

ANTENAS PARA MICROONDAS

Sobre los distintos tipos de antenas y las principales características de radiación de las antenas para enlaces de microondas.

1- DEFINICIONES

1.1- RADIADORES DE CAMPO EH

La primera antena de referencia, ideal por definición, es la **antena isotrópica**¹⁾. La emisión hipotética de tal radiador es homogénea e isotrópica (omnidireccional) en todas las direcciones del espacio. Si dibujamos en escala, en torno al elemento de radiación, la energía emitida en cada dirección tendrá una superficie característica que para la antena isotrópica es una esfera con centro en la antena.

Un radiador real de energía electromagnética es el **dipolo de Hertz**. Es una antena filiforme de longitud L despreciable respecto de la longitud de onda. A lo largo del conductor la distribución de la corriente que genera el campo resulta uniforme. El dipolo se puede asemejar a un elemento abierto de corriente alterna donde las cargas oscilan desde un extremo al otro. En el espacio cercano a la antena (**campo cercano**) predomina el campo de inducción de carácter estacionario caracterizado por la transferencia de energía desde la fuente al espacio circundante y viceversa.

Más allá de una distancia igual al valor de la longitud de onda el campo se hace transversal TEH y mucha más lejos es un campo plano. A éste se lo denomina **campo lejano** (Zona de Fraunhofer) el cual considera despreciable la diferencia de fase de las ondas que arriban desde los distintos puntos del radiador. Las características de radiación del dipolo es lambertiana o sea que se reduce con factor igual al coseno del ángulo respecto de la dirección de máxima directividad (perpendicular al dipolo).

En el campo lejano las líneas de campo E son cerradas y las concentraciones de líneas de campo E y H es coincidentes. Las del campo H son circunferencias concéntricas en planos perpendiculares al eje del dipolo. El dipolo real consta de dos vástagos de conductores aislados entre sí de forma que la distribución de corriente en el dipolo son del orden de la longitud de onda.

1.2- ANTENAS REFLECTORAS TÍPICAS

En los enlaces radioeléctricos terrestres por problemas de interferencias se requieren reflectores adicionales de alto rendimiento y ancho de banda. Se han adoptado viseras recubiertas de material absorbente que disminuyen los campos difusos. En una antena parabólica típica una onda esférica procede del alimentador de la antena el cual actúa de fuente primaria y es transformada en una onda plana tras el paso por el reflector. El problema reside en iluminar el reflector desde el foco del mismo. En la **Fig 01** se ha resumido algunos tipos de reflectores para antenas directivas de enlaces radioeléctricos terrestres.

El reflector de la antena debe cumplir la condición de entregar una onda plana a la salida del mismo. En teoría el **alimentador** es una fuente puntual que alimenta al reflector que está situado en el foco de la parábola. En la práctica ocupa un espacio y no satisface el diagrama direccional. La energía radiada por el alimentador desborda al reflector y produce una emisión espuria que crea lóbulos laterales.

Una solución es colocar una superficie absorbente y otra es reducir la irradiación del iluminador sobre el borde de la parábola con lo cual se reduce tanto el lóbulo lateral como se incrementa la ganancia total del reflector. Los sistemas comunes de reflectores e iluminadores son el alimentador en el foco de una **parábola**, en **Cassegrain** y en **Gregorian**.

-La **Parábola** tiene la ventaja de que el bloqueo por parte del iluminador de la abertura de la antena es reducido y la bocina alimentadora es reducida y pequeña. Sin embargo, requiere de tramos de cable coaxial o guía de onda largos. Es la antena típica usada para radioenlaces terrestres. Por debajo de 2 GHz se usan antenas grilla (*Grid*).

¹⁾ Fueron **A.Popov** y **G.Marconi**-1895 quienes encontraron que un cable largo y vertical funcionaba como antena para emitir y recibir ondas de radiofrecuencia. Por semejanza con las antenas de los insectos se las llamó de ésta forma. Marconi en 1901 emitió ondas de radio desde Inglaterra y se captaron en Terranova; el 12/12/1901 se considera el día de invención de la radio.

