

ANTENAS CON REFLECTORES PARABÓLICOS

Resumen

El objetivo de este artículo es hacer llegar a alumnos y personas interesadas, los aspectos básicos y generales que son necesarios para comprender las razones del uso de: *Antenas con Reflectores Parabólicos*.

Se dan definiciones y cálculos, que permiten comprender, diseñar y construir antenas con estas características.

Además, se presenta una nueva modalidad de cálculo para los *Reflectores Parabólicos Truncados*.

Introducción

Una onda que se propaga en el espacio tiene un frente de onda esférico. Si la distancia en longitudes de onda, entre el punto de observación y el punto de emisión es muy grande, el frente puede considerarse como un frente de onda plano. Esto significa que, si se toma una superficie normal a la dirección de propagación (frente de onda), las ondas que arriban a esa superficie lo hacen con igual fase.

Es posible construir un conjunto de superficies ordenadas de tal forma, que una onda plana al incidir en ellas, se refleja pasando por un punto f (fig.1).

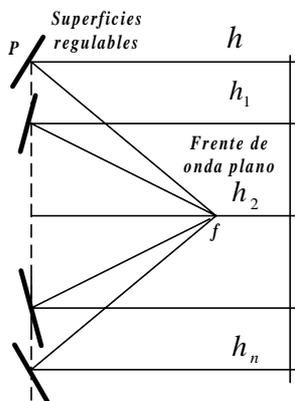


fig.1

Si en el punto f se coloca una fuente receptora, