

## 6.4. ANTENAS PARABÓLICAS



Figura 6.16:

Existen muchos tipos de *antenas terrestres* para comunicación con satélites. Estas dependen del tipo de estación terrena, la cual comprende desde los *centros internacionales de tráfico alto* (antenas grandes de hasta 32 metros), pasando por los *receptores domésticos de Televisión* (antenas de entre 3 y 0.5 metros), hasta *pequeños terminales de comunicación* de datos (antenas de hasta 0.6 metros).

Una antena terrestre se instala generalmente sobre la tierra firme, aunque puede instalarse sobre un barco o incluso un avión (servicios aeronáuticos). Todo ello hace que existan multitud de tipos de antenas terrestres. Estas, con sus distintos mecanismos, los veremos en las páginas sucesivas.

Las antenas reflectoras, en una forma u otra han sido usadas desde el descubrimiento de la propagación de las ondas electromagnéticas en 1888 por Hertz. Sin embargo, el arte de analizar y diseñar reflectores de varias formas geométricas no surgió hasta los días de la Segunda Guerra Mundial cuando evolucionaron las aplicaciones de radar.

### 6.4.1. Antenas de reflector de onda plana

El tipo de reflector más simple es un plano reflector que introduce energía directamente en una dirección deseada. Este arreglo es mostrado en la Figura 1. La polarización de la fuente radiante y su posición relativa a la superficie reflectora pueden ser usadas para controlar las propiedades de radiación (patrón, impedancia, directividad) de todo el sistema.

Las antenas reflectoras, en una forma u otra han sido usadas desde el descubrimiento de la propagación de las ondas electromagnéticas en 1888 por Hertz. Sin embargo, el arte de analizar y diseñar reflectores de varias formas geométricas no surgió hasta los días de la Segunda Guerra Mundial cuando evolucionaron las aplicaciones de radar.

El tipo de reflector más simple es un plano reflector que introduce energía directamente en una dirección deseada. Este arreglo es mostrado en la Figura 6.17. La polarización de la fuente radiante y su posición relativa a la superficie reflectora pueden ser usadas para controlar las propiedades de radiación (patrón, impedancia, directividad) de todo el sistema.

Las antenas de tipo reflector se presentan en la figura 6.18. La directividad de un dipolo  $\lambda/2$  se puede incrementar colocándolo enfrente de un conductor reflector plano, como en la

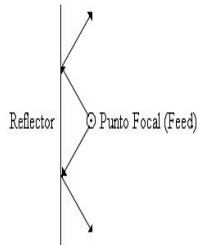


Figura 6.17:

figura. Una red de dos dipolos  $\lambda/2$  enfrente de un reflector plano produce una directividad más alta, como se presenta en la figura

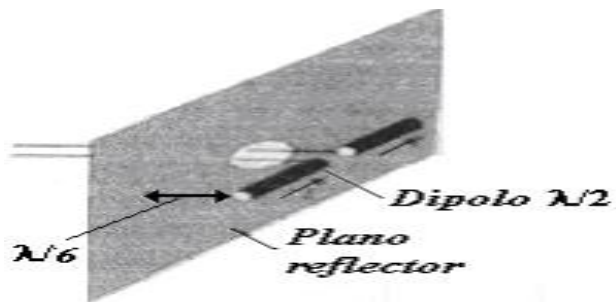


Figura 6.18:

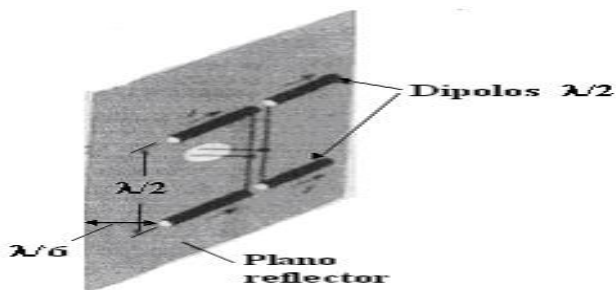


Figura 6.19:

**Proyecto 6.2** *Diseño e implementación de una Antena de reflector de hoja plana.*

**Objetivo.** *Realizar mediciones de los diferentes parámetros de este tipo de antena.*

**Elementos requeridos.** *Los descritos en la tabla*

**Advertencia.** *Seguir las indicaciones dispuestas en el anexo*

Tabla 6.2: Elementos.

1	Analizador de Redes RF HP8712C.
1	Generador de señales RF HP8647A.
2	Adaptadores Tipo N-BNC (TMW)
2	Antenas reflector de hoja plana construidas.
1	Cable coaxial con terminales tipo N 50Ω.
1	Cable coaxial con terminales BNC-BNC.
1	T-BNC o splitter 3 vías
1	Kit de calibración 85032B tipo N
1	Manual del Usuario del analizador y el generador.

**Actividades.** ■ Realizar los cálculos necesarios para diseñar dos antenas de reflector parabólico: una transmisora y una receptora. Para el punto focal construya un dipolo.

- Utilice conectores tipo N. Las dos antenas deben tener iguales características.
- El diseño de la antena es libre (se elige la frecuencia y calculan las dimensiones y el dipolo), la frecuencia de trabajo se medirá por medio del analizador de redes.
- Usando el analizador de redes en el modo de medición de reflexión, por medio de la carta de Smith y los gráficos de reflexión, medir la impedancia de entrada y el SWR la antena transmisora a las siguientes frecuencias: 100 MHz, 200MHz, 300MHz, 500 MHz, 800 MHz , 1 GHz.

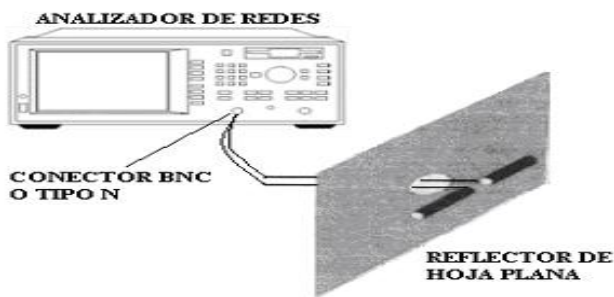


Figura 6.20:

Frecuencia (MHz)	$Z_{in}$	SWR
100		
200		
300		
500		
800		
1000		

- Identifique el punto del mejor comportamiento de la antena y explique

-----  
 -----

-----  
 -----  
 -----

- Halle la eficiencia de reflexión de la antena (ver 4.2.3) y explique el significado de este valor.

-----  
 -----  
 -----  
 -----

- Con la ayuda del generador de RF transmita una potencia utilizando su antena a la frecuencia de mejor desempeño hallada en el punto 5.1

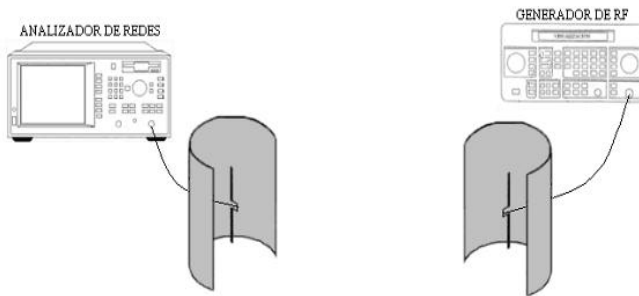


Figura 6.21:

- Halle la eficiencia de radiación de la antena (ver 4.2.2) y explique el significado de este valor.

-----  
 -----  
 -----  
 -----

- Halle la polarización correcta de la antena (4.2.4).

- Calcule el límite del campo cercano y realice mediciones de potencia a varias distancias para hallar el campo lejano (4.2.5).

Campo cercano = \_\_\_\_\_ [m],      Potencia recibida = \_\_\_\_\_ [dbm]

Campo lejano = \_\_\_\_\_ [m],      Potencia recibida = \_\_\_\_\_ [dbm]

- Realizar los cálculos necesarios para diseñar dos antenas de reflector parabólico, con doble dipolo, como está descrito en la figura 6.19: una transmisora y una receptora. Para cada punto focal construya el dipolo respectivo.

- Usando el analizador de redes en el modo de medición de reflexión, por medio de la carta de Smith y los gráficos de reflexión, medir la impedancia de entrada y el SWR la antena transmisora a las siguientes frecuencias: 100 MHz, 200MHz, 300MHz, 500 MHz, 800 MHz , 1 GHz , 1.1 GHz.

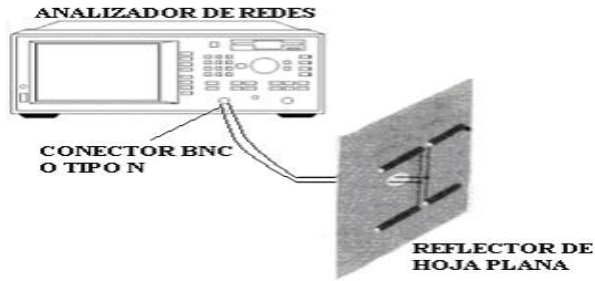


Figura 6.22:

Frecuencia (MHz)	$Z_{in}$	SWR
100		
200		
300		
500		
800		
1000		
1100		

- Identifique el punto del mejor comportamiento de la antena y explique
 

-----

-----

-----

-----
- Halle la eficiencia de reflexión de la antena (ver 4.2.3) y explique el significado de este valor.
 

-----

-----

-----

-----
- Con la ayuda del generador de RF transmita una potencia utilizando su antena a la frecuencia de mejor desempeño hallada en el punto 5.1
- Halle la eficiencia de radiación de la antena (ver 4.2.2) y explique el significado de este valor.
 

-----

-----

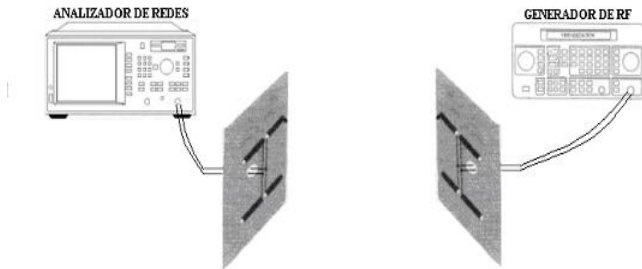


Figura 6.23:

- 
- 
- 
- Halle la polarización correcta de la antena (4.2.4).
- 
- Calcule el límite del campo cercano y realice mediciones de potencia a varias distancias para hallar el campo lejano (4.2.5).

Campo cercano = \_\_\_\_\_ [m],      Potencia recibida = \_\_\_\_\_ [dbm]

Campo lejano = \_\_\_\_\_ [m],      Potencia recibida = \_\_\_\_\_ [dbm]

#### 6.4.2. Reflector Parabólico.

Todas las características de radiación (patrón de la antena, eficiencia de la antena, polarización, etc) de un reflector pueden ser mejoradas si la configuración estructural de su superficie es actualizada. Si un haz de rayos paralelos incide sobre un reflector cuya forma geométrica es una parábola, la radiación convergerá (se enfocará) en un punto que es conocido como el punto focal. De la misma forma, si un punto fuente es localizado en el punto focal, los rayos reflejados por un reflector parabólico emergerán como un haz paralelo. Esta es una forma del principio de reciprocidad, y es mostrado en la Figura.

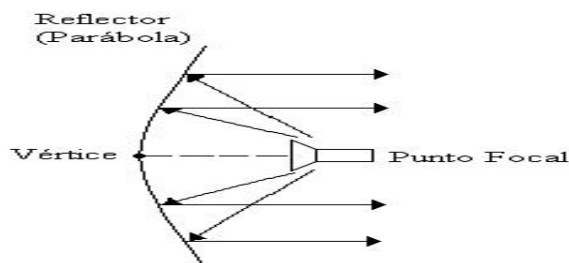


Figura 6.24:

El punto simétrico de la superficie parabólica es conocido como el vértice. Ya que el transmisor (receptor) está localizado en el punto focal de la parábola, la configuración es

usualmente conocida como front fed (alimentación frontal).

