumamente bajo al llegar. El proceso electrónico que se efectúa con este fin es la modulación de una portadora por la señal, y existen varios tipos del mismo; los más comunes son el analógico de modulación en frecuencia(FM) y el digital de desplazamiento de fase(PSK).

El modulador de la estación combina la forma de la señal original con la señal portadora, modificando el ancho de banda de frecuencias y la posición de la información de la información dentro del espectro radioeléctrico, la cual es transferida a frecuencias más altas, este paso de la señal modulada a frecuencia intermedia es el primero en su ascenso de conversión a microondas. Aunque el modulador coloca a la señal modulada en una región más alta del espectro radioeléctrico, la frecuencia intermedia(FI) no es adecuada todavía para radiarla eficientemente a través de la atmósfera. Por lo tanto, es necesario subirla más en frecuencia, empleándose para ello un equipo convertidor de frecuencia.

El convertidor transfiere a la señal de la frecuencia intermedia que, dependiendo del sistema, puede tener una frecuencia central de 70 MHz, 140MHz, 1GHz, o más a una posición dentro del espectro radio eléctrico en donde las nuevas frecuencias que la integran son mucho más altas que cuando salieron del modulador; por ejemplo, la señal tiene nueva puede estar centrada aproximadamente a 6GHz. o 14GHz. La señal tiene ahora las frecuencias apropiadas para poder ser radiada hacia el satélite, pero su nivel de potencia es aún muy bajo, por lo que es preciso amplificarla antes de entregársela a la antena; para esto se utiliza un amplificador de alta potencia(HPA), del cual existe fundamentalmente dos tipos: el tubo de ondas progresivas(TOP) o TWT y el klistrón.

Un tubo de ondas progresivas 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), por lo que puede amplificar simultáneamente a señales dirigidas hacia distintos transpondedores del mismo. Sus características de operación son satisfactoriamente uniformes o constantes a cualquier frecuencia, pero cuando se amplifican simultáneamente muchas señales distintas así estén dirigidas hacia un mismo transpondedor o a transpondedores separados su potencia de salida no se puede aumentar al máximo; de hacerlo, el ruido de intermodulación sería muy grande. Para reducir el ruido, es necesario

operar al amplificador de potencia en relación con la potencia de salida bajo, con la consiguiente pérdida de potencia en relación con la potencia máxima nominal de salida. A pesar de este inconveniente, el uso de los tubos de ondas progresivas es más común que el de los klistrones, pues una de sus ventajas es que se puede efectuar cualquier modificación en la frecuencia central de amplificación, dentro del ancho de banda de operación del satélite (500 MHz. o más), sin tener que sintonizarlo como sí es el caso de los klistrones, además de que no hay que emplear un combinador especial de señales a la salida, como sí puede ocurrir también con los klistrones.

Un klistrón 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 de muy alta velocidad de transmisión. Cuando una estación terrena tiene varios klistrones y desea transmitir toda la información procedente de ellos a través de una misma antena, se necesita usar un combinador de señales, que introduce pérdidas de potencia similares en magnitud a las producidas por back-off en los tubos de ondas progresivas. Además de estas pérdidas, el combinador se convierte en un punto de interacción entre las salidas de los distintos klistrones que puede conducir a interferencias entre ellos; asimismo, cuando se requiere cambiar de transpondedor en el satélite, es preciso volver a sintonizar al klistrón correspondiente. De cualquier forma, varios usuarios aún eligen klistrones para sus instalaciones, porque su eficiencia (40%) de aprovechamiento de energía eléctrica es mayor que la de los TOP, son muy confiables y robustos, duran mucho tiempo en servicio, y además son más económicos que un tubo de ondas progresivas. Particularmente, son empleados para transmitir canales de televisión y en estaciones terrenas de poca potencia que transmiten unos cuantos cientos de canales de telefonía o datos, pero en este último caso la potencia suficiente determina finalmente el tipo de amplificador que se use, ya que no hay klistrones en el mercado con potencias de menos de unos 400 watts y puede resultar excesivos para ciertas aplicaciones.

En general, un canal telefónico consume aproximadamente 1 watt de potencia, mientras que uno de televisión emplea 1 Kilowatt; por lo tanto, las estaciones terrenas pequeñas, que sólo tienen necesidad de transmitir algunos canales telefónicos a veces nada más uno o de datos de baja velocidad de unos cuantos kilobits por segundo, no requieren contar con amplificadores tan potentes como los tubos de ondas progresivas o los klistrones. Gracias a la ganancia de su antena parabólica, y debido a que el tráfico que transmiten es bajo y ocupa muy poco ancho de banda, estas estaciones pequeñas que operan en ZCPC usan amplificadores de baja potencia a LPA hechos con tecnología de estado sólido. Su potencia de salida es unos cuantos watts, y la mayor parte funciona con transistores de efecto de campo o FET. Los procesos de modulación y conversión de frecuencia son los mismos ya explicados, simplemente el amplificador de alta potencia se sustituye por uno de baja potencia. En la figura 2, se muestra el gabinete completo que contiene los equipos de transmisión y recepción de un sistema SCPC.

Dada la posible pérdida de todo un enlace de comunicaciones si es que el amplificador de potencia falla, por norma general es común encontrar sistemas operativos en los que hay amplificadores de redundancia en forma similar a como ocurre en los transpondedores del

satélite; la estación terrena puede tener una de varias configuraciones posibles de redundancia, por ejemplo, dos a uno (es decir, que hay dos amplificadores, uno operando y el otro de reserva: 1 +1), tres a dos, etc, y en cada caso los amplificadores que operan y el amplificador de reserva se conectan entre la etapa anterior de comunicaciones y la antena con un conmutador de entrada y otro de salida. Generalmente, el nivel de potencia a la salida del convertidor elevador es bajo en comparación con el que debe aplicarse a la entrada del amplificador de potencia para que éste funcione adecuadamente. Por lo tanto, es común añadir un amplificador excitador entre el convertidor de frecuencia y el amplificador de potencia, como una etapa de amplificación a niveles de potencia intermedia; este amplificador excitador también recibe el nombre de preamplificador, por razones obvias.

Por último, es importante señalar que, antes de su adquisición, las características de un amplificador de potencia se deben determinar tomando en cuenta el posible crecimiento futuro del tráfico de la estación terrena; es decir que aún cuando en un principio el amplificador tenga que operar en un nivel bajo para su capacidad, sea capaz de suministrar los requerimientos de potencia y ancho de banda de futuras señales adicionales que la estación deba transmitir durante los años siguientes de su vida útil; desde luego, el costo y la rapidez prevista del crecimiento del tráfico influirán en la decisión final sobre el amplificador y el diseño general de la estación terrena.