ANTENAS PARA MICROONDAS

-La **Cassegrain** se basa en un doble reflector diseñado por Cassegrain en el siglo XVII para telescopios ópticos. Está formada por un reflector principal y otro auxiliar que corresponde a una porción de paraboloide. Esta antena se la usa para producir elevadas atenuaciones en el lóbulo secundario y obtener pequeños ángulos de irradiación. El sistema Cassegrain permite ubicar la bocina con un tramo de guía menor pero el subreflector bloquea gran parte de la apertura y el desbordamiento aumenta los lóbulos laterales. Esta antena es la usada en la mayoría de los enlaces satelitales.

-El **reflector Off-set** está para evitar el bloqueo de la apertura del reflector por parte del iluminador (enfoque descentrado del reflector). De tal tipo de antenas surge el **reflector horn** ampliamente utilizado en enlaces para obtener una elevada ganancia, buena discriminación a la polarización cruzada y gran ancho de banda. El costo es, sin embargo, bastante superior a las antenas parabólicas normales. La aplicación de las antenas depende de la congestión del enlace y la capacidad:

Tabla 01: Antenas referido a congestión y capacidad.

Capacidad	Muy alta	Alta	Media	Baja
Muy alta congestión	Horn	Horn	Horn	Horn
Alta	ADV-S	ADV-S	ADV-S	ADV-S
Media	ADV-S	Shield	Shield	Standard
Baja	Shield	Standard	Grilla	Grilla