La desventaja del arreglo front –fed es que la línea de transmisión del punto focal debe ser lo suficientemente larga para alcanzar el equipo de transmisión o recepción, que usualmente está localizado atrás o debajo del reflector. Esto puede necesitar el uso de líneas de transmisión largas cuyas pérdidas pueden no ser tolerables en muchas aplicaciones, especialmente en sistemas de bajo ruido. En algunas aplicaciones, el equipo de transmisión o recepción es localizado en el punto focal para evitar la necesidad de líneas de transmisión largas.

Otro arreglo llamado Cassegrain evita la localización del transmisor/receptor en el punto focal. En este arreglo los rayos paralelos pueden ser enfocados a un punto utilizando dos reflectores. El reflector principal (primario) debe ser una parábola, el reflector secundario (subreflector) una hipérbola, y el punto focal localizado a lo largo del eje de la parábola, usualmente en o cerca al vértice.

Un reflector parabólico puede tomar dos formas diferentes. Una configuración es la del cilindro parabólico, mostrado en la Figura 3 (a), cuya energía colisiona en una línea que es paralela al eje del cilindro a través del punto focal del reflector. La alimentación más ampliamente usada para este tipo de reflector es un dipolo lineal, un arreglo lineal o una guía de onda. La otra configuración del reflector es la mostrada en la Figura 3 (b) que es formada rotando la parábola alrededor de su eje, y se refiere a un paraboloides (parábola de revolución). Un asta piramidal o cónico es ampliamente usada como alimentación para este arreglo.

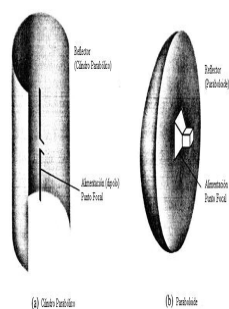


Figura 6.25:

### 6.4.3. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

En una comunicación por satélite, son necesarios unos *requerimientos de diseño* de las antenas utilizadas, los cuales se pueden resumir en estos 5 puntos:

1. Gran ancho de banda, del orden de 4 GHz para el enlace descendente y de 6 GHz para el enlace ascendente.
2. Gran ganancia de antena para conseguir una alta figura de mérito (G/T) en recepción y una alta Potencia Isotrópica Radiada Equivalente (PIRE) de transmisión. Para ello son necesarios grandes reflectores y altas eficiencias de antena, lo que se consigue con una iluminación casi uniforme y una alta precisión en la fabricación.
3. Mínima temperatura de ruido para conseguir igualmente una alta G/T. Para ello, entre otras cosas, es necesario una baja radiación en la dirección del suelo.

4. Bajo nivel de radiación del lóbulo secundario para minimizar la recepción y transmisión de señales interferentes.
5. Alta pureza de polarización para evitar interferencias de señales de polarización cruzada, especialmente en el caso de sistemas de satélite de doble polarización.

**Proyecto 6.3** *Diseño e implementación de una Antena de reflector parabólico.*

**OBJETIVO.** *Realizar mediciones de los diferentes parámetros de este tipo de antena.*

**ELEMENTOS REQUERIDOS.** *Los descritos en la tabla*

Tabla 6.3: Elementos.

1	Analizador de Redes RF HP8712C.
1	Generador de señales RF HP8647A.
2	Adaptadores Tipo N-BNC (TMW)
2	Antenas Reflectoras construidas.
1	Cable coaxial con terminales tipo N 50Ω.
1	Cable coaxial con terminales BNC-BNC.
1	T-BNC o splitter 3 vías
1	Kit de calibración 85032B tipo N
1	Manual del Usuario del analizador y el generador.