EL RECEPTOR

Un satélite de comunicaciones funciona como un gran espejo directivo en el espacio; La señal retransmitida por él es idéntica a la que recibe desde la estación terrena transmisora, Con la diferencia de que es colocada en una región de frecuencias más bajas en el espectro radioeléctrico y, por supuesto, es amplificada. En su trayectoria de regreso hacia la tierra, la señal viaja un promedio de 36 000 Km y, por lo tanto, su nivel de potencia al llegar a las antenas de las estaciones receptoras es sumamente bajo. En el diagrama de la figura 1. Se muestra la configuración básica del bloque de recepción. La antena recibe simultáneamente todas las señales transmitidas por el satélite en la polarización y banda de frecuencias con las que ella funciona, o sea, información de muy diversos tipos dentro de un ancho de banda usual de 500 MHz; sin embargo, lo común es que en cada estación en particular solamente sea de interés recibir una pequeña porción de toda esa información, concentrada quizá en un ancho de banda de tan sólo 5 MHz. O aun menos. Es decir, que la estación, después de capturar y amplificar toda esa información, debe separar sólo aquella parte que le corresponda para procesarla. Hay que tomar en cuenta que posiblemente la información dirigida a una estación en particular provenga de diferentes estaciones terrenas transmisoras que funcionen con transpondedores distintos en el satélite; por lo tanto, esas señales ocupan posiciones diferentes dentro de los 500 MHz. Del ancho de banda del paquete de información que el satélite retransmite y, en consecuencia, la estación receptora debe extraer únicamente las porciones que le interesen, y que no necesariamente son adyacentes en frecuencia.

EL AMPLIFICADOR DE BAJO RUIDO :

Haciendo referencia nuevamente a la figura 1. La antena recibe las señales provenientes del satélite y a través del diplexor se las entrega a un amplificador de bajo ruido ; éste funciona similarmente al amplificador de bajo ruido del satélite, por las mismas razones de que a su llegada la señal tiene una intensidad muy baja y de que es muy vulnerable ante cualquier ruido que se le pueda añadir antes de ser amplificada a un nivel aceptable. 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(al menos, en la primera etapa de recepción). Posteriormente comentare que la antena tiene una capacidad de amplificación o ganancia ; para fines de recepción, éste es su parámetro más importante y se designa como G. Por su parte, 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. Sin embargo, no solamente se introduce ruido en la señal a través del amplificador de bajo ruido, sino también por la antena, y su magnitud se calcula en función de una temperatura de ruido de la antena, la suma de la temperatura de ruido de la antena ; y la propia del amplificador de bajo ruido determinan casi completamente la temperatura total T de ruido del sistema de recepción, siempre y cuando las pérdidas producidas por los conectores sean bajas(figura 2).

El valor del cociente G/T es una cantidad que se utiliza comúnmente para definir las cualidades de recepción de una estación terrena, y según el satélite con el que se comunique debe tener un valor mínimo para funcionar aceptablemente. Esta relación G/T se conoce como factor de calidad o cifra de mérito y como la ganancia de la antena está dada en decibeles y la temperatura de ruido en grados Kelvin, sus unidades son dB/oK. De acuerdo con lo que mencione anteriormente como el nivel de potencia de la señal a su llegada a una estación terrena receptora es muy bajo, el amplificador de bajo ruido debe ser altamente sensible, es decir que el ruido interno generado por él caracterizado por su temperatura de ruido sea la más bajo posible. La temperatura de ruido del amplificador es función de varios de sus parámetros, como su ganancia, las características de sus componentes, y la temperatura física de ellas. Si la temperatura física se logra reducir, entonces la temperatura de ruido también baja ; por lo tanto, es deseable enfriar al amplificador lo más que se pueda, muchas veces hasta temperaturas cercanas al cero absoluto, además de colocarlo lo más cerca posible del diplexor de la antena para reducir las pérdidas.

La mayor parte de los amplificadores de bajo ruido son paramétricos, pero en los últimos años se ha logrado un progreso importante en la fabricación de amplificadores con transistores de efecto de campo de arseniuro de galio. Estos últimos son más estables y menos complicados para alimentarlos de energía, aunque su temperatura de ruido es ligeramente mayor que la de los amplificadores paramétricos y los pequeños amplificadores(FET).

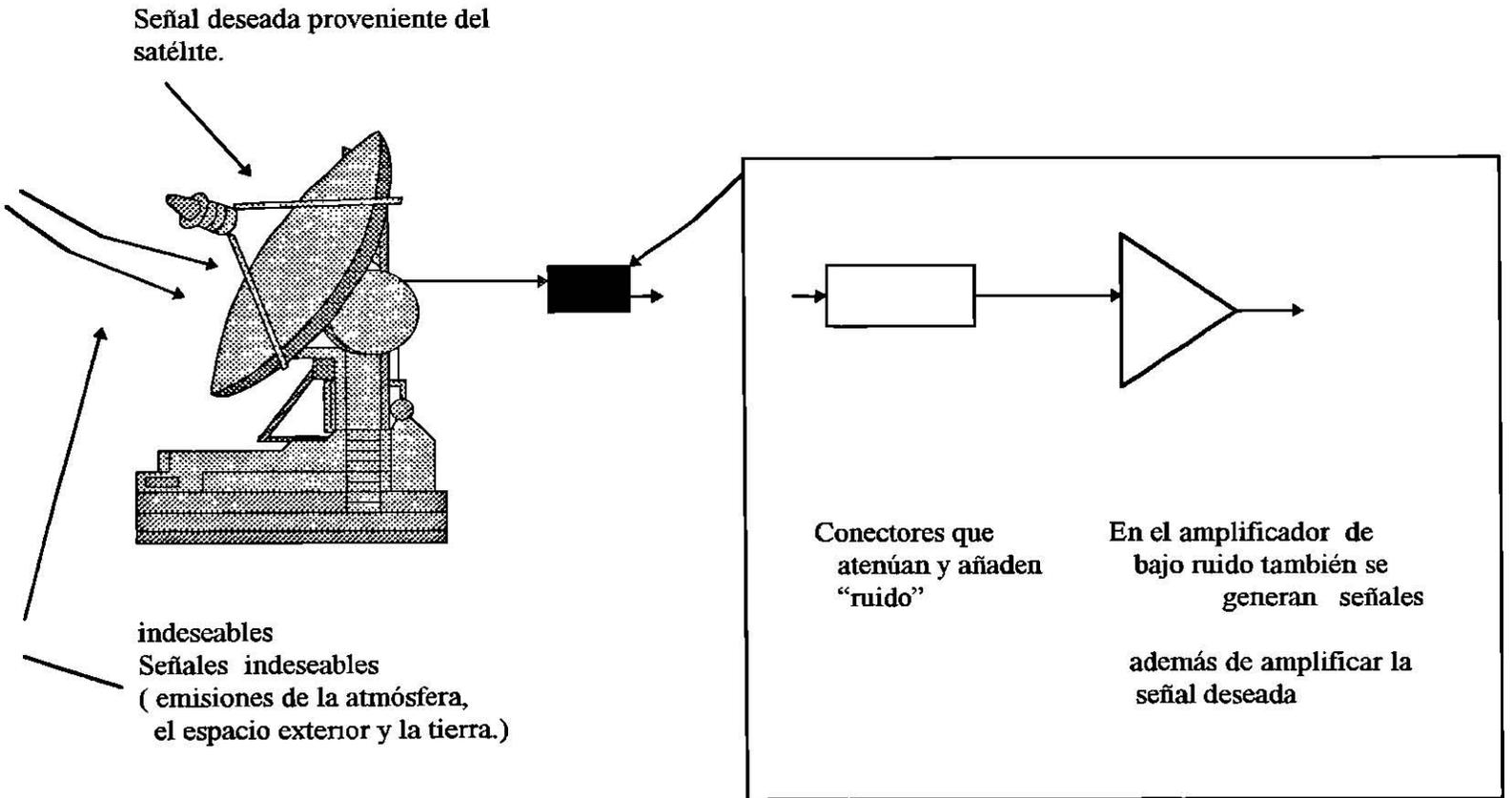


FIGURA No. 2 : La temperatura total de ruido del sistema de recepción es la suma de las contribuciones de varias fuentes indeseables. En el caso de la antena, la intensidad de las señales indeseables (representadas por medio de una temperatura de ruido equivalente de la antena) depende de la inclinación que tenga el plato parabólico y la frecuencia a la que este funcionando.

La temperatura de ruido usual con la que operan los amplificadores actuales es del orden de unas cuantas decenas de grados Kelvin, o cuando mucho unos 250 oK. La tecnología desarrollada hasta ahora en la banda C ha permitido fabricar fácilmente amplificadores con temperaturas inferiores a los 100 oK, pero en la banda Ku es más común encontrarlos con temperaturas entre los 100 y 200 oK. Sin embargo, es importante mencionar que un valor elevado de la temperatura de ruido del amplificador importa menos en relación con la temperatura de ruido de la antena cuando se utiliza la banda Ku que cuando se emplea la banda C; es decir, en la banda Ku no importa tanto si la temperatura del amplificador es unos 100 oK mayor, ya que la temperatura de la antena puede ser varios cientos de grados Kelvin, y comparativamente, la última influye más en la calidad de operación de la estación. El gran aumento de la temperatura de ruido de la antena en la banda Ku se debe principalmente al comportamiento de la atmósfera en esas frecuencias y a la atenuación de la señal por lluvia cuando esta ocurre; en cambio las señales que se propagan en la banda C son atenuadas muy poco por la lluvia y la temperatura efectiva de ruido de la antena es relativamente baja. Debido a lo anterior, cuando un enlace de comunicaciones funciona en la banda Ku, es necesario diseñarlo con un buen margen de operación, para que

cuando llueva, la señal no se degrade a niveles de potencia insatisfactorios ; a este margen de diseño se le da precisamente el nombre de **margen de lluvia**.

CONVERSION DE FRECUENCIA, DEMODULACION Y CALIDAD DE RECEPCION :

Haciendo referencia una vez más al diagrama de bloques generalizado de una estación terrena de la figura 1. Se observa que después del amplificador de bajo ruido van conectados en cadena un convertidor reductor de frecuencias y un demodulador, sin contar algunos filtros intermedios. La señal de salida del amplificador contiene toda la información radiada por el satélite en una banda de operación con ancho de 500 MHz. Situada a un en la misma región del espectro radioeléctrico ; el convertidor reductor tiene como función transferir toda esa información de 500 MHz. A una región más baja del espectro, centrándola en una frecuencia intermedia(FI) de recepción, es decir, haciendo una operación inversa al convertidor elevador de la estación transmisora.

La conversión de reducción de frecuencia se puede hacer en un solo paso, bajando de la frecuencia de llegada a la antena que es la misma frecuencia en la que opera el amplificador de bajo ruido hasta la frecuencia intermedia FI que se le debe entregar al demodulador. El proceso también se puede realizar en dos pasos y se prefiere así cada vez más en las estaciones terrenas modernas porque es más fácil sintonizar los equipos de recepción en cualquier región del ancho de banda de transmisión del satélite puede variar con el tiempo, en uno o en todos sus transpondedores, y la frecuencia de trabajo del convertidor reductor se puede ajustar más fácilmente si se usa doble conversión.

Algunos fabricantes producen el amplificador de bajo ruido o LNA integrado al convertidor reductor de frecuencia en un solo bloque ; ambos van contenidos dentro de la misma caja blindada y el producto se conoce como convertidor de bajo ruido o LNC o como convertidor reductor de bloque de bajo ruido o LNB. En la mayor parte de las estaciones terrenas receptoras el convertidor reductor se instala a unos 10 metros de distancia como máximo del amplificador de bajo ruido(LNA), con el fin de minimizar las pérdidas de los cables. La ventaja de un convertidor de bajo ruido es que el convertidor reductor va montado en la antena misma junto al LNA, pero la estabilidad de su oscilador local se puede alterar por temperaturas extremas del medio ambiente ; como los requerimientos de estabilidad son menores para la recepción de televisión modulada en FM que, por ejemplo en SCPC o sistema TDMA, los LNA y los LNB son utilizados principalmente para la recepción de televisión. De estos dos, el LNC tiene la desventaja de que sólo puede alimentar a un receptor a la vez pero es sencillo y económico, mientras que el LNB puede alimentar simultáneamente a varios receptores con señales distintas.

La señal de frecuencia intermedia que sale del convertidor reductor aún está modulada ya sea en FM, PSK o alguna otra forma de modulación y el paso siguiente para recuperarla

en su forma original(banda base) es precisamente demodularla. En realidad, la señal nunca se recupera exactamente como era en su forma original, ya que diversos factores como el ruido térmico y el de intermodulación, se encargan de distorsionarla. El grado de distorsión que se produce depende del tipo de modulación que se haya elegido, del nivel de la potencia transmitida, de la ganancia de las antenas, y de otros parámetros del diseño del enlace. De cualquier manera, si el enlace ha sido bien diseñado, el oído o el ojo humano no perciben tal distorsión en una señal de audio o de vídeo, respectivamente, y la toman como aceptable o quizá hasta excelente. Para esto se han establecido normas y recomendaciones internacionales, las cuales fueron acordadas después de haber hecho muchas pruebas subjetivas con una gran gama de individuos, a fin de saber cuánto ruido era permisible en presencia de cada tipo de señal sin que resultase incómodo ; es decir, se comprobó que si el cociente de la potencia de la señal deseada dividida entre la potencia del ruido presente era mayor de cierto valor o estándar, entonces el sistema funcionaba bien. A este cociente se llama relación señal a ruido y se presenta como S/N es la medida de la calidad de la señal recibida y se especifica precisamente a la salida del demodulador.

Según lo anterior, se ve que el demodulador es un bloque muy importante de toda la cadena de recepción, ya que determina la calidad final del enlace, entregando a su salida la señal original con cierta relación S/N o una probabilidad de error P, según el caso. Obviamente, para que el demodulador funcione bien necesita que la señal modulada que entre a él lo haga cuando menos con nivel mínimo de potencia, en relación con el ruido que lleva consigo. Para diferenciar los cocientes de la potencia de la señal entre el ruido, tanto a la entrada como a la salida del demodulador se utiliza la notación C/N a la entrada y S/N a la salida ; C es la potencia de la señal todavía en forma modulada y N es la potencia del ruido distribuido en todo el ancho de banda de la señal modulada. El cociente C/N se denomina **relación portadora a ruido** , como ya se indicó anteriormente, conviene utilizar cierto grado de duplicación o redundancia en los equipos, para que el enlace no se interrumpa aunque algunos de ellos falle.

ALIMENTACION DE ENERGIA

Las estaciones terrenas más importantes de una red de comunicaciones vía satélite tienen su propia subestación eléctrica. En condiciones normales, las estaciones obtienen la energía directamente del sistema general de distribución comercial, y la subestación regula los niveles de voltaje y corriente sin que haya grandes variaciones para alimentar a los equipos eléctricos y electrónicos. Sin embargo, si la luz se va, la subestación queda también sin energía, y entonces es preciso que algún sistema de respaldo entre en operación inmediatamente ; la potencia este sistema de respaldo debe proporcionar es muy grande, entre 50 y 100 KVA, de la cual aproximadamente un 80% es consumida por los amplificadores de potencia. Los sistemas de respaldo más comunes son inmensos bancos de baterías y motores alternadores con volantes de inercia ; es muy importante que estos equipos tengan un mantenimiento adecuado y que las reservas de diesel para los motores estén siempre aseguradas.

LA ONDA DE RADIO

En 1880, Heinrich Hertz llevó a cabo su famoso experimento que confirmó que la comunicación por radio era posible. Cada vez que generaba una descarga eléctrica, un equipo alejado varios metros podía generar una segunda, más pequeña, sin que existiera conexión alámbrica entre ellas. Parte de la energía generada por la primera descarga había viajado por la habitación, en forma de ondas de radio, para que las captara el segundo circuito. Había nacido lo “inalámbrico”. En tan solo 100 años, la tecnología ha explotado de una distancia de unos cuantos metros a muchos millones, y de la sencilla descarga a la gama completa de datos y TV que hoy conocemos. De hecho, mientras leemos, el aire que nos rodea está cargado con los campos de mil y una transmisión distinta de radio.

Los experimentos de Hertz surgieron de su interés por las teorías de James Clerk Maxwell, físico escocés. Maxwell se las había ingeniado anteriormente para asociar lo que entonces se conocía de la electricidad y el magnetismo con las leyes que rigen el comportamiento de la luz. De ello surgió la conclusión inicial de que la electricidad y el magnetismo conjuntamente son luz y no sólo luz, sino también los ingredientes de todas las ondas de radio. Lo que distingue a una de otra es la frecuencia y la luz se caracteriza por ser un conjunto de ondas de frecuencias verdaderamente muy altas, que tienen la capacidad singular de estimular el sentido de la vista.

La onda de radio se describe como electromagnética y tiene dos componentes, uno eléctrico y otro magnético. Las dos partes revisten la forma de campos de rápido desplazamiento. El campo eléctrico y el magnético están formando ángulo recto entre sí y respecto al sentido de propagación. Ello implica que los propios campos tienen una dirección, lo que sabemos que es cierto por la brújula. Si fuera remotamente posible imaginarnos dos campos distintos entrelazados y acercándose hacia nosotros, si el campo eléctrico variara en intensidad de lado a lado, y el magnético lo hiciera de arriba abajo, diríamos que la onda estaba polarizada horizontalmente, así que es el campo eléctrico el que cuenta. Podemos imaginarnos una onda que se aproxima como una hoja de papel de gráficos, en la que los juegos de líneas representan los dos campos. Es esencial apreciar esto, ya que con los satélites se utilizan ambas formas de polarización. Por lo general se denotan como V y H.

Polarización

El diccionario define imaginación como “la facultad mental de formar imágenes” y, ciertamente, éste es un requisito fundamental en este tema. Ver mentalmente una onda de radio viajando a una velocidad fantástica y vibrando al mismo tiempo millones de veces por segundo es exigir demasiado.

Normalmente, los campos eléctricos y magnéticos forman entre sí un ángulo recto y se encuentran en planos perpendiculares a la dirección de propagación. Si mantienen sus direcciones relativas, por ejemplo el campo eléctrico siempre vertical, decimos que la onda

está polarizada linealmente. De ahí que en cualquier canal en particular de un satélite deba indicarse no solamente la frecuencia de sintonización, sino también la polarización, V o H. Esto es esencial porque para que se produzca una captación deben coincidir. Vemos esto en las antenas de TV terrestre, que tienen varillas reflectoras verticales u horizontales, clara indicación de la polarización que se utiliza. Para los satélites, el reflector parabólico debe ser dispuesto convenientemente. Desdichadamente, al hacerse esto no se pueden recibir canales con la polarización contraria. Hay formas de superar esto, como explico en temas mas adelante. Un beneficio extra es que puede utilizar la misma frecuencia para transmisiones totalmente distintas, siempre que sean de polarización contraria, aunque, por lo general, para estar totalmente seguros se mantienen bien separadas.

Lo que complica aún el asunto es el hecho de que las ondas de los satélites DBS tienen otro tipo de polarización. En su paso a través de la atmósfera terrestre, es posible que se tuerza la polarización de una forma de onda y que deje de ser verdaderamente vertical u horizontal. A menos que se gire convenientemente la antena receptora, existirá una reducción en la captación de señal. A este efecto se le conoce por pérdida de polarización. Sin embargo, si se utiliza polarización circular, la pérdida de polarización no afecta a la señal recibida. En este caso, los campos eléctrico y magnético siguen formando ángulo recto, pero el par gira continuamente. Es como si un cowboy se desplazara hacia nosotros moviendo su lazo en círculo. Tanto la onda como la cuerda pueden girar en cualquier sentido y, si al mirar hacia él, o hacia la antena transmisora, se observa que el giro es en sentido horario se le denomina a derechas, y a izquierda si gira en sentido antihorario.

Ni necesito, ni realmente puedo, entrar en más detalles sobre la polarización ; sólo es necesario recordar que exista cuatro polarizaciones distintas. Por lo general, los primeros satélites empleaban polarización lineal, y por lo tanto se les denomina V o H. Los satélites DBS utilizan polarización circular, para la que se utilizan las denominaciones LHC y RHC (circular a izquierdas o a derechas).

Longitud de onda

Sea cual sea la frecuencia de una onda de radio, su velocidad de propagación en el vacío, y generalmente también en el aire, es siempre de 300,000,000. M/s. No obstante, en los viajes espaciales las distancias son tales que hay un retraso de más de un segundo desde la luna, e incluso los programas “en directo a través de satélite” llegan un cuarto de segundo más tarde.

Si una onda tiene una frecuencia expresada por f Hz. En un segundo se producirán f vibraciones o ciclos a lo largo de c metros. Por lo tanto, la longitud de onda. Si pudiéramos conseguir lo imposible, saltando a un lado, para observar una forma de onda conforme pasa, y a continuación dibujar un gráfico resultante tendría la forma tan familiar para todos los ingenieros de una onda senoidal.

Por tanto, una onda de radio puede ser conocida por su frecuencia o por su longitud de onda, y sólo para confundirnos se utiliza cualquiera de ambos términos. Pero podemos

pasar con facilidad de uno a otro ya que, si expresamos la longitud de onda por la letra griega lambda minúscula (λ).

Propagación

Cuando una onda de radio abandona una antena transmisora hay varios factores que controlan la intensidad que tendrá al llegar a un punto distante: la potencia inicial, su frecuencia, la distancia recorrida y las pérdidas experimentadas en el camino. Aunque nuestros principales estudios son en la región de los gigahertzios, merece la pena comentar las ondas de frecuencias inferiores: en primer lugar, para comprender por qué los satélites utilizan únicamente las muy altas frecuencias, que son notoriamente difíciles de manejar.

En su recorrido, la onda debe afrontar su absorción por el terreno, las reflexiones y absorciones en la atmósfera, o ambas cosas. A bajas frecuencias, las antenas transmiten las ondas por encima de la superficie de la Tierra, así que, debido a la absorción de la energía de la onda por la Tierra y los objetos sólidos, su intensidad disminuye con la distancia recorrida. Más aún, las pérdidas aumentan con la frecuencia, de manera que si a 200 KHz. La potencia de señal a 100 Km. De distancia puede ser suficientemente amplia para radiodifusión, con la misma potencia de transmisión, a una frecuencia de 3 MHz. Podría reducirse a tan sólo 1/500 de aquélla. Es claro que la transmisión por onda terrestre tiene sus limitaciones y que no es satisfactoria a grandes distancias cuando la frecuencia aumenta por encima de unos cuantos megahertzios.

Por tanto la radiodifusión a las frecuencias más altas elude todo lo posible la utilización de la onda terrestre. De hecho, hace uso de una condición peculiar existente en lo alto de la atmósfera. Entre unos 100 y 1,000 Km. De altitud, y rodeando totalmente la Tierra, se encuentran capas de aire ionizado, que constituyen lo que se denomina ionosfera. La radiación solar hace que aquí se desprendan electrones de sus átomos, y los átomos se convierten en iones positivos, que tienen el efecto de devolver hacia la tierra la onda de radio, como si en la atmósfera existiera un espejo de radio. Al enviarse hacia arriba, a través de la atmósfera, las ondas de radio sufren menos pérdidas que cuando viajan sobre el terreno y, por tanto, es posible la comunicación a gran distancia, como bien sabe todo entusiasta de la onda corta.

Por desgracia, esta útil reflexión a la Tierra por la ionosfera empieza a fallar por encima de unos 100 MHz. Ya que el efecto de espejo disminuye según aumenta la frecuencia de las ondas, llegando a desaparecer por completo a frecuencias por encima de 2 GHz. Por lo tanto, las ondas de frecuencias superior a ésta atraviesan directamente la ionosfera, y por lo general se pierden. Además la ionosfera es notoriamente veleidosa, ya que sus diversas capas se desplazan. De ahí que, debido a esto y a que las frecuencias más bajas adecuadas para la televisión terrestre se encuentran en la banda de UHF, la ionosfera no nos es de ayuda, así que tenemos que volver a la onda terrestre. Las pérdidas en el terreno permiten una transmisión satisfactoria únicamente a cortas distancias, y por ello se necesitan muchas estaciones transmisoras para atender un área relativamente pequeña.

Resulta posible entender ahora por qué los satélites trabajan a frecuencias incluso superiores. Al trabajar a unos cuantos Gigahertzios, la onda puede ser proyectada directamente al espacio a través de la ionosfera, con pequeña interferencia por la absorción por lluvia en su recorrido. Por tanto, en comparación con la onda terrestre, la onda del satélite sufre menores pérdidas en función de la distancia recorrida. Y más aún, en el espacio por encima de la ionosfera no hay ninguna pérdida, y por lo tanto es posible transmitir a grandes distancias. Por lo tanto, evitando las pérdidas terrestres una estación transmisora y un satélite pueden atender una zona que de otro modo exigiría disponer de centenares de estaciones terrestres.

Frecuencias de trabajo de los satélites

Las frecuencias de los satélites deben ser superiores a las que son devueltas por la ionosfera, para que puedan atravesarla directamente. Una de las dificultades de la comunicación espacial es que las antenas receptoras, especialmente las domésticas son incapaces de evitar ver las regiones del espacio que rodean al satélite al que están apuntadas. De estas regiones llegan diversos tipos de ruidos de radio, especialmente dañinos cuando la propia señal es débil. Este ruido celeste tiene su valor más bajo entre aproximadamente 1 y 10 GHz, empeorando por encima hasta unos 20 GHz, Por estos motivos y los que mencione en el tema anterior, las frecuencias de satélites sólo pueden estar en la región inferior de los gigahertzios. Está claro que los países no pueden actuar por su cuenta simplemente ya que de hacerlo sus transmisiones interferirían las de otros y nadie saldría ganando en el caos resultante. En consecuencia, se reunieron y en la conferencia Mundial de Administración de Radio de 1977 se asignaron las diversas bandas de frecuencia de los satélites DBS de mayor potencia. Europa consiguió de 11.7 a 12.5 GHz, que es suficiente para 40 servicios independientes de TV por cada uno de los cuatro satélites (por lo general, 5 canales por país).

Además de los efectos del ruido celeste, se combinan otras muchas características técnicas para dictar la elección de bandas de frecuencia para trabajar con satélites.

	BANDA "C" (MHz.)	BANDA "Ku" (MHz)	BANDA "Ka" (MHz.)
ascendente (up-link)	5,925 a 6,425	14,000 a 14,500	27,500 a 31,000
descendente (down-link)	3,700 a 4,200	11,700 a 12,200	17,700 a 21,200

Guías de Onda

Al ir haciéndose más altas las frecuencias, aumentan los problemas asociados a su transmisión por hilo o cable. Una pareja de conductores de cualquier tamaño o forma es satisfactoria para las conexiones telefónicas, en tanto que para TV se utiliza un tipo especial de cable, conocido por coaxial, ya que si no las pérdidas serían excesivas. A frecuencias todavía superiores, digamos que por encima de 0.5 GHz. Se hace posible dirigir o guiar las ondas de radio a través de unos tubos huecos especiales, generalmente metálicos y de construcción rectangular o circular. Las pérdidas en estas guías de ondas son sólo una fracción de la que se experimentaría en cable coaxial. Por lo general, los campos eléctricos y magnéticos forman ángulo recto entre ellos, y son perpendiculares a la dirección de propagación.

Existe una estrecha relación entre las dimensiones internas de la guía y la longitud de onda de radio. Las dimensiones típicas pueden ser de 2X1 cm para portar una transmisión de 12 GHz. Que tiene una longitud de onda de 2.5 cm. La guía está sellada y rellena de aire seco a gas para evitar que la humedad absorba las ondas. En un satélite, una guía de onda similar a la de la figura 3 lleva la onda de radio a la antena transmisora.

