



El Mundo de la **Electrónica**

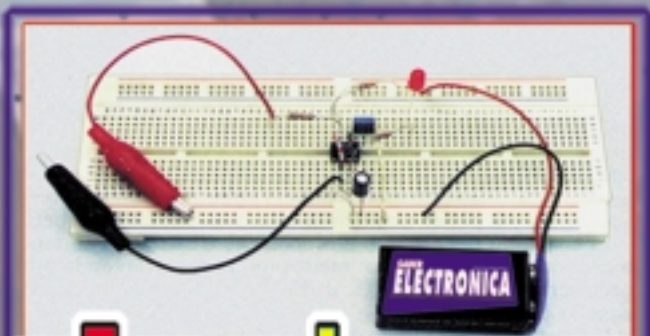
Comunicaciones Vía Satélite

*Composición de un Sistema
de Recepción de TV Satelital*

SABER

EDICION ARGENTINA

ELECTRONICA



Bricolage

Enciclopedia Visual de la Electrónica

INDICE DEL CAPITULO 23

COMUNICACIONES VÍA

SATÉLITE

Introducción	355
Los radioenlaces	356
La solución satelital	356
Zona de cobertura	357
Recepción de imágenes desde una PC	358

Cómo hacer la captura	359
Equipo necesario para la captura	359
Reflector	365
Desencriptador	365
Las antenas para recepción	366

COMPOSICIÓN DE UN SISTEMA DE

RECEPCIÓN DE TV SATELITAL

Reflector parabólico	364
Palanca posicionadora	364
LNB	364
Alimentación del sistema	364
Los diferentes cables	364
Unidad exterior	368
Conversor de bajo ruido	368

Cupón Nº 23

Guarde este cupón: al juntar 3 de éstos, podrá adquirir uno de los videos de la colección por sólo \$5

Nombre: _____
para hacer el canje, fotocopie este
cupón y entréguelo con otros dos.

Capítulo 23

Comunicaciones Vía Satélite

INTRODUCCIÓN

Nos imaginamos que ya debe saber que el espacio exterior a nuestro planeta es la frontera final del hombre. También, seguramente, alguna vez haya visto películas o fotos de cohetes, astronautas o satélites. Sin ir más lejos es enorme la cantidad de publicaciones que existen sobre este amplio tema, claro está, sin contar con lo que es conocido con el nombre de "ciencia ficción", que si bien entra en el mundo de la fantasía, dentro de pocos años ya no será meramente imaginación de un puñado de escritores.

El prólogo a la astronáutica moderna se genera hace cincuenta años y no precisamente en un hecho agradable. En efecto, la II Guerra Mundial fue la que dio origen a la capacidad del hombre de poder fabricar cohetes que pudiesen llevar en su interior artefactos espaciales. En ese oscuro principio (como también hoy) está claro que lo que llevaban eran explosivos, pero afortunadamente la evolución hasta nuestros días hace que existan una enorme cantidad de aplicaciones alejadas de estas primeras. Inclusive ya existen naves espaciales capaces de poder despegar de la superficie de la Tierra, realizar una tarea y luego retornar a su punto de origen (recuerde la estación espacial que es frecuentada por naves que salen de la tierra periódicamente).

Son muchas las aplicaciones de las ciencias espaciales, y progresivamente

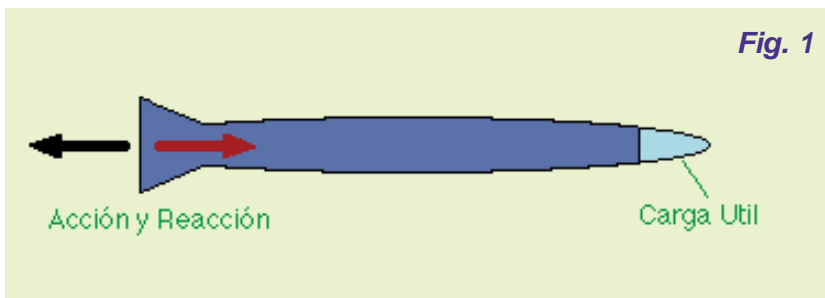


Fig. 1

las iremos explicando. Tal como le mencionamos, la utilización práctica en gran escala de cohetes parte de un hecho lamentable, pero en realidad desde principios de la década del '20 ya existían experimentadores en varios países del mundo. En esos años el profesor R. Goddard ya trabajaba sobre cohetes cuyo combustible era de tipo líquido. Quisiéramos aclararle que la posibilidad de elevar una carga mediante un cohete se conoce desde hace siglos (los chinos ya lo hicieron hace muchísimos años), pero el combustible (o propelente) a utilizar siempre era de tipo sólido. Mientras Goddard trabajaba (en los Estados Unidos), otros científicos e investigadores hacían lo

propio en sus respectivos países. Tal es el caso de W. von Braun en Alemania y de Konstantin Tsiolkovsky en Rusia.

Sesenta años después, la evolución ha sido extraordinaria. El principio básico de funcionamiento de un cohete portador de una carga determinada es muy simple: el de ACCION y REACCION (figura 1). Por la figura se dará cuenta que la carga útil es mínima en comparación con el peso y las dimensiones del vehículo que la lleva. En efecto, debido a la gravedad de la Tierra, es enorme la potencia que debe generarse para poder vencerla y así salir hacia el espacio.

El primer satélite artificial de la Tierra fue ruso. El ya famoso SPUT-

NIK lanzado en 1957. A partir de ese año se desató una verdadera carrera entre las potencias mundiales para lograr la primacía en esta materia, llegando así a nuestros días en los que no son solamente los países más avanzados los que pueden fabricar estos aparatos espaciales (y sus portadores) sino también otros de recursos muchos menores. Tal es el caso de la India, Brasil y por supuesto también la República Argentina.

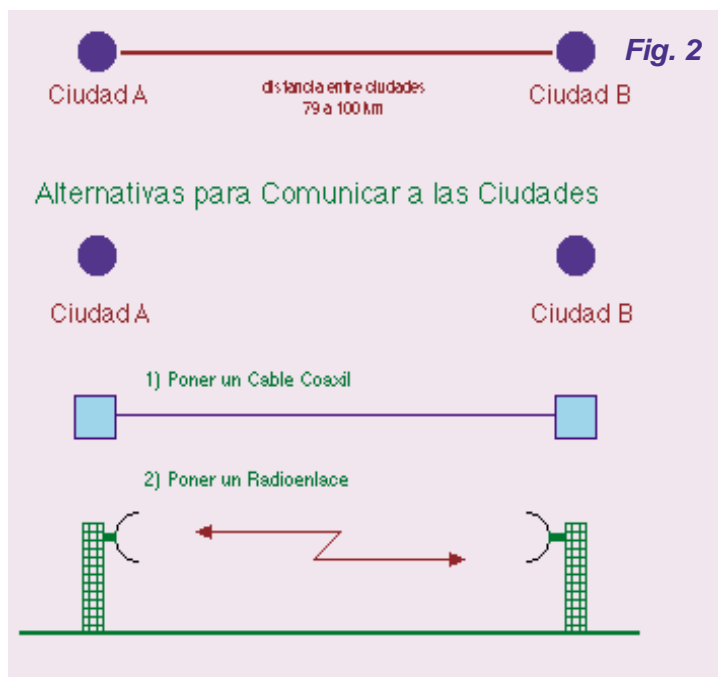
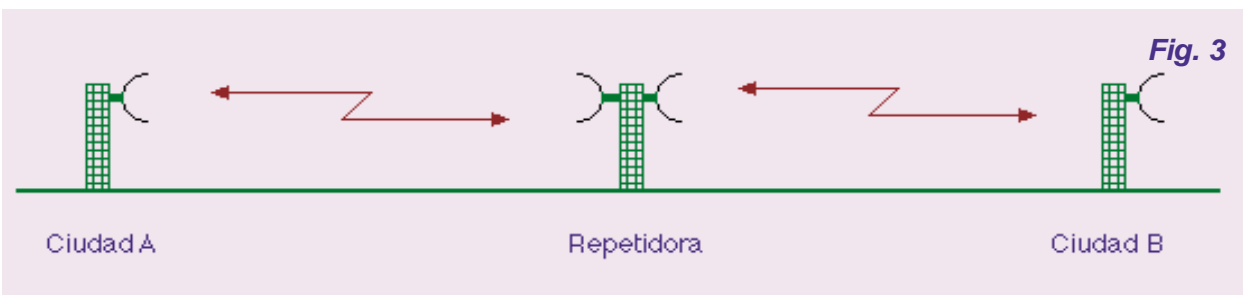


Fig. 2



LOS RADIOENLACES

Supongamos que queremos establecer una comunicación entre dos ciudades separadas entre sí por una determinada distancia (figura 2). Podríamos hacerlo a través de la colocación de un cable o por medio de lo que se llama un radio-enlace. Un ejemplo de la colocación de un cable lo configura en nuestro país el cable que vincula la ciudad de Rosario y nuestra capital. En efecto, es un cable denominado **CABLE COAXIAL**. En un radioenlace la voz humana se transforma en una señal eléctrica, luego esa señal eléctrica es transmitida a través del éter como una onda electromagnética. Esa onda se genera (por medio de equipamientos especiales) en la ciudad "A" y se recibe en la ciudad "B". Ya habrá podido observar en números anteriores que existen diferentes gamas de frecuencias para poder realizar esta tarea, y también diferentes tipos de servicios (telefonía, télex, televisión, etc.).

Existe en particular una gama especial de frecuencias para poder "transportar" muchas comunicaciones simultáneas desde una de las ciudades a la otra... pero lo que sucede es que el alcance se ve bastante limitado: aproximadamente unos setenta a cien kilómetros (dependiendo de varias cosas que ya le explicaremos). Esto sucede porque el comportamiento de las ondas electromagnéticas es muy parecido al de la luz. Es fácil darse cuenta que por más potente que sea una lámpara puesta en la ciudad "A" siempre tendrá un alcance determinado (suponiendo que no hay obstáculos en el medio de su recorrido).

¿Qué solución le podemos dar a este problema?