**ADVERTENCIA.** *Seguir las indicaciones dispuestas en el anexo*

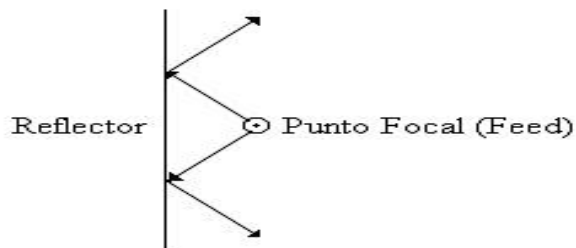


Figura 6.26:

**Diseño de la antena.** ■ *Diseñe la antena utilizando un reflector del tipo cilindro parabólico.*

- *Para el Punto Focal construya un dipolo (ver guía de laboratorio 4803-05, una antena  $V$  invertida es un dipolo con sus brazos a un ángulo de la horizontal).*
- *El diseño de la antena es libre (las dimensiones); la frecuencia de trabajo se medirá con el analizador de redes.*

**Actividades.** ■ *Realizar los cálculos necesarios para diseñar dos antenas de reflector parabólico: una transmisora y una receptora. Para el punto focal construya un dipolo.*

- Utilice conectores tipo N. Las dos antenas deben tener iguales características.
- Usando el analizador de redes en el modo de medición de reflexión, por medio de la carta de Smith y los gráficos de reflexión, medir la impedancia de entrada y el SWR la antena transmisora a las siguientes frecuencias: 100 MHz, 200MHz, 300MHz, 500 MHz, 800 MHz , 1 GHz.

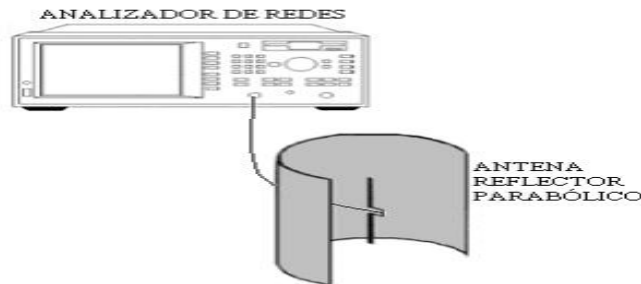


Figura 6.27:

Frecuencia (MHz)	$Z_{in}$	SWR
100		
200		
300		
500		
800		
1000		

- Identifique el punto del mejor comportamiento de la antena y explique

-----

-----

-----

-----

- Halle la eficiencia de reflexión de la antena (ver 4.2.3) y explique el significado de este valor.

-----

-----

-----

-----

- Con la ayuda del generador de RF transmita una potencia utilizando su antena a la frecuencia de mejor desempeño hallada en el punto 5.1

- Halle la eficiencia de radiación de la antena (ver 4.2.2) y explique el significado de este valor.

-----

-----

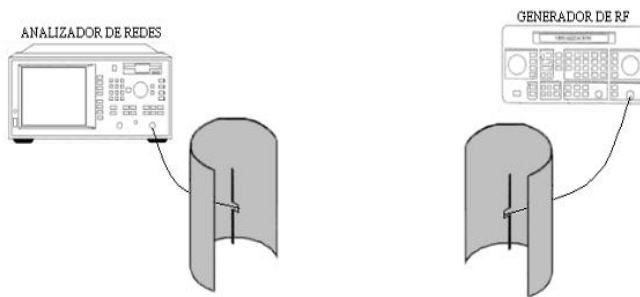


Figura 6.28:

- 
- 
- 
- Halle la polarización correcta de la antena (4.2.4).

- 
- Calcule el límite del campo cercano y realice mediciones de potencia a varias distancias para hallar el campo lejano (4.2.5).