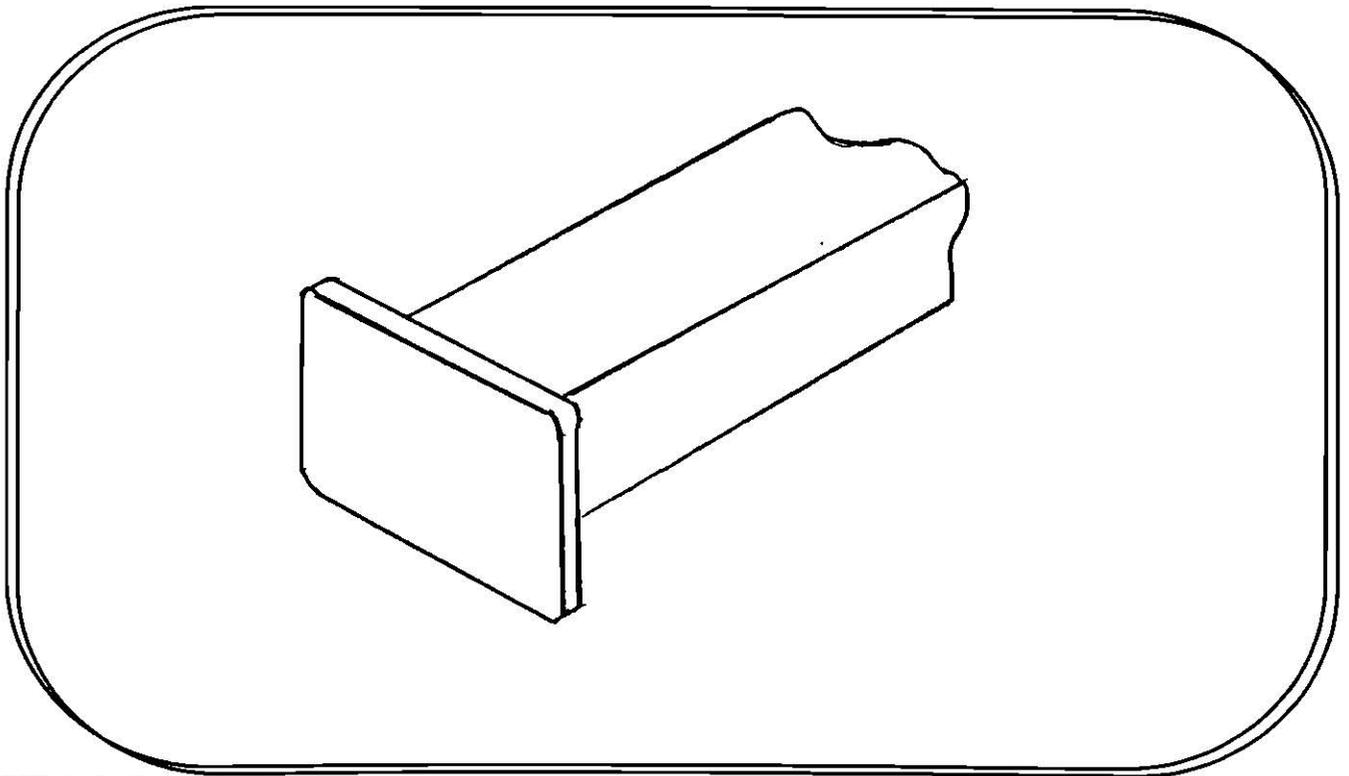


FIGURA 3 Una guía de ondas rectangular para 12 GHz.

PROCESAMIENTO DE LAS SEÑALES Y ANTENAS

En el mundo de la electrónica actual, casi todo se realiza manipulando formas de onda y señales para hacer que actúen de determinada manera. Esto se conoce como procesamiento de las señales. Casi todos los dispositivos empleados hoy en día tienen la forma de circuitos integrados, prácticamente construido todo en una pequeña pastilla, o “chip” de silicio. Los circuitos electrónicos de un circuito integrado suelen ser tan complejos que hay pocas personas, a excepción de los propios diseñadores, que puedan entenderlos. Escasamente merece la pena intentarlo, por tanto.

Amplificación

Cuando una señal eléctrica se desplaza a través de cualquier materia se encuentra con cierta oposición, como la que experimenta el agua al recorrer una tubería. El desplazamiento puede ser a través de un conductor, fibra óptica o la atmósfera. Para vencer esta resistencia, se necesita energía, que sólo puede provenir de la propia señal. En consecuencia, según se desplaza la señal, se debilita progresivamente, es decir, disminuye su amplitud o potencia. Este proceso se conoce como atenuación o pérdidas, y como mejor se mide es en decibelios. Por ejemplo, cuando una señal sufre una atenuación o pérdida de 3 dB, su potencia original se reduce a la mitad.

Resulta ahora claro porqué las ondas de radio aunque son atenuadas por la atmósfera no lo son por el espacio. Nada hay en el espacio que ofrezca resistencia. Los efectos de la atenuación se contrarrestan con la amplificación. Amplificar significa realzar o incrementar la intensidad de una señal eléctrica. Un amplificador es un dispositivo electrónico que tiene una entrada para la señal débil, una salida para la señal una vez amplificada, y una entrada de una fuente de alimentación. El símbolo de ingeniería electrónica de un amplificador es el de la figura 4 (a) . La salida de un amplificador debe parecerse a la entrada en todo, excepto en el aumento de magnitud, y no debe parecerse a la entrada en todo, excepto en el aumento de magnitud, y no debe tener añadido nada (por ejemplo ruido), un susurro se convierte en un grito, por así decirlo. Los amplificadores se utilizan no sólo para neutralizar los efectos de la atenuación, sino que entre sus servicios se incluye la producción de señales de alta potencia suficiente, por ejemplo, para excitar altavoces y transmisores de radio y satélites. Las ganancias de los amplificadores se expresan por lo general en decibelios ; por ejemplo, un amplificador con una ganancia de 20 dB aumenta 100 veces la potencia de una señal que la atraviesa.

Osciladores

Son los generadores de nuestras ondas. Su oficio es producir una forma de onda bien pura sin que haya presente ninguna frecuencia distinta de la pretendida, bien compleja en la que una frecuencia fundamental se mezcla con otras superiores. En la banda de audio se pueden diferenciar los dos tipos, ya que la forma de onda pura tiene el aspecto de un silbido poco estimulante y monótono, en tanto que la compleja es la que tiene los tonos armónicos de los instrumentos musicales. El oscilador de forma de onda pura es el de mayor uso en la transmisión desde satélite.

Las frecuencias van desde 20 - 30 Hz. En las notas de pedal de un órgano electrónico hasta muchos gigahertzios en las microondas. El símbolo utilizado se muestra en la figura 4(b). No hay un terminal de entrada, ya que el dispositivo genera su propia señal. Naturalmente que se necesita una fuente de alimentación, pero el símbolo lo da por supuesto.