ADV-S = Advanced Feed System-Shield

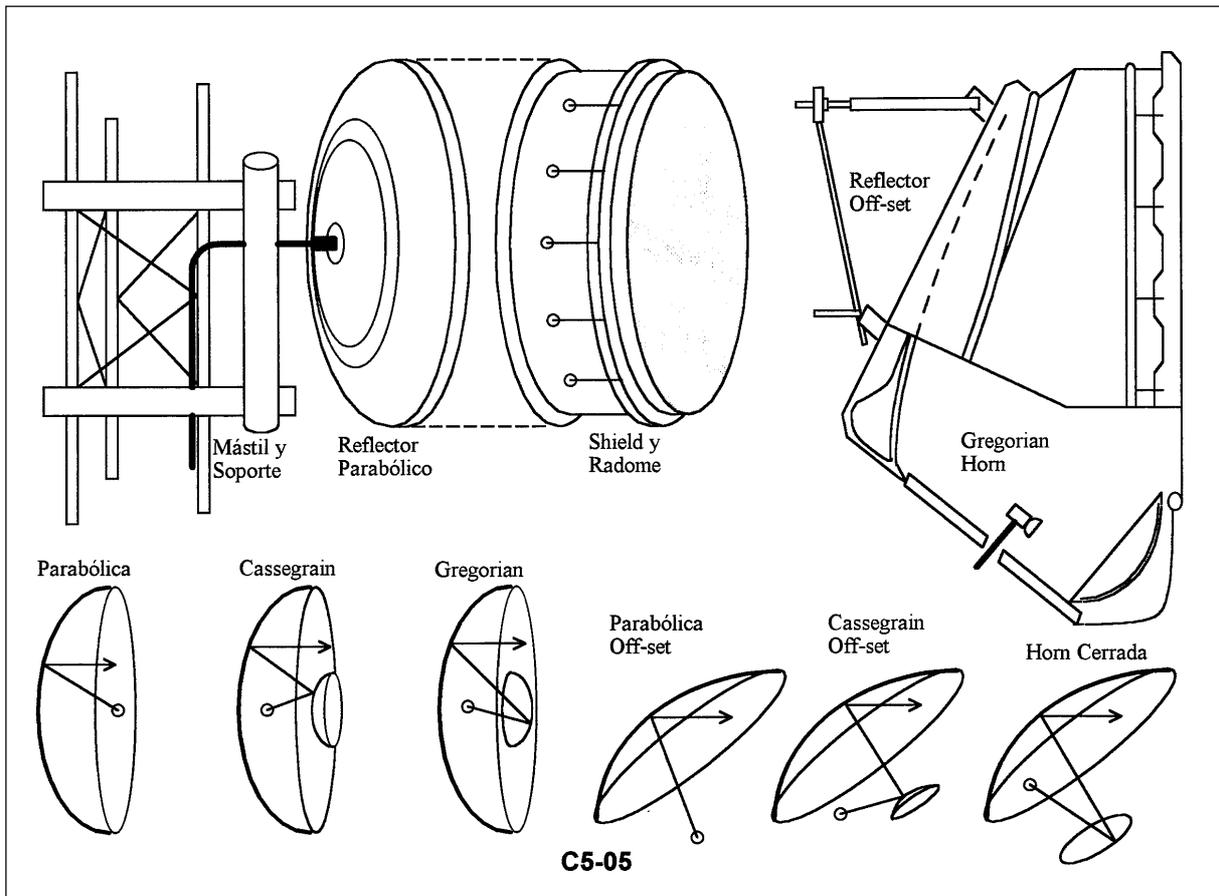


Fig 01. Definiciones para antenas con reflector parabólico.

1.3- CONSTRUCCIÓN DE UNA ANTENA

El alimentador o iluminador de la antena se une a la guía de ondas y termina en un **radome** de teflón que permite la estanquidad del flujo de presurización de la guía. El teflón es transparente a la radiación electromagnética.

REFLECTOR PARABÓLICO: se construye de fibra de vidrio o aluminio. El caso de fibra de vidrio se construye con un laminado reforzado con resina poliéster; la superficie se metaliza con Zinc. La superficie interna de la parábola está metalizada y se coloca una visera (de fibra de vidrio o aluminio) con cobertura absorbente para reducir el lóbulo lateral de irradiación (entre 70 y 180°) con el propósito de mejorar las prestaciones frente a las interferencias. Esta cobertura se conoce como **Shield**.

RADOME EXTERIOR: es de fibra de vidrio o tela de Hypalon e impide la acumulación de nieve o la carga del viento sobre la antena. Se realiza en forma plana cuando existe shield o de lo contrario es parabólico. El material es de Hypalon o

ANTENAS PARA MICROONDAS

Raydel en el primer caso o de fibra de vidrio reforzada con resina en el segundo. El radome introduce una atenuación entre 0,2 y 0,4 dB para diámetros de 1 a 4 m de antena en las bandas hasta 4,2 GHz; aumenta a valores desde 0,4 a 1 dB en las bandas hasta 6,4 GHz; a 1,2 dB hasta en las bandas hasta 8,5 GHz y desde 1 a 2,5 dB las bandas de 13,2 GHz. El *shield* tiene un compensador de presión consistente en un tubo de descarga que permite la variación de la presión interna y el equilibrio con la externa cuando el viento acciona sobre el radome.