Campo cercano = \_\_\_\_\_ [m],      Potencia recibida = \_\_\_\_\_ [dbm]

Campo lejano = \_\_\_\_\_ [m],      Potencia recibida = \_\_\_\_\_ [dbm]

#### 6.4.4. Aplicaciones

Casi todas las antenas terrestres son reflectores de apertura circular. Aunque un simple reflector parabólico es suficiente para pequeñas estaciones como recepción de TV, otras veces es necesaria la utilización de un reflector doble, llamado Cassegrain. Una ventaja de las antenas Cassegrain es que el alimentador está situado en el mismo reflector principal, facilitando la conexión.

Las principales modificaciones de las antenas sobre la antena básica son:

1. Reflector modificado. Es una técnica aplicada a las antenas de doble reflector. El propósito consiste en hacer más uniforme la iluminación en la apertura (mejorando así la eficiencia de la antena), modificando la forma del reflector secundario para que concentre los rayos hacia el margen exterior del reflector principal.

2. Alimentación por rayo de guíaonda. Es un conjunto de elementos de enfoque y guiado, generalmente reflectores, sobre los que se propaga la radiación. Esta técnica permite una situación remota de la fuente principal respecto al reflector con pérdidas muy bajas (del orden de 0,1 dB). Conjuntamente con unos espejos, el sistema permite mantener la fuente fija mientras el reflector va rotando. Útil en antenas de gran tamaño en las cuales los equipos de amplificación van colocados en una habitación debajo del pedestal de la antena, evitando con este método pérdidas por guías de onda y juntas rotatorias.

El sistema de alimentación está compuesto principalmente por la fuente primaria, aunque también puede estar compuesto por la pareja de modo de seguimiento (en seguimiento monopulso), un duplexor con 2 puertos (transmisión y recepción) o con 4 puertos (2 de

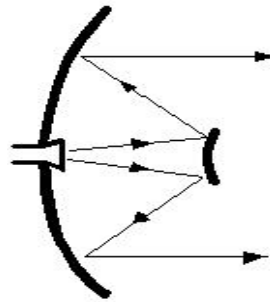


Figura 6.29:

transmisión y 2 de recepción en sistemas de doble polarización) y un sistema de polarización (en sistemas de polarización circular).

La fuente primaria más utilizada es la bocina corrugada, la cual es una bocina circular con ranuras en la pared interior que permite una óptima iluminación en la apertura de la bocina con una polarización uniforme.

El duplexor está compuesto por juntas ortomodo, las cuales se componen de una guía circular y dos rectangulares orientadas ortogonalmente.

El sistema de polarización está compuesto normalmente por placas circulares en landa cuartos localizadas en guías circulares.

La antena y el sistema de alimentación están sujetos por un pedestal, el cual necesita un diseño mecánico para orientar el rayo de la antena hacia el satélite. Este pedestal está compuesto generalmente por 2 ejes ortogonales móviles, cada uno equipado con un subsistema de control. En el caso de grandes antenas, estos subsistemas están motorizados y controlados por un sistema de seguimiento.

Estas grandes antenas (de más de 10 metros de diámetro), están colocadas en un poste o pedestal llamado AZEL, compuesto por un gran soporte esférico que permite la rotación azimutal (en el plano del suelo) y una hélice que permite el movimiento en elevación (en el plano vertical).

En el caso de antenas pequeñas comerciales como en el caso de estaciones VSAT, sólo es necesario una fijación manual de la orientación.

El reflector de la antena debe estar construido con una alta exactitud y rigidez para conseguir los requerimientos especificados (especialmente en cuanto a ganancia de antena) incluso en extremas condiciones ambientales.

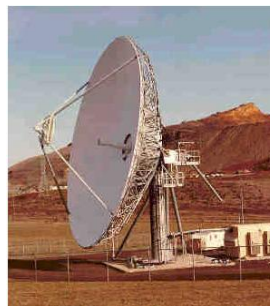


Figura 6.30:



Figura 6.31:

En las antenas grandes (en términos de  $D/\lambda$ ) debe incluirse un sistema de seguimiento cuya finalidad es mantener el rayo de la antena en la dirección exacta del satélite, debido a movimientos residuales del satélite, desapuntamientos mecánicos de la antena (efectos de viento y peso) y efectos de propagación atmosférica en altas frecuencias.

