

74  
2ej.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

**"COMUNICACIONES. ELEMENTOS QUE  
COMPONEN UNA ANTENA PARABOLICA Y SUS  
CARACTERISTICAS"**

**TRABAJO DE SEMINARIO  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A:  
HECTOR MENDOZA PEÑAFIEL**

**ASESOR: ING. JUAN GONZALEZ VEGA**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

257794

1998



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

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

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

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Comunicaciones. Elementos que componen una antena parabólica  
y sus características

que presenta el pasante: Mendoza Peñañiel Héctor

con número de cuenta: 8713976-9 para obtener el Título de:  
Ingeniero Mecánico Eléctricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

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

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 17 de Noviembre de 19 97

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I ro.</u>	Ing. Alfonso Contreras Márquez	<i>Alfonso Contreras Márquez</i>
<u>III ro.</u>	Ing. Juan González Vega	<i>Juan González Vega</i>
<u>IV to.</u>	Ing. Vicente Magaña González	<i>Vicente Magaña González</i>

DEP/VOBOSER

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>3</b>
Clasificación de las ondas electromagnéticas	3
Velocidad de propagación y longitud de onda	4
Satélites geoestacionarios	4
Polarización	6
Huellas	8
Mapas de huellas	9
Frecuencias asignadas	10
<b>CAPITULO II</b>	
<b>PARTES CONSTITUYENTES DE UNA ANTENA PARABÓLICA</b>	<b>11</b>
La parábola	11
Características técnicas de una antena parabólica	13
Diámetro del reflector	13
Rendimiento	15
Ganancia	16
Relación $f/D$	17
Ángulo de radiación	19
Eficiencia.	19
Lóbulo principal y lóbulos secundarios	21
Ancho de banda	22
Temperatura de ruido	22
Fabricación de los reflectores	24
Tipos de reflectores	25
Antena parabólica de foco centrado	25
Antena offset	28
Antena Cassegrain	28
Antena plana	30
Bases y soportes	33
Soportes	33
Soporte fijo	38
Soporte móvil	39

Unidad exterior. Partes constituyentes de la unidad exterior	40
Alimentador o iluminador	40
Guía de ondas	43
Sonda o antena	44
Polarizadores	46
Polarizador Ortomodo	46
Polarizador Polarrotor	47
Polarizador Circular	50
El LNB	51
LNA	51
Filtro de frecuencia imagen	52
Conversor	53
Amplificador de FI	54
Unidad interior	54
Funcionamiento de la unidad interior	54

### **CAPITULO III**

#### **ORIENTACIÓN DE LAS ANTENAS PARABÓLICAS**

Elevación y acimut	57
Medida de la elevación y acimut	59
Calculo de la elevación	59
Calculo del acimut	60
Ajuste del acimut con declinación magnética	
Carta universal de contornos de elevación y acimut	62
Orientación de antenas polares	65
Ajuste de la elevación del eje polar	65
Ajuste del ángulo de compensación	66
Orientación del eje polar Norte-Sur	66
Ajustes finales	67

#### **CONCLUSIONES**

#### **GLOSARIO**

#### **BIBLIOGRAFÍA**

## INTRODUCCION

Ahora estamos viviendo en una época de cambios constantes, en un siglo de avances tecnológicos, antes comunicarse requería de más tiempo y dinero. Actualmente con los satélites y las antenas parabólicas esto es mucho más rápido cuesta menos y sobre todo nos podemos comunicar a grandes distancias con la misma facilidad que como lo haríamos con una persona teniéndola cerca. También un evento que está ocurriendo al otro lado del mundo lo podemos ver en el mismo instante. Los negocios se han beneficiado gracias a estos inventos esto se puede decir fácil pero llegar a este punto requirió de años de investigación y llegar a implementarlos también requirió de un gran costo.

En este trabajo de investigación, nos enfocaremos sobre las Antenas Parabólicas receptoras, ya que en la actualidad es de gran importancia por el uso que se le está dando, tanto en comunicaciones, como en el desarrollo tecnológico.

La facultad que posee la raza humana para comunicarse, o sea, para suministrar información, ha sido la principal causa de su desarrollo. La cuantía de esta capacidad para comunicarse a través de las distancias se debe a las posibilidades brindadas por los servicios de telecomunicación de hoy en día. El prefijo "tele" de la palabra telecomunicaciones proviene del griego y significa "a gran distancia" y enfatiza la importancia dada a las comunicaciones entre puntos distantes entre sí. Para los ingenieros eléctricos es también un recordatorio útil en el sentido de que la tecnología de las telecomunicaciones es solo una pequeña parte de una disciplina mucho más extensa que puede ir desde las ciencias, tales como la lingüística que comprende el desarrollo de los idiomas como medio de comunicación, hasta la rama de ingeniería civil que comprende el transporte de las comunicaciones.

Las antenas son parte indispensable de cualquier dispositivo radiotransmisor o radioreceptor. Mediante las líneas de alimentación, la antena de transmisión se conecta con el radioemisor, y la antena de recepción con el radioreceptor. En las líneas de alimentación se propagan ondas electromagnéticas guiadas, es decir, ondas que se transmiten por medios conectados físicamente. Entre las antenas de radiocomunicación se propagan ondas electromagnéticas libres. Tanto las ondas guiadas como las libres son señales de radio. Por tanto, el conjunto línea de alimentación-antena debe estar calculado para la más económica conversión de energía de las ondas guiadas, en energía de ondas libres (y viceversa), así como también para la reproducción sin distorsión de la información transmitida.

No se agota con esto la utilización de las antenas. En el proceso de su propagación, las ondas de radio se dispersan más allá de las líneas de radiocomunicación y son absorbidas por el medio circundante. Si la dirección de la radiocomunicación es conocida y limitada, las pérdidas pueden reducirse concentrando las ondas emitidas en direcciones definidas.

Así pues, la antena de transmisión está destinada a la transformación de la energía de un campo electromagnético estacionario (o de inducción) producido por la señal de radio, en energía de un campo electromagnético de radiación, añadiendo además que este último debe emitirse en unas direcciones dadas.

La antena de recepción está destinada a la transformación de la energía de una radioseñal consistente en ondas de un campo de radiación que proceden de direcciones dadas, en energía de un campo estacionario de ondas electromagnéticas.

El carácter de los procesos que tienen lugar en las antenas transmisora y receptora atestigua su reciprocidad. Aquí puede establecerse una analogía con el generador y el motor eléctricos: el generador transforma la energía mecánica en eléctrica, y el motor la energía eléctrica en mecánica. Por ello, la dinamo y el motor eléctrico son reversibles.

La reciprocidad de las antenas encuentra su expresión en la posibilidad de utilizar una misma antena en calidad de transmisora y receptora, y de conservar invariables los parámetros principales de la antena al pasar del régimen de transmisión al régimen de recepción y viceversa.

Este principio tiene gran importancia práctica. En particular, todas las estaciones de radiolocalización por impulsos, así como todas las estaciones de radio destinadas a las comunicaciones con aviones y otras radioestaciones móviles tienen, por regla general, una antena común para la transmisión y la recepción.

Y así diremos que la Antena parabólica receptora, es la parte encargada de captar las débiles señales procedentes del satélite. Es un elemento clave en todo el proceso de recepción, y de su diseño depende la calidad de la señal recibida. La mayoría de las antenas parabólicas que actualmente se utilizan en las estaciones receptoras se han diseñado basándose en combinaciones de superficies circulares y parabólicas.

Este trabajo está distribuido por temas y cada uno de ellos lo desarrollamos siguiendo una secuencia lógica de investigación basada en varios textos. De los cuales se resumieron los conceptos más importantes.

Incluimos en esta investigación un glosario de los términos usados que serán de gran utilidad para toda aquella persona que no esté familiarizada con ellos.

# CAPITULO I

## CONCEPTOS BASICOS

### Clasificación de las ondas electromagnéticas

En las ondas electromagnéticas están incluidas desde las ondas de larga longitud de onda, como las de radiocomunicación, hasta las de longitud de onda más pequeña como son los rayos infrarrojos, rayos x, rayos Gamma y los rayos cósmicos. Existe una clasificación de las ondas electromagnéticas que se muestran en la figura 1.1.

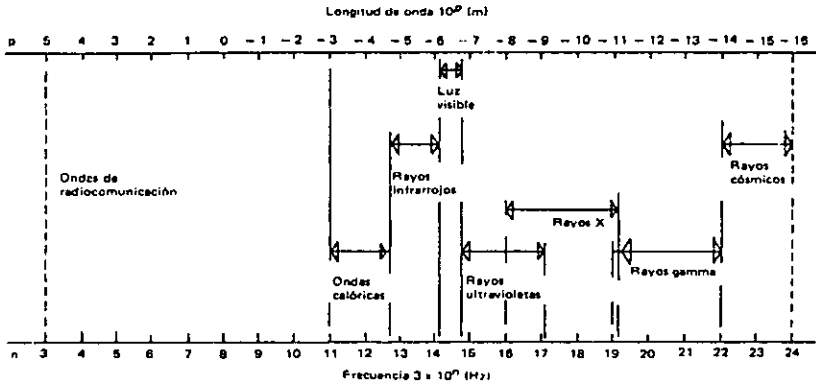


Figura 1.1

Designación de banda	Abreviación	Banda de frecuencia	Límite de longitud de onda
Muy baja frecuencia (very low frequency)	VLF	30KHz o menor	10 Km o mayor
Baja frecuencia (low frequency)	LF	30-300KHz	10-1 Km
Frecuencias medias (Medium frequency)	MF	300-3000 KHz	1-0.1 Km
Alta frecuencia (High frequency)	HF	3-30 MHz	100-10 m
Muy alta frecuencia (very high frequency)	VHF	30-300 MHz	10-1 m
Ultra alta frecuencia (Ultra high frequency)	UHF	300-3000 MHz	1-0.1 m
Super alta frecuencia (Super high frequency)	SHF	3-30 GHz	10-1 cm
Extremadamente alta frecuencia (Extremely high frequency)	EHF	30-300 GHZ	10-1 mm

Tabla 1.1



Existe una clasificación más general de las ondas electromagnéticas, que toma en cuenta la frecuencia de las ondas y que se muestra en la tabla 1.1

No existe un límite de frecuencia exacta para definir cuándo se trata de una microonda, ya que generalmente se usa un vocablo para indicar las ondas de longitud de onda más pequeñas que las ondas VHF.

Por esto, en ocasiones, se usa el término microonda para referirse en forma genérica a las ondas UHF, SHF, EHF o bien para indicar las ondas de longitud más pequeña que las UHF.

### Velocidad de propagación y longitud de onda

Nuestra voz y el tañer de las campanas producen vibraciones que se transmiten en el espacio, y son captadas por el tímpano humano.

Se requiere un elemento creador de ondas, un medio de transmisión y un elemento receptor que reciben respectivamente los nombres de: oscilador, medio y receptor. El movimiento de las oscilaciones al transmitirse en el medio, es lo que llamamos ondulación.

La velocidad de transmisión de las ondas eléctricas tanto en el aire como en el vacío es de más o menos  $3 \times 10^8$  m, y se denomina como velocidad de la luz. Si determinamos un punto dentro del medio de transmisión, nos podemos dar cuenta que el número de oscilaciones no varía en ese punto, de las producidas por el objeto oscilador, sea cual sea el medio de transmisión; sin embargo, si encontramos diferencia en la velocidad con que se transmite, por lo tanto, las ondas adoptan diferentes longitudes. La longitud de las ondas eléctricas en el vacío (espacio libre) se calcula de la siguiente ecuación:

$$\lambda = \frac{C}{f} = \frac{3 \times 10^8}{F}$$

en donde

$$\begin{aligned} \lambda &= \text{longitud de onda} && (\text{m}) \\ C &= \text{Velocidad de la luz} && (3 \times 10^8) \\ f &= \text{Frecuencia} && (\text{Hz}) \end{aligned}$$

### Satélites Geostacionarios

Un satélite natural se define como un cuerpo celeste opaco que solo brilla por la luz reflejada del sol y gira alrededor de un planeta primario.

El 4 de octubre de 1957 la ex Unión Soviética puso en órbita alrededor de la Tierra su satélite Sputnik.

Desde esa fecha hasta nuestros días son cientos los satélites que el hombre a puesto en órbita.

Estos satélites consisten en unas «cajas» con complicados equipos mecánicos y electrónicos que, como hemos dicho, giran continuamente alrededor de la Tierra.

Los primeros satélites se ponían en órbitas cercanas a la Tierra, como, por ejemplo, el Score, satélite experimental que fue puesto en órbita por los EE.UU en 1958 y que giraba alrededor de la Tierra con un perigeo de 185Km y un apogeo de 10470Km, es decir, formando una órbita elíptica.

Dado que los primeros satélites artificiales daban vueltas alrededor de la Tierra, para captar sus señales radioeléctricas se precisaban antenas que debían seguir su trayectoria por el cielo.

Apuntar una gran antena direccionable hacia un pequeño objeto muy lejano, y por lo tanto no visible a simple vista y que, además, está en continuo movimiento, no es tarea fácil y su uso doméstico ciertamente no es viable. Por fortuna, este problema ya ha sido superado hoy en día gracias a las órbitas geoestacionarias (geo proviene del griego y significa «Tierra», lo que conduce al concepto de un satélite que permanece en una posición fija con respecto a la Tierra).

En consecuencia, las antenas utilizadas para enviar o recibir señales radioeléctricas hacia un satélite geoestacionario o desde éste, permanecen en una posición fija, y no se necesita efectuar seguimiento alguno.

Inmediatamente surge una interrogante: Si la tierra se mueve alrededor del sol siguiendo una órbita elíptica y, además, gira sobre su propio eje, ¿cómo puede haber en el espacio algo «geoestacionario», es decir, situado siempre sobre un mismo punto de la corteza terrestre?

En la figura 1.2 puede verse cómo se consigue. El satélite no está realmente fijo en el espacio, sino que viaja a una velocidad elevadísima (unos  $3075\text{m/s} = 11070\text{Km/h}$ ) y a distancia de la Tierra de casi  $36.000\text{Km}$  (exactamente a  $35788\text{km}$ ).

A esta elevada velocidad el satélite circunda nuestro planeta describiendo una circunferencia completa cada 24 horas, es decir, en el mismo tiempo que tarda la Tierra en girar sobre su propio eje, por lo que «parece» que el satélite estuviera inmóvil en el espacio, aunque, de echo, tanto el observador en la Tierra como el satélite viajan a gran velocidad.

Cuando un cuerpo se mueve alrededor de la Tierra, actúan sobre él dos fuerzas simultáneamente: por un lado, la fuerza centrífuga y, por otro, la fuerza de atracción de la Tierra sobre dicho objeto. Cuando ambas fuerzas son iguales, hay una órbita estable de un radio determinado y que dura un período de tiempo determinado.

En resumen, para que el satélite gire alrededor de nuestro planeta, dando una vuelta cada 23h 56min 4s (que es el tiempo exacto que tarda la Tierra en dar una vuelta completa sobre su eje), el satélite debe ponerse a una altura de unos  $36.000\text{Km}$  y llevar una velocidad de  $11.070\text{Km/h}$ .

Cabe ahora preguntarse: ¿Sobre qué puntos geográficos se colocan los satélites geoestacionarios? En un principio puede parecer que cualquier punto es bueno, o

que una disposición en la vertical del país que utiliza dicho satélite puede ser idónea. La respuesta, sin embargo, es muy distinta. Todos los satélites deben estar situados en el plano del ecuador porque si la órbita del satélite se dispone verticalmente o inclinada con respecto al ecuador, la dirección del satélite será distinta a la de giro de la Tierra, con lo cual el satélite no permanecerá estacionado e incluso desaparecerá en ocasiones de la visibilidad del observador.

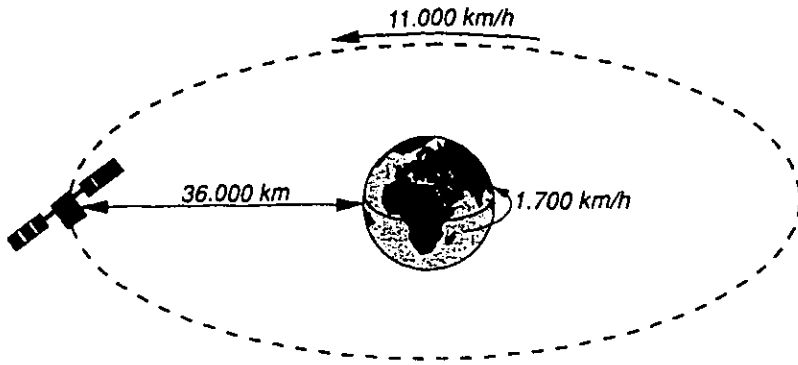


Figura 1.2.

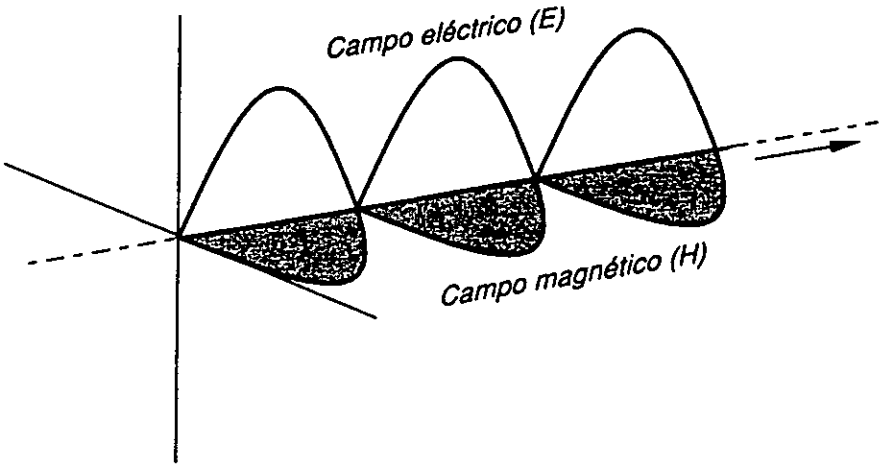
Se demuestra, pues, que el único lugar posible para una órbita de 24 horas es sobre el ecuador, porque en ella el satélite viaja de Este a Oeste exactamente en sincronismo con la Tierra y, por tanto, permanecerá geostacionado con respecto a cualquier punto del planeta. Figura 1.2.

En reconocimiento a las predicciones de Arthur C. Clarke (autor de 2001: Una odisea del espacio, y que en 1945 predijo que la Tierra se podría cubrir con tres satélites geostacionarios), la órbita geostacionaria se denomina cinturón de «Clarke»

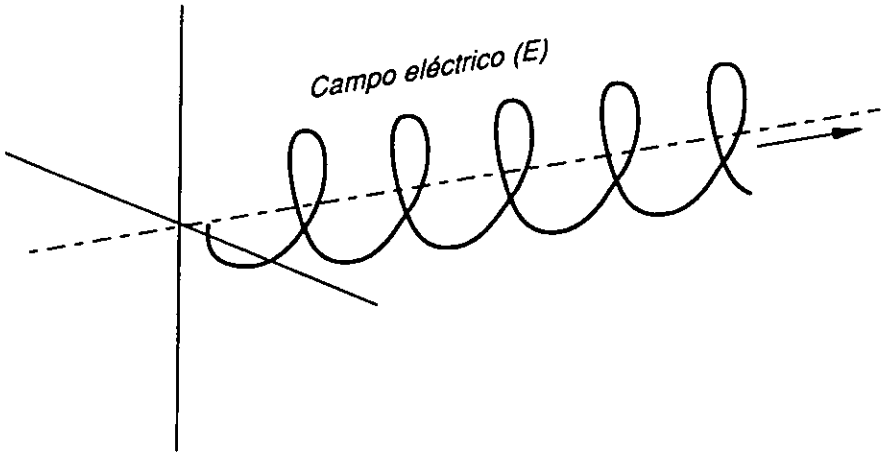
### Polarización

Para ampliar la cantidad de canales que pueden transmitirse por cada una de las bandas, se recurre al concepto de polarización. La polarización es una característica intrínseca de las ondas electromagnéticas y que depende de la posición de la antena emisora.

Como se sabe, toda onda electromagnética está formada por un campo eléctrico y un campo magnético (de ahí el nombre de electromagnética). Pues bien, el vector campo eléctrico siempre tiene la misma dirección que la de la antena, mientras que el vector campo magnético es perpendicular al vector campo eléctrico.



a)



b)

Lamina 1.3

Los tipos de polarización utilizados en las transmisiones de televisión por satélite son:

En FSS: polarización lineal horizontal o vertical.

En DBS: polarización circular a derechas o izquierdas.

En el primer caso, el campo eléctrico  $E$  sigue una trayectoria lineal vertical u horizontal según sea la posición de la antena. En el caso de la figura 1.3 a se ha considerado una polarización vertical, razón por la cual las ondas dibujadas correspondientes al campo eléctrico son verticales, mientras que las del campo magnético  $H$  son horizontales. Si la polarización fuese horizontal, al colocar la antena emisora en posición horizontal, las ondas correspondientes al campo eléctrico se habrían dibujado en posición horizontal, mientras que las del campo magnético se habrían dibujado en posición vertical.

En el caso de la polarización circular, el campo eléctrico  $E$  avanza girando sobre su eje de forma similar a como lo hace un sacacorchos al introducirse a un tapón (figura 1.3 b). Como consecuencia, los campos eléctrico y magnético modifican continuamente su posición, pasando de vertical a horizontal, y viceversa, aunque naturalmente ambos siguen estando desplazados  $90^\circ$  uno con respecto al otro, igual que en la polarización lineal.

## Huellas

Recibe el nombre de huella o zona de cobertura de un satélite la superficie terrestre delimitada por un contorno de densidad de flujo de potencia constante, que permite obtener la calidad deseada en la recepción de las emisiones. Está determinada por la configuración de la antena emisora.

Para comprender este concepto podemos imaginar una linterna cuya luz incide verticalmente sobre el suelo. En este caso veremos una zona del suelo intensamente iluminada y en forma de círculo. A medida que nos alejamos del centro de este círculo, la luz se hace más tenue. El círculo iluminado será la «huella» de la linterna. De igual forma, un satélite colocado en órbita geoestacionaria producirá una huella sobre su vertical. Es decir, sobre los países situados en el ecuador de nuestro planeta, en forma de círculo. Veamos ahora qué sucede si las antenas parabólicas del satélite están dirigidas hacia zonas de la Tierra situadas en los hemisferios Norte y Sur del planeta.

Para ello volvamos a nuestro ejemplo de la linterna. Si hacemos incidir la luz de la linterna formando un ángulo con respecto al suelo, veremos que ahora la zona iluminada del suelo ya no es un círculo, sino que adquiere forma elíptica. Ahora bien, la Tierra no es plana, sino que tiene forma esférica, por lo que en este caso la huella del satélite sobre una zona del hemisferio Norte o Sur de la Tierra adquiere forma ovalada, con el extremo cónico en el lado polar, como consecuencia de que

las ondas radioeléctricas poseen cierta inclinación con respecto a la vertical del satélite sobre el ecuador (como puede comprobarse en la figura 1.4 a).

La finalidad de una antena parabólica, o de varias de ellas, es situar una huella de tamaño e intensidad adecuados sobre una zona determinada de la Tierra que se desee cubrir. Cada satélite posee su propia huella, y estas huellas son facilitadas por los propios organismos propietarios de los satélites.

### Mapas de huellas

En los mapas de huella se indica la intensidad de la señal procedente de un satélite en el interior de la zona delimitada por cada línea de la huella. La máxima potencia de señal en el terreno se obtiene, lógicamente, en el centro de la huella, y va disminuyendo con la distancia a éste.

Las huellas se publican de varias formas, pero la más frecuente y útil es la que se hace como un área delimitada por varias líneas (véase la ilustración de la figura 1.4b). Cada una de estas líneas delimita una superficie de recepción y lleva indicadas unas cifras que corresponden al tamaño que debe poseer la antena receptora para una buena recepción de las señales. Ya que como se dijo anteriormente, entre más retirado del centro de la huella se esté, la señal se debilita.

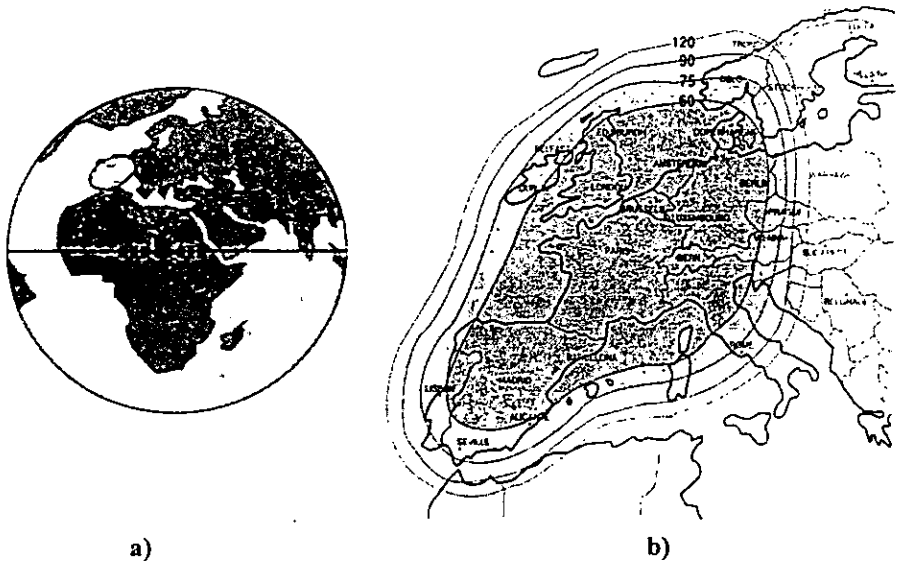


Figura 1.4

### Frecuencias asignadas

Por lo que respecta al ancho de banda, la unión internacional de telecomunicaciones (UIT) ha asignado para el servicio fijo por satélite las bandas C, X, Ku y Ka con frecuencias centrales aproximadas de los enlaces ascendentes y descendentes de 6/4GHz, 8/7 GHz, 14/11 ó 14/12 GHz y 30/20 GHz, respectivamente; dependiendo de la región, hay variaciones entre los límites inferior y superior de cada una de estas bandas. Las bandas C y Ku son las que se utilizan comercialmente en la actualidad. La banda X es empleada por satélites militares y gubernamentales. La banda Ka se encuentra aún en su etapa de experimentación. En la tabla 1.2 se presenta un resumen de las frecuencias asignadas a las bandas para que funcionen los receptores (enlace ascendente) y amplificadores transmisores (enlace descendente) de los satélites de las bandas mencionadas.

Banda	Enlace ascendente (GHz) (Ancho de banda)	Enlace descendente(GHz) (Ancho de banda)
C: 6/4 GHz	5.925 – 6.425 (500 MHz)	3.700 – 4.200 (500 MHz)
X: 8/7 GHz	7.925 – 8.425 (500 MHz)	7.250 – 7.750 (500 MHz)
Ku: 14/11 GHz	14.000 – 14.500 (500 MHz)	10.950 – 11.200 11.450 – 11.700 (500 MHz)
	12.750 – 13.225 14.000 – 14.500 (1000 MHz)	10.700 – 11.700 (1000 MHz)
	14/12 GHz 14.000 – 14.500 (500 MHz)	11.700 – 12.200 (500 MHz)
Ka: 30/20 GHz	27.500 – 31.000 (3500MHz)	17.700 – 21.200 (3500MHz)

**Tabla 1.2**

Como puede verse, el espectro radioeléctrico disponible es finito, y con el fin de aumentar la capacidad de cada satélite se han desarrollado dos métodos para utilizar las frecuencias casi por duplicado: reutilización de frecuencias con aislamiento espacial y reutilización de frecuencias con discriminación de polarización.

Los reflectores de malla metálica o de chapa de metal perforado presentan una buena consistencia gracias a una estructura de nervios. Tienen una buena resistencia al viento, si la velocidad de éste es reducida, pero son poco resistentes frente a esfuerzos mecánicos. El tamaño de las perforaciones debe ser menor que la décima parte de la longitud de onda de la señal que se desea captar, lo que implica diámetros de perforación inferiores a 2,5mm en la banda Ku. Para perforaciones de mayor diámetro se producen considerables pérdidas y, además, pueden llegar al alimentador señales procedentes de la parte posterior del reflector, reduciéndose con ello la relación señal/ruido.

Los reflectores para antenas parabólicas se pintan de un color rugoso, que no sea brillante, puesto que, si lo fuera, concentraría la luz solar sobre el iluminador, deformando e incluso derritiendo el recubrimiento de plástico de éste. Un excelente recubrimiento consiste en pintar el reflector con una pintura de poliéster, aplicada electrostáticamente, que además de evitar lo expuesto en el último párrafo evita el deterioro de la parábola en el tiempo.

### **Tipos de reflectores**

Hasta aquí hemos considerado la parábola como única forma para un reflector de antena parabólica. Sin embargo, a partir de esta figura geométrica se obtienen otros tipos de reflectores que incluso son más eficaces que el parabólico.

De acuerdo con esto, podemos clasificar las antenas en los siguientes tipos:

Antenas parabólicas de foco centrado (figura 2.6 a).

Antenas offset (figura 2.6 b).

Antenas Cassegrain (figura 2.6 c).

Antenas planas (figura 2.6 d).

### **Antena Parabólica de Foco Centrado**

La antena parabólica de foco centrado o prime focus es la que hemos estudiado hasta aquí a lo largo de esta parte. En ella, el alimentador se encuentra situado en el foco del reflector (figura 2.7 a). Este tipo de antena es relativamente fácil de construir y no es demasiado sensible a errores de ajuste.

Una desventaja de este tipo de antena es su comportamiento en polarización cruzada, es decir que, si se usa una polarización lineal, en cada uno de los cuatro cuadrantes en que se puede dividir la superficie del reflector se genera una radiación con polarización cruzada y en la dirección de la radiación principal.

Otra desventaja de este tipo de antena es que el alimentador y sus varillas de sujeción hacen sombra en el plato para las radiaciones electromagnéticas y, por lo tanto, no se aprovecha al 100 % la superficie reflectante del plato, lo que implica



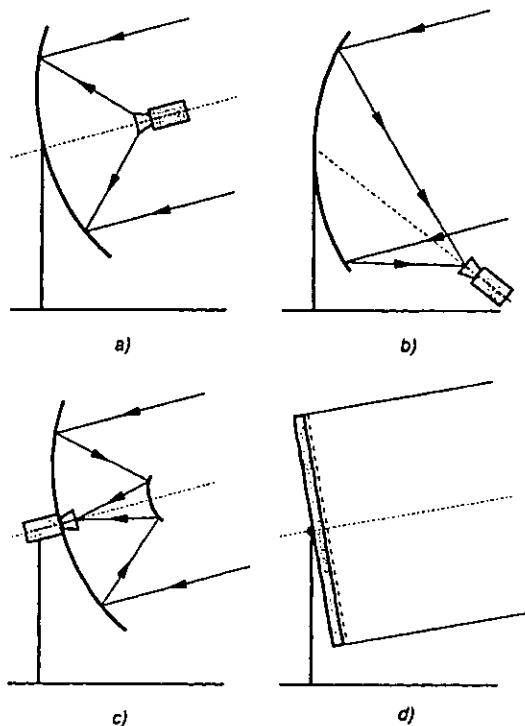


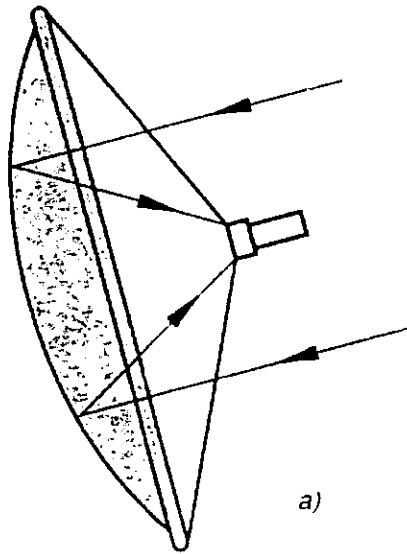
Figura 2.6

una ligera pérdida en el rendimiento de la antena. En la figura 2.7 b hemos dibujado una antena parabólica en la que se aprecia esta circunstancia. La zona tramada representa la energía electromagnética incidente sobre el plato. Nótese que en el centro existe una zona a la que no llega energía electromagnética, debido a que el iluminador hace sombra sobre ella.

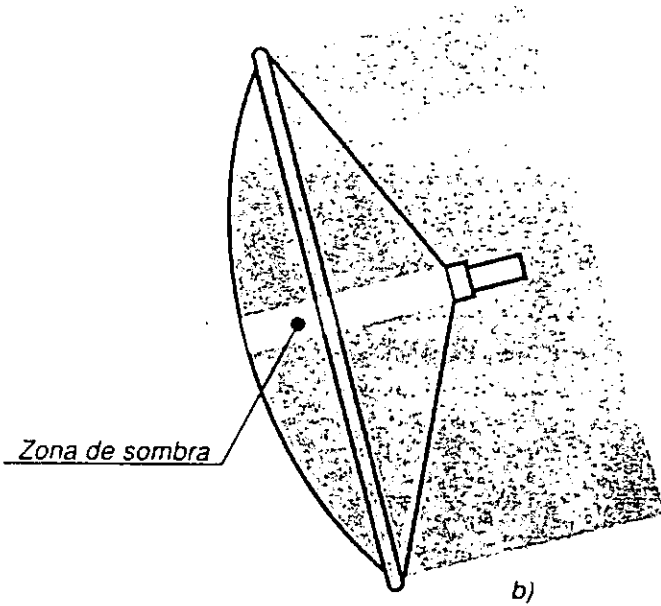
Las antenas de foco centrado son las más utilizadas en instalaciones colectivas y cuando el diámetro del reflector supera los 90cm.

El rendimiento de una antena de foco centrado es de 60%; la atenuación de los lóbulos secundarios es buena y también lo es la polarización circular. La polarización ortogonal, como ya se ha indicado, no es muy buena debido a la aparición de la polarización cruzada.

Se utiliza en recepción directa de televisión y en radioenlaces. 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.



a)



Zona de sombra

b)

Figura 2.7

## **Antena Offset**

Se trata de un tipo de antena cuyo reflector está constituido por una sección transversal de una parábola. En las ilustraciones a y b de la figura 2.8 puede verse cómo se construye esta antena.

En la figura 2.8 a hemos dibujado un reflector parabólico de foco centrado visto de frente, en el cual hemos tramado una zona que corresponde a lo que será una antena offset, en la cual el foco queda situado fuera de la vertical de aquella.

En la figura 2.8 b hemos dibujado el perfil de un reflector parabólico y una parte tramada que corresponde a lo que será el reflector de una antena offset.

De las ilustraciones a y b de la figura 2.8 se deduce que toda señal que incida sobre las citadas superficies será reflejada igualmente sobre el foco, pero que éste, al no estar centrado, no producirá sombra sobre el reflector.

Advertimos que la superficie del reflector offset que hemos dibujado en las ilustraciones a y b de la figura es mucho menor que la del reflector parabólico que le da origen, pero que no se trata de comparar estos dos diámetros de reflector, sino de ver cómo se diseña, ya que el reflector de antena offset obtenido debe compararse en cuanto a su rendimiento con el de un reflector parabólico de igual diámetro.

Hemos indicado que el alimentador queda situado en el punto focal. Para sostenerlo se utiliza un brazo que sale de debajo del reflector (figura 2.8 c), de manera que ni la unidad exterior ni el brazo que la sustenta proyectan sombra alguna sobre el plato, pues quedan fuera de la línea de visión del satélite (figura 2.8d).

Este diseño especial favorece el rendimiento de la antena, que alcanza el 65%, con lo cual, a igualdad de ganancia, el diámetro del reflector es menor que el de las antenas de foco primario

Debido a la reflexión de las ondas electromagnéticas en la superficie del reflector (ángulo de incidencia = ángulo reflejado), el reflector de las antenas offset es mucho más inclinado que el de las antenas de foco primario.

La atenuación a los lóbulos secundarios es muy buena.

La polarización circular es muy buena, pero no así la polarización ortogonal, que presenta los mismos inconvenientes que la antena de foco centrado.

Las antenas offset se utilizan en instalaciones individuales, donde el diámetro del reflector no supera los 90cm.

## **Antena Cassegrain**

Se trata de una antena con reflector parabólico en cuyo foco, en vez de colocarse el alimentador, se dispone un segundo reflector conocido con el nombre de subreflector. El subreflector debe ser hiperbólico.

El alimentador se dispone en el foco del subreflector, es decir en el centro del reflector principal (figura 2.9 a). Así pues, las radiaciones electromagnéticas sufren una doble reflexión antes de llegar al alimentador.

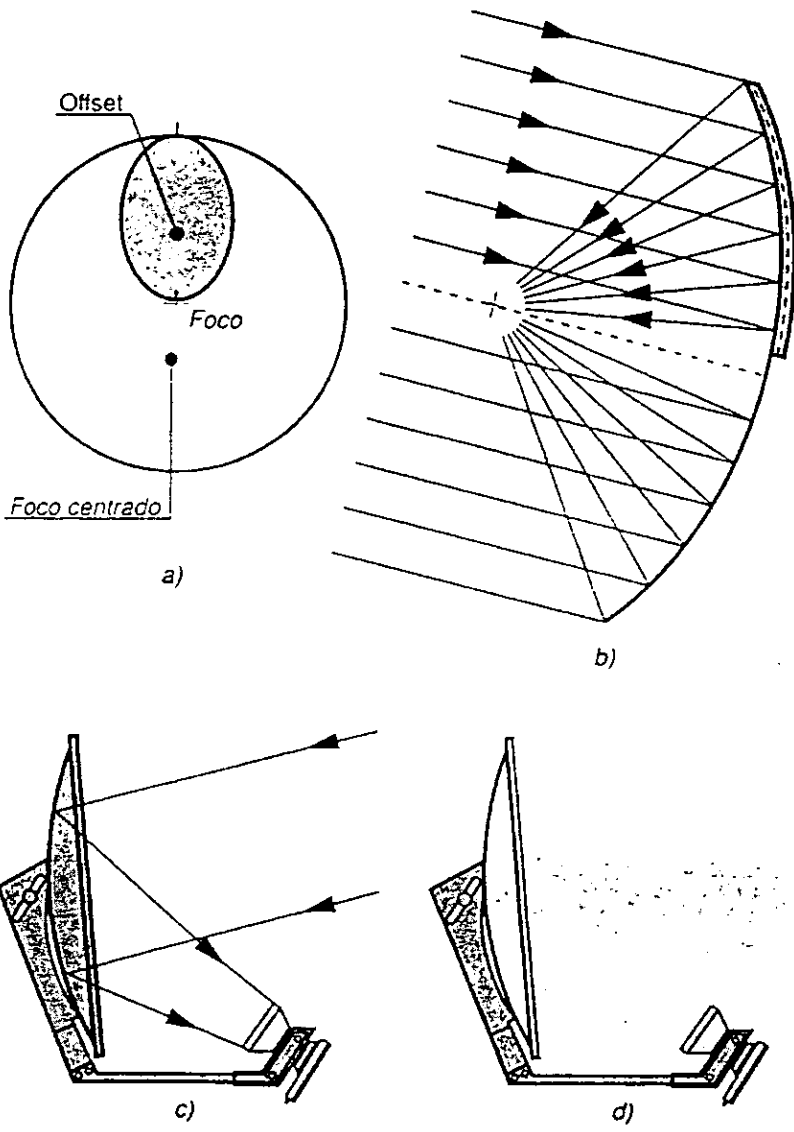


Figura 2.8

El tamaño del subreflector influye en el rendimiento de la cobertura principal, en la superficie de sombra (figura 2.9 b) y en los lóbulos secundarios.

Este tipo de antena no se utiliza para la recepción de señales de radio y televisión vía satélite, pero merece la pena citarlo dado que su rendimiento es muy alto (del 70%) y tanto la polarización circular como la ortogonal son buenas. La atenuación de los lóbulos secundarios no es muy buena.

Se utilizan en la mayor parte de las estaciones terrenas transmisoras y receptoras de televisión, así como en todas las que transmiten y reciben cantidades muy grandes de telefonía y datos, 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 que el alimentador o corneta ya no tiene su apertura orientada hacia el piso, sino hacia arriba, por lo que el ruido que se introduce en las señales ya no es generado por reflexiones en la Tierra sino principalmente por emisiones de la atmósfera.

Los ejes de la parábola, el alimentador y la hipérbola coinciden, de esta forma, la parábola captura mejor la energía radiada por la corneta y el desborde se reduce significativamente. Además, con el diseño Cassegrain se tiene la ventaja de que el equipo electrónico se puede colocar sin problemas en una pequeña cabina inmediatamente atrás del alimentador y sin importar mucho su peso y dimensiones, reduciéndose así todo tipo de pérdidas por cableado.

Para finalizar diremos que, al igual que las antenas parabólicas de foco centrado, también se diseñan antenas Cassegrain en versión offset.

### **Antena Plana**

Actualmente se utilizan cada vez más antenas con un diseño totalmente distinto a las descritas anteriormente. Son las denominadas antenas planas, fabricadas mediante la agrupación de pequeñas antenas elementales (dipolos) de configuración diversa (arrays).

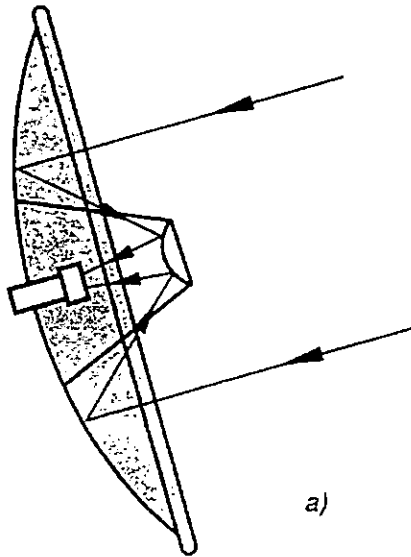
Estas antenas se conectan de forma que se suman las señales individuales para obtener el máximo rendimiento, que puede alcanzar el 80%.

La ganancia es de unos 30dB.

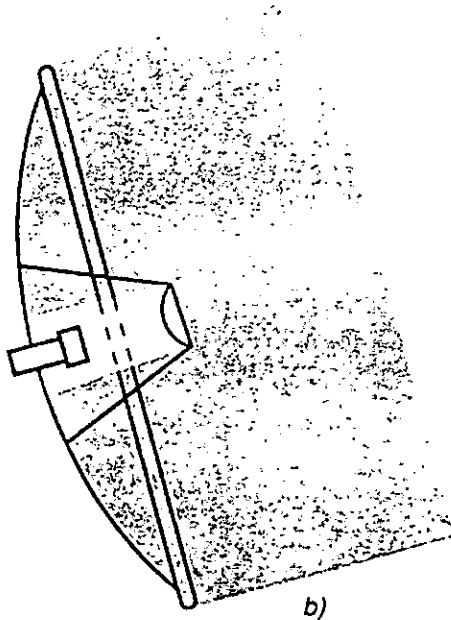
Una particularidad de estas antenas es la de llevar el converso incorporado, con lo que resultan más compactas y, por tanto, ocupan un espacio muchísimo menor.

Otra ventaja de las antenas planas es la de poseer un mayor ángulo de radiación que las antenas parabólicas, lo que facilita su orientación hacia el satélite, pero, al mismo tiempo, implica una atenuación menor de los lóbulos secundarios.

El inconveniente de estas antenas es que sólo captan eficazmente señales procedentes de satélites de alta potencia, pues, para señales débiles, un aumento de la superficie de la antena no lleva aparejado un aumento proporcional de la ganancia.



a)

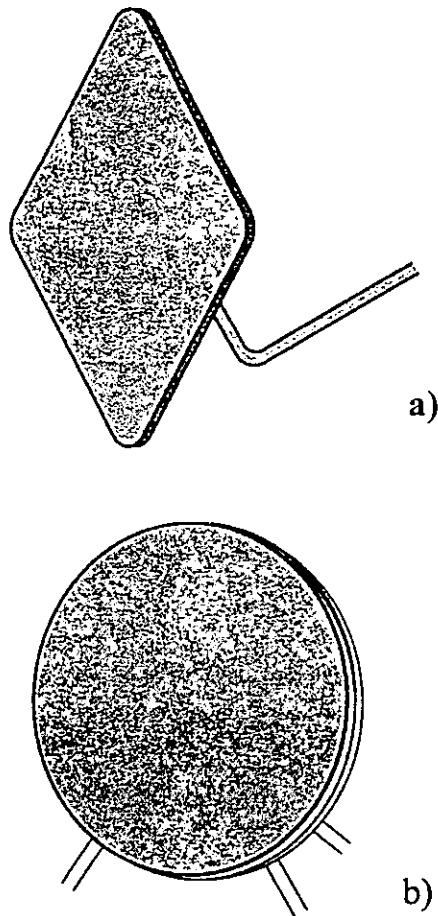


b)

Figura 2.9

En la figura 2.10 a y b puede verse un par de antenas planas: la primera es cuadrada, para montaje sobre muro, y la segunda es circular, para instalación en el interior de la vivienda. En ambos casos, como en todas las antenas parabólicas, es necesario que la antena «vea» al satélite, es decir, que no exista obstáculo alguno entre el satélite y la antena (árboles, edificios, paredes, etc.).

Las dimensiones de la antena de la figura 2.10 a son de 40 x 40cm. Aunque se fabrican en otras dimensiones que no suelen superar los 50cm. El diámetro de la antena de la figura 2.10 b es de sólo 30cm lo que permite su instalación en el interior de las viviendas sin plantear problemas de espacio.



**Figura 2.10**

## **Bases y Soportes**

Debe distinguirse entre la base y el soporte de una antena parabólica. La base de una antena parabólica es el conjunto formado por un mástil o por una base tetraédrica de perfiles metálicos, mientras que el soporte está constituido por los elementos que, fijados a la base, soportan el reflector de la antena parabólica y permiten su orientación.

En la figura 2.11 a se muestra una base de mástil con su soporte, en la figura 2.11 b una base triangular con un soporte tipo trípode, y en la figura 2.11 c, una base para anclaje a la pared, igualmente con su soporte.

Las bases más utilizadas son las de tipo mástil (para antenas colectivas de gran diámetro) y la de enclavamiento a la pared (para antenas individuales de pequeño diámetro).

Una característica importante de la base y del soporte de una antena parabólica es su resistencia mecánica, particularmente en zonas donde soplen vientos fuertes. Esta resistencia debe ser suficiente para evitar cualquier movimiento del reflector que lo desvíe de su correcta orientación.

Por otra parte, el peso de las antenas es mayor de lo que a simple vista pueda parecer, por lo que el esfuerzo que sufre su base puede ser considerable a velocidades de viento elevadas, máxime si la superficie del plato es grande. Todo esto obliga a seguir escrupulosamente las recomendaciones que proporcionan los fabricantes en sus catálogos, sobre todo en zonas donde se alcancen altas velocidades de viento. Aunque los fabricantes de antenas parabólicas proporcionan toda clase de detalles sobre el montaje de sus bases.

Se define como velocidad de viento operativa la que provoca en la antena una desviación máxima de  $0,2^\circ$  con respecto a su orientación.

Se denomina resistencia al viento a la velocidad de viento que provocaría deformaciones irreversibles en la antena. Suele oscilar entre 150 y 200km/h, según los modelos y los fabricantes.

## **Soportes**

Los soportes para antenas parabólicas deben estar dotados de mecanismos de ajuste de la posición del plato, de forma que éste pueda orientarse hacia un satélite determinado.

Esta orientación ha de llevarse a cabo tanto en acimut (orientación ESTE-OESTE) como en elevación (NORTE-SUR). Veamos por qué esto debe ser así.

Como es sabido los días 21 de marzo y 23 de septiembre se producen los equinoccios de primavera y de otoño. En estas dos fechas el día iguala la noche y el Sol se encuentra situado exactamente sobre el ecuador, es decir sigue una trayectoria, en forma de arco de Este a Oeste, exactamente sobre el ecuador.



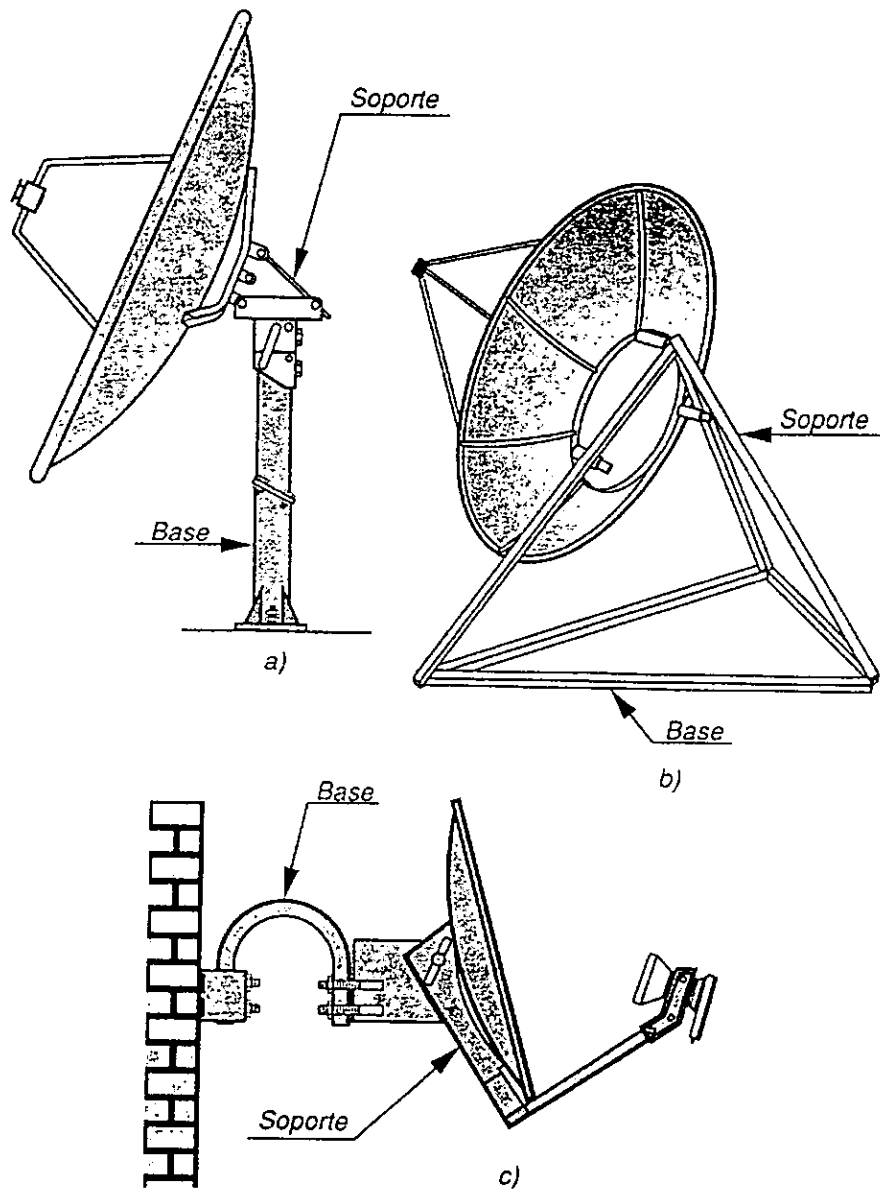


Figura 2.11

Si observamos esta trayectoria desde un punto cualquiera del hemisferio Norte, apreciaremos que el Sol aparece en el horizonte por el Este, por lo que si nos encontramos mirando al Sur, tendremos que girar nuestra cabeza hacia el Este. Hemos realizado un ajuste de acimut.

A medida que avanza el día, el Sol no sólo se mueve hacia el Oeste, sino que además se eleva. Si deseamos seguir observando el Sol no sólo debemos ir moviendo la cabeza de Este a Oeste (ajuste de acimut), sino que, además, debemos elevarla hasta que el Sol alcanza la máxima altura, a las 12 del mediodía hora solar, y luego tenemos que ir bajando nuestra vista hasta que oculte de nuevo en el horizonte. Este desplazamiento de nuestra cabeza hacia arriba o hacia abajo siguiendo la trayectoria del Sol es lo que se conoce como ajuste de elevación.

Naturalmente, para cada punto geográfico de la Tierra los movimientos de elevación y acimut son distintos

Como los satélites geostacionarios se encuentran en la vertical del ecuador, resulta evidente que en los días 21 de marzo y 23 de septiembre el Sol queda eclipsado por todos los satélites, es decir, pasará justo por detrás de todos ellos. Como consecuencia puede trazarse el arco geostacionario de los satélites en la forma que se ha dibujado en la figura 2.12. Si orientamos una antena parabólica de forma que su eje siga este arco, iremos encontrando todos los satélites geostacionarios.