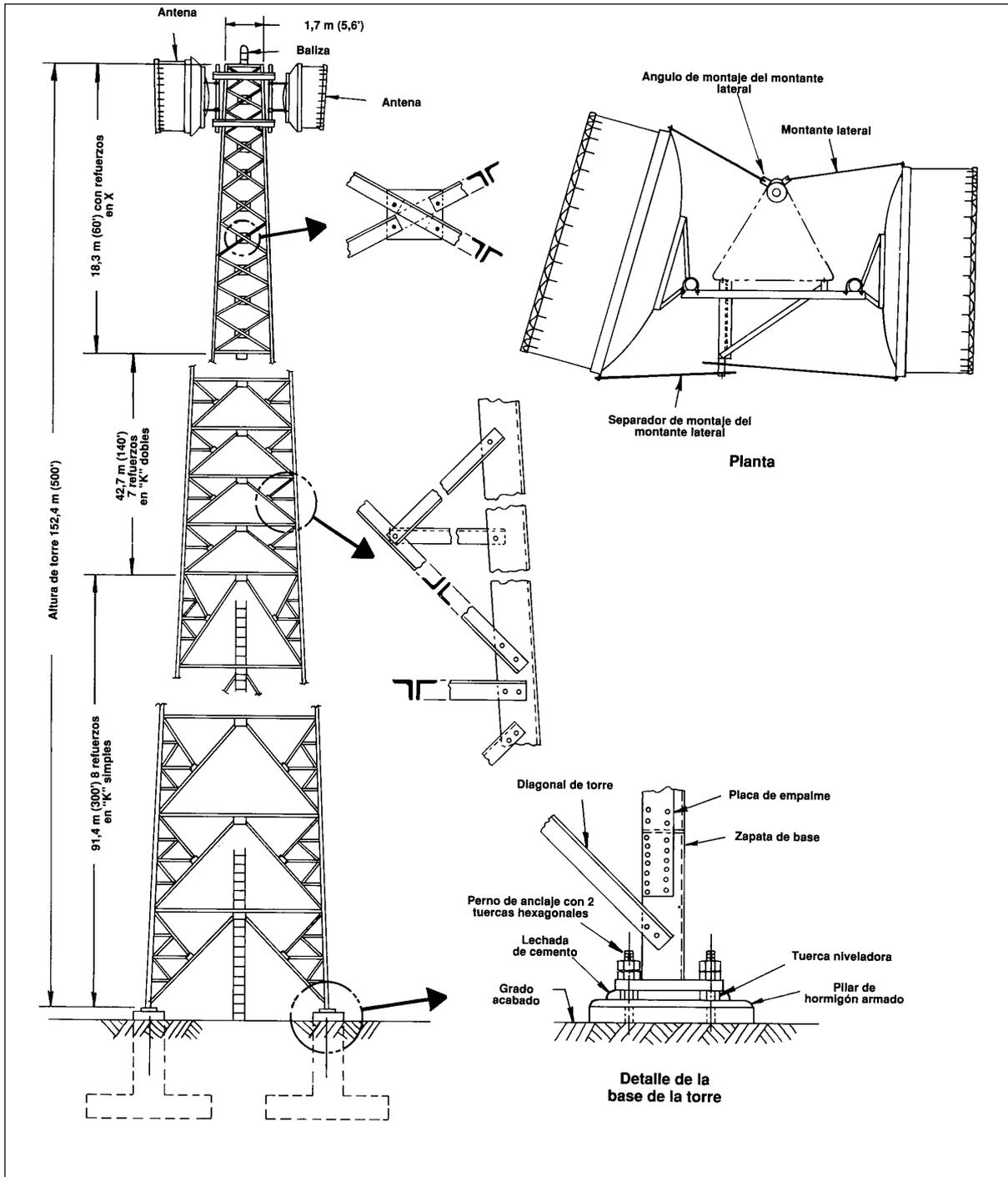


Fig 02. Layout de una torre y antena.

ANTENAS PARA MICROONDAS

EFICIENCIA: en una antena se ve reducida la ganancia por las siguientes causas:

- Spill over*: La potencia incidente es irradiada en todas las direcciones por el borde de la parábola (rendimiento 90%).
- El iluminador tiene un diagrama de emisión que abarca más que la superficie de la antena (rendimiento de 70%).
- El iluminador absorbe parte de la energía reflejada en la parábola por que obstruye el camino (rendimiento de 95%).
- La rugosidad del reflector produce una diferencia de fase en las ondas reflejadas (rendimiento de 93%).
- Se genera una diferencia de fase cuando el iluminador no está exactamente en el foco de la parábola (rend. 98%).
- Como el reflector no es un conductor ideal parte de la energía penetra en el material y es absorbida (rendimiento 99%).

Las características ambientales y climatológicas se encuentran en **IEC 68-2** para baja temperatura, alta temperatura, radiación solar, vibración, niebla salina, lluvia y salpicaduras, saltos en carga suelta. Las **condiciones típicas de funcionamiento** de una antena son: Temperatura entre -40 y +60 °C; Humedad entre 0 a 100%; Flexión con viento: de $0,1^\circ$ a 110 Km/h (EIA RS195B/222D); Supervivencia: 200 Km/h.

ANTENAS PARA MICROONDAS

2- CARACTERÍSTICAS DE LAS ANTENAS

Para la definición de las características en una antena seguir la **Tabla 02**.