Incluso en el caso de antenas pequeñas sin sistemas de seguimiento, al menos se debe proporcionar la capacidad de una orientación manual.

En el caso de antenas medianas, la solución consiste en programar el seguimiento, es decir, se actúa sobre la antena con motores controlados por programa que recibe permanentemente la posición del satélite. Estos datos de la posición pueden calcularse localmente o bien ser provistos por una estación de control.

Volviendo al caso de grandes antenas, éstas utilizan un sistema completo de seguimiento automático que consiste en un subsistema de conducción equipado con motores y mecanismos de control. Estos sistemas se alimentan por corrientes eléctricas o señales de error generadas por receptores de seguimiento del satélite. Para ello se utilizan diversas técnicas, aunque la más sofisticada se basa en tecnología radar, en la que la señal de error se toma directamente del alimentador de la antena, a través de puertos especiales llamados puertos diferenciales de azimut y elevación.



Figura 6.32:

Las Antenas de Hispasat.

El satélite español Hispasat dispone de distintas antenas, de forma que cada una está dedicada a una o varias de las misiones que debe realizar el satélite. En este apartado se introducirán algunos conceptos sobre estas antenas, así como datos sobre algunos de sus parámetros.

Misión de Radiodifusión Directa (DBS).

La antena DBS es la antena más sofisticada embarcada en el Hispasat y ha sido desarrollada en España, concretamente por la empresa CASA.

Esta misión consta de cinco canales de TV y portadoras de vídeo asociadas a un ancho de banda por canal de 27 MHz. Estos cinco canales son los asignados a España en la Conferencia CAMR-77, en la banda Ku 12-12.5 GHz. El satélite alimenta a la antena mediante tubos de 110 vatios de potencia de alto rendimiento, que operando a una temperatura de cátodos relativamente baja (985 °C), garantizan una alta fiabilidad. Se ha de indicar que la antena consiste de un reflector parabólico de 2.2 metros iluminado por un grupo de 17 bocinas cónicas situadas en el plano focal conformando la cobertura deseada.

De este modo se consigue que la Potencia Radiada Isotrópica Equivalente (PIRE) sea superior a los 56 dBw sobre la península y menor de 50 dBw sobre el resto de la cobertura europea. Este diseño permite la recepción individual o colectiva con antenas de 40 cm de diámetro en la península.

Misión de Servicio Fijo.

La misión de Servicio Fijo cuenta con 16 transpondedores de diversos anchos de banda (8 de 36 MHz, 2 de 46 MHz, 2 de 54 MHz y 4 de 72 MHz) en la banda de Servicio de Fijo (14 GHz/12-11 GHz), con una cobertura ajustada al territorio español (península, Baleares y Canarias), pero con vocación de ofrecer servicios en Europa occidental y norte de África. Así la PIRE media en el territorio español está alrededor de los 50 dBw.

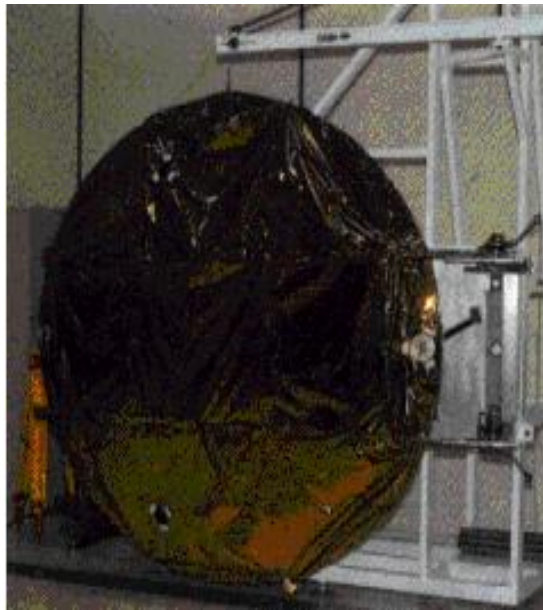


Figura 6.33:

En cuanto a la estructura de la antena, ésta consta de un reflector de 1.2 metros de doble rejilla, iluminado por dos haces, uno fijo y otro móvil. La ganancia garantizada de esta antena varía según la zona entre 35.5 dBi y 33 dBi. El aislamiento entre polarizaciones ofrecido por la geometría de la antena es superior a 33 dB.