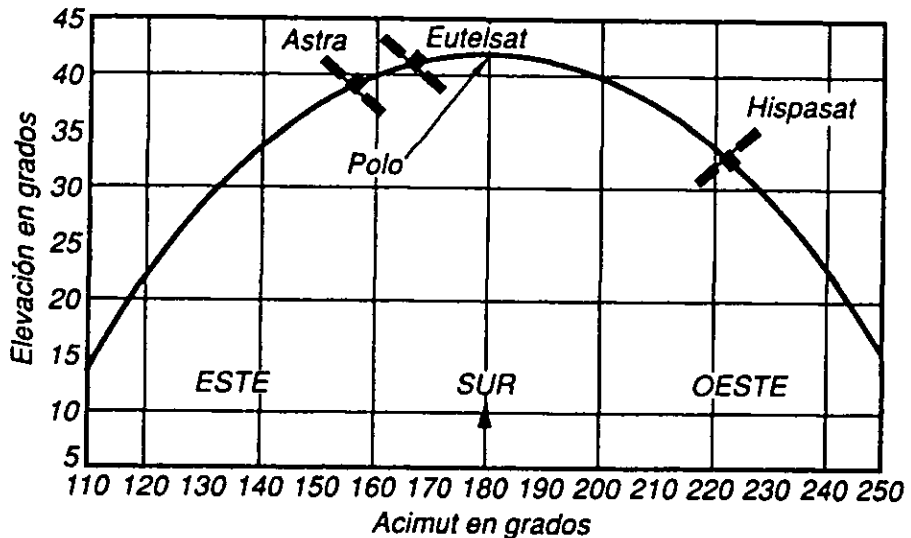


Figura 2.12

En la lámina anterior hemos visto cómo el arco geoestacionario, visto desde un punto de la Tierra, hace que cada satélite ocupe un punto del espacio que se determina por un acimut y una elevación. Por lo tanto, se advierte que una misma antena parabólica, utilizada en dos ciudades, ha de apuntarse con un acimut y una elevación diferentes para un mismo satélite, debido a la distinta posición geográfica de las ciudades. El plato de la antena parabólica deberá, por tanto, estar dotado de un soporte que permita modificar su posición y, de esta forma, no sólo poder modificar el apuntamiento de un satélite a otro, sino también modificarlo según el punto geográfico donde se instala la antena.

Es importante que los mecanismos de orientación del soporte faciliten la labor de apuntamiento del reflector y la localización rápida de todos los satélites de la órbita geoestacionaria.

Desde el punto de vista de los mecanismos de orientación, los soportes se clasifican en:

- a) Soporte de acimut-elevación (en inglés AZ-EL-Mount).
- b) Soporte polar.

La orientación de la antena con un soporte de acimut-elevación se realiza con dos movimientos (uno para el acimut y otro para la elevación). Es el mecanismo más simple, pero tiene el inconveniente de que debe efectuarse un doble ajuste cada vez que se desea cambiar de satélite, lo cuál limita su empleo a antenas parabólicas fijas.

La orientación de la antena con un soporte polar se lleva a cabo con un solo movimiento. Este sistema tiene la ventaja de permitir la localización de todos los satélites geoestacionarios con un solo movimiento y, por tanto, resulta ideal para antenas orientables manualmente por el usuario o motorizadas.

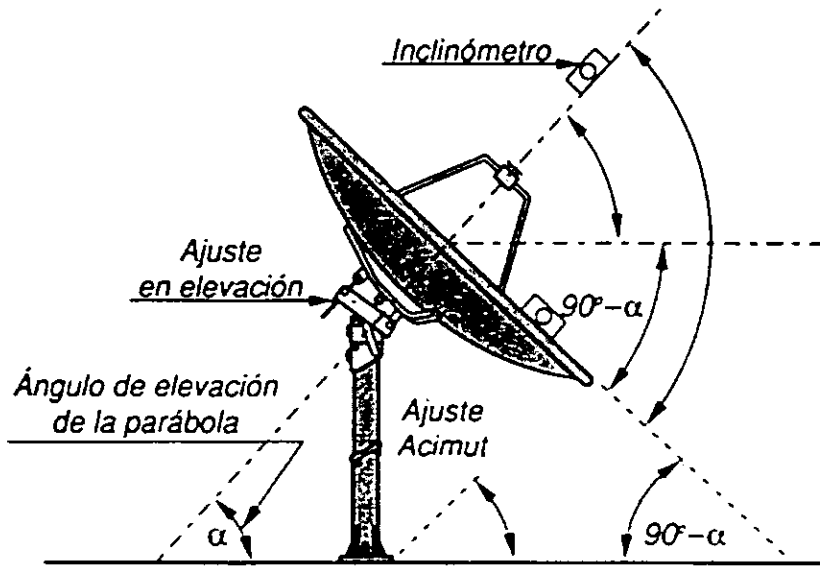
En la figura 2.13 a, hemos dibujado un soporte de acimut-elevación. Consistente en orientar la antena hacia el satélite ajustando la elevación con un inclinómetro, y después girar la antena sobre su eje vertical hasta que el acimut esté correctamente ajustado (véase figura 2.13 a).

La principal ventaja del soporte de acimut-elevación reside en que los ajustes de acimut y elevación se pueden corregir por separado fácilmente, rectificando errores de orientación debido a asentamientos de la antena sobre superficies inclinadas o poco firmes.

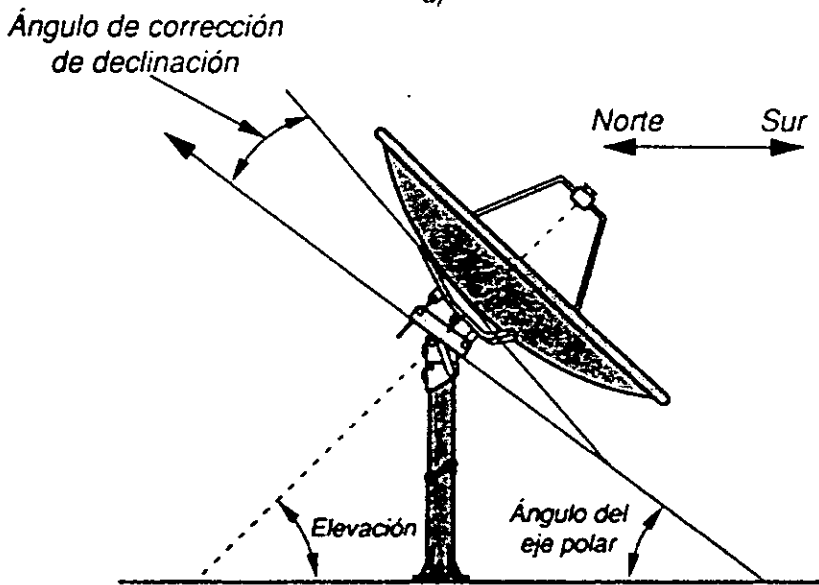
Los montajes de acimut-elevación son normalmente más estables que los polares, por lo que son los más utilizados para sistemas receptores domésticos fijos.

El soporte polar fue desarrollado para la astronomía. Con este montaje es posible mantener orientada la antena hacia un punto del espacio mediante un sistema de dos ejes en ángulo recto, girando sólo uno de los ejes. Este eje, denominado eje polar, es paralelo al eje de la Tierra y apunta hacia la estrella polar.

El ángulo que forman el eje polar con la horizontal es igual a la latitud geográfica del lugar donde se monta la antena.



a)



b)

Figura 2.13

Como los satélites geoestacionarios están muy cerca de la Tierra (en comparación con la distancia que separa la Tierra de las estrellas), se requiere una corrección que está determinada por el ángulo de declinación (véase figura 2.13 b).

Casi todos los montajes polares que se realizan en la actualidad son sólo una aproximación de una verdadera orientación polar. Consiste en una serie de arandelas suplementarias y palancas ajustables para mantener los errores de seguimiento lo más reducidos posible.

Existen varios tipos de soportes para antenas parabólicas:

- Soportes fijos.
- Soportes móviles.

### Soporte Fijo

La figura 2.14 muestra un soporte para antena parabólica, colocado sobre mástil y con apuntamiento acimut-elevación.

Las partes principales de este soporte son (véase figura 2.14): brazo articulación (1), conjunto fijación polar (2), brida soporte elevación (3) y tornillo elevación (4).

Para la orientación de esta antena bastará primero con girar el conjunto de fijación polar a derecha u Oeste, hasta que el plato quede orientado con el acimut correcto. Luego se actúa sobre el tornillo de elevación de forma que el plato quede perfectamente orientado hacia el satélite que se desea recibir.

Mediante unos tornillos y tuercas se fija la posición, de forma que el plato no sufra desviación alguna debida a la acción del viento.

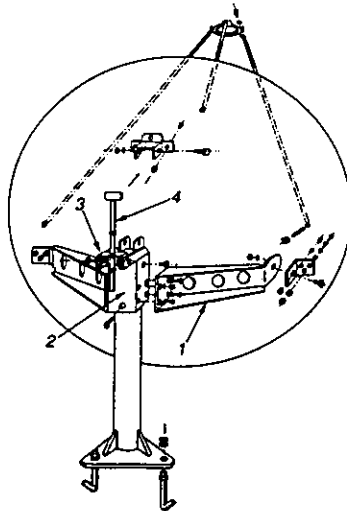


Figura 2.14

### Soporte Móvil

En esta lámina se ha dibujado una antena parabólica con soporte móvil (apuntamiento polar).

La orientación de esta antena se efectúa mediante un actuador (1 de la figura 2.15) que se acciona desde el interior de la vivienda. También puede efectuarse un apuntamiento manual de la antena si ésta es de pequeñas dimensiones, mientras que en las grandes dimensiones resulta prácticamente imposible debido al peso del plato.

El actuador, también denominado tracker, consiste en un motor eléctrico que hace girar un tornillo sinfín que, a su vez, prolonga un brazo telescópico. Este actuador se fija, por un lado, al soporte del mástil mediante un anclaje (5) y, por otro, al soporte transversal (2) mediante otro anclaje (6) (véase figura 2.15).

Al aumentar o disminuir la longitud del brazo telescópico del actuador empuja o tira del soporte transversal (2), unido a la antena, obteniéndose así el giro del plato de Este a Oeste, y viceversa.

El soporte transversal está unido en su centro con una barra (3) que coincide con el eje de giro de la antena parabólica, y que se fija en el otro extremo a una pieza (7), con la que se ajusta el ángulo de compensación. Esta pieza está unida a la parábola mediante la pieza (4). Finalmente, el anillo de elevación (8) es el que modifica la elevación de la parábola al girar el eje (3).

Se trata, pues, de un ingenioso sistema que permite modificar la elevación de la antena simultáneamente con la modificación del acimut a partir del movimiento lineal de la barra telescópica del actuador.

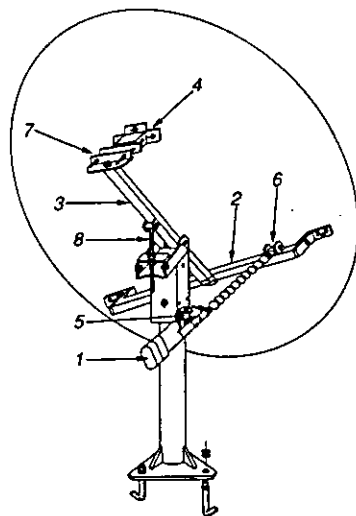


Figura 2.15

### **Unidad Exterior. Partes Constituyentes de la Unidad Exterior**

La unidad exterior es el dispositivo que se instala en el foco del reflector parabólico, sujeto por un porta alimentador, y cuya finalidad es recoger la señal reflejada por la parábola y convertirla en una frecuencia intermedia.

La unidad exterior puede dividirse en dos partes bien diferenciadas:

- a) El alimentador o iluminador.
- b) El LNB (del inglés, low noise block) o bloque de bajo ruido.

El alimentador es el encargado de recoger la débil señal captada y reflejada hacia él por el plato de la antena parabólica, y guiarla adecuadamente hacia el LNB. Está formado por los siguientes elementos:

- El alimentador, iluminador o bocina.
- La guía de ondas.
- La sonda o antena.
- El polarizador.

Advertimos que muchos autores y profesionales denominan alimentador a la bocina de la unidad exterior.

El LNB se encarga de amplificar la señal que le suministra el alimentador y convertirla a una frecuencia más baja, denominada frecuencia intermedia (FI), que pueda ser transportada por cables coaxiales hacia el receptor o unidad interior.

Las partes constituyentes de un LNB son:

- El amplificador de bajo ruido.
- El convertor a FI.

En la figura 2.16 a, hemos dibujado una unidad exterior, que incluye sus dos partes constituyentes, y en la figura 2.16 b, el diagrama de bloques del conjunto.

A continuación describiremos por separado las formas constructivas y características de cada uno de estos elementos de la unidad exterior.

### **Alimentador o Iluminador**

Hemos señalado en relación con la lámina 2.17 que el alimentador, también denominado iluminador, tiene por finalidad recoger toda la señal reflejada por la parábola. Existen diversos tipos de alimentadores, dependiendo de la forma del tipo de antena al que van destinados. Para las antenas de foco centrado los alimentadores más utilizados son los de tipo choke (figura 2.17 a), mientras que para las antenas offset se emplean alimentadores con bocinas cónicas lisas o corrugadas (figura 2.17b).

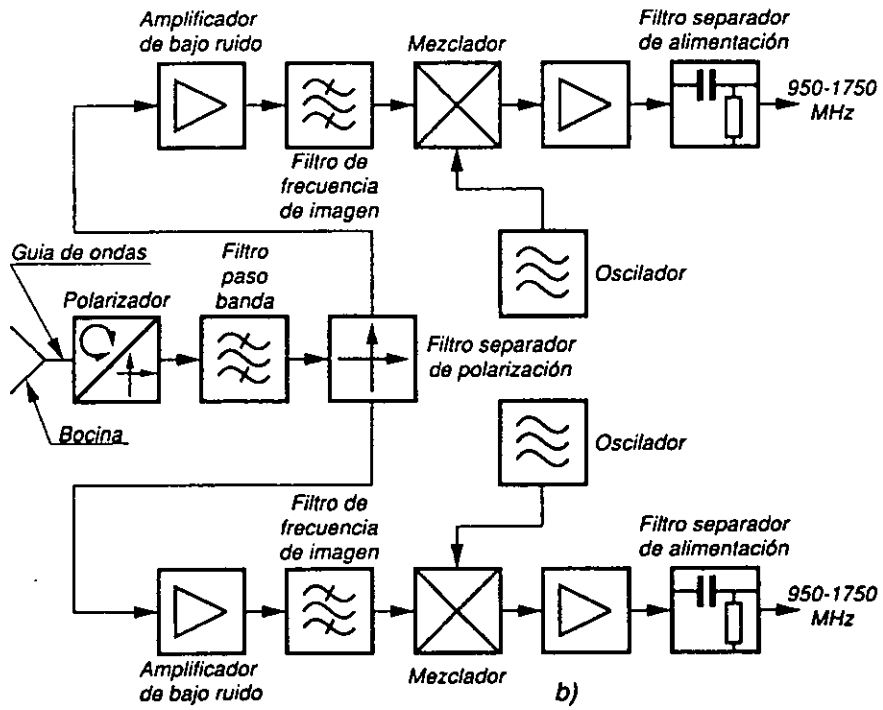
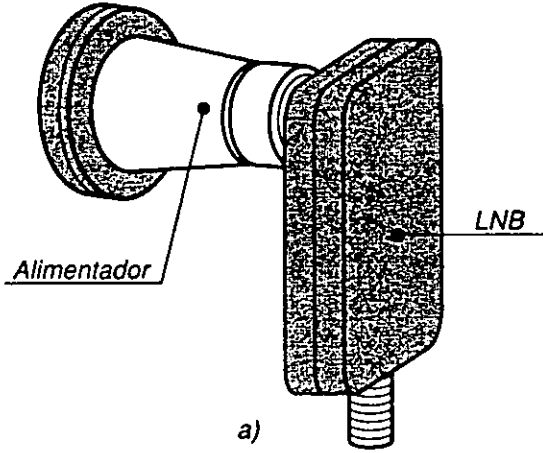


Figura 2.16

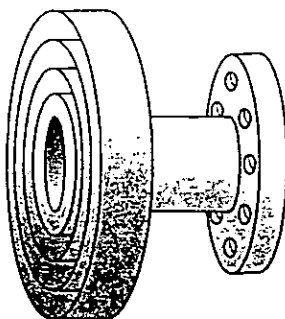


Los iluminadores choke poseen en su parte frontal, por donde entran las ondas reflejadas por el reflector, una serie de anillos concéntricos (véase figura 2.17 a), cuya finalidad es hacer que las ondas entren en la guía de ondas en forma de un frente con fase constante.

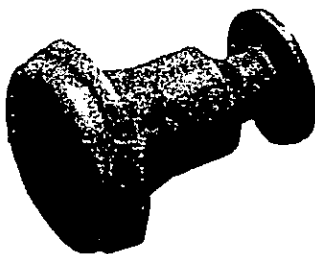
Es muy importante que el ángulo de abertura del iluminador cubra toda la parábola, con el fin de que recoja la máxima señal. Debe evitarse, no obstante, que reciba señales reflejadas por el borde del plato, pues ello provocaría una difracción de la señal (spillover).

Anteriormente definimos la relación  $f/D$  como el cociente entre la distancia focal y el diámetro del plato, y señalaremos que este cociente no debe ser inferior a 0,37 ni superior a 0,4. Pues bien, el iluminador debe ser adecuado a la relación  $f/D$  de la parábola para obtener el máximo rendimiento. Un mismo iluminador puede utilizarse con dos antenas de distinto diámetro e igual cociente  $f/D$ , pero no será adecuado para reflectores que, incluso teniendo el mismo diámetro, tengan distinta distancia focal.

Para finalizar diremos que la entrada del iluminador se protege con un material que impida la entrada de agua, polvo, insectos, etc., pero que no evite el paso de las ondas hacia la guía de ondas. La entrada del iluminador puede protegerse mediante una tapa de teflón.



a)



b)

**Figura 2.17**

## Guía de Ondas

La guía de ondas conduce la señal recogida por el alimentador hasta la sonda o antena. Se trata de conductores especiales que se utilizan en la técnica de las hiperfrecuencias (frecuencias superiores a 1 GHz), en la que no es adecuado el empleo de cables coaxiales debido a la elevada atenuación que éstos presentan con estas frecuencias.

Las guías de ondas se construyen de latón, cobre, plata, aluminio y otros materiales, en forma de tubo circular (figura 2.18 a) o rectangular (figura 2.18 b) y cuyas dimensiones dependen de la frecuencia que debe transmitir. Las paredes interiores de este tipo de conductores están finamente pulidas y plateadas.

En los iluminadores de las antenas parabólicas para recepción de señales de radiodifusión y televisión, las bocinas y las guías de onda forman una única pieza.

Los extremos de las guías de onda están provistos de sendas bridas atornillables. Las uniones son estancas al aire y a los campos eléctricos, puesto que una pequeña rendija en ellas ocasionaría radiaciones indeseables y, al mismo tiempo, perturbaría la propagación de las ondas en el conducto hueco.

Polvo y humedad tampoco deben poder introducirse en su interior, puesto que son causas de un aumento de la amortiguación.

El diagrama ilustra dos tipos de guías de ondas. La parte (a) muestra una guía de ondas circular, representada como un tubo hueco con una brida atornillada en uno de sus extremos. La parte (b) muestra una guía de ondas rectangular, también con bridas atornilladas en los extremos. Se indican las dimensiones de la guía rectangular: una altura de 1 cm y una anchura de 2 cm.

Figura 2.18

43

Dependiendo de su forma (circular o rectangular) y de su longitud, existe una frecuencia de corte por debajo de la cual ninguna onda puede transmitirse por el interior de la guía. La frecuencia de corte es inversamente proporcional a la longitud de la guía o, dicho de otro modo, la longitud de la guía de onda es directamente proporcional a la longitud de onda que por él debe circular.

### **Sonda o Antena**

La sonda o antena es la encargada de transformar las señales electromagnéticas que a ella llegan en una corriente eléctrica de alta frecuencia. Así pues, se trata de una antena dipolo.

La sonda está situada en el interior de la guía de ondas, a una distancia  $\lambda/4$  del fondo de la guía. Sacando la tapa de teflón que cubre la entrada del alimentador, es posible apreciar la existencia de la sonda o sondas cerca del final de la guía de ondas (figura 2.19 a.). La sonda aparece ante nuestra vista como una pequeña varilla situada cerca del fondo, y cuya posición dependerá de la polarización de la señal que se desea recibir (vertical para polarización vertical y horizontal para polarización horizontal).

La sonda consiste, simplemente, en un conductor aislado de la guía de ondas por un dieléctrico. Las corrientes inducidas en la sonda se transportan hasta el amplificador de bajo ruido mediante un microstrip (figura 2.19 b). El microstrip, o guía de ondas de cinta, consiste en una línea formada por dos conductores de cobre planos y paralelos, con sus caras enfrentadas a muy poca distancia y separadas por una lámina de material dieléctrico, como el teflón. Entre las superficies metálicas, y a través del dieléctrico, se propaga la onda electromagnética.

Una de las dos cintas, considerada el plato de tierra o masa, es generalmente de mayor superficie que otra, pudiendo incluso ser una superficie conductora de relativa gran extensión.

El circuito microstrip conduce la señal con unas pérdidas mínimas de energía. Se fabrica con materiales de elevada calidad y dimensiones muy estrictas. En la figura 2.19 c se ha dibujado un microstrip, con el punto de conexión de la sonda.

Como normalmente se desean recibir señales polarizadas vertical y horizontalmente, debe modificarse la posición de la sonda. No obstante, en instalaciones individuales se utilizan, en ocasiones, guías de ondas dotadas de dos sondas, una de ellas en posición vertical y la otra en posición horizontal, lo que permite la recepción de señales polarizadas vertical y horizontalmente, indistintamente. La selección de la polaridad se efectúa desde la unidad interior, a través del cable coaxial que lleva la señal desde la unidad exterior a la interior, aplicando una tensión de 13 V para la polarización vertical y de 18 V para la horizontal. Naturalmente, en el caso de utilizar un cambio de polarización de esta forma no será necesario utilizar un polarizador.

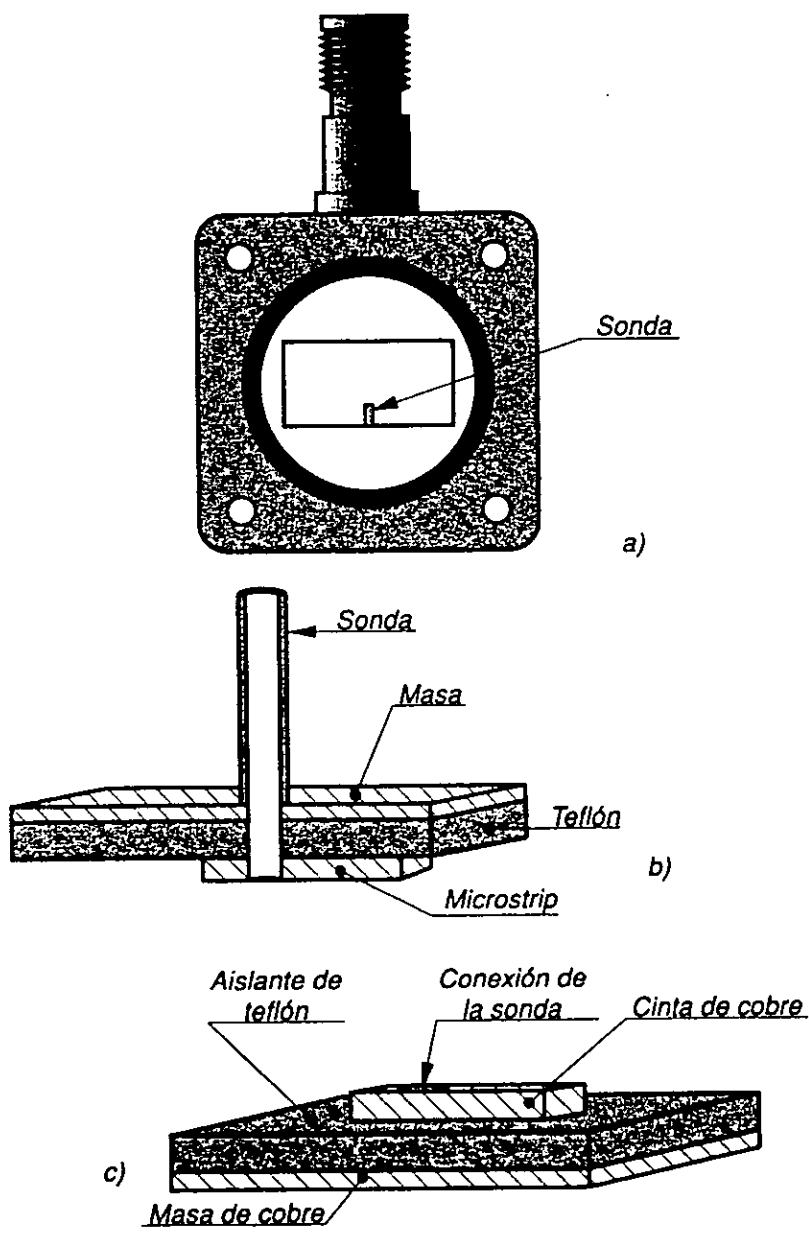


Figura 2.19

## **Polarizadores**

Como se sabe, las señales de satélite llegan a la antena parabólica con polarizaciones vertical y horizontal y, en los DBS, con polarización circular. Lo más usual, cuando se desea recibir todas las señales de uno o varios satélites, es que éstas estén polarizadas de forma diferente. Para ello se utilizan polarizadores, cuya misión es separar las emisiones con polaridad vertical de la horizontal.

Los polarizadores se sitúan entre el iluminador y el LNB. En el caso de polarización circular, forman parte del propio alimentador.

Según la clase de polarización, los polarizadores se dividen en polarizadores de polarización lineal y en polarizadores de polarización circular.

Los de polarización lineal se dividen a su vez en:

- Polarizador ortomodo.
- Polarizador discriminador o polarroto.

El polarizador ortomodo se utiliza para la recepción simultánea de dos polaridades lineales (vertical y horizontal) con una sola antena parabólica. Está diseñado especialmente para instalaciones colectivas, donde lo normal es que los usuarios deseen ver, a la misma hora, emisiones distintas que no siempre coinciden en polarización y que son captadas por una misma antena.

El polarizador discriminador está ideado para instalaciones individuales, y con él se selecciona la polarización desde el propio receptor situado en el interior de la vivienda.

Veamos como funcionan estos polarizadores. Recordemos que la polarización de una onda electromagnética está determinada por la dirección del vector campo eléctrico. Todos los satélites, con excepción de los DBS, emiten unos canales en polarización vertical y otros en horizontal. Para cambiar la polarización no resulta cómodo subir cada vez al tejado del edificio y modificar manualmente, en 90°, la posición de la unidad exterior, por lo que se recurre a la utilización de polarizadores.

### **Polarizador Ortomodo**

En la figura 2.20 a se ha dibujado un polarizador ortomodo, mediante el cual se obtienen, en una de sus salidas, las señales con polarización vertical y, en la otra, las de polarización horizontal, a partir de una sola entrada. Consiste en una doble guía de onda, que separa las dos polarizaciones.

El desacoplamiento entre salidas de este tipo de polarizador es mayor de 35dB, es decir, que en cada una las salidas se obtiene la señal de la otra con un nivel 35dB más bajo.

Su fabricación debe realizarse con sumo esmero para obtener la mínima atenuación de inserción, que puede alcanzar 0,5dB para algunas frecuencias.

Al adquirir un ortomodo debe prestarse especial atención a las dimensiones de sus bocas, pues existen múltiples normas y puede ocurrir que no se adapten bien al iluminador que le precede o al LNB que le sigue.

Como resulta lógico, cuando se utiliza un polarizador ortomodo se debe disponer de dos LNB, uno para cada salida del polarizador, como se muestra en la figura 2.20b. Uno de los LNB amplificará y efectuará la conversión de frecuencias correspondientes a las señales con polarización vertical, mientras que el otro hará lo mismo con las señales con polarización horizontal. Como consecuencia, se requieren dos cables de bajada.

Los polarizadores ortomodos resultan eficaces tanto para instalaciones individuales como colectivas, puesto que con él se obtienen simultáneamente todas las señales emitidas por el satélite al que se orienta la antena.

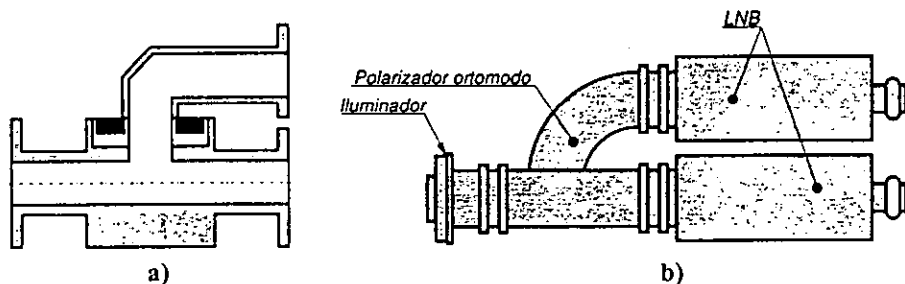


Figura 2.20

### Polarizador Polarrotor

El polarizador polarrotor, también denominado discriminador, se utiliza asimismo cuando se desea recibir señales con distinta polarización, pero, a diferencia del polarizador ortomodo, no es posible obtener las señales con distinta polarización al mismo tiempo, por lo que no es válido para instalaciones de antenas colectivas.

La principal ventaja de este tipo de polarizador es que requiere un solo LNB, por lo que el costo de la unidad exterior es menor, aunque su diseño es más complejo y, por tanto, está sujeto a más averías.

Como su propio nombre indica, consiste en un mecanismo accionado por un pequeño motor eléctrico que hace girar 90° todo el conjunto de la unidad exterior, o bien una lámina polarizadora del iluminador que va dispuesta en el interior de la guía de ondas.

Existen dos tipos de polarrotos:

- El polarrotor magnético (figura 2.21. b).
- El polarrotor mecánico (figura 2.21 c).

El polarrotor magnético (figura 2.21 b) consiste en un solenoide con núcleo de ferrita. Cuando por las espiras del solenoide circula una corriente eléctrica, la ferrita se magnetiza haciendo girar  $90^\circ$  la polarización de las ondas. Sus ventajas en relación con el mecánico residen en que no presenta ningún tipo de avería o de desgaste ni introduce ruido en el sistema. Como inconveniente cabe citar que el desacoplamiento de polarizaciones no es tan efectivo como el del polarrotor mecánico.

El polarrotor mecánico (figura 2.21 c) consiste en una lámina de material aislante (normalmente teflón), que está situada en el interior de la guía de ondas.

Esta lámina produce un desfase entre los campos eléctricos y magnéticos de las ondas, cambiando con ello el sentido de la polarización. Para obtener el cambio de polarización, la lámina aislante cambia de posición (vertical u horizontal) mediante un pequeño motor eléctrico. Presenta los inconvenientes de producir ruidos en radiofrecuencia (cuando el motor gira) y de estar más expuestos a averías.

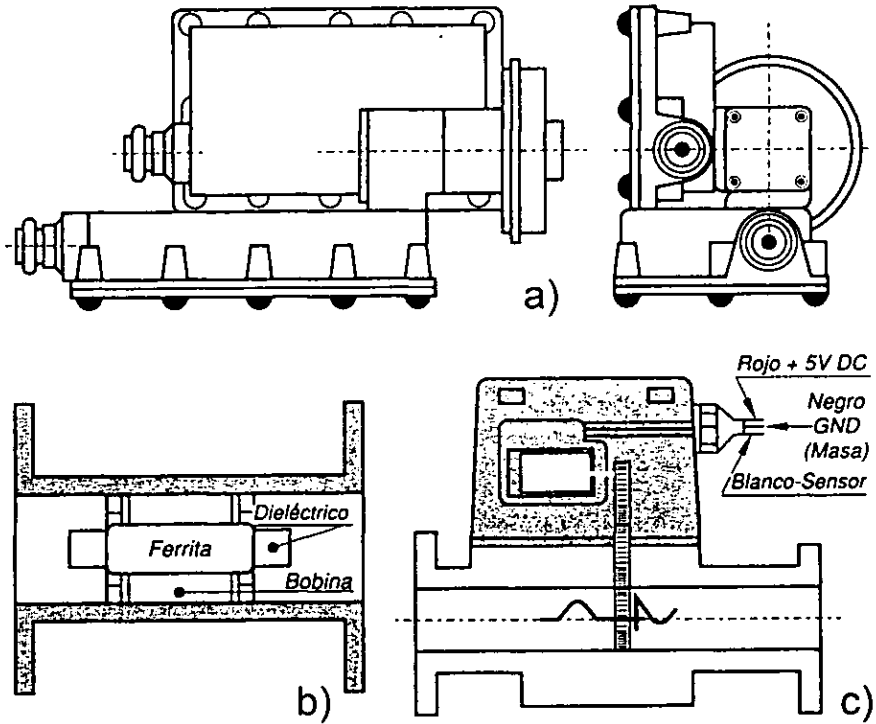


Figura 2.21

Tanto el polarrotor magnético como el mecánico se gobiernan desde la unidad interior, a través de una tensión eléctrica continua de 5 V.

Al disponer un polarizador debe tenerse presente que sea adecuado a las frecuencias que se desean recibir y, además, sus pérdidas de inserción y su aislamiento V/H.

Las pérdidas de inserción, como su nombre indica, hacen referencia a la pérdida en el nivel de señal que el polarizador provoca al ser insertado en la unidad exterior. Se mide en decibelios y suele ser bastante baja (alrededor de 0,5dB).

El aislamiento V/H es el dato que nos indica qué diferencia de nivel de señal existe entre una polarización y otra. Se mide en decibelios y debe ser lo más alta posible. A título informativo diremos que los polarizadores ortomodo presentan mejor aislamiento V/H que los polarrotadores, alcanzando valores que superan los 30dB.

Cuando se usan polarrotadores, la alineación de estos cuando el ángulo de rotación es de  $270^\circ$  se realiza centrándolo correctamente. Algunos de estos solo tienen un movimiento de  $180^\circ$  en los cuales se tiene que tener más cuidado en su alineación. Si los límites mecánicos no rebasan la orientación de las señales de polarización horizontal o vertical, es probable que no tenga una buena alineación y que la señal no se reciba adecuadamente, además de que el motor se puede forzar al intentar encontrar la posición correcta. Para resolver esto se puede inclinar el polarrotor para tener un buen rango de movimiento y se puedan cubrir las dos polaridades como se muestra en la (figura 2.22). Para las señales de polarización lineal, el motor debe estar centrado entre las direcciones de las dos polaridades.

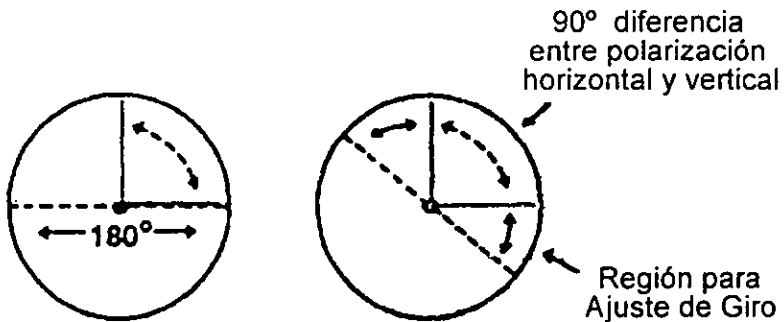


Figura 2.22



### Polarizador Circular

En el caso de la recepción de señales de satélites DBS, con polarización circular, y debido a la simetría eléctrica de estas transmisiones, es indistinta la posición que tome el iluminador con respecto a la antena parabólica.

En el caso de señales polarizadas circularmente (tanto a derecha como a izquierda), la discriminación se efectúa por medio de una lámina de material aislante (normalmente teflón), dispuesta en el propio alimentador.

En la figura 2.23 se muestran un corte en sección y una vista frontal de un iluminador dotado de una lámina polarizadora de teflón. La posición de la lámina determina la discriminación entre polarización circular a izquierda y a derecha.