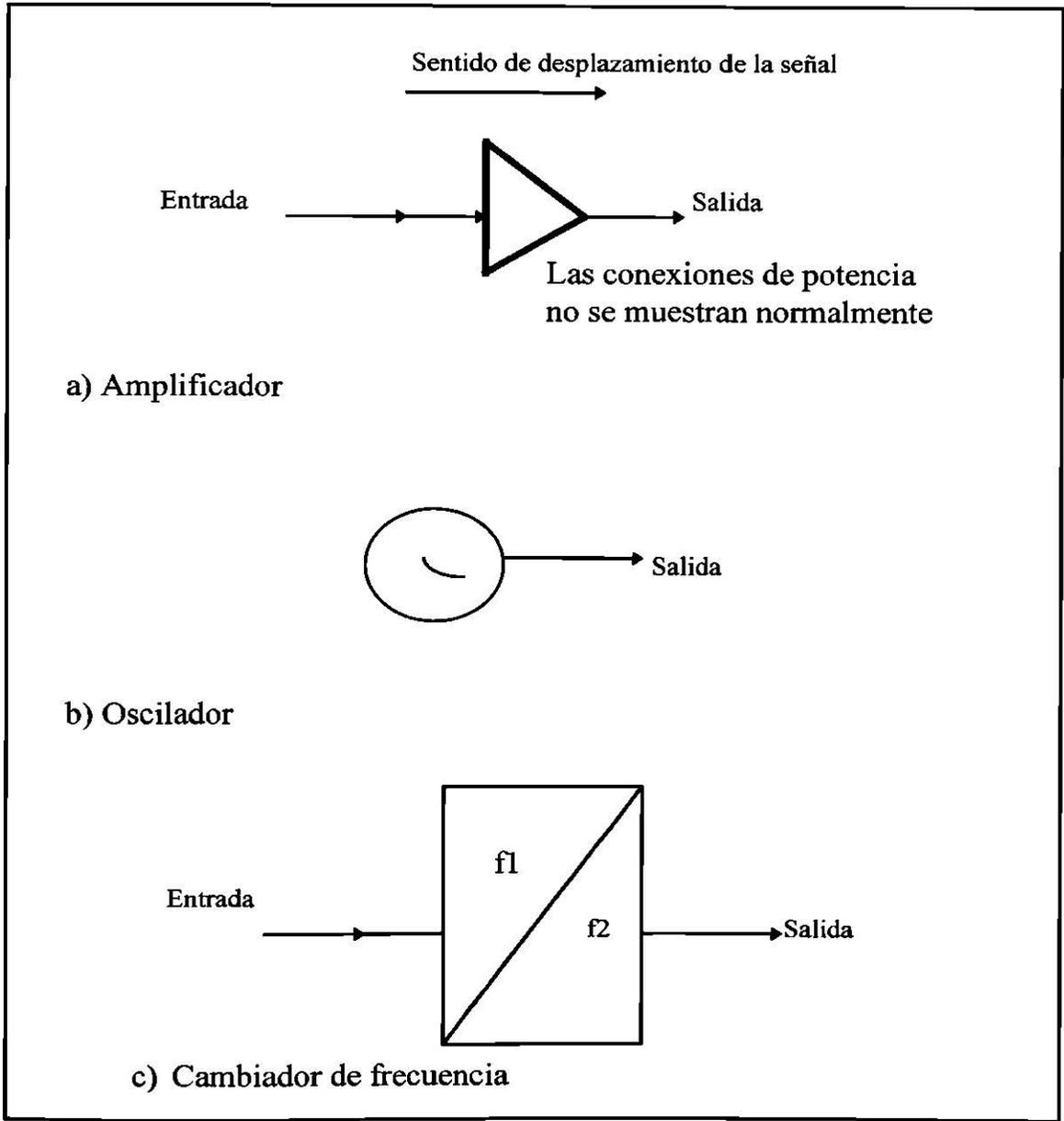


FIGURA 4 : Símbolos de los dispositivos electrónicos de generación y procesamiento

Anchura de banda

Nosotros mismos somos los orgullosos propietarios de generadores internos de frecuencia en las cuerdas vocales. Utilizando los músculos para cambiar la tensión de las cuerdas, soplando a su través, y utilizando seguidamente de la forma más rara la lengua, los labios, el paladar y los dientes, surge la palabra, y a veces hasta decimos algo importante. Si se captan con un micrófono unas cuantas palabras y se analizan para ver las frecuencias presentes, se encontrará probablemente que están dentro de una banda desde las más bajas de unos 100 Hz. Hasta las más altas de, digamos, 8000 Hz. El análisis de la música de orquesta nos contará una historia diferente, desde unos 30 Hz. Hasta unos 10 - 15 KHz. En ambos casos, se dice que el generador tiene una anchura de banda de frecuencia, que es simplemente el número de Hz. comprendido entre las frecuencias más bajas y las más altas, unos 7900 Hz. Para conversaciones, y cerca de 15 KHz. Para música de alta fidelidad.

Cuando se conserva o se escucha directamente música, el canal que la lleva hasta el oyente es el aire libre, que conduce el sonido con fidelidad, ya que no hay ninguna frecuencia que sea tratada de distinta forma que las demás. Puede que no suceda lo mismo cuando aumenta la distancia y se hace uso de un canal electrónico, como el teléfono o los circuitos de radio. En este caso, puede ocurrir que no pasen ciertas frecuencias, especialmente las superiores. Es importante que no suceda esto en las transmisiones de TV.

Modulación

La técnica empleada desde los orígenes de la radio y, de hecho, el fundamento de todas las emisiones de radio, se conoce por el nombre de modulación. En ella, una onda de frecuencia más alta porta las señales de TV u otras bandas de menor frecuencia, conocidas por nombre de banda base. Por razones técnicas, la frecuencia de la onda portadora debe ser mucho mayor que la frecuencia máxima contenida en la banda base a la que transporta. Modulación es el proceso por el que una señal (la banda base) se imprime sobre una onda portadora de superior frecuencia, Un modulador es un circuito electrónico complejo, cuyo símbolo únicamente se muestra en la figura 5,. Las entradas de banda base y de frecuencias portadora se aplican al modulador, siendo entonces mezcladas de forma especial y tomándose de los terminales de salida la forma de onda modulada, según se indica.

De todo esto, debemos recordar que :

La modulación es una técnica por la que una onda portadora tiene impresa en ella una banda de ondas de frecuencias inferiores(la banda base).

La TV por satélite utiliza modulación de frecuencia(FM), La transmisión de cualquier clase de información exige una banda de frecuencias y un canal debe ser capaz de transmitir totalmente esta banda si se quiere una reproducción fiel.

Subsistemas de Antenas :

Una antena parabólica chica puede recibir y transmitir dentro de una extensión territorial muy grande.

Una antena de mayor tamaño, que opere a la misma frecuencia, solamente puede hacerlo dentro de una zona geográfica más pequeña. Cuando más grande son las antenas, tienen la propiedad de una mayor capacidad para concentrar la energía en un haz electromagnético muy angosto, que ilumina pocas unidades cuadradas, pero que las irradia con niveles muy altos de densidad de potencia ; esto facilita el diseño y reduce el costo de las estaciones terrenas receptoras.

Por otra parte, cuando más alta sea la frecuencia a la que una antena de dimensiones constantes trabaje, mayor es su capacidad de concentración de energía.

Las antenas de corneta, parabólicas simples y cassegrain, cuya capacidad de concentrar la potencia en un haz invisible de radiación o iluminación muy angosto es función directa de sus dimensiones eléctricas y no de las físicas.

La dimensión eléctrica de una antena es igual a su dimensión física dividida entre lo que mide la longitud de onda de la longitud de onda de la frecuencia de la radiación o iluminación en su apertura o boca.

La antena de telemetría y comando, encargada de recibir las señales que contienen órdenes emitidas por el centro de control en la Tierra para que se efectúe alguna corrección a bordo ; también es responsable de enviarle al centro de control señales que contienen información vital sobre el estado de operación de todo el satélite.

La antena de telemetría y comando no es parabólica ni de corneta, pues estas son altamente direccionales ; normalmente es una antena bicónica, cuya radiación es casi omnidireccional, es decir que emite con la misma intensidad en todas las direcciones.

En el estudio en todas sus partes del enlace hacia abajo gana la mayor familiaridad con los principios de la televisión vía satélite. La característica dominante del enlace hacia abajo es en la tierra la antena parabólica, ya que se halla sin disimulos, a plena vista. Es además el elemento sobre el que más se discute y conjetura, de ahí que, aun que constituya sólo una parte del enlace hacia abajo, sea digna de especial consideración. Tanto los satélites como las instalaciones en Tierra emplean antenas parabólicas, construidas según los mismos principios básicos. En lo alto, un paraboloide envía la onda de radio ; abajo, otro paraboloide la recoge ; por tanto, es adecuado que comprendamos antes que nada las antenas parabólicas y sus características. Al hacerlo, es posible eliminar gran parte de la incertidumbre a la hora de decidir el tamaño de la antena parabólica para una instalación en particular.

Se examina posteriormente el enlace hacia abajo en tres partes independientes : el satélite, la antena receptora, y el espacio existente entre ellos. Si se ponen juntos, se tiene toda la historia del enlace hacia abajo. Por cierto, que cuando los expertos se refieren al presupuesto de enlace hacia abajo lo hacen en términos de decibelios, no de dinero.

Las características más importantes de una antena son su ganancia y su patrón de radiación. La ganancia es la capacidad de la antena para amplificar las señales que transmite o recibe en cierta dirección, y se mide en decibeles en relación con la potencia radiada o recibida por una antena isotrópica. Por lo tanto, siempre se desea tener la mayor ganancia posible en la dirección en la que vienen las señales que se quieren recibir, o en la que se va a transmitir algo y la mínima en todas aquellas otras direcciones que no sean de interés ; de allí que los lóbulos laterales o secundarios de radiación de la antena deben ser lo más pequeños que sea posible, para que no capten señales indeseables provenientes de otros satélites o de sistemas terrestres de microondas, o bien para que no transmitan en direcciones no autorizadas e innecesarias. Estrictamente, la ganancia de una antena tiene siempre un valor definido en cualquier dirección a su alrededor, pero por convención se acostumbra asociarla a la dirección de máxima radiación, que es el eje del lóbulo principal de su patrón de radiación ; su valor depende de varios factores, entre ellos el diámetro de la antena, su concavidad, la rugosidad de su superficie, el tipo de alimentador con el que es iluminada, así como la posición y orientación geométrica del mismo. Cuando mayor es el diámetro de una antena parabólica, mayor es su ganancia, su haz o lóbulo principal de radiación es más angosto, y los lóbulos secundarios se reducen ; asimismo, si su diámetro se conserva fijo, el mismo efecto anterior se obtiene mientras mayor sea la frecuencia de operación, pues eléctricamente hablando, la antena es más grande en términos de longitudes de onda.

Una antena parabólica tiene la propiedad de reflejar las señales que llegan a ella y concentrarlas como si fuera una lente en un punto común llamado foco ; asimismo, si las señales provienen del foco, las refleja y las concentra en un haz muy angosto de radiación. Este foco coincide con el foco geométrico del paraboloide de revolución que representa matemáticamente a la antena y en él se coloca el alimentador que por lo general es una antena de corneta o bocina el tipo de alimentador define la ganancia final de la antena y las características de sus lóbulos. Hay varios tipos de alimentación de una antena parabólica, pero los tres más utilizados son los de alimentación frontal, descentrada y Cassegrain.

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 incidan sobre el piso cerca de la antena se reflejan hacia el alimentador, y pueden causar una degradación en la calidad de la señal recibida al sumarse fuera de fase con los

rayos directos que son reflejados por el plato parabólico. El desborde de la radiación del alimentador se puede reducir si se aumenta el diámetro de la antena o si se utiliza un alimentador de mayor directividad más complicado de fabricar y normalmente de mayores dimensiones, pero esto puede convertir a la antena en demasiado voluminosa, o bien el alimentador y su estructura de soporte bloquean más el paso libre de las señales con la consecuente degradación de las mismas. A pesar de tales desventajas, incluyendo la del montaje del equipo electrónico inmediatamente atrás del alimentador, esta antena resulta fácil y económica de construir, y para ciertos fines su operación es satisfactoria, por lo que por ejemplo se usa casi universalmente en las estaciones caseras receptoras de televisión, donde la calidad de recepción de la señal es suficiente puesto que se consume localmente y no es necesario que pase por etapas adicionales de procesamiento, como sí ocurre en telefonía multicanal o distribución de televisión.

Alimentación descentrada : En este caso, sólo se emplea una sección del plato parabólico y la apertura del alimentador se gira para que apunte hacia ella ; es decir, los ejes de la corneta y del paraboloide no coinciden, de allí el nombre de alimentación descentrada. Sin embargo, la construcción de toda la estructura reflectora y de soporte es más costosa que la de alimentación frontal, además de que no se resuelve el problema de desborde por las orillas de la superficie parabólica. De cualquier forma, este tipo de antena se utiliza en varias estaciones receptoras y transmisoras de televisión, telefonía y datos, aunque la Cassegrain es mucho más popular.

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 utiliza 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, incluyéndose en ellas desde las pequeñas antenas de las empresas hasta las medianas y grandes usadas en el servicio público doméstico e internacional. Su configuración geométrica involucra a un segundo reflector con superficie hiperbólica, llamada 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 generada por reflexiones en la tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera. Los ejes de la parábola, el alimentador y la hipérbola coinciden 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.

Orientación en elevación y azimut

La orientación de la antena de una estación terrena hacia un satélite geoestacionario se realiza ajustando dos ángulos, en elevación y azimut; 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 es aquél formado entre el piso y dicho eje de simetría dirigido hacia el satélite; por su parte, el ángulo de azimut es la cantidad en grados que hay que girar la antena en el sentido de las manecillas del reloj con relación al norte geográfico de la Tierra para que ese mismo eje de simetría prolongado imaginariamente pase por la posición del satélite.

Cuando se requiere cambiar la orientación de la antena de un satélite a otro. Es necesario variar mediante algún mecanismo sus ángulos de elevación y azimut; además aunque se mantenga siempre en comunicación con el mismo satélite y dependiendo de la aplicación de la estación terrena, también es necesario efectuar con frecuencia correcciones pequeñas en ambos ángulos, pues como ya se ha visto anteriormente, ningún satélite geoestacionario es realmente fijo, sino que tiende a salirse poco a poco de su posición orbital. Por otra parte, por ejemplo las embarcaciones marítimas cambian constantemente de posición y dirección y las antenas de sus estaciones terrenas deben reorientarse sincronizadamente en elevación y azimut para conservar la comunicación con el satélite; incluso, puede haber casos en los que aunque la estación terrena sea fija, algunas condiciones ambientales ocasionan como lluvia y el viento y el mismo peso de la antena modifiquen su orientación y sea necesario realizar pequeñas correcciones de los ángulos de elevación y azimut para garantizar una recepción o transmisión óptima de las señales.