GANANCIA DE ANTENA: Para una antena la relación entre la ganancia (respecto de la antena isotrópica en la dirección de máxima directividad) y el área eficaz es una constante igual a $\lambda^2/4\pi$, con λ la longitud de onda. La ganancia de una antena puede obtenerse en forma matemática mediante la expresión:

$$G = 10 \cdot \log \{4\pi A_o / \lambda^2\}; \quad \text{con} \quad A_o = \eta \cdot \pi \cdot (d/2)^2$$

Donde A_o es la superficie efectiva proyectada de la abertura del reflector, λ es la longitud de onda en el espacio libre, d el diámetro de la antena y η la eficiencia de la apertura expresada en %. Por lo tanto, se observa que la ganancia de una antena es proporcional a la frecuencia, la eficacia de la apertura y el diámetro del reflector. Lo cual queda comprobado del análisis de los valores de la **Tabla 02**. En la práctica la eficiencia η se encuentra entre el 50 y 75 % (cociente entre el área eficaz y el área real de la antena). En **Fig 03** se muestra un diagrama típico de irradiación de una antena parabólica disponible por un fabricante de antenas. En este esquema se observa el diagrama de irradiación principal y una envolvente aproximada teórica.

ENVOLVENTE DE GANANCIA. Se trata de la ley teórica determinada por:

$$G = 52 \text{ dB} - 10 \cdot \log D/\lambda - 25 \cdot \log \phi$$

Donde, D/λ es la relación entre el diámetro de la antena y la longitud de onda. El valor de ϕ es válido entre ϕ_1 y ϕ_2 . El ϕ_1 corresponde a $100 \cdot \lambda/D$ y ϕ_2 al mínimo valor constante. Los valores son:

D/λ	G_0 dB	ϕ 3 dB	ϕ_1	ϕ_2
15	31	4,7	6,7	40
20	34	3,5	5	36,5
25	36	2,8	4	33
30	37	2,3	3,3	30
40	40	1,7	2,5	27,5
50	42	1,4	2	25
60	43	1,2	1,7	23
80	46	0,9	1,25	21
100	48	0,7	1	19

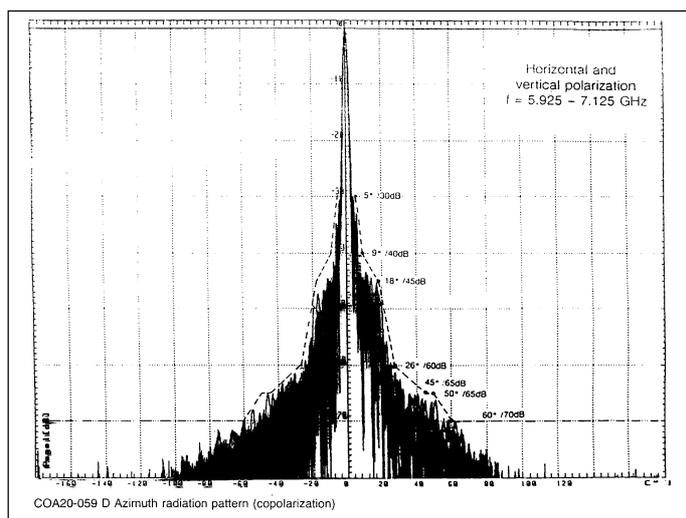


Fig 03a. Diagrama de irradiación de una antena parabólica.