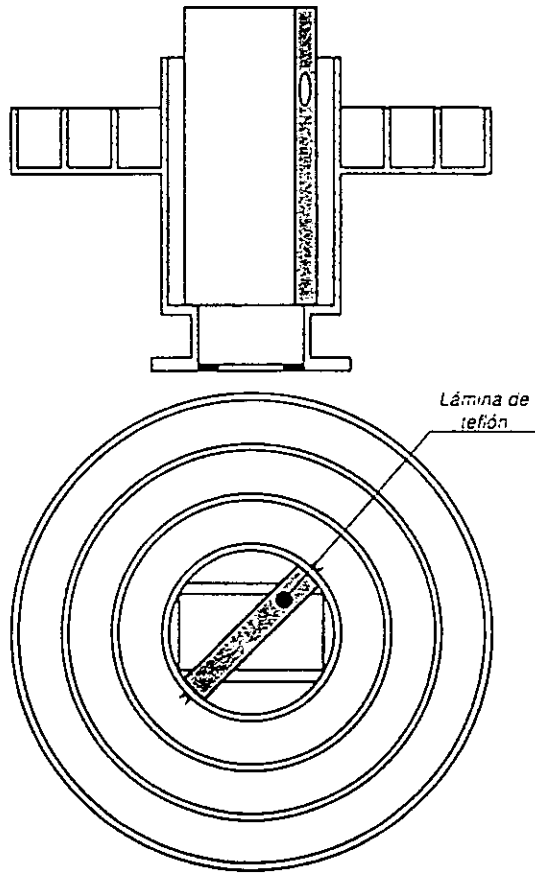


Figura 2.23

## EL LNB

El LNB (low noise block) o bloque de bajo ruido, consiste en un circuito eléctrico, encerrado en una caja herméticamente sellada, en la cual se llevan a cabo la amplificación y la conversión a una frecuencia más baja de las débiles señales captadas por el reflector parabólico.

En la actualidad se fabrican LNB con ganancias que superan los 50dB y factores de ruido por debajo de 1,5dB.

La entrada del LNB se conecta al polarizador, y su salida, mediante un conector tipo F y cable coaxial de bajas pérdidas, a la unidad interior.

Dado que el LNB forma parte de la unidad exterior y, por tanto sufre las inclemencias meteorológicas, debe presentarse especial atención a su perfecto aislamiento para evitar la entrada de humedad y agua de lluvia, hasta tal punto que resulta aconsejable sellar mediante silicona o cinta aislante autovulcanizable la conexión del cable coaxial a la salida del LNB

Las partes constituyentes de un LNB son:

- El preamplificador de bajo ruido o LNA (low noise amplifier).
- El filtro de frecuencia imagen.
- El conversor, formado, como cualquier otro circuito electrónico de esta clase, por una etapa mezcladora y un oscilador local.
- El amplificador de FI.

A continuación describiremos las particularidades de cada una de estas etapas del LNB.

### Amplificador de Bajo Ruido (LNA)

El amplificador de bajo ruido, o LNA, tiene por misión amplificar la débil señal de radiofrecuencia captada por la sonda.

Este circuito determina, en gran medida, el nivel de ruido del convertidor.

Efectivamente, en todo circuito amplificador de varias etapas (p.ej., tres) la ganancia total está determinada por la expresión.

$$G_T = G_1 \cdot G_2 \cdot G_3$$

donde  $G_T$  es la ganancia total del circuito, y  $G_n$  es la ganancia parcial de cada etapa.

En el caso de un LNB se tienen tres etapas amplificadoras sucesivas; la primera es el amplificador de bajo ruido, la segunda es la etapa mezcladora (atenuación, para ser exactos) y la tercera es el amplificador de FI. Cada una de estas etapas posee su propio factor de ruido  $F$ , que denominaremos  $F_{LNA}$ ,  $F_M$  y  $F_{FI}$ , respectivamente.

El ruido total del LNB  $F_{LNB}$  se determina mediante la fórmula:

$$F_{LNB} = F_{LNA} + \frac{F_M - 1}{G_{LNA}} + \frac{F_{FI} - 1}{G_{LNA} \cdot G_M}$$

Donde:

$G_{LNA}$  es la ganancia del amplificador de bajo ruido

$G_M$  es la ganancia (atenuación) del mezclador.

De esta expresión se deduce que el factor de ruido de cada etapa influyente en el ruido propio dividido por la amplificación de las etapas precedentes. De acuerdo con esta afirmación, la etapa preamplificadora es la que proporciona mayor nivel de ruido al conjunto, puesto que, al no estar precedida de amplificador alguno, su ruido propio  $F_{LNA}$  no se divide por ganancia alguna.

El ruido que aporta al LNB el amplificador de FI es, sin embargo, mínimo, puesto que su ruido propio queda dividido por el producto de las ganancias de las dos etapas que le preceden.

De estos cálculos se deduce la necesidad de diseñar etapas preamplificadoras que añadan a la señal un ruido muy bajo, por debajo de los 2dB. Para obtener etapas preamplificadoras con bajo nivel de ruido se utilizan preferentemente transistores de efecto de campo de arseniuro de galio (GaAs-FET).

El circuito se realiza en técnica microstrip, al igual que la sonda, con el teflón o la cerámica como material base, pues los materiales epóxidos convencionales presentan elevadas pérdidas a las altas frecuencias con las que se trabaja.

La ganancia del amplificador es de, aproximadamente, 10dB.

### Filtro de Frecuencia Imagen

En el heterodínaje se mezcla la portadora de la señal sintonizada con una frecuencia generada en un oscilador local, mezcla que da origen a una frecuencia intermedia (FI).

Pero existen otras frecuencias portadoras de señales indeseadas capaces de producir la FI al mezclarse con la del oscilador local. Estas frecuencias se denominan imagen, y designan la simetría de las frecuencias de señal y de imagen con respecto a la frecuencia del oscilador local o la frecuencia intermedia (la más alta de las dos).

Así pues, para evitar interferencias entre las bandas DBS y su imagen, es importante proceder a eliminar estas últimas frecuencias mediante un filtro de frecuencia imagen. Este filtro se dispone, lógicamente, antes del convertor, con el fin de que a la entrada de este último sólo encontremos las frecuencias de las bandas DBS.

## Conversor

En esta parte de la unidad exterior se convierte la frecuencia captada por la antena en una frecuencia de valor más bajo, y que recibe el nombre de FI.

El conversor es necesario para poder transportar la señal mediante cable coaxial hacia la unidad interior. Es un circuito típico formado por un oscilador local y una etapa mezcladora.

Es importante que la frecuencia generada en este oscilador sea muy estable ante cambios de temperatura, que suelen delimitarse entre  $-40$  y  $60^{\circ}\text{C}$ . Para esto se utiliza un resonador dieléctrico, también denominado DRO (dielectrical resonant oscillator). El DRO consiste de un compuesto de titanio y bario, que cumple la misma función que los típicos cristales de cuarzo, con la diferencia de que trabajan con frecuencias mucho más altas, del orden de los gigaherzios, y que además son mucho más estables ante cambios de temperatura.

Así pues, como ya se ha indicado, las frecuencias de la banda sintonizada se mezclan con la del oscilador local, de valor muy estable, dando como resultado una frecuencia intermedia (FI) cuyo valor es resultado de la diferencia entre ambas frecuencias.

Generalmente, la frecuencia intermedia que se emplea es de 70 MHz, pero si las señales que se desean demodular ocupan un ancho de banda muy grande, por ejemplo 72 MHz, entonces se bajan a una frecuencia intermedia de 140 MHz. Esta frecuencia también puede ser de 950 MHz a 1,750 MHz (esta frecuencia puede llegar a ser de hasta 2,050 MHz) dependiendo del sistema.

Los conversores con dos frecuencias del oscilador local se denominan globales, ya que con ellos es posible la recepción de todas las bandas en que se subdivide la banda de transmisión del satélite.

El factor de ruido de los conversores utilizados en los LNB suele ser inferior a 4dB, lo cual no influye demasiado en el factor de ruido final del LNB puesto que, como ya se ha explicado, queda dividido por la ganancia de la etapa preamplificadora.

Vemos, pues, que con el conversor se obtiene siempre una FI con un rango de frecuencias mucho menor. Estas señales de FI pueden ser enviadas sin ninguna dificultad hacia la unidad interior mediante el cable coaxial adecuado (de baja atenuación), tras una nueva amplificación y adaptación de impedancia a  $75\Omega$ , puesto que la impedancia de las etapas anteriores es de  $50\Omega$ .

Para finalizar diremos que el amplificador y conversor de la unidad exterior requieren una tensión de alimentación para su correcto funcionamiento, lo cual oscila, según modelos, entre 12 y 24 V. Es preciso suministrar al circuito la tensión correcta y obtener así un buen funcionamiento de la unidad.

## **Amplificador de FI**

El amplificador de FI es la última etapa de la unidad exterior. Como su nombre indica, tiene la finalidad de amplificar la FI obtenida a la salida del conversor, dado que el nivel de ésta es muy bajo.

Dado que ahora se trabaja con frecuencias más bajas, suelen utilizarse transistores bipolares para el diseño de esta etapa.

La ganancia de estos amplificadores oscila entre 30 y 40dB, que sumados a los 10dB que antes hemos citado para la etapa preamplificadora, dan un total de 40 a 50dB de ganancia total para el LNB, despreciando la atenuación que el conversor y el filtro de frecuencia imagen introducen en la señal.

El factor de ruido del amplificador de FI suele ser menor de 2dB, valor éste que influye muy poco en el factor de ruido total del LNB por los motivos señalados en líneas anteriores.

## **Unidad Interior**

Las unidades interiores para la recepción de las señales de televisión vía satélite, son los equipos que, dispuestos en el interior de las viviendas, procesan las señales de FI obtenidas del conversor de la unidad exterior y proporcionan una señal de radio frecuencia modulada en amplitud por la señal de vídeo y en frecuencia por la de audio, en la banda de UHF, para ser aplicada a un receptor de televisión como si de cualquier canal de televisión en UHF se tratara.

## **Funcionamiento de una Unidad Interior**

Debido a que, lo que se obtiene a la salida de la unidad exterior son canales de televisión, los cuales poseen unas frecuencias portadoras más elevadas que las que puede sintonizar un televisor normal en las bandas VHF y UHF. Es preciso, por tanto, que un circuito electrónico convierta estas frecuencias en otras de UHF sintonizables por el receptor de televisión. Este circuito es lo que se denomina unidad interior para recepción de señales vía satélite. En la ilustración de la figura 2.24 puede verse el esquema de bloques de un receptor típico para la recepción de este tipo de emisiones. El funcionamiento del equipo es como sigue:

La primera operación es amplificar la señal de FI procedente de la unidad exterior, en primer lugar porque es una señal muy débil que, además, habrá sufrido cierta atenuación a su paso por los conectores y cable coaxial que unen la unidad exterior con la interior.

A continuación, todas las frecuencias de la FI pasan por un filtro paso banda. En este filtro se eliminan todas las señales de frecuencias superiores (según el tipo de receptor), y las que se encuentran por debajo de la FI. Con ello evitamos que hacia los restantes circuitos del receptor pasen señales indeseables que puedan afectar la recepción.

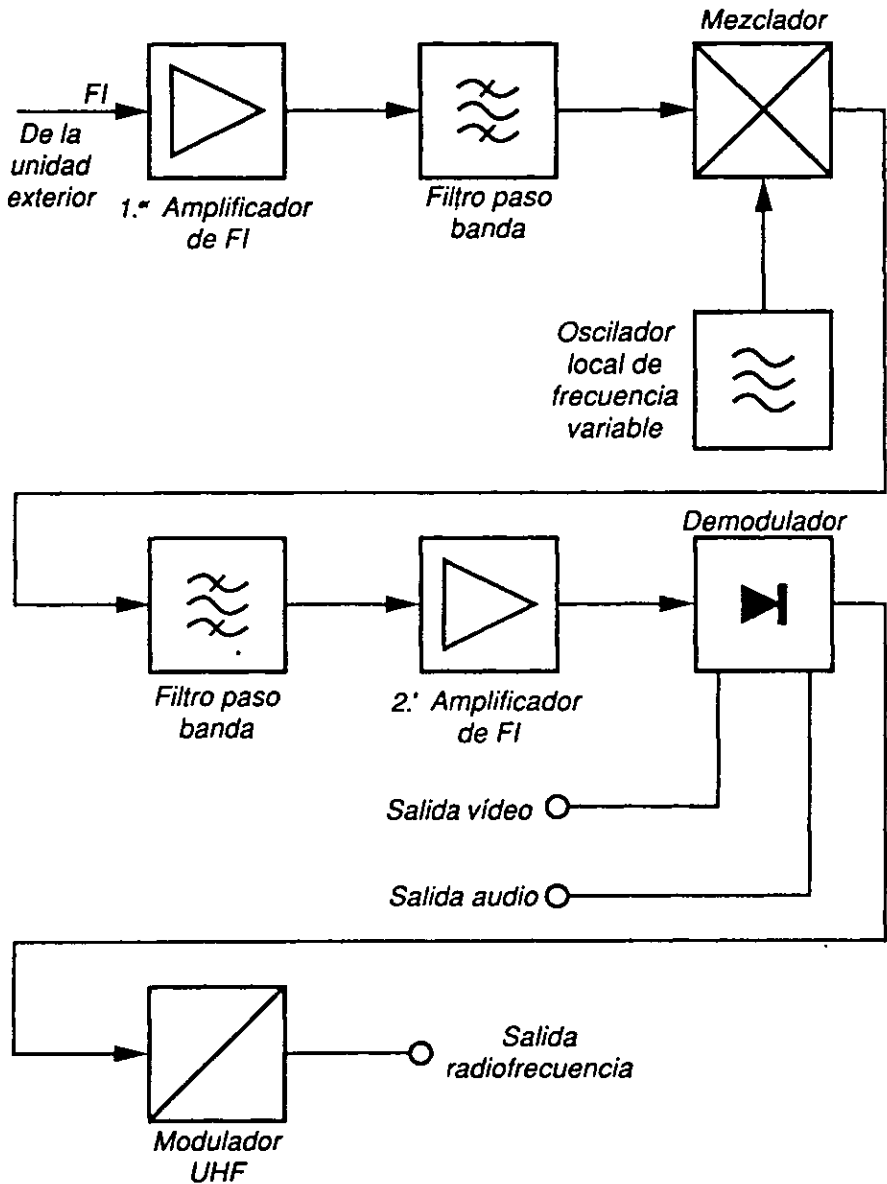


Figura 2.24

El siguiente paso consiste en la obtención de una segunda FI y, al mismo tiempo, la sintonización del canal de televisión que deseamos captar. Para ello se dispone un conversor formado por un mezclador y un oscilador local de frecuencia variable.

Se trata de un circuito muy similar a los utilizados en los receptores de radio y televisión, en los cuales se obtiene una FI de valor fijo a partir de las frecuencias sintonizadas y del oscilador local, el cual debe ser variable para obtener la FI de valor fijo.

Efectivamente, supongamos que en el receptor se utilice como 2.<sup>a</sup> FI una frecuencia de 479,5 MHz. Este valor de 2.<sup>a</sup> FI deberá ser constante sea cual fuere la frecuencia del canal sintonizado, por lo que para ello el oscilador local debe modificar su frecuencia de oscilación, lo cual lo diferencia del oscilador local de la unidad exterior, cuya frecuencia era de valor fijo y muy estable. De lo expuesto se deduce que, gracias a estos circuitos:

- 1.- Obtenemos una 2.<sup>a</sup> FI de valor fijo sea cual fuere el canal sintonizado, y que, sin embargo, lleva toda la información de vídeo y audio de este canal.
- 2.- Aunque la 2.<sup>a</sup> FI posea un valor fijo, la información que lleva es diferente según el canal sintonizado.

Cuando cambiamos de canal, lo que hacemos es modificar la frecuencia del oscilador local, la cual, al mezclarse con todas las frecuencias de la FI procedentes de la unidad exterior, da origen a toda una gama de frecuencias (una para cada canal), de las cuales sólo nos interesa la frecuencia de la 2.<sup>a</sup> FI.

Para seleccionar la 2.<sup>a</sup> FI nos bastará con disponer de un filtro paso banda o filtro de FI, sintonizado a esta frecuencia, que rechaza todas las frecuencias de entrada menos la de FI y su ancho de banda, evitando así que pasen hacia las etapas siguientes las señales de todos los canales por encima y por debajo del sintonizado.

Se pasa ahora a una amplificación de la 2.<sup>a</sup> FI, que nos permita una demodulación cómoda de las señales de vídeo y audio en el demodulador que le sigue. En el demodulador obtenemos, como acabamos de decir, las señales de vídeo y audio del canal sintonizado. Estas dos señales ya pueden aplicarse a un receptor de televisión. Para ello se aplican las señales de audio y vídeo obtenidas a la salida del demodulador a un modulador. En este circuito se modula una portadora de radiofrecuencia de cualquier canal libre de VHF o UHF, con las señales de audio y vídeo, exactamente igual que en una emisora de televisión. Como consecuencia, si esta señal se aplica a la entrada de antena de un receptor de televisión y éste se sintoniza en el mismo canal que el modulador, a partir de ese punto la señal será tratada por el circuito del televisor como cualquier señal de televisión terrestre.

En la practica, la unidad interior es algo más compleja, ya que lo más usual es que lleve otros circuitos, como memorias de canal, control mediante mando a distancia, sonido estéreo, etc.

## CAPITULO III

### ORIENTACIÓN DE ANTENAS PARABOLICAS

En esta parte se abordará la orientación de las antenas parabólicas, tanto de las de tipo elevación-acimut como de las polares.

Recuerde que es imprescindible que desde el punto donde se instale la antena se «vea» el satélite, es decir, que entre ésta y el satélite no exista obstáculo alguno, como paredes, árboles, montañas, etc.

Asimismo el mástil de la antena debe estar perfectamente vertical sobre el terreno, ya que cualquier inclinación, por pequeña que sea, modificará su ángulo de orientación hacia el espacio.

#### **Elevación y Acimut**

Para la orientación de una antena parabólica deben tenerse en cuenta su elevación y acimut (véase ilustración de figura 3.1), que son las dos coordenadas utilizadas para localizar el satélite.

Se conoce como elevación el ángulo que forma el eje de la parábola con respecto al suelo. Como el eje de la parábola debe estar apuntando hacia el satélite, situado en la órbita de Clarke, podemos decir que el ángulo de elevación está formado por los lados «satélite-antena» y «antena-suelo».

Una vez orientada la antena hacia la órbita geoestacionaria, u órbita de Clarke, se debe localizar el satélite cuyas señales se desean captar. Esto se consigue moviendo la parábola a derecha o izquierda (Este u Oeste).