La solución es colocarle un dis-

positivo que tome las señales débiles, las refuerce y luego las vuelva a emitir. Esto se llama **REPETIDORA** (figura 3). Así se puede cubrir una distancia enorme... y en definitiva es lo que se usa en muchos países del mundo.

Lo que nos podemos preguntar es:

¿Cuántos kilómetros de radioenlaces necesitamos para poder cubrir un país como por ejemplo Holanda?

Bien, es un país de poca extensión territorial... así es que nos podemos responder que tal vez no muchos radioenlaces (con sus correspondientes repetidoras). Imagínese que difícilmente tengamos que recorrer quinientos kilómetros desde una frontera a la otra. Ahora bien, tratemos de imaginarnos cuántas repetidoras debemos colocar para poder comunicar La Quiaca (en el norte de nuestro país) con la ciudad de Ushuaia (la ciudad más austral del mundo). Considerando que existen casi tres mil kilómetros entre una y otra podemos hacer la cuenta:

$$3000 / 70 = 42,8$$

O sea prácticamente cuarenta y tres veces deberemos repetir la señal para poder establecer una comunicación por ejemplo de tipo telefónica. Es claro que en línea recta y suponiendo que no existen obstáculos naturales infranqueables en el medio (no podríamos colocar repetidoras para comunicar el Sector Antártico Argentino, de resultas que el estrecho de Drake tiene mucho más de la distancia que le hemos señalado como máxima para poder colocarla).

Aun así, como le contamos, todos los países del mundo hacen uso de radioenlaces para vincular sus ciudades entre sí, y es claro

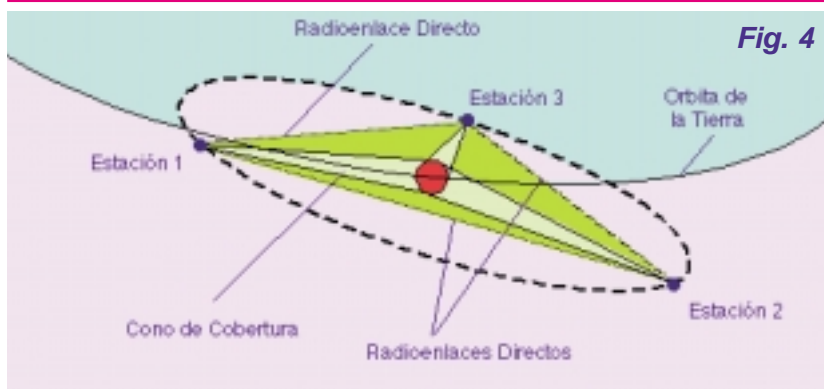
que el nuestro no es la excepción.

LA SOLUCIÓN SATELITAL

¿Qué podría pasar si colocamos el REPETIDOR del que hemos hablado en órbita alrededor de la Tierra? Todos sabemos que la Tierra no solamente se traslada a lo largo de su órbita sino también que gira alrededor de su eje. La órbita de la Tierra es una elipse (el Sol uno de sus focos) y pasa por el mismo punto una vez cada año. Al mismo tiempo gira sobre sí misma una vez cada día. Como hemos dicho que los haces radioeléctricos se comportan como la luz nos podemos dar cuenta de que su trayectoria es recta. Si colocamos el repetidor en órbita alrededor de la Tierra deberá girar a la misma velocidad angular que ésta, de lo contrario la Tierra giraría con una velocidad diferente que la del repetidor (o viceversa). Sería muy complicado poder comunicarse. Un observador terrestre vería que el repetidor no queda fijo en un punto del firmamento sino que "pasa de largo" hasta desaparecer en el horizonte.

Nos ahorramos muchos problemas si logramos colocar el repetidor en tal forma **QUE GIRE A LA MISMA VELOCIDAD QUE LA TIERRA**. Y de eso se trata, justamente un satélite de comunicaciones: es un mero repetidor de ondas (señales) electro-magnéticas. Desde una estación terrestre se transmiten señales, el satélite las capta, las refuerza y las vuelve a emitir nuevamente hacia Tierra.

En 1945 un científico llamado **Arthur C. Clarke** se dio cuenta de que se podría cubrir toda la superficie de la Tierra con solamente tres repetidores colocados a una cierta distancia de la superficie (figura 4). Es decir que los repetido-



res (satélites) "ven" desde esa posición una parte del casquete terrestre. Colocando solamente tres podríamos cubrir TODA LA SUPERFICIE DEL PLANETA. Los primeros satélites artificiales no giraban en concordancia con la Tierra (tal es el caso del primero que le mencionamos: el SPUTNIK ruso de 1957).

Tampoco (en este caso) eran "repetidores" de ningún tipo sino que, como eran los primeros pasos, sencillamente irradiaban una sola señal suficiente como para saber en tierra que estaban ahí, es decir en el espacio. Tal como le hemos mencionado la evolución de estas tecnologías ha sido enorme.

Hoy en día los satélites artificiales de la Tierra son muchísimos, y pueden reirradiar a la vez miles de canales telefónicos, varios de televisión y hasta avisar a los controles centrales cuáles son las partes propias que funcionan bien y cuáles no lo hacen.

Se dará cuenta de que colocar en órbita un satélite no es barato.

Más todavía en los primeros años de utilización de estas tecnologías. Por eso, cuando se colocaron los primeros artefactos, los países se unieron par formar consorcios que pudieran operar y explotar sistemas satelitales de telecomunicaciones.

Así nació la primera asociación de naciones que se llama **INTELSAT** (por **IN**ternational **TE**lecommunication **SAT**ellite). Es una asociación de países (del cual la Argentina es miembro) y que fabrica sus satélites, los coloca en órbita y luego los explota, es decir que vende sus servicios a sus miembros.

ZONA DE COBERTURA

La **COBERTURA DE UN SISTEMA SATELITAL** es la zona geográfica en la cual el sistema es posible de ser usado. Ya le hemos explicado que las ondas electromagnéticas se propagan en línea recta, y que el satélite repite exactamente lo que le es enviado desde tierra. Una buena pregunta es **¿cómo devuelve lo que le llega?** Ya sabemos que refuerza las señales (por eso es un repetidor), pero nos queda saber cómo (en qué forma) realiza esa devolución. Pues bien, lo hace de acuerdo a una forma ya pre-establecida, es decir que al diseñar y construir un satélite ya está pensada cuál será el área geográfica que cubrirá. Es solamente esa área en la que el satélite sirve para su uso.

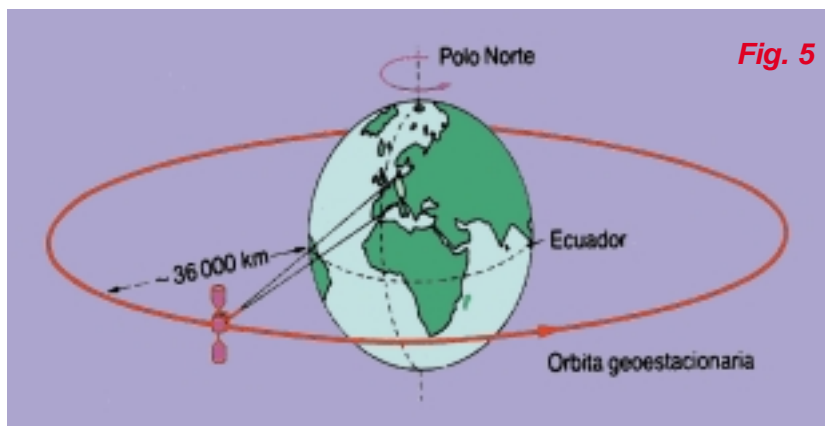
En la figura 5 le explicamos gráficamente este concepto de **AREA DE COBERTURA**.

Queremos insistir en el hecho de que el repetidor (que desde ahora en adelante llamaremos **SATELITE**) gira en plena concordancia con la Tierra. Por esa razón se los llama satélites **GEOINCROS**, el prefijo **GEO** por la Tierra y **SINCRONICO** porque, como le

explicamos, el movimiento relativo se realiza al unísono. Reconocemos que es un poco difícil entender cómo es eso de poner un satélite artificial de la Tierra a girar en el medio del espacio en concordancia con ella. La respuesta es simple: desde una distancia determinada el satélite puede "bañar" con sus señales todo un territorio determinado (su **COBERTURA**), y es precisamente desde cualquier punto de su cobertura que podremos comunicarnos con cualquier otro. En la figura 5 le mostramos gráficamente esta explicación que le damos. Aparte queremos hacerle notar que para que el satélite y la Tierra giren con la misma velocidad la distancia a que debe estar el primero es de 36.000 km (contados desde la superficie). Esa órbita tan particular se denomina **ORBITA GEOSINCRO-NICA**, aunque a veces se llama **CINTURON DE CLARKE** (en honor al científico que le contáramos más arriba).

En cuanto al concepto de **AREA DE COBERTURA** en la figura 6 le mostramos diferentes formas de poder cubrir la República Argentina. Esto se consigue mediante las llamadas "**imágenes satelitales**", de las cuales nos ocuparemos luego.

Estos perfiles son la forma en que la radiación del satélite llega a la Tierra. Como le dijéramos anteriormente, el comportamiento de las ondas electromagnéticas (o sencillamente ondas a secas) es enormemente parecido al de la luz, y es por eso que en realidad ocurre que hay zonas en que la intensidad del haz que proviene del satélite es mayor (en el centro),



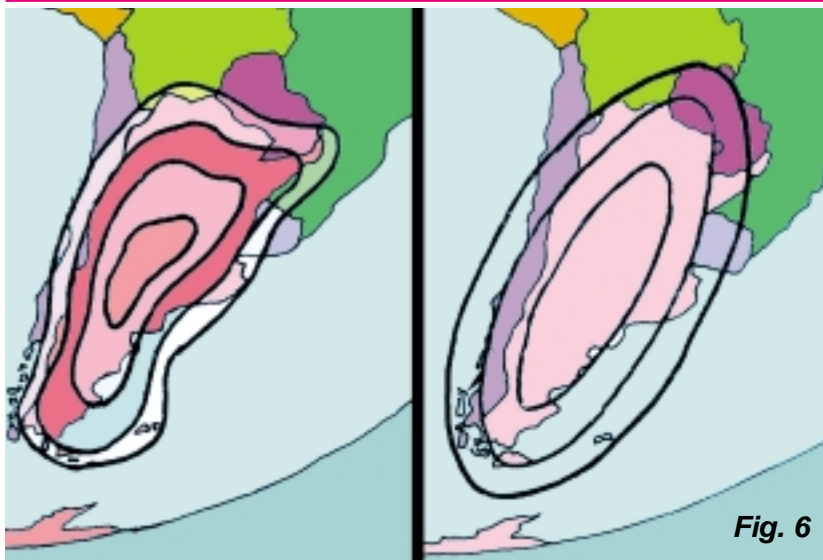


Fig. 6

mientras que en otras es menor (en los borde). Por eso se representan varios "perfiles" concéntricos.