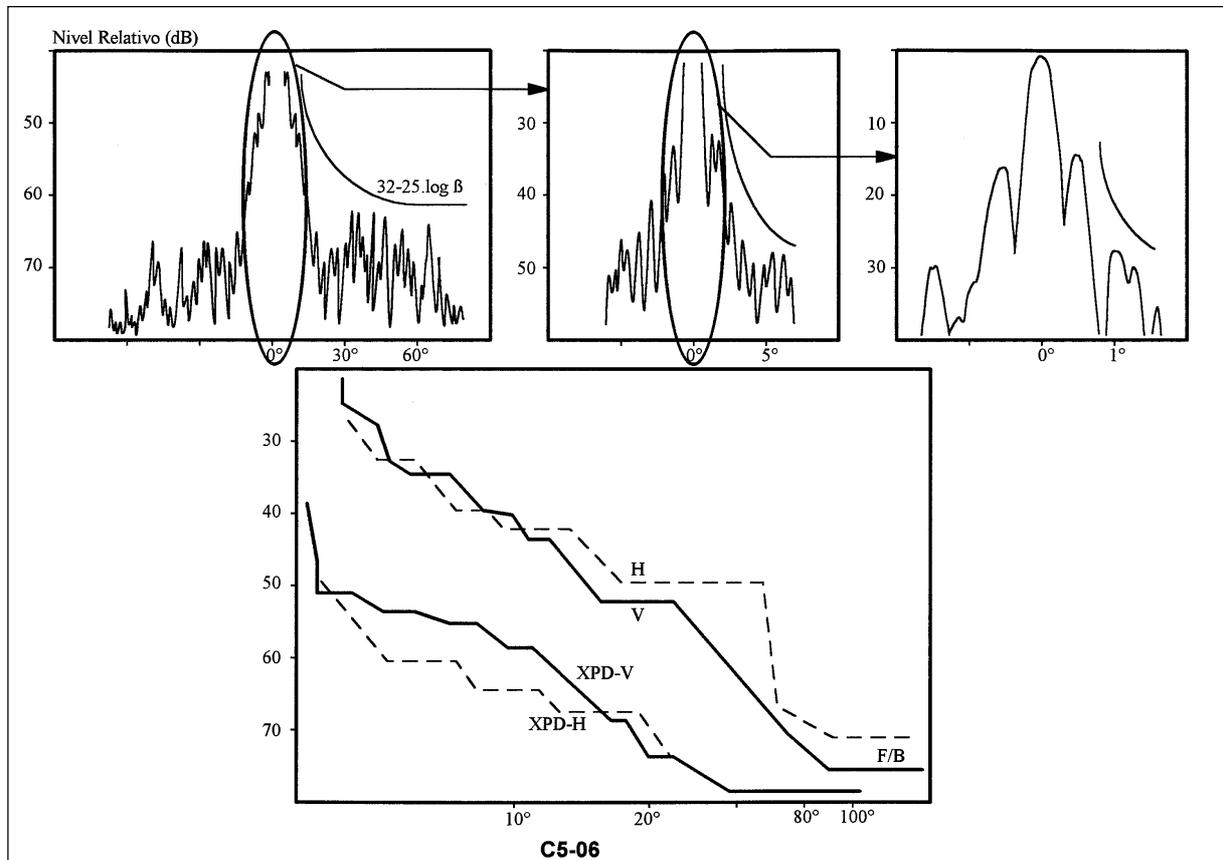
En la **Tabla 03** resumen las principales características de las antenas parabólicas para enlaces terrestres en distintas bandas de frecuencias y con distintos diámetros. Se indican los valores de ganancia en dB en la dirección de máxima directividad; la discriminación a la polarización cruzada XPD en dB en la misma dirección (el valor de XPD disminuye en la medida que el ángulo respecto de la dirección de máxima directividad aumenta); la relación frente-espalda F/B en dB y la pérdida de retorno (desadaptación de impedancias) en dB. Referencia de antenas Andrew.

ANTENAS PARA MICROONDAS

Tabla 02: Características definidas sobre una antena reflectora.

PRX vs Φ	Se trata del diagrama de irradiación . Pueden obtenerse el diagrama medido y diagrama garantizado por el productor de antenas (Fig C5-06).
Ga dB	Ganancia de potencia respecto de la antena isotrópica. El valor se define para el campo lejano y considerando la propagación libre. A la dirección donde se tiene el máximo de ganancia se la define mediante el concepto de directividad. Las antenas directivas tienen ganancia de potencia en alguna dirección y pérdida (atenuación) en otras.
Φ	La mayor directividad se obtiene con las antenas con reflector como se observa en la Fig 03a/b . En el diagrama de irradiación se define la dirección de máxima directividad caracterizada por el ángulo inicial de 0° y con un nivel de referencia de 0 dB.
HPBW	(<i>Half Power Beam Width</i>) Es el ángulo que corresponde a una caída de 3 dB (mitad de potencia) del nivel respecto al ángulo 0° . Una antena de buena directividad tiene un valor de HPBW pequeño.
F/B dB	(<i>Front to Back ratio</i>) Corresponde a la relación en dB de la potencia emitida en el ángulo de 180° respecto a 0° .
XPD dB	(discriminación a la polarización cruzada) Corresponde a la relación en dB entre el nivel de señal con una polarización recibida y el nivel de la polarización octogonal. XPD se reduce con el aumento del ángulo. La definición prevé tomar la relación entre el valor de la polarización directa en el ángulo de 0° y el valor de la polarización cruzada en el ángulo correspondiente a la caída de 6 dB en la polarización directa.
RL dB	(<i>Return Loss</i>) Se define la pérdida de retorno o coeficiente de reflexión en base a la Z_0 (impedancia característica de la línea de 50 ohm) conectada a la antena y Z_a la impedancia de la antena a la frecuencia de medida. El coeficiente de reflexión vale $\rho = (Z_a - Z_0) / (Z_a + Z_0)$.
BW MHz	(<i>BandWidth</i>) La antena es útil en el rango de frecuencia (ancho de banda) donde tiene una buena adaptación de impedancia; es decir, mientras el coeficiente de reflexión ρ es menor a un valor entre 0,01 y 0,03.
Área Eficaz	Se denomina de esta manera a la capacidad de una antena de captar energía del espacio. Se define (en condiciones ideales de polarización y de adaptación de cargas) como la relación entre la potencia disponibles en los terminales de la antena y el flujo de potencia incidente. El valor del área eficaz se manifiesta como una superficie plana paralela al frente de onda que absorbe completamente la energía que incide en ella. Se la puede llamar sección normal de absorción o captura.

Fig 03b. Diagrama de irradiación de una antena parabólica.



ANTENAS PARA MICROONDAS

Tabla 04. Características de las antenas parabólicas.

<i>Característica</i>	<i>Φmts</i>	<i>GodB</i>	<i>DdB</i>	<i>F/BdB</i>	<i>RLdB</i>
Frecuencia 2,3-2,7 GHz					
Antena estándar, simple polarización	1,8	31,1	32	36	20,8
	2,4	32,7	30	39	23,1
	3,0	34,6	30	44	23,1
Frecuencia 3,7-4,2 GHz					
Antena focal plana, simple polarización	3,0	39,1	28	50	30,7
	3,7	40,9	31	64	30,7
Frecuencia 4,4-5,0 GHz					
Alta performance, polarización simple, con radome plano	2,4	39,3	30	65	32,3
	3,0	41,0	30	67	32,3
	3,7	42,7	30	67	32,3
Frecuencia 5,9-6,4 GHz					
Alta performance, polarización simple, con radome plano	2,4	41,2	30	73	30,7
	3,0	42,9	30	74	30,7
	3,7	44,6	30	75	30,7
Frecuencia 5,9-6,4 GHz					
Antena focal plana, polarización simple,	2,4	40,6	28	64	30,7
	3,0	42,8	28	66	34,2
	3,7	44,6	28	68	34,2
Frecuencia 6,4-7,1 GHz					
Alta performance, polarización simple, con radome plano	2,4	42,3	30	60	34,2
	3,0	43,9	27	70	34,2
	3,7	45,6	30	71	34,2
Frecuencia 6,4-7,1 GHz					
Antena estándar, polarización simple,	1,8	39,3	30	47	26,4
	2,4	42,3	30	49	26,4
	3,0	46,1	30	52	26,4
Frecuencia 7,1-8,4 GHz					
Alta performance, polarización simple, con radome plano	1,8	40,3	30	66	30,7
	2,4	42,9	30	68	30,7
	3,0	44,8	30	70	30,7
Frecuencia 7,1-8,4 GHz					
Antena estándar, polarización simple,	2,4	42,9	30	50	26,4
	3,0	44,8	30	52	26,4
	3,7	46,3	30	54	26,4
Frecuencia 10,7-11,7 GHz					
Alta performance, con radome plano	2,4	46,6	36	75	28,3
	3,0	47,8	36	75	28,3
Frecuencia 10,7-11,7 GHz					
Antena estándar, polarización simple,	1,8	44,0	30	51	34,2
	2,4	46,4	30	53	34,2
	3,0	48,2	30	55	34,2
Frecuencia 12,2-13,2 GHz					
Alta performance, polarización simple, con radome plano	2,4	47,6	30	70	28,3
	3,0	48,8	26	71	28,3
	3,7	50,9	30	70	28,3

ANTENAS PARA MICROONDAS

LAMINA. Desde arriba hacia abajo. Instalación de guías de onda sobre una torre. Antenas de tipo Grid para frecuencias por debajo de 2 GHz. Antenas de tipo parabólicas para frecuencias superiores. Debajo se muestra un detalle del alimentador de antena desde el frente y la parte posterior.