Localizado el satélite, el ángulo que forma la proyección del eje de la parábola sobre el suelo con respecto al Sur se denomina acimut. Advertimos que esta definición de acimut es válida para las antenas parabólicas situadas en el hemisferio Norte, puesto que para las situadas en el hemisferio Sur el acimut es el ángulo que forma la proyección de la parábola sobre el suelo con respecto al Norte, ya que en este hemisferio, para orientar las parábolas hacia la órbita geoestacionaria, deberán mirar hacia el Norte geográfico.

Nosotros, en lo que sigue, consideraremos siempre la antena situada en el hemisferio Norte, por lo que el punto de referencia para determinar el acimut será el polo Sur. Como el punto de referencia es el sur, y la antena se puede orientar hacia el Este o hacia el Oeste, podemos distinguir entre:

- Acimut cero. Cuando la parábola está orientada exactamente hacia el Sur.
- Acimut positivo. Cuando la parábola esta orientada con un cierto ángulo hacia el Este.



- Acimut negativo. Cuando la parábola está orientada con un cierto ángulo hacia el Oeste.  
En la figura 3.1 puede verse todo lo expuesto.

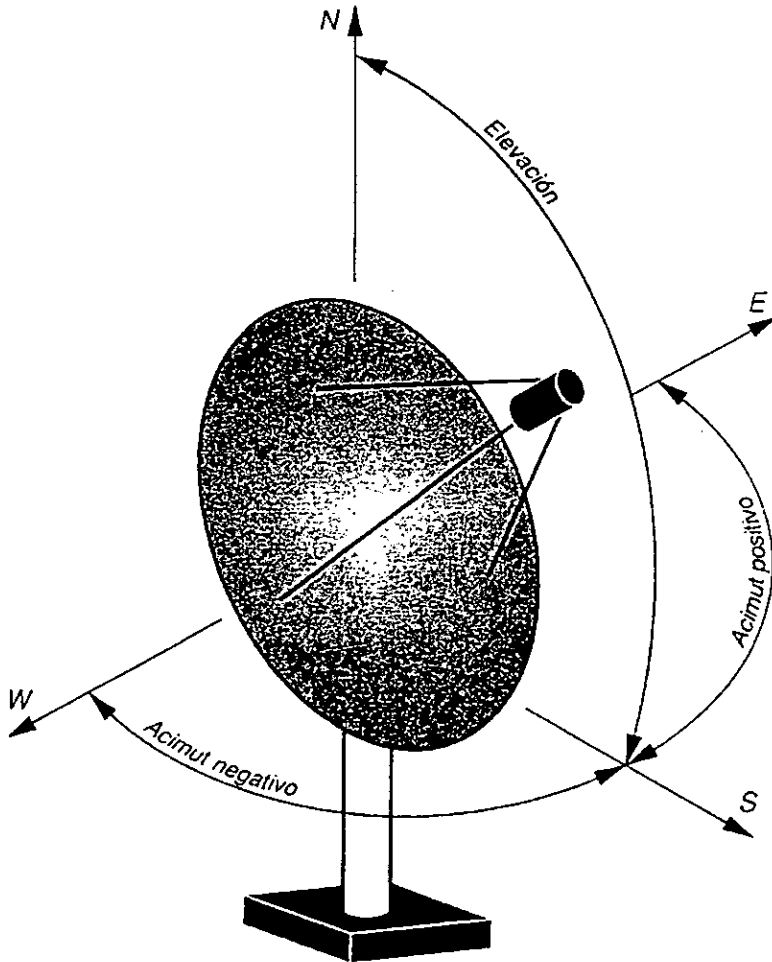


Figura 3.1

### Medida de la Elevación y del Acimut

Para la medida de la elevación se utiliza el inclinómetro, mientras que para la medida del acimut se emplea la brújula.

Como la aguja del inclinómetro siempre señala hacia el suelo (hace de plomada), mientras que la graduación es fija, resulta evidente que al inclinar más o menos la parábola (varia su elevación) el inclinómetro quedara más o menos inclinado y su aguja nos señalara el ángulo de inclinación.

Hemos dicho que para el correcto apuntamiento de una antena parabólica hacia un satélite geoestacionario debemos orientarla en elevación y en acimut. Necesitamos, por lo tanto, conocer el valor de estos dos ángulos.

Para determinar los ángulos de elevación y acimut es necesario conocer:

- 1.- Longitud ( $\phi_T$ ) y latitud ( $\Theta$ ) del lugar en donde se instala la antena.
- 2.- Longitud ( $\phi_S$ ) del satélite deseado.

Recordemos que la latitud de un punto geográfico es su elevación con respecto al ecuador de la Tierra, mientras que longitud es el acimut con respecto al meridiano cero o meridiano de Greenwich. En cuanto a la longitud del satélite, la proporcionan los organismos explotadores

### Calculo de la Elevación de una Antena Parabólica

Para determinar la elevación que se le debe de dar a la antena parabólica, la primera operación consiste en calcular la diferencia en grados existentes entre la longitud del punto geográfico donde se instala la antena  $\phi_T$  y la del satélite  $\phi_S$ . Esta diferencia ( $\Delta\phi$ ) se obtiene de la siguiente relación:

$$\Delta\phi = \phi_T - \phi_S$$

Aquí se debe tener especial cuidado con los valores de las longitudes de la antena y del satélite, puesto que al estar referenciadas con respecto al Sur geográfico pueden ser negativas o positivas.

Si las longitudes son Este (E), se consideran positivas, mientras que si son Oeste (W) se consideran negativas.

Para evitar errores de cálculo resulta sumamente eficaz utilizar la fórmula anterior con los valores entre paréntesis.

$$\Delta\phi = (\phi_T) - (\phi_S)$$

Con lo que se evita cualquier error de signo. Con este dato ya podemos efectuar el cálculo de la elevación e de la antena.

La elevación  $e$  de la antena se determina mediante la fórmula:

$$e = \text{arc tg} \frac{\cos\Theta \cdot \cos \Delta\phi - 0,15127}{\text{sen}[\text{arc cos} (\cos\Theta \cos\Delta\phi)]}$$

En esta última fórmula el valor 0,15127 es la relación entre el radio de la Tierra y el de la órbita geoestacionaria.

Al cambiar de satélite no solo deberá modificarse el acimut, sino también la elevación debido a que los satélites tienen diferente posición en la órbita geoestacionaria.

### Calculo del acimut de la antena

Una vez determinada la elevación de la antena se procederá a orientarla en acimut hacia el satélite que deseamos recibir. A este respecto debemos decir que si el cálculo de la elevación se ha hecho con precisión, no es necesario calcular el acimut, pues bastara con girar lentamente la antena de Este a Oeste para captar las señales del satélite en una posición determinada de ella.

No obstante, es conveniente efectuar un cálculo del acimut ( $\alpha$ ) mediante la fórmula:

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\text{Tg}\Delta\phi}{\text{sen}\Theta}$$

El resultado de esta fórmula nos dará el valor del acimut referido al Sur. Si lo deseamos referido al Norte, bastará con sumar al resultado  $180^\circ$ , es decir:

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{\text{tg}\Delta\phi}{\text{sen}\Theta} + 180^\circ$$

Además de que se ha de compensar la declinación magnética del lugar.

### Ajuste del Acimut con la Declinación Magnética

Para la orientación de la antena parabólica se utiliza una brújula, pero se debe tener presente que el acimut calculado anteriormente, se refieren al Norte geográfico, el cual no coincide con el Norte magnético de la Tierra (figura 3.2 a). Como consecuencia, según la longitud y la latitud del lugar geográfico donde nos encontraremos, la brújula no señalará el Norte geográfico, sino que queda

desplazada cierto ángulo que debe compensarse. Este ángulo recibe el nombre de declinación magnética (figura 3.2 b).

Por otra parte, el polo norte magnético se desplaza continuamente de su posición, aunque sea pequeña, lo que supone que esa diferencia angular entre el polo Norte magnético y el polo Norte geográfico, es decir, la declinación magnética, no es un valor fijo y, para conocerlo con precisión deberán consultarse las tablas o mapas con las curvas de declinación magnética que se publican periódicamente.

El valor de la declinación magnética del lugar donde se instale la antena se deberá sumar al acimut obtenido por calculo o por tablas

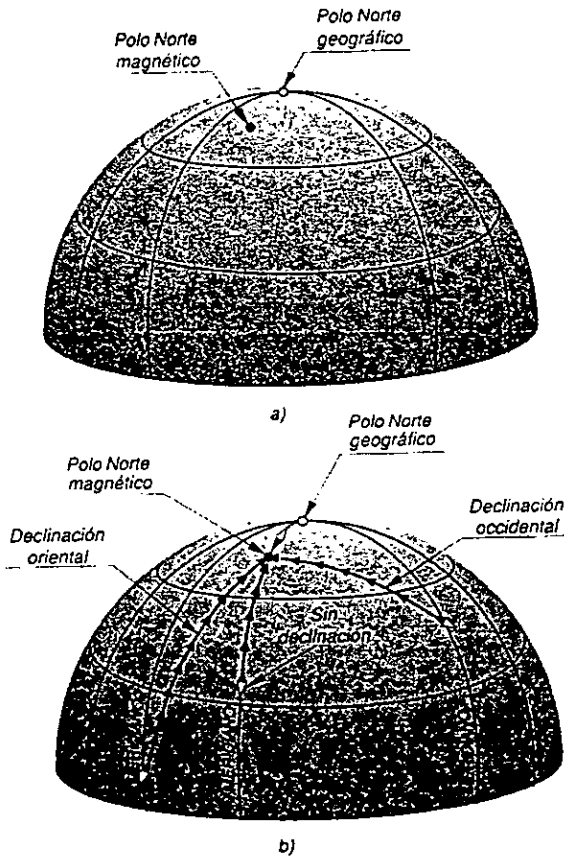


Figura 3.2

Una vez orientada la antena con el acimut correcto, se instalan en ella la unidad exterior y el cable coaxial de salida de la FI. Este cable se conectará un medidor de campo o a un analizador de espectros, para el ajuste final de la orientación. Esto se realiza moviendo ligeramente a derecha e izquierda la parábola, hasta obtener el máximo nivel de señal, instante en el cual se fijara definitivamente.

En ocasiones, una antena bien apuntada no proporciona una buena recepción de las señales e incluso puede suceder que éstas no se capten. Esto se debe a un desajuste de la polaridad de la señal. Para solucionar este problema bastará con girar hacia la derecha o izquierda la unidad exterior, hasta conseguir el máximo nivel de señal.

Si la unidad exterior esta provista de polarrotor, se actuara sobre éste desde la unidad interior hasta obtener el mejor nivel de señal y, una vez logrado esto, se apretaran fuertemente todos los tornillos de sujeción.

### **Carta Universal de Contornos de ángulos de Elevación y Acimut**

Otro método que se utiliza para obtener los valore de elevación y acimut es la Carta Universal de Contornos de ángulos de Elevación y Acimut.

Si se usa la «Carta universal de contornos de ángulos de elevación y acimut para orientar antenas parabólicas hacia cualquier satélite geoestacionario». Dicha carta consta de un mapa geográfico del mundo (figura 3.4) y una mica o lámina transparente con los contornos de los ángulos impresos en ella (figura 3.3).

El procedimiento para utilizar su carta universal es muy sencillo; simplemente siga los siguientes pasos:

- 1.- Coloque la mica sobre el mapa, haciendo coincidir la línea horizontal de la primera con la línea ecuatorial del mapa.
- 2.- Deslice la mica sobre el mapa, hasta que la flecha dibujada debajo de la vertical central de la mica coincida con la posición de longitud este u oeste del satélite deseado, misma que se lee directamente sobre la escala horizontal inferior del mapa.
- 3.- Lea directamente sobre los contornos los ángulos de elevación y acimut que deberá tener la antena para la posición geográfica elegida. De ser preciso, recurra a interpolación para leer los resultados con mayor precisión.

Para este sistema los resultados obtenidos son con respecto al Norte geográfico de la Tierra, por lo tanto no es necesario tomar en cuenta el ángulo de declinación magnética. Por cuestiones técnicas, el ángulo de elevación no debe ser menor de  $10^\circ$ , y debe consultarse el contorno de radiación de cada satélite en particular (huella de iluminación o «footprint»), para asegurar que la energía radiada llegue con un nivel de potencia aceptable.

### ANGULOS DE ELEVACION Y AZIMUT

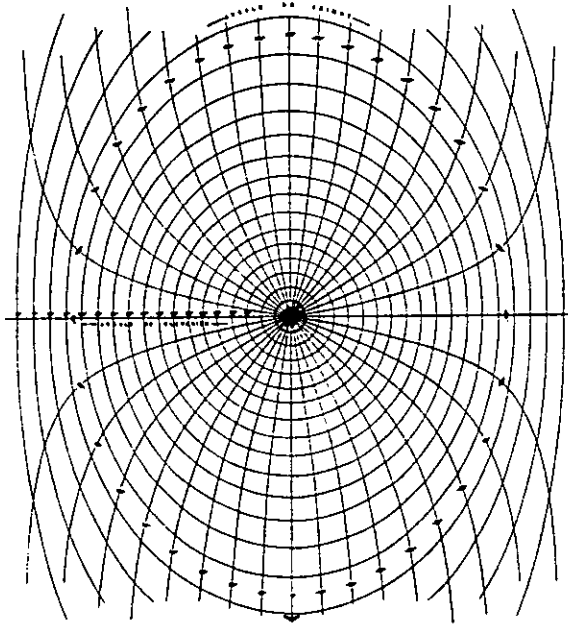


Figura 3.3

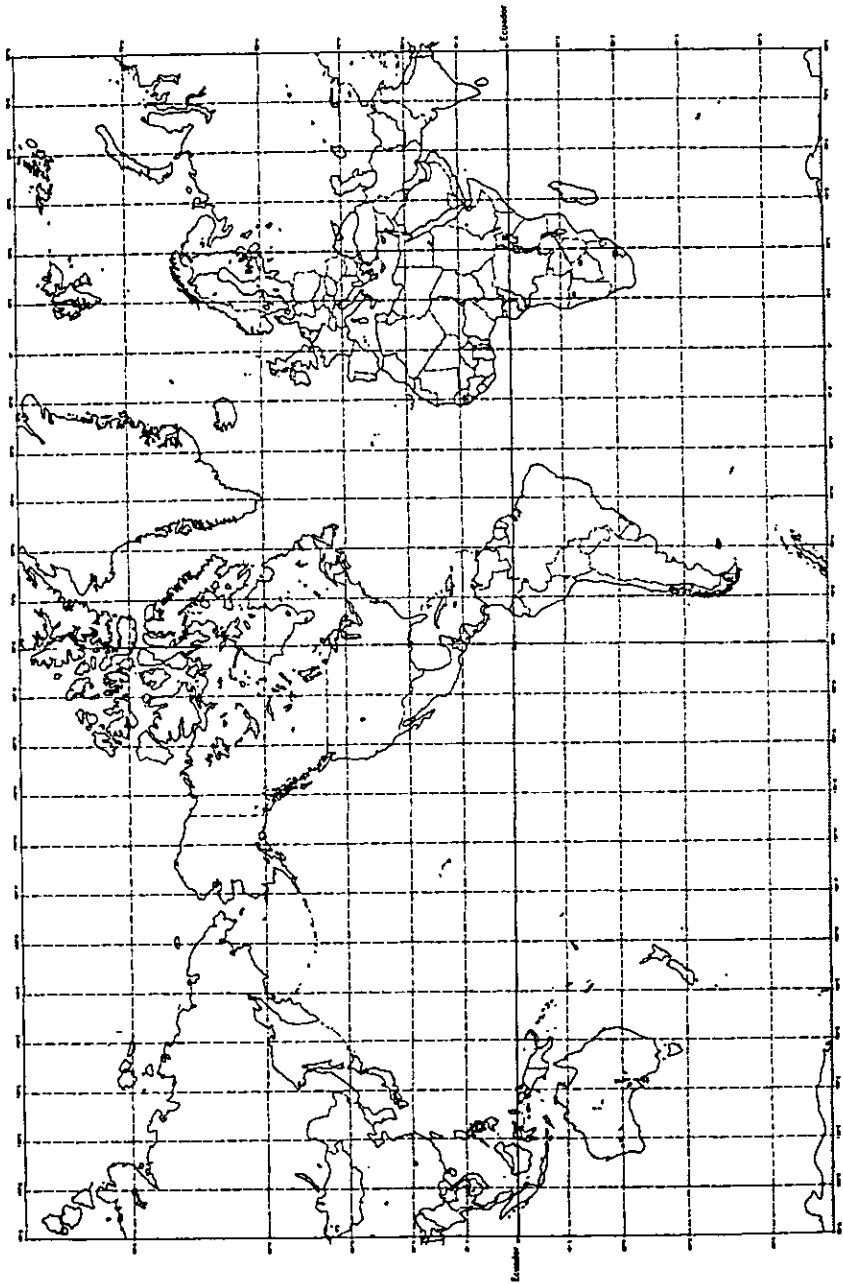


Figura 3.4

## **Orientación de Antenas Polares**

Al estudiar las antenas polares hemos señalado que su principal característica es que el reflector puede orientarse a voluntad gracias a un brazo motorizado (actuador) que se acciona desde la unidad interior. Esto permite que la antena «barra» toda la órbita geostacionaria, pudiéndose orientar a diferentes satélites.

Al instalar una de estas antenas deberán tenerse presentes los siguientes puntos:

- 1.- El punto de emplazamiento deberá estar despejado de obstáculos al Sur, dentro de un ángulo comprendido entre  $140^{\circ}$  Y  $230^{\circ}$  como mínimo.
- 2.- El mástil se fijará sobre terreno o sobre terraza
- 3.- El mástil que soporta la antena debe estar perfectamente vertical, puesto que las consecuencias de la no-verticalidad de la antena son mucho más graves en una antena polar que en una fija. Se comprobará, por tanto, mediante un inclinómetro o plomada la perfecta verticalidad del mástil.
- 4.- Siguiendo las indicaciones del fabricante, se monta la antena y el actuador.
- 5.- Se comprueba el correcto funcionamiento del actuador. Si la antena gira en sentido contrario, se debe invertir los cables del motor, puesto que al ser éste de corriente continua, su sentido de giro depende de la polaridad de la tensión de alimentación.