Las partes de las que consta el repetidor utilizado en esta misión son:

- Amplificador de bajo ruido de tecnología HEMT.
- Conversores de frecuencia basados en mezcladores dobles balanceados.
- Demultiplexores y multiplexores de acuerdo con la canalización seleccionada por la misión.
- Amplificadores de canal de tecnología FET.
- Amplificadores de potencia por tubos de onda progresiva de 55 vatios, de alta eficiencia y fiabilidad.

Misión Gubernamental y América.

La antena Gubernamental/TVA utiliza el mismo reflector para ambas misiones, para ello dispone de alimentadores separados, uno para cada cometido.

La misión América se divide en dos submisiones TV-América y América-Europa que permiten ofrecer servicios a ambas partes del Atlántico.

La submisión TV-América utiliza dos transpondedores (uno por cada satélite) que permiten establecer enlaces ascendentes desde cualquier zona del área de cobertura europea de Servicio Fijo, mientras que el de descenso se establece sobre una zona de América comprendida entre Nueva York a Tierra de Fuego. Estos transpondedores están equipados con tubos

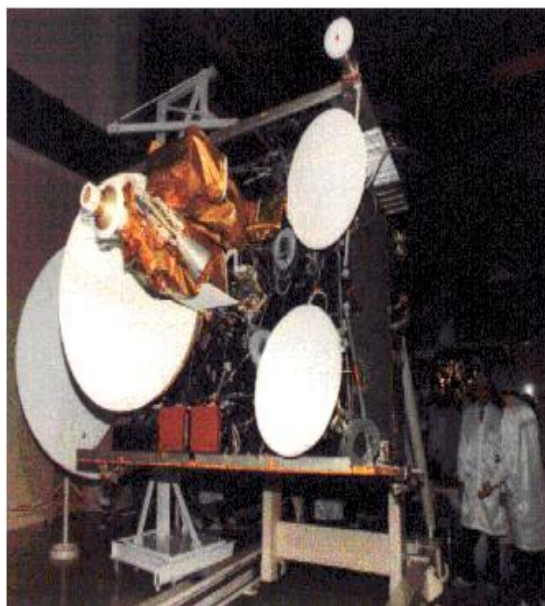


Figura 6.34:

de onda progresiva de 110 vatios que aportan una PIRE de 44 dBw en gran parte de la cobertura.

La submisión desde América realiza la función inversa que la anterior utilizando dos transpondedores de 54 y 72 MHz, de modo que se pueden establecer enlaces de distribución de señales de televisión desde América hacia Europa o, en su caso, servicios de difusión de datos.

En cuanto a la misión Gubernamental, ésta consta de dos canales para las comunicaciones oficiales fijas y móviles, destinados a las aplicaciones que determine el Ministerio de Defensa español.

Por último, estos servicios se establecen sobre un mismo reflector de 70 cm de apertura, ofreciendo para el servicio de TV-América una ganancia de 29 dBi en la zona central del haz (Miami), y de hasta 26 dBi en los puntos más periféricos de la zona de cobertura ( Nueva York, Buenos Aires).

El repetidor de América comparte su etapa de entrada (amplificador de bajo ruido) con la misión de servicio fijo, y su etapa de salida (amplificadores de potencia), con la misión de Radiodifusión Directa.

Funciones de Telemida y Telecomando (TTC).

Los satélites Hispasat disponen de una antena omnidireccional para las funciones de telemetría y telecomando. Esta antena es del último tipo comentado en el apartado de antenas TT&C, es decir, una anillo de ranuras acoplado a un reflector cónico.