Vea en la figura 7 una imagen enviada por un satélite del continente europeo, parte del africano y parte del asiático, obtenida el 23 de julio de 1999 a las 11:30 hs. (momentos en los cuales estaba dándole la última revisión a esta nota); se trata de una imagen real, tal como es enviada via satélite, tomada por la cámara de un equipo meteorológico.

Generalmente, un buen radioaficionado posee su equipo de comunicaciones de VHF y el conocimiento técnico para rastrear y sintonizar las imágenes climáticas.

En los '70, Magazine 73 publicó el [Manual de Satélites Climáticos](#) por Ralph Taggart, WB8DQT, una biblia para los aficionados a estos satélites.

Por supuesto, algunos de los dispositivos de hardware que presenta esta edición ya están desactualizados pero el libro sigue siendo imprescindible por la exce-

lente información satelital que contiene.

El cambio más importante de los últimos años es la influencia de las PCs.

Generalmente, los radioaficionados construimos constantemente equipos demoduladores de datos de todo tipo, incluidos demoduladores para señales satelitales. Por ejemplo, hace 15 años era común convertir una máquina de fax (recuerdo haber destruido dos equipos que en esa época eran costosísimos) o un receptor de TV en dispositivos de pantalla para mostrar la imagen captada.

Con los monitores de PCs capaces de desplegar excelentes imágenes a un costo razonable, los radioaficionados abandonaron su búsqueda. Los demoduladores de hardware también son muy económicos. Muchas compañías ofrecen plaquetas plug-in que hacen todo el trabajo.

Sin embargo, y con ánimos de "no caer" en una publicidad encubierta, no daré nombres de placas de catura para comunicaciones, dado que el "dar marcas" me ha traído varios dolores de cabeza, especialmente por parte de

RECEPCIÓN DE IMÁGENES DESDE UNA PC

Con un receptor de VHF, una antena de 2 metros y una PC se pueden rescatar señales de satélites climáticos en órbita y desplegar las imágenes en la pantalla (tal como la que mostré en la figura 7). Es tan sencillo recibir las imágenes de los satélites que operan en frecuencias de VHF como escuchar una emisora local.

El 1º de abril de 1960, la NOAA (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica) lanzó el primer satélite climático polar, el **TIROS-1**. Tres años después de este histórico lanzamiento, el 21 de diciembre de 1963, el lanzamiento del TIROS VIII posibilitó que las imágenes fueran recogidas por satélites directamente disponibles para cientos de estaciones de tierra. Muchas de estas estaciones eran de operadores radioaficionados.

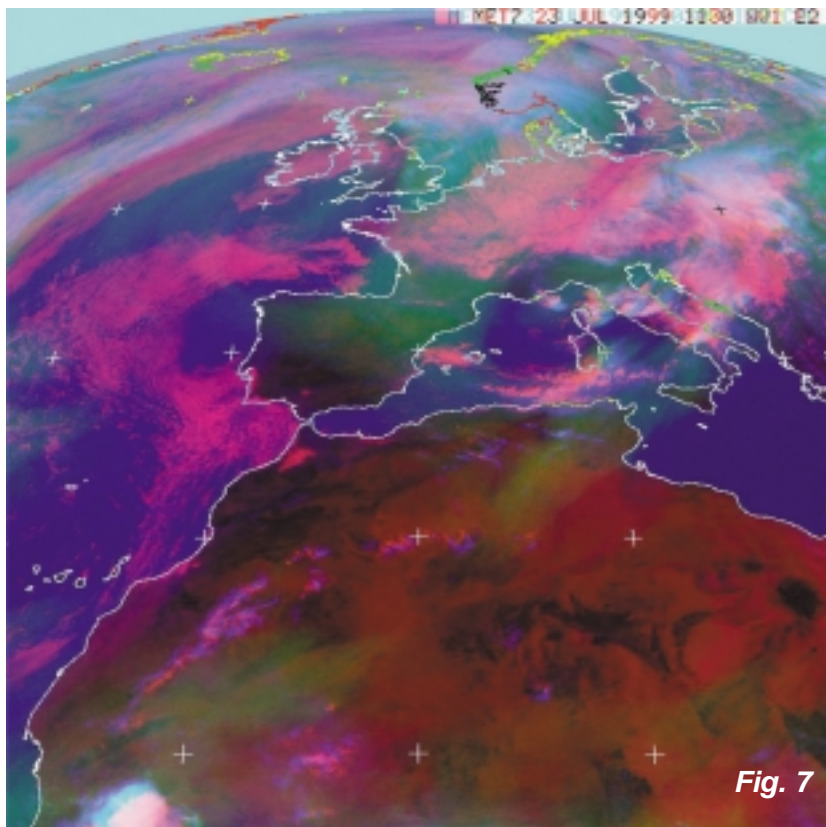
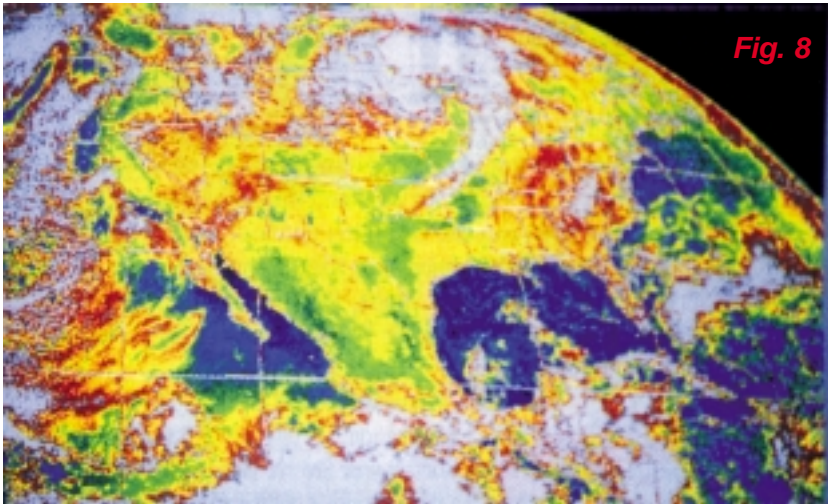


Fig. 7



aquellos que creen que reco- miendo un producto cuando en realidad lo menciono por ser con el cual estoy trabajando. De to- dos modos, las casas de compu- tación tienen una oferta muy va- riada y con un hardware muy sen- cillo de apenas \$70 es posible captar imágenes en la banda de VHF.

Ahora bien, para saber qué es posible “recoger de los cielos”, di- gamos que diariamente, muchos satélites orbitan sobre la tierra to- mando fotografías continuas del planeta en una órbita que se completa cada cien minutos. La información de la imagen esca- neada desde el terreno es trasmi- tida hacia la tierra. Esta informa- ción se puede recibir con cual- quier equipo de radio que capte la señal. No requiere una sintoni- zación o rastreos de antena com- plexos.

Para que tenga una idea, los orbitadores polares de la NOAA usan un transmisor de 5W para una señal de FM en las frecuen- cias 137,5MHz o 137,62MHz, y orbi- tan a una altitud de unos 650 km (no tengo la seguridad, pero sí la información de que esta poten- cia ha aumentado en la actuali- dad).

Los rusos también tienen una serie de satélites climáticos en la misma banda de frecuencia de 137MHz que usa la NOAA, y son aun más fáciles de captar ya que usan un transmisor VHF de unos 10W para su señal.

La señal puede ser captada con una antena anfibia pero se obtienen mejores resultados con

una buena antena de VHF omni- direccional. No se necesita una antena de 137MHz, cualquier om- nidireccional de 2 metros operará perfectamente ya que la transmi- sión no nos interesa, y por lo tanto, tampoco el VSWR.

Saber cuándo hay que escu- char es la clave para la captura de imágenes satelitales. A co- mienzos de los '80, para determi- nar si un satélite estaba pasando, tenía que dejar el equipo de co- municaciones encendido en eje- cución y con un volumen relativa- mente alto. Cuando pasaba un satélite, la radio marcaba los 2400Hz con un beep que sonaba bastante alto (leyendo otras pu- blicaciones pude comprobar que ha muchos nos ha sucedido lo mismo). La tecnología ha supera- do este problema, hay disponibles muchísimos programas de rastreo que se despliegan gráficamente en la pantalla cuando los satélites climáticos son localizados en cualquier punto de tiempo, y, lo que es aun más importante, anuncian cuándo pasará el si- guiente sobre su QTH. Algunos de estos programas están disponibles como shareware y otros se co- mercializan.

Damos una tabla de los satéli- tes climáticos de Rusia y EE.UU. que operaban en el momento de mis primeras investigaciones y mu- chos de los cuales se encuentran aún en servicio:

Orbitadores POLAR

NOAA-9:	137,62MHz
NOAA-10:	137,50MHz

NOAA-11:	137,62MHz
NOAA-12:	137,50MHz
METEOR 2-20:	137,85MHz
METEOR 3-3:	137,40MHz
METEOR 3-4:	137,30MHz

Cómo Hacer la Captura

Una vez que sepa cuándo de- be escuchar, aguarde un sonido débil del beep familiar en la está- tica cuando el satélite se eleve por encima del horizonte. Cuan- do la señal se intensifique lo sufi- ciente hasta estar libre de ruidos, inicie el programa de captura de imágenes y espere frente a la pantalla. En la misma irá apare- ciendo línea por línea la informa- ción del satélite. Cada línea re- presenta 2.800 km de ancho de Este a Oeste. Si es invierno, podrá ver nieve en el piso de la imagen, o posiblemente escarcha en los rios y lagos.

La recepción en verano mos- trará el desarrollo de tormentas, o diferencias en la vegetación de acuerdo al desarrollo de las cose- chas. Realmente quedo fascina- do con las imágenes que apare- cen en la pantalla de mi PC, co- mo por ejemplo las imágenes de la figura 7 o la de la figura 8.

EQUIPO NECESARIO PARA LA CAPTURA

Muchas “radios-scanner” po- pulares están disponibles en casas especializadas (especialmente de comunicaciones). Estos equi- pos cubren la banda satelital de 136 a 137MHz. Si usa un receptor- scanner, común para captar se- ñales satelitales, la recepción no será óptima como consecuencia del bajo ancho de banda del ca- nal de FI del equipo. El ancho de banda de FI (frecuencia interme- dia) ideal que necesita su recep- tor debe ser de aproximadamen- te 40kHz. Un ancho de banda am- plio implicará una señal demasia- do débil, y quizás produzca mu- cho ruido de retorno a tierra para captar bien la imagen. Si el ancho de banda es muy reducido, las áreas blancas de la imagen se pueden tornar grises o ruidosas.

También se puede usar un re-

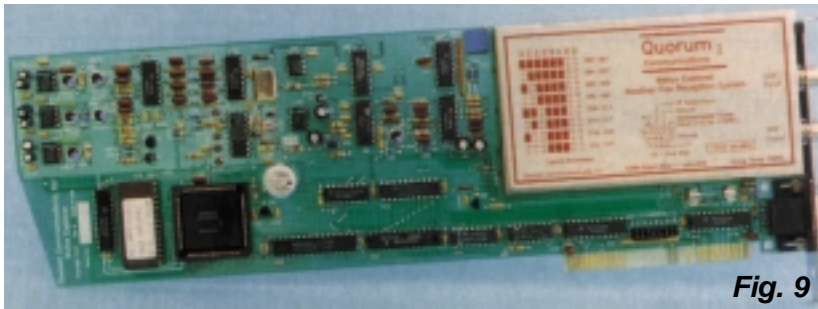


Fig. 9

ceptor de VHF/UHF de alta calidad que operan muy bien, e incluso corrigen el efecto doppler cuando el satélite se acerca y re-trae. Marcas y modelos hay muchos, y cualquiera sirve para propósitos de investigación.

Ahora bien, para hacer andar el equipo, la señal de audio desde la toma del auricular de su scanner debe dirigirse a una plaqueta facsímil (modem/fax) de satélite climático en su PC. El software que viene con la plaqueta hace el resto del trabajo. Para obtener mejores resultados necesitará un monitor VGA o SuperVGA en su PC.

Plaquetas de captura hay muchas y cada día aparecen nuevos modelos con mejores prestaciones (que incluyen controles remoto). A los fines prácticos, doy a continuación una serie de plaquetas que poseen ya unos años y por ello se las puede conseguir a un costo bastante reducido, aunque algunos modelos pueden superar las \$500 o más (recomiendo las primeras cuyo costo puede ser inferior a los \$150, figura 9).

- * PCbant
- * Vectra Fax
- * Multifax
- * OFS WeatherFAX
- * Timestep ProSat
- * Satellite Data Systems
- * Quorum Communications, Inc.

No voy a explicar el mecanismo de puesta en marcha de la plaqueta, dado que éste depende del modelo que va a colocar. Le comento que normalmente yo dejo esta tarea al técnico de la casa vendedora del hardware, es decir, cuando compro equipo, lo hago instalado y solicito que me expliquen cómo funciona, luego

yo le "saco el jugo" pero sin perder tiempo en aprender el manual de instalación (quizá sea un método poco digno para un ingeniero pero prefiero utilizar el tiempo para tareas que me son más agradables).

Cuando comience a recibir imágenes satelitales en su computadora va a estar unas cuantas horas encima de ésta, recuerde lo que le digo. La imagen cambia todo el tiempo con la sucesión de las estaciones. **Estará ansioso por recibir la próxima tormenta o reconocer la formación de frentes de calor o frío. Siempre encontrará motivos de asombro en la captación de imágenes satelitales (figuras 7 y 8).**

La calibración de temperatura de la imagen infrarroja le permitirá medir temperaturas de agua. El refuerzo de color, de acuerdo a las diferencias de temperatura en la pantalla, le revelarán dónde está la mejor pesca, si cerca de Mar del Plata o en la Península de Valdés.

Ahora bien, note que seguramente Ud. estaba esperando ver TV Satelital y hasta ahora sólo le he explicado cómo ver imágenes de satélites meteorológicos pero... tiempo al tiempo, primero es necesario que experimente con técnicas de seguros resultados en un corto tiempo, esto hará que no se desanimen, luego, con más experiencia, será hora de que comience a "rastrear" un satélite para ver una señal de televisión y, por qué no, emisiones encriptadas o codificadas.

Tal como le anticipáramos en el número anterior de SABER ELECTRONICA en esta serie de capítulos le describiremos cómo poder realizar su propia antena parabólica para la recepción de señales satelitarias de televisión. Los satéli-

tes geo-sincrónicos de telecomunicaciones son capaces de poder enviar no solamente la televisión sino también otros, tal como vimos anteriormente. Como podrá darse cuenta existen algunos servicios en los que la programación se genera en un lado determinado y luego (mediante el satélite) se envían a una gran masa de oyentes. Ellos no pueden realizar el camino inverso, es decir volver a utilizarlo para re-enviar sus propios mensajes.

Este es el caso de lo que se llama radio-difusión.

Por el contrario en un servicio de tipo telefónico tanto un extremo como el otro deben poder recibir y emitir señales (para escuchar y poder hablar indistintamente). Es así como encontramos dos formas esenciales de servicios satelitales: los unidireccionales y los bi-direccionales. Los primeros son aquéllos en los que la información útil (una señal de televisión, por ejemplo) se genera en un lugar determinado y solamente se transmite (siendo recibida por miles de receptores a la vez). Los últimos son los que permiten un flujo de información en dos sentidos.

Es claro que para los servicios unidireccionales la televisión es el caso más típico, aunque también existen otros. En efecto, la radio es otra de las formas de este servicio. Aún más, cierto tipo de transmisión de datos admite ser catalogado en esta división. Lo cierto es que en un servicio unidireccional, lo que permite tomar las señales no es nada más que un receptor de TV (en este caso satelitales) pero que tiene ciertas características diferentes respecto de los que estamos acostumbrados a ver en nuestra vida cotidiana.

Como un satélite de comunicaciones orbita la Tierra y gira conjuntamente con ésta a la misma velocidad, es posible que pueda "ver" una cierta parte de la superficie terrestre. Todo lo necesario para poder captar sus señales es lograr "atraparlas" en algún dispositivo creado para tal fin. Se dará cuenta de que esto no es más que una antena. Lo que ocurre es que estas antenas son bas-



Fig. 10

tante particulares (también se las llama platos o dishers, tal como se observa en la figura 10). En efecto: debido a que las frecuencias de operación son elevadas, el comportamiento que tienen los haces hertzianos (o haces radio-eléctricos) es muy similar al de la luz. Se propagan en línea recta y al cabo de una distancia determinada se atenúan por debajo de lo utilizable en forma práctica.

La manera más sencilla de entender este problema es comparar la explicación que le brindamos con el foco de luz de un automóvil. Se habrá dado cuenta de que la lamparita está ubicada en un punto particular y que lo que en realidad refleja la luz es un espejo con forma de parábola que está atrás.

En las comunicaciones satelitarias lo que ocurre algo similar. Se utilizan grandes reflectores (en comparación al tamaño del que poseen los automóviles) para poder concentrar en un punto la radiación proveniente del espacio exterior a nuestro planeta (que es donde se encuentran los satélites).

Es así como operan todas las estaciones terrenas: el primer elemento es siempre una antena, tanto sea para recibir o transmitir señales.

En definitiva no hay diferencia a lo que se pueda encontrar en cualquier equipo de comunicaciones radio-eléctricas. Podemos decir que una antena es en definitiva el vínculo que existe entre el éter y la electrónica de procesamiento de una señal cualquiera,

de manera de poder hacer efectiva la más óptima y potente transferencia de energía (radio-eléctrica) entre un medio y otro.

Los reflectores parabólicos concentran la energía en un punto determinado que se denomina foco. Le explicaremos más adelante que en realidad el foco de una antena parabólica no es único, sino que existen otros de menor poder concentrador (llamados secundarios), pero a los efectos de nuestras notas prácticas consideraremos que hay solamente uno (figura 11).

También es importante resaltar que tanto sea para transmitir como para recibir, todas las señales pasan por el foco, y que una antena que sirva para recibir tiene un comportamiento bastante análogo para transmitir (aunque no exactamente igual).

Existe un parámetro muy importante para poder "clasificar" a las antenas parabólicas (como a cualquier antena) que es la ganancia. La ganancia de una antena es la medida de lo útil que es; es decir, cuánto se incrementa la señal por el hecho de utilizar una antena en particular respecto de su intensidad en el espacio libre. Como en el espacio libre no es posible poder utilizar la señal en forma práctica sin captarla previamente, es claro que este

valor debe ser conocido. Existe una fórmula sencilla que nos da la ganancia de una antena parabólica:

$$G = 60,8 \cdot F^2 \cdot D^2$$

donde:

F es la frecuencia de operación

D es el diámetro de la antena

60,8 es una constante que proviene de expresar F en miles de megaciclos (o sea gigaciclos, GHz) y D en metros.

La fórmula nos está diciendo que la ganancia aumenta cuando la frecuencia aumenta y que lo mismo ocurre cuando aumenta el diámetro. Para la misma frecuencia de operación no es lo mismo la ganancia que tiene la estación terrenal de Balcarce (de Teleintar) que las que se pueden usar hoy en día para poder ver televisión por satélite. La primera tiene un diámetro de 30 metros y su peso está en el orden de las toneladas; mientras que para el segundo caso bastan, en la actualidad, apenas algo así como de dos a tres metros (dependiente del tipo de satélite) y ahora hasta sólo 45 cm para ver televisión satelital desde un proveedor (DIRECTV es el caso típico en nuestro

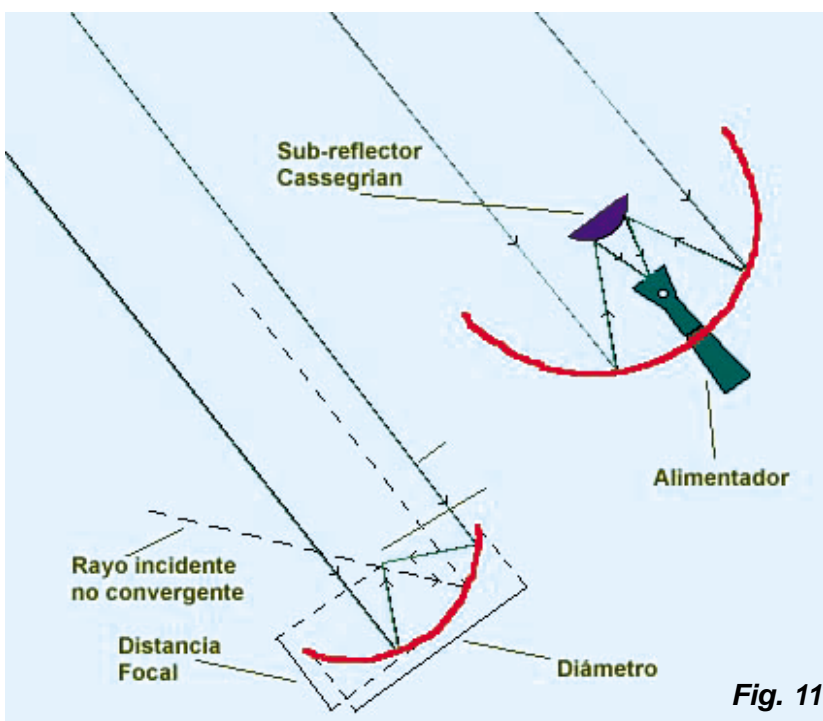


Fig. 11

país). En realidad, si nos tomamos el trabajo de dibujar una parábola y luego imaginar que esa curva pueda girar en torno a su eje, nos vamos a encontrar con el dibujo de una antena parabólica. Lo que sucede es que en el mundo de la matemática eso se llama paraboloides de revolución.

Le explicaremos cómo debe realizarse en forma práctica un paraboloides de revolución. Para esto partiremos de confeccionar una tabla con valores de una curva parabólica. Luego en base a esto construiremos un molde, y sobre éste colocaremos hojas de aluminio (que serán la superficie reflectora), al que le adosaremos los montajes necesarios para poder seguir una trayectoria determinada (la de los satélites geo-estacionarios), de forma tal que pueda captar no solamente a uno de éstos sino a todos los que iluminan el territorio de nuestro país (ya verá que son bastantes).

En la figura 12 le mostramos el dibujo de una parábola (representación matemática de una parábola). Esta parábola está centrada en un par de ejes ortogonales (es decir perpendiculares). Estos ejes también se conocen como ejes cartesianos. En la fórmula que le damos para cada valor de "X", obtendrá un valor de "Y".

Para poder continuar con nuestra explicación quisiera volver al tema de las frecuencias de operación de los sistemas satelitales, ya que este punto es fundamental. Normalmente estas frecuencias son elevadas, es decir, que están en el orden de los miles de megaciclos.

Para no usar cifras tan grandes, utilizaremos el giga-ciclo que se abrevia GHz, y equivale a mil megaciclos. Así tenemos que existen determinadas bandas de operación para transmitir y para recibir. Existe una banda en particular que se llama BANDA "C" y queda definida de la siguiente forma:

Para transmitir de 5.900MHz a 6.400MHz (o bien 5,9GHz a 6,4GHz)
Para recibir de 3.700MHz a 4.200MHz (o bien 3,7GHz a 4,2GHz)

Es importante destacar que tanto en un sentido como en otro el ancho de banda total es de 500MHz. Mencionábamos que la frecuencia de operación es un dato fundamental ya que la precisión mecánica de la antena debe estar en concordancia con la longitud de onda, y es precisamente ésta la que está emparejada con la frecuencia de operación. En general debemos decir que se toma como una medida de la calidad constructiva de la antena el hecho que las tolerancias mecánicas estén en el orden de un cuarto de la longitud de onda.

Ahora bien, la fórmula que nos dice cuál es la longitud de onda es:

$$\lambda = \frac{300}{F}$$

donde F es la frecuencia expresada en MHz. El resultado da en metros.

Para el caso que nos ocupa:

$$\lambda = \frac{300}{3.700}$$

en el caso del principio de la banda

$$\lambda = \frac{300}{4.200}$$

en el caso del final de la banda

Si hacemos las cuentas respectivas veremos que para el primer caso da 0,081 m y para el segundo 0,071 m (cuando la frecuencia es más alta, la longitud de onda disminuye). Si dividimos por cuatro el mínimo valor, tendremos 0,017 m, o sea 1,7 cm. Al construir el reflector parabólico no

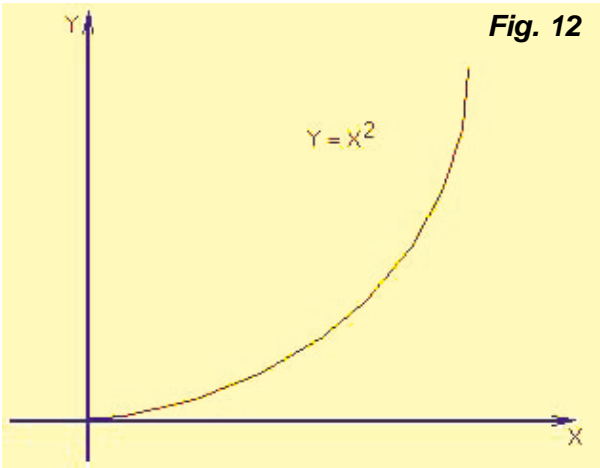


Fig. 12

podemos equivocarnos en las medidas que tomemos más que este valor. De lo contrario la antena no funcionará como tal. En vez de concentrar la energía en el foco (en un solo punto) lo hará en varios diferentes de menor intensidad, desperdiciando así la potencia captada proveniente del satélite que queramos tomar.

Es necesario también mencionar que la Banda "C" no es la única que se utiliza para comunicaciones satelitales. Existen otras más elevadas. Podemos mencionar la Banda "Ku" (tal es su nombre) que ocupa los valores de 11.000 a 14.000MHz (o bien 11 a 14GHz) y otras nuevas ya que los servicios satelitales se han expandido enormemente a lo largo de todo el mundo congestionándose cada vez más. Es claro que los 500MHz de la Banda "C" no dan abasto para la cantidad de satélites que sirven áreas de coberturas similares (como es el caso en Europa, por ejemplo) y de ahí que se ha tenido que recurrir a frecuencias más elevadas.

Por ejemplo ya se está construyendo en el viejo continente la próxima generación de satélites de telecomunicaciones nada menos que en la Banda "Ka" o sea de 20 a 30GHz. Esto significa que las tolerancias para la construcción de las estaciones terrenas de cada uno de estos sistemas es cada vez menor... y por ende más caros los procesos de fabricación. Lo que sucede es que son tantas las aplicaciones y tantos los usuarios que a la larga esos precios van bajando hasta hacerse accesibles.

Volviendo a nuestra explicación sobre el reflector parabólico, quisiera reparar en el detalle de su propio nombre: reflector. Es justamente eso lo que hace. Refleja las señales y las concentra en un punto llamado foco. Es precisamente en ese punto en donde hay que colocar lo que conforma la verdadera antena satelital, acompañada de la electrónica que amplificará la señal hasta niveles en que pueda convertirse en una imagen (previo proceso de sus características básicas).

Para no confundirnos, podemos tomar la convención de decir que la antena satelital queda formada por el reflector parabólico y la electrónica del foco de antena. Son dos partes bien diferenciadas. En la figura 13 mostramos gráficamente lo que explicamos.

Es necesario también explicar que la indicación de la ganancia de una antena normalmente se expresa en decibeles.

El decibel es una relación de dos parámetros, en realidad es el logaritmo de esa relación (o cociente).

Así tenemos otra fórmula para la ganancia de una antena parabólica (un poco más exacta que la anterior) y que es:

$$\text{GANANCIA} = \frac{10 \log 4 (A) \times E}{\lambda^2}$$

A es la apertura de la antena (el área que ocupa vista de frente)

λ es la longitud de onda

E es la eficiencia de construcción, que normalmente se toma del 50%.

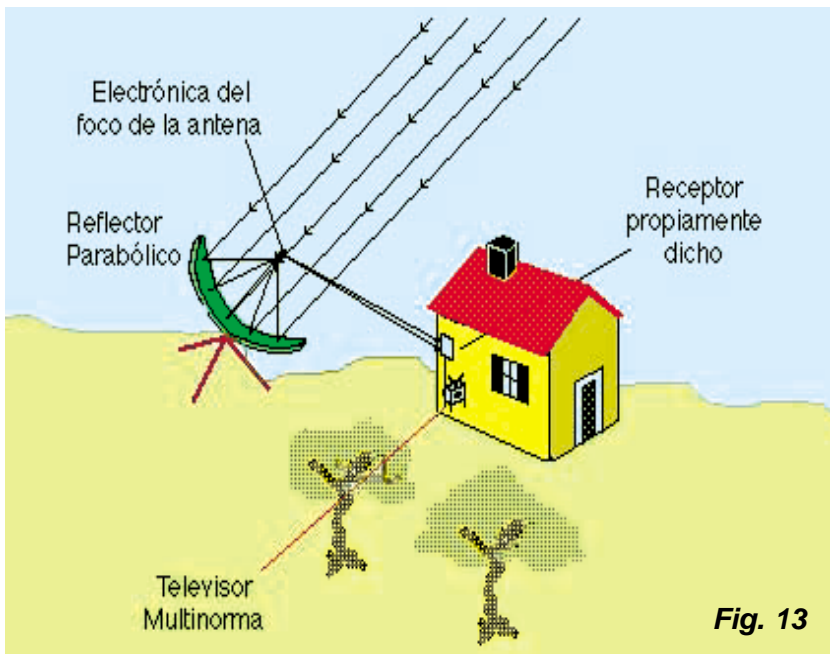


Fig. 13

Si las distancias que se tomen para la construcción del reflector no están bien medidas (respetando el cuarto de longitud de onda), si las medidas no se verifican correctamente la eficiencia de la antena no será del 50% pasando a ser menos... por consiguiente la ganancia también será menor.

Para finalizar, ofrecemos en la **tabla 1** un ejemplo de cálculo de ganancia de un reflector parabólico. Por supuesto que hay algunos datos de partida que hemos supuesto (para poder así poner de manifiesto una situación que Ud. mismo encontrará en la práctica: algunos datos deberá buscarlos en varios lugares

Tabla 1 - Cálculo de la ganancia de una antena parabólica

TOMAMOS UN DIAMETRO DE 3,60 metros
La APERTURA es el área vista de frente, luego:

$$\text{APERTURA} = p \cdot R^2 = 3,14 \cdot (1,80)^2 = 10,23 \text{ m}^2$$

LUEGO:

$$\text{GANANCIA} = \frac{10 \log 4 \times 10,23 \times 0,55}{(0,71)^2}$$

$$\text{GANANCIA} = 42,1 \text{ dB}$$

diferentes, como ser tipos de satélites, frecuencias de operación particulares, etc.). Es lógico que con estos datos ya está en condiciones de experimentar su propia antena pero espere algunas entregas, dado que en próximos capítulo le indicaremos detalles para construir el reflector.

Composición de un Sistema de Recepción de TV satelital

Si Ud. desea ver televisión vía satélite en la banda comercial, sin necesidad de estar asociado a un proveedor, necesitará un conjunto de tamaño considerable, en relación con los pe-

queños platos que hoy se ofrecen por unos \$400 cuando compra un TV.

Sin embargo, con los elementos componentes de un sistema tradicional, no estará

"atado" a una programación paga y podrá explorar señales impensadas.

Un sistema **TVRO** (TeleVisión de sólo Recepción) debe contar con los siguientes componentes:

1) REFLECTOR PARABÓLICO, PLATO O "DISHER"

Es el componente más visible, un reflector parabólico que puede ser de Aluminio Sólido, Aluminio Perforado o RED de CABLES. Los tamaños de los platos pueden variar desde pequeños 1 metro (para la BANDA KU) hasta 4 metros (para la BANDA-C Comercial) con un promedio de entre 2,5 m y 4 m de diámetro. Este dispositivo enfoca las señales de microondas que provienen desde satélites como el espejo de un telescopio concentra la luz proveniente de galaxias distantes.

El tipo de montaje de plato más común es el llamado MONTAJE POLAR. Se designa así porque está orientado de modo que coincidiendo con el eje de la tierra, permita que pueda "rastrear" los satélites que están dispersados en una órbita geoestacionaria de una banda del cielo llamada "Cinturón de Clarke" en homenaje a Arthur C. Clarke, quien anticipó el concepto de satélites para comunicaciones geoestacionarias en 1945.

El reflector se instala en un conducto de 3 pulgadas, el cual está sumergido en hormigón armado. La mayoría de los montajes requiere un conducto de 3,5 pulgadas de diámetro exterior y 3" de diámetro interno.

2) PALANCA POSICIONADORA (Impulsor)

Es un dispositivo que contiene un motor usado para balancear el plato satelital. Con el balanceo, el plato puede focalizar satélites individuales, que pueden distar unos de otros 2 grados de separación. Las palancas impulsoras más comunes tienen una extensión de 18 y 24 pulgadas (cuanto más grande sea la palanca, más amplio será el arco que el plato puede "captar"). Además, un mecanismo más costoso llamado impulsor "horizonte-a-horizonte", siendo capaz de apuntar con mayor precisión (lo cual es importante en la banda Ku y en los satélites cercanos entre sí), es capaz también de ver un arco entero de satélites desde su ubicación.

Muchos conductores de pla-

tos también tienen un segundo impulsor para controlar el aspecto VERTICAL (elevación) del plato. De este modo les permite rastrear satélites de órbita inclinada que varían o se tambalean en el plano vertical.

3) LNB

Es el pequeño dispositivo que amplifica las señales muy débiles desde el plato, y las convierte en señales con bandas de frecuencias más adecuada. LNB significa CONVERTIDOR en BLOQUE de RUIDO BAJO (LOW NOISE BLOQUE). Los sistemas más viejos tenían componentes separados: LNA (Amplificador de Ruido Bajo) y un convertidor invertido que cambiaba las señales recibidas (3-4 GHz) a 70 Mhz.

El bloque estándar usado hoy oscila entre los 950 y 1450MHz. Tanto la banda C como la KU (ambas cuentan con una entrada a un vasto espectro de frecuencias diferentes) salen a un bloque de 950 a 1450MHz. De todos modos, en la operación de KU se deben considerar otros factores que explicaremos más adelante.

También hay un dispositivo llamado LNBF, que combina el LNB y el dispositivo de alimentación en una sola unidad. El LNBF usa un método más simple para ajustar la polaridad. No puede ajustar un movimiento oblicuo, sólo horizontal o vertical. Este dispositivo es práctico sólo para los sistemas de banda C. Si su LNB comienza a fallar, deberá reemplazar todo el dispositivo.

El LNBF es especialmente adecuado para operaciones dedicadas, como un plato más pequeño usado sólo para un satélite.

Además de tener que montar el sistema de alimentación, es necesario un cable de bajada, un receptor y un descryptador, cuya explicación veremos en la próxima edición.

Cabe aclarar que la recepción de imágenes satelitales no es tan complicada como parece; hasta con una simple moneda de dos metales, un cable coaxial apropiado y un receptor de UHF es posible captar imágenes de sa-

télites que emiten con señales fuertes.

4) ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA

El dispositivo de alimentación actúa como un embudo de microondas. Este dispositivo tiene un LNB en el foco del plato, y es usualmente llamado "alimentación". Hay diferentes tipos de alimentación.

Alimentación de Banda C Simple:

Contiene un LNB para la banda C. Adentro tiene un dispositivo llamado POLAROTOR, que permite la recepción de los canales polarizados horizontal y verticalmente. En la práctica general, los canales PARES se encuentran en la polaridad UNO mientras que los IMPARES se hallan en la polaridad opuesta. El esquema de polaridad real depende del satélite en cuestión.

Alimentación de Banda C Dual:

Permite el uso de dos amplificadores LNB para la banda C, una para la polarización horizontal y otra para la vertical.

Alimentación de Banda Dual (C y KU):

Tiene dos LNBs separados, uno para la banda C y otro para la banda KU.

5) LOS DIFERENTES CABLES

Hay una cantidad de cables conectados desde el plato al receptor. Estos son los cables para los LNBs C y/o KU, la alimentación al LNB (usualmente enviada sobre el mismo CABLE COAXIAL), la tensión de alimentación para la palanca posicionadora, las señales de retorno para la lectura de posición, y la señal de control para el polarotor.

Se usan dos cables para la alimentación de la palanca impulsora y dos cables para la lectura de dicha posición

El cable de lectura de posición desde el impulsor al controlador del impulsor debería tener TRES conductores para el sensor de posición. Para los sensores positivos,

uno es para la cobertura y los otros dos para el resistor. Para los sensores de pulsos, uno va a tierra, otro es de +5V y el último para la entrada de pulsos. No todas las palancas requieren tres conexiones.

Se usan dos cables para la alimentación del polarotor.

Los polarotores vienen en dos variedades. Los más viejos usan un motor de 12V para rotar la sonda. Con la polaridad inversa cambia de dirección. Los nuevos usan una conexión de tres cables. Uno para +5V, otro a tierra y el tercero para el "pulso".

El cable RG-6U (más que el común RG-59U) es el cable de opción para las frecuencias más altas de la TV satelital.

6) RECEPTOR

Hay muchos receptores disponibles de distintas marcas, tanto nuevos como usados.

El receptor toma la señal del LNB y produce una imagen de TV desde el ancho de banda de video hasta FM, y también permite sintonizar un subcanal de audio que puede proveer muchos servicios diferentes de sólo audio como shows MUSICALES y CONVERSADOS y hasta recepción de TEXTO de DATOS. Los receptores más nuevos operan con el bloque estándar de 950-1450MHz que viene con un LNB estándar. Los más viejos usan una alimentación directa de 70MHZ, un LNA (amplificador de ruido bajo) y un convertidor inverso en el plato. Si desea ahorrar dinero, puede comenzar con uno de estos receptores viejos.

El receptor también debe tener un descryptador interno para decodificar los servicios PAGOS. Este tipo de receptor se llama IRD o Descryptador de Receptor Integrado. Necesitará un descryptador para servicios tales como HBO y los servicios de tipo CABLE-TV comunes.

7) DESENCRIPTADOR

El descryptador para el consumidor es un sistema VIDEOCIPHER que en Estados Unidos es fabricado por General Instruments (G.I) y en Argentina se encuen-

tran de varios tipos y fabricantes. Aún hay decodificadores simples disponibles. De todos modos, debe considerar que últimamente la tecnología de los Descryptadores ha cambiado mucho y los viejos ya no operan bajo los nuevos estándares. Asegúrese al comprar un **IRD (DESENCRIPTADOR RECEPTOR INTEGRADO)** que la unidad pueda ser actualizada al nuevo VC-II+ y al próximo VC-II+ RS (Seguridad Renovable) si piensa acceder a servicios encriptados (en su mayoría de cable) o películas y eventos deportivos con el sistema Pague-Par-Ver.

En Canadá, el sistema OAK-ORION fue otro sistema de encriptación popular usado por TELESAT CANADA para satélites ANIK (canadienses).

CANCOM distribuyó el OAK, en preparación del EXPRESSVU DBS. Hay algunos programas en ESTADOS UNIDOS transmitidos con el sistema OAK-ORION, principalmente las Carreras de Caballos y la programación de Hospitales. Si bien es LEGAL usar un decodificador OAK-ORION, no hay servicios disponibles suficientes en este formato que garanticen un uso efectivo. A menos que la persona sea un "burrero de ley", AUTORIZAR el descryptador para las carreras de caballos resulta cuestionable.

En Europa se usan otros sistemas de encriptación.

En los ESTADOS UNIDOS, como en ARGENTINA, hay un gran mercado de decodificadores "piratas" o "usados", con los cuales se pueden recibir servicios encriptados sin pagar los honorarios de suscripción. Esta situación ha propiciado el cambio de los sistemas VC-II+ revisado y el próximo VC-II+ RS, y se espera terminar con la piratería mediante el uso de un sistema de chips de tipo "tarjeta de crédito" renovable. Por supuesto, esta tecnología elevará los costos del consumidor. Y además, para gran parte de los consumidores, los honorarios de suscripción son más caros que los precios del cable.

Dado que la mayoría de los canales encriptados pertenecen a las grandes corporaciones de

TV por cable, las cuales prefieren que la gente se suscriba a su sistema de cable, el razonamiento aquí es obvio. Por esta causa, la popularidad de la TV satelital ha decaído en los Estados Unidos.

A fines de 1992, el gobierno argentino, a través de la CNC (Comisión Nacional de Comunicaciones), llamó a concurso internacional para obtener la autorización de explotar un sistema de comunicaciones por satélite, que utilizara posiciones orbitales a coordinarse para la Argentina.

La Unión Transitoria de Empresas formada por Daimler Chrysler Aerospace, Aerospaziale y Alenia Spazio ganó este Concurso y fue la adjudicataria. Con este logro, Argentina y los demás países de América Latina se vieron beneficiados, por primera vez, con la posibilidad de tener cobertura satelital en la banda Ku.

En 1993, comenzando a proveer facilidades satelitales en Argentina, Chile y Uruguay, Nahuelsat opera dos satélites denominados Nahuel 1C y Nahuel 2C que, conformando el "Sistema Interino", ocupan posiciones orbitales argentinas.

Estos satélites fueron decomisionados y reemplazados por el satélite **Nahuel 1**, actualmente en operación.

El lanzamiento del primer satélite NAHUEL se realizó el 30 de enero de 1997 desde Kourou (Guyana Francesa) con un Ariane IV, lanzador que desde hace 14 años cubre las 2/3 partes de los lanzamientos de satélites comerciales en el mundo.

Finalmente, el primero de Marzo de 1997, luego de transferirse el tráfico de los satélites transitorios, el Satélite NAHUEL 1 comenzó a operar en la posición de 71,8° de longitud oeste y cubre desde la Antártida y Tierra del Fuego hasta el sur de los Estados Unidos.

En la figura 1 se da una tabla provista por Nahuelsat, sobre las señales de TV digitales que manejan, junto con datos que le serán de suma importancia a la hora de querer realizar experimentaciones.

La función de una antena es

la de captar la energía electro-magnética que llega desde el satélite para concentrarla en la unidad exterior. Para conseguir esto, a estas frecuencias de trabajo, el mejor tipo de antena es la parabólica. Con ella se obtienen rendimientos buenos y ganancias elevadas, características muy importantes en este tipo de comunicaciones, debido a la naturaleza de las señales tratadas en recepción.

LAS ANTENAS PARA RECEPCIÓN

Existen varios tipos de antenas para estas frecuencias, que pueden dividirse en dos grupos principales: las de un solo haz y las multihaces. Las más empleadas para la recepción directa de TV por satélite son las primeras, por lo que las estudiaremos detalladamente.

Entre las antenas de un solo haz puede hacerse una segunda clasificación, en atención al número de reflectores que emplean:

- Sin reflector, como las antenas de bocina.
- Con un solo reflector. En este tipo se incluyen la parabólica, más conocida y que se alimenta en su foco y la Offset, que emplea una sección de un reflector parabólico, alimentado también en el foco.
- Con doble reflector, cuyo ejemplo más típico es la Cassegrain.

En la figura 2 tenemos los tipos de antenas antes mencionados. Además, están situados en orden a sus rendimientos. Así, la antena de bocina presenta una ganancia muy inferior al resto, por lo que no es recomendable su utilización para el tipo de comunicaciones vía satélite. No obstante, es ampliamente utilizado en combinación con uno o dos reflectores, que constituyen la forma principal para su alimentación a estas frecuencias, ya que ofrece una buena adaptación entre las impedancias de la guía y del medio de propagación exterior.

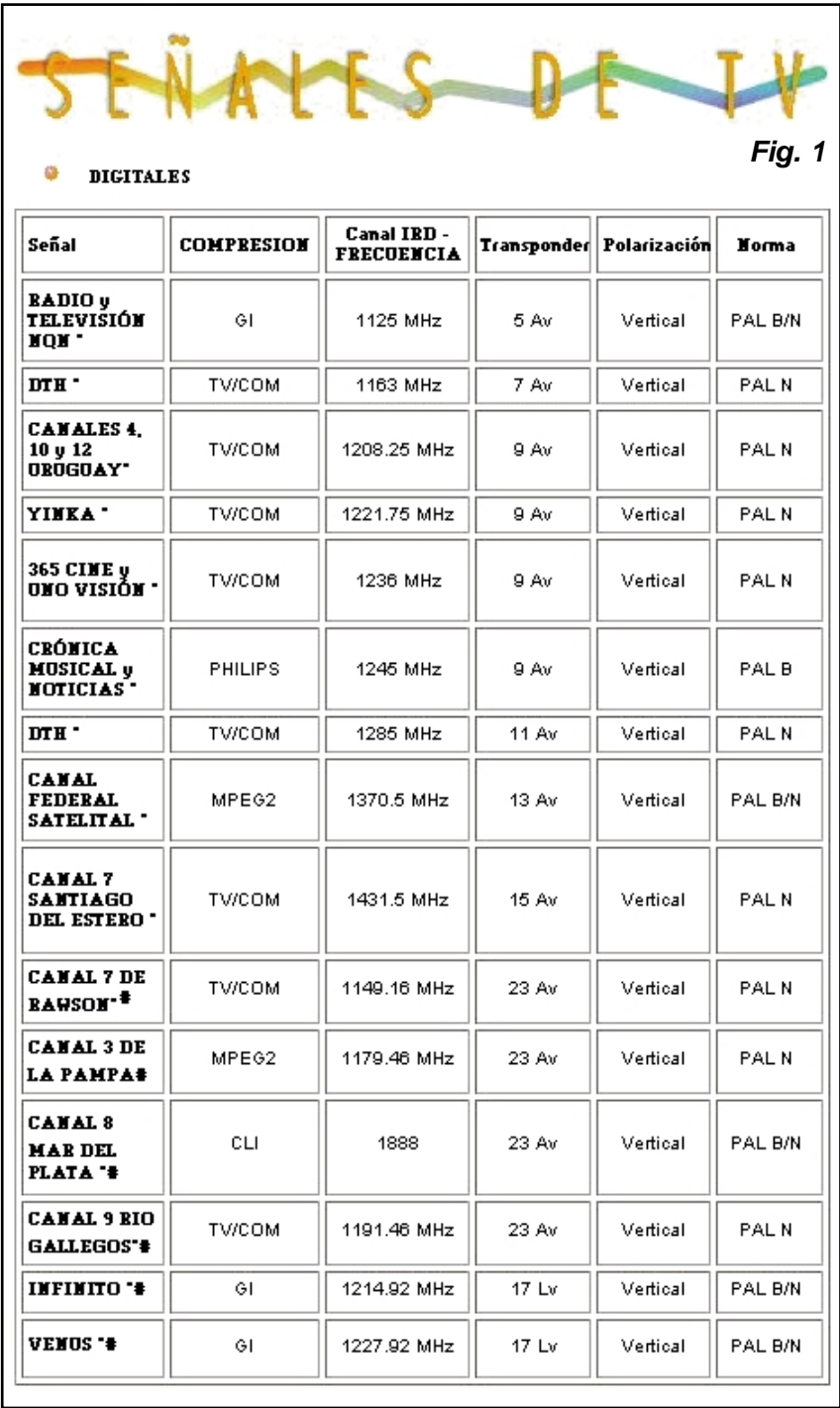


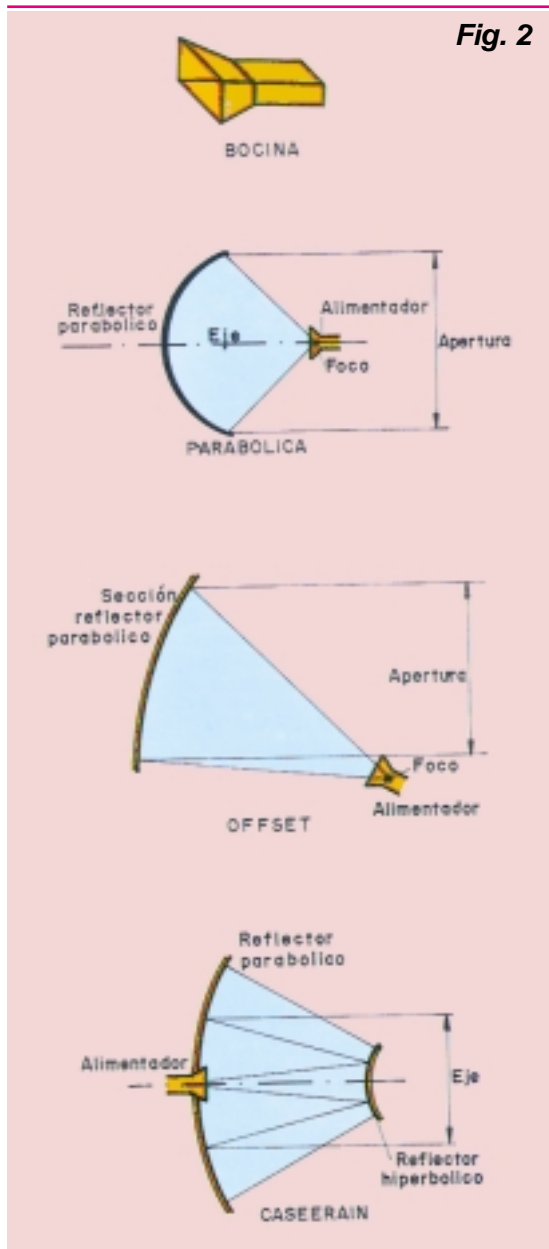
Fig. 1

Existen varios tipos de bocinas, denominadas según la forma de pasar de las dimensiones de la guía a la boca de la bocina o atendiendo a la sección de ésta, rectangular o cilíndrica.

Entre las antenas de un solo reflector, cabe destacar dos tipos principales y más utilizados: la parabólica "normal" y la offset. La primera está compuesta por un reflector, que geométricamente es un paraboloide de revolución con una boca circular y un alimentador, que es una bocina. Esta está

situada en el foco del paraboloide, con lo que conseguimos que todos los rayos que lleguen paralelos al eje del reflector se reflejen en él, dirigiéndose directamente al foco. O sea, toda la energía que viene del satélite es captada por la parábola y enviada al foco, lugar que ocupará la unidad exterior. Debido a la gran distancia **Satélite-Tierra**, podemos considerar sin mucho error que todos los rayos procedentes del satélite inciden paralelamente al eje de la parábola y que, por tanto, son re-

Fig. 2



flejados hacia el foco. La antena offset emplea sólo una sección del reflector parabólico y sitúa su alimentador también en el foco. Presenta un rendimiento superior al tipo anterior, por lo que es también muy empleada.

La antena Cassegrain es el exponente principal de las antenas de doble reflector y un solo haz. Presenta un elevado rendimiento y mayor complejidad mecánica, ya que los dos reflectores y el alimentador deben estar perfectamente situados para obtener el máximo rendimiento de esta antena. Debido a sus comprometidas características mecánicas, no es muy utilizada en las instalaciones individuales de recepción de televisión por satélite. El tipo de

antena elegido para la instalación de una estación de recepción de televisión directa por satélite, debe cumplir unas exigencias mínimas, tanto eléctricas, como mecánicas, ya que si no, se compromete la calidad de la recepción.

Entre las eléctricas se encuentran algunas físicas, como el diámetro de la parábola y otras puramente eléctricas, como la ganancia que presenta la antena con respecto a la isotrópica. Otras características no menos importantes se reflejan en el diagrama de radiación de la antena, como son la anchura del haz y la magnitud de los lóbulos secundarios.

Las mecánicas se refieren a su resistencia a los fenómenos meteorológicos, sobre todo al viento y a las lluvias. También debe tenerse en cuenta la precisión del sistema de apuntamiento, azimut y elevación, en las condiciones climá-

ticas más adversas.

En cuanto a las eléctricas, es importante una elevada ganancia, a la vez que la inexistencia de lóbulos secundarios. Esta combinación trae como consecuencia positiva el poder procesar señales débiles, ya que el ruido captado es menor cuanto más pequeños sean los lóbulos secundarios y la ganancia aumenta a medida

que se estrecha el haz. En la figura 3 podemos observar el diagrama de radiación ideal comparado con el real, en el que se aprecian unos pequeños lóbulos secundarios y una disminución de la ganancia en la dirección de apuntamiento.

El diámetro del reflector incide directamente en la ganancia de la antena, aunque no es el único factor, por lo que habrá que buscar un compromiso entre todos los parámetros. La expresión de la ganancia depende también de la frecuencia y de la superficie de la antena:

$$G = 10 \log \left(\frac{4\pi \cdot S}{\lambda^2} \right)$$

Además, debe añadirse un factor que representa la eficacia de la antena, n , que podría definirse como la relación entre la energía que incide en el reflector y la que llega al alimentador después de la reflexión. Con este factor la expresión de la ganancia queda modificada de la siguiente manera:

$$G = 10 \log \left(\frac{4\pi \cdot S}{\lambda^2} \cdot n \right)$$

G se mide en dBi, o en dB sobre la isotrópica, antena que se toma como referencia.

Las características mecánicas que presente la antena también son de suma importancia. En efecto, si su estructura es poco consistente a vientos fuertes, se moverá ligeramente cuando éstos existan y dará lugar a desvanecimientos de la señal recibida (fading), ya que variará el apuntamiento de la antena. Este sistema, el de apuntamiento, deberá poseer un ajuste grueso y otro fi-

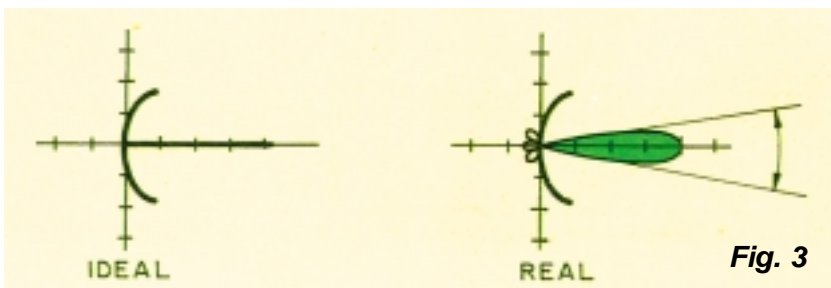


Fig. 3

no, tanto para la elevación como para el azimut, para poder apuntar la antena hacia el satélite de una forma precisa. Ambos ajustes deben ser estables frente a condiciones meteorológicas adversas para asegurar un óptimo apuntamiento. En la instalación de la antena deberá prestarse también una especial atención a los anclajes, los cuales tendrán que tener una fortaleza acorde con la estructura que van a soportar.

Veamos ahora, cuáles son los elementos que forman parte de la antena y no del plato receptor propiamente dicho.

Unidad exterior

En la unidad exterior se encuentran, aparte del amplificador de bajo ruido, un oscilador, un mezclador y un primer amplificador de frecuencia intermedia. Mediante estos pasos conseguimos dos objetivos: la amplificación de la señal de entrada y la conversión a una frecuencia inferior, sobre 1GHz, para que la señal de salida pueda ser llevada por un cable coaxial hasta la unidad interior de sintonía.

Una vez captada la señal por la antena, ésta pasa por un filtro pasabanda que se encarga de rechazar las señales captadas que se encuentran fuera de la banda de frecuencia que deseamos recibir.

Seguidamente es aumentada por un amplificador de bajo ruido (**ABR**, o en inglés **LNA**). Este primer paso debe presentar una baja figura de ruido.

Con la ganancia que presentan la antena y el **LNA**, nos aseguramos un nivel de salida apto para el posterior tratamiento de la señal por la unidad de sintonía.

Estos dos primeros pasos de la unidad exterior constituyen lo que podríamos llamar la cadena de RF.

El ancho de banda que debe poseer el filtro debe ser suficiente para poder recibir todas las señales emitidas por el satélite. Parte de las emisiones están comprendidas en la banda de 10 a 11,7GHz, aunque para los satélites de radiodifusión directa, DBS, estará comprendida entre 11,7 y 12,5GHz, tal como lo mencionáramos en entregas anteriores. Hasta ahora no se ha mencionado la polarización de la onda recibida, ya que el proceso descrito y el que falta, dentro de la unidad exterior, es independiente de ella. Por tanto, resulta evidente que exista un discriminador de polarización anterior a la unidad exterior.

Conversor de bajo ruido

Ya sólo resta convertir la frecuencia de la señal de entrada en otra menor para conseguir dos objetivos importantes; en primer lugar, dado que la antena y la unidad exterior deben estar situadas al aire libre y la unidad interior ha de ubicarse en la vivienda, es necesario unir eléctricamente una con otra, para llevar, por un lado, la señal procesada por la unidad exterior a la entrada del sintonizador y, por otro, la alimentación de la unidad exterior.

Si no se hiciese la conversión, la línea de transmisión debiera estar constituida por una guía de onda de longitud y sección adecuadas, con el consiguiente encarecimiento de la instalación, aparte de la rigidez mecánica que requiere una guía, aunque sea flexible.

A estas frecuencias no es posible el empleo de cable coaxial, debido a las grandes atenuaciones introducidas por éste. Esto podría llevarnos a que la ganancia conseguida por la antena y el amplificador de bajo ruido de entrada sirviera solamente para

contrarrestar las pérdidas introducidas por el cable, por lo que se haría necesaria la instalación de otro **LNA** antes de la unidad interior de sintonía y situado junto a ésta. Por otra parte, hay que considerar el hecho de que en pasos posteriores habrá que realizar una o varias conversiones para poder demodular correctamente la señal y pasarla posteriormente a un canal de televisión normal. Es por ello por lo que la primera conversión se realiza en la unidad exterior. Con un oscilador local de microondas que tenga una frecuencia de oscilación de 10GHz, podemos obtener a la salida del conversor una frecuencia intermedia de 1,5GHz.

Aunque alta, esta frecuencia permite el empleo de cable coaxial para su transmisión a la unidad de sintonía. Sin embargo, todavía no es la apropiada para realizar una demodulación correcta, por lo que posteriormente habrá que efectuar una segunda conversión.

Por otra parte, la utilización de un cable coaxial nos permite llevar por éste, además de la señal de frecuencia intermedia, la alimentación de la unidad exterior. Los capacitores permiten el paso de la radiofrecuencia, pero impiden el de la corriente continua. Los choques impiden el paso de la primera, pero facilitan el paso de la corriente continua. Con ello permiten la alimentación del **LNA** y del conversor e impiden que la señal de **RF** altere el funcionamiento de los pasos de la unidad exterior o que entre en la fuente de alimentación del equipo. Es de destacar que a las frecuencias de trabajo de estos equipos, las bobinas ya no se materializan con espiras, dadas las bajas inductancias requeridas, sino por tiras de cobre de longitud y ancho determinados. *****

**El Mundo de la
Electrónica**

Es una publicación de Editorial Quark, compuesta de 24 fascículos, preparada por el Ing. Horacio D. Vallejo, quien cuenta con la colaboración de docentes y escritores destacados en el ámbito de la electrónica internacional. Los temas de este capítulo fueron escritos por el Ing. Horacio D. Vallejo.