Una vez montada la antena tomando las precauciones indicadas, se procede al ajuste del arco polar, que es la parte más crítica de la instalación y de la cual depende la buena orientación de la antena hacia todos los satélites geostacionarios «visibles desde el lugar de montaje».

El ajuste del arco polar consta de los siguientes pasos (figura 3.5):

- 1.- Ajuste de la elevación del «eje polar».
- 2.- Ajuste del «ángulo» de compensación.
- 3.- Orientación del «eje polar» Norte-Sur.

Veamos, pues, cómo se procede a estos ajustes.

### **Ajuste de la elevación del eje polar**

La elevación del eje polar será igual a la latitud ( $\odot$ ) o paralelo del lugar donde se instale la antena.

Esta medida se efectúa directamente en el eje polar de la antena, y el ajuste se realiza haciendo girar el husillo que para este fin dispone la antena (véase figura 3.5).



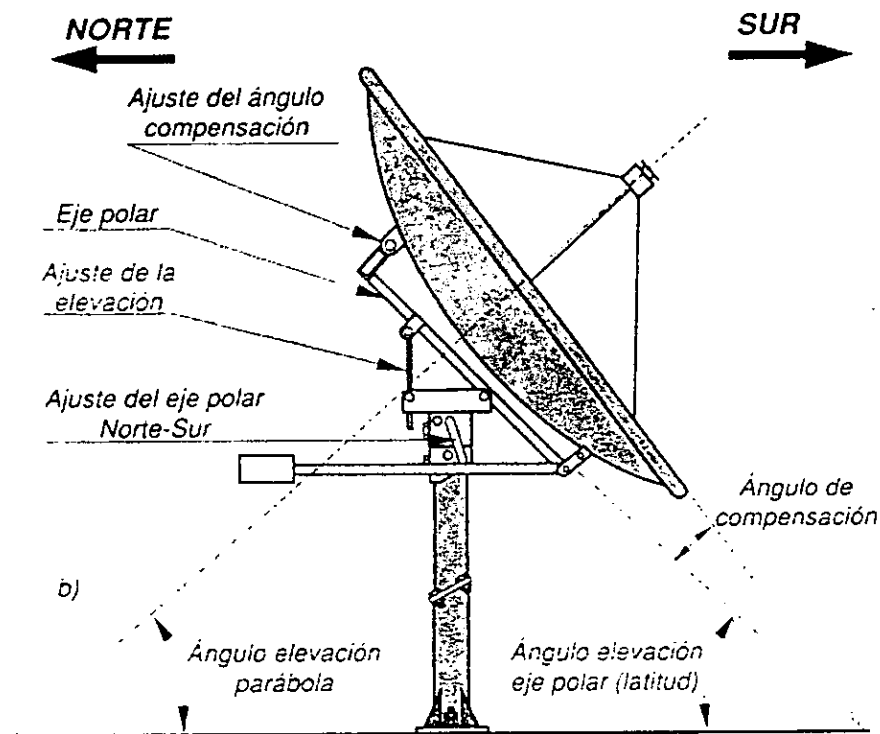


Figura 3.5

### Ajuste del ángulo de compensación

El ángulo de compensación es la diferencia entre la elevación del eje polar y la elevación del reflector parabólico cuando ambos se encuentran en una misma dirección.

Este ángulo de compensación irá en función de la elevación del eje polar, siendo tanto mayor cuanto mayor sea la latitud del lugar geográfico.

### Orientación del eje polar Norte-Sur

La orientación del eje polar Norte-Sur se realiza con ayuda de una brújula. Para ello se orienta la antena hacia el sur ( $180^\circ$ ) más la declinación magnética del lugar donde se instala.

Una vez efectuados estos primeros ajustes previos, sólo nos queda proceder al ajuste y la orientación final de la antena, siguiendo las indicaciones que desarrollamos ayudados por las ilustraciones de la figura 3.5.

Para los ajustes finales de la antena se procede como sigue.

Primero se sintoniza un canal del satélite que se encuentre en el extremo Este del arco. Será por tanto hacia esa posición a donde se debe orientar la antena en el actuador.

En la figura 3.6 a hemos dibujado, mediante línea continua, el arco del cinturón de Clarke, donde se encuentran situados los satélites geoestacionarios, así como la posición de algunos de ellos. La parábola debe girar de Este a Oeste, y de Oeste a Este, siguiendo fielmente este arco para que las señales de todos los satélites se reciban con la máxima intensidad.

En las figuras 3.6 b, c, d, e, f, y g se han dibujado, mediante línea discontinua, los arcos trazados por el reflector parabólico en su giro, cuando no coincide su orientación con el arco geoestacionario. Veamos ahora cómo se procede cuando no coincidan ambos arcos y, por tanto, el nivel de las señales es menor que el que debería de ser.

Si el ángulo de elevación de la parábola es muy bajo, el arco descrito por ésta se hallará por debajo del arco geoestacionario (figura 3.6 b). La señal es débil como consecuencia de esta mala orientación y mejorara si subimos la elevación de la parábola.

Por el contrario, si el ángulo de elevación de la parábola es muy alto (figura 3.6c), la señal será igualmente débil y mejorara bajando la elevación de la parábola.

Si la señal mejora al elevar la parábola, esto significa que tenemos la orientación del eje polar desplazado hacia al Oeste (figura 3.6 d); por lo tanto, debe ponerse la elevación inicial y elevar todo el conjunto hacia la izquierda.

Si la señal mejora al bajar la parábola, ello significa que su eje polar está desplazado hacia el Este (figura 3.6 e), por lo que se debe girar todo el conjunto hacia la derecha.

Una vez conseguida una imagen correcta del satélite seleccionado (el que esta más al Este), sintonizaremos un canal del satélite situado más al Oeste del arco geoestacionario, y orientaremos la antena hacia él. Una vez localizado, procederemos a efectuar los mismos ajustes que los realizados en los ajustes anteriores.

Es conveniente, cuando se realicen los ajustes citados para los satélites situados en los extremos del arco, no perder la elevación inicial del eje polar.

Una vez realizados estos ajustes, se comprueba la buena orientación de la antena apuntando ésta hacia algún satélite situado en la parte central del arco. Si las señales de este satélite central son pobres, deberá ajustarse el ángulo de compensación, bajándolo (figura 3.6 f) o subiéndolo (figura 3.6 g), hasta que se obtengan las mejores imágenes.

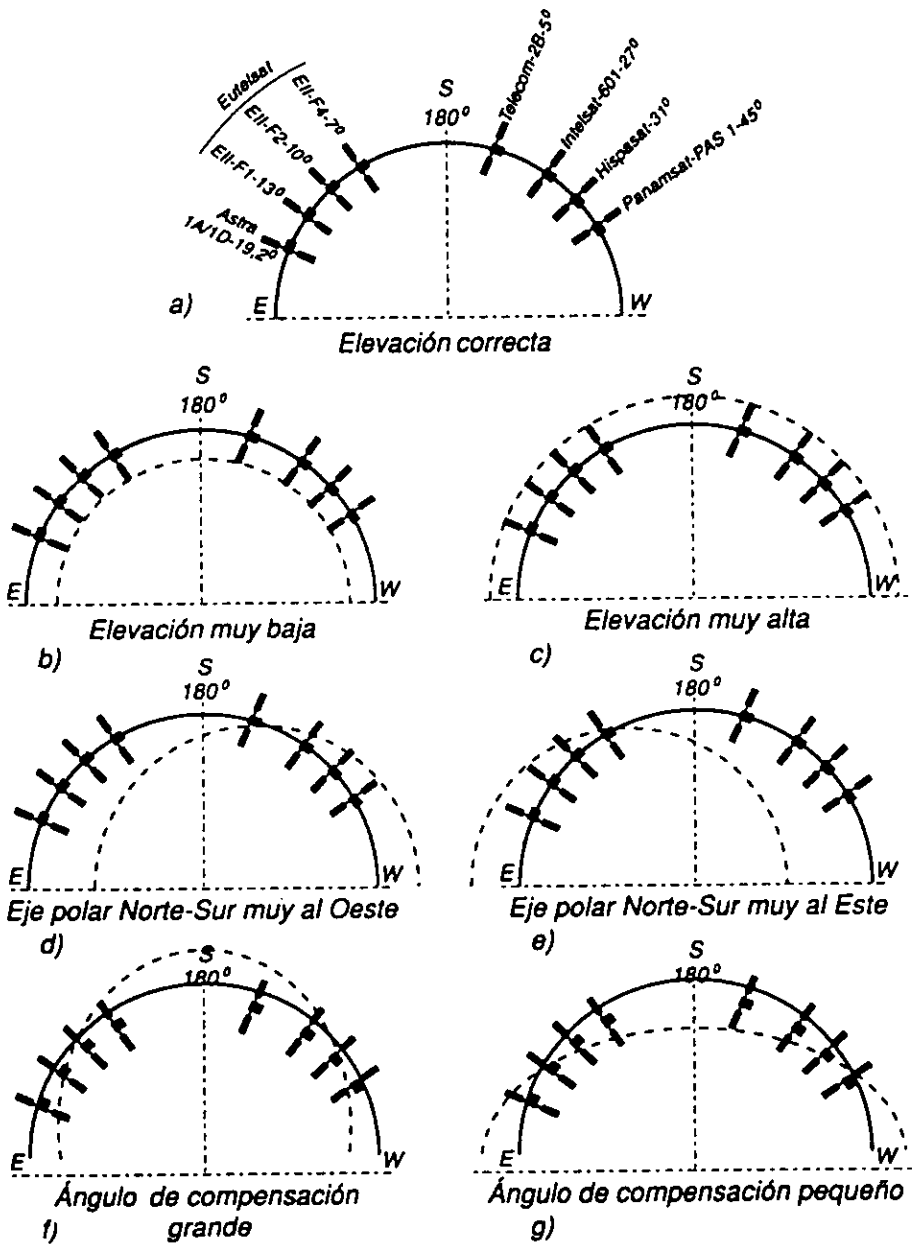


Figura 3.6

Es importante tener siempre presente que si los ajustes iniciales son correctos, los finales serán mínimos.

Para finalizar diremos que si al comprobar los niveles de las señales de los satélites extremos del arco mejora la señal en los dos satélites al elevar la antena (figura 3.6 b) o al bajarla (figura 3.6 c), se debe corregir la elevación del eje polar.

SE  
TEC  
MA  
DEBE  
SEA

## CONCLUSIONES

En este trabajo de investigación sobre Antenas Parabólicas, tratamos de dar a conocer un tema que en la actualidad es de gran importancia por el uso que se le está dando, tanto en comunicaciones, como en el desarrollo de la tecnología.

Nos enfocamos sobre este tema por ser uno de los más interesantes y para hacerlo comprensible vimos un breve repaso aunque sea elemental de lo que es un satélite de comunicaciones, dónde está situado y como se llevan a cabo las emisiones hacia él y desde él.

En este trabajo se trato de dar una explicación breve de lo que es una antena parabólica que forma parte de una estación terrena receptora vía satélite. La estación terrena receptora, que es el último eslabón del enlace descendente, es decir, del enlace Satélite-Tierra, como se vio, consta básicamente de tres partes o elementos.

- 1.- Antena parabólica.
- 2.- Unidad externa (convertidor de bajo ruido).
- 3.- Unidad interna (receptor de satélite).

En el desarrollo de este trabajo tratamos de explicar la finalidad y las características de cada uno de estos elementos para que se pueda tener una idea general del funcionamiento del conjunto

Y así diremos que la Antena parabólica, es la parte encargada de captar las débiles señales procedentes del satélite. Es un elemento clave en todo el proceso de recepción, ya que las señales captadas por el plato de la antena parabólica son concentradas en el foco, donde se dispone la unidad externa.

La unida externa tiene por finalidad convertir las altas frecuencias captadas por la antena, en otra frecuencia de valor mas bajo (denominada frecuencia intermedia o FI), se trata pues de un circuito conversor. Pero además, la unidad externa también amplifica la señal recibida, de forma que puede atacar con éxito a la unidad interna.

La unidad interna, como su nombre indica, se encuentra en el interior de la vivienda y su función es preparar una señal captada por la antena parabólica para que pueda ser vista en un receptor de televisión.

El camino no fue fácil ya que se necesitaron años de investigación y desarrollo y como todo se tuvieron algunos fracasos.

Actualmente podemos ver antenas en muchos hogares, lo que equivale a pensar que ya las distancias no son un obstáculo para saber acerca de lo que esta pasando en estos lugares lejanos. Esto nos hace pensar que valió la pena el esfuerzo que se hizo para dar este gran paso en la rama de comunicaciones.

## GLOSARIO

Acimut.	Ángulo de apuntamiento horizontal.
Alimentador	Dispositivo que entrega o recibe energía de una antena.
Ancho de banda	Rango de frecuencia ocupada por una señal que transporta información.
Antena	Conjunto o sistema de conductores (hilos o varillas) o dispositivos de cualquier clase destinado a la radiación o la captación de ondas radioeléctricas.
Antena isotrópica	Antena ficticia que radia simultáneamente con la misma densidad de potencia en todas las direcciones alrededor de ella. Se emplea de referencia.
Apantallamiento	Pantalla destinada a proteger una región del espacio, con ciertas acciones eléctricas y magnéticas.
Convertor	Dispositivo que tiene la capacidad de alterar la señal entrada/salida de un sistema, de acuerdo a unas determinadas reglas.
Db	Décima parte de un Bel. Unidad para medir la intensidad relativa de una señal, tal como potencia, voltaje, etc.
DBS	Satélite de radiodifusión directa. Satélite cuyas emisiones son recibidas en forma directa individual por el público en general.
Dieléctrico	Material utilizable como aislante eléctrico. Particularmente, entre las placas de un capacitor o condensador o entre los conductores de un cable.
Dipolo	Sistema de dos cargas eléctricas de signo contrario, separadas por una distancia finita. Tipo de antena constituida por dos partes simétricas conectadas por el punto medio de la antena, a un aparato emisor o receptor.
Discriminación	Selección de una señal que tiene características determinadas, por ejemplo frecuencia amplitud, por medio de la eliminación de todas las otras señales llegadas al discriminador.
Elevación	Ángulo de elevación con respecto al horizonte.
Enlace	Medio de telecomunicación de características específicas entre dos puntos, representada por una trayectoria de comunicación.
TVRO	Estación receptora de televisión

Factor de ruido	Ruido añadido a un sistema de transmisión, por un dispositivo intercalado en él.
FI	Frecuencia intermedia. Frecuencia resultante de la mezcla o combinación de la señal recibida y una señal de origen local.
G/T	Figura de mérito. Relación ganancia a temperatura de ruido expresado en decibelios por un grado kelvin.
Ganancia	Se define como el aumento del nivel de potencia. Se mide en nepers o en decibelios.
Hertz	Unidad de medida de la frecuencia oscilante igual a un ciclo o periodo por segundo.
Huella	Región de la tierra que es alcanzada por la radiofrecuencia emitida por un satélite.
LNA	Amplificador de bajo ruido. Es aquel que tiene como función amplificar la señal recibida del satélite a través de una antena, con una contribución mínima de ruido.
LNB	Bloque de bajo ruido. Consiste en un circuito electrónico, en el cual se llevan a cabo la amplificación y la conversión a una frecuencia más baja de las débiles señales captadas por el reflector parabólico.
LNC	Convertidor de bajo ruido.
Longitud de onda	Longitud de una onda completa de una alternancia o fenómeno vibratorio, que generalmente se mide de cresta a cresta o de valle a valle de ondas sucesivas.
Orbita	Trayectoria que describe el centro de gravedad de n satélite o de otro objeto espacial en relación con un sistema de referencia específico.
Pérdida	Caída en el nivel de la señal entre puntos de un circuito. Degradación de una señal de acuerdo con los factores del medio.
PIRE	Potencia isotrópica radiada efectiva. Potencia isotrópica irradiada equivalente del satélite en dirección de la estación terrena receptora.
Polarización	Es la propiedad de una onda electromagnética que describe la dirección del vector campo eléctrico.
Radiocomunicación	Toda transmisión, emisión o recepción de sonidos, voz, datos, textos o imágenes por medio de ondas radioeléctricas.
Reflector	Superficie reflectora destinada a modificar la dirección de la energía radiante o de las ondas sonoras, o a concentrar aquéllas o éstas en una dirección deseada.

Rendimiento	Razón de la energía útil o aprovechable suministrada por un dispositivo o una maquina a la energía consumida por el mismo.
Ruido térmico	Ruido eléctrico originado por la agitación térmica de electrones en conductores y semiconductores.
S/N	Relación señal/ruido. Relación de potencia de señal a potencia de ruido que existe en algún punto específico de un sistema electrónico.
Spillover	Sobrefuga.
Telecomunicación	Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o información de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.
Temperatura de ruido	Es la provocada por el ruido térmico. Cuando éste afecta un rango de frecuencias dado, el poder del mismo es proporcional a la temperatura absoluta y al rango de frecuencias en cuestión.



## BIBLIOGRAFIA

Satélites de comunicaciones

Rodolfo Neri Vela

Editorial Mac.Graw-Hill, México 1989

Tecnología de las estaciones terrenas

INTELSAT 1987

Fundamentos de propagación de microondas

Yamane, Noboru

Publicaciones TELECOMEX.

2ª ed. México, 1981

Construya e instale su propia antena parabólica

Neri Vela, Rodolfo, Martínez Avalos, Bernardo

Editorial TUKI CONACYT, México 1989

Manual de antenas parabólicas

Ruiz Vassallo, Francisco

Ediciones CEAC, España 1995

Fundamentos de antenas

Belotserkouski

Editorial MARCOMBO, 1977

ANTENNAS

JOHN D. Kraus

Editorial Mcgraw-Hill, 1988

Las microondas

Young, Víctor J, Ph. D.

Editorial URMO, 1970

Advanced Technology in satellite Communication Antennas

Kitsuregawa, Takashi

Editorial ARTECH HOUS; INC., 1990

Electronic communication systems

Kennedy, George

Editorial McGraw-Hill, 1984 3ª ed.

Telecomunicaciones

Brown, J, E.V.D. Glazier.

Editorial MARCOMBO 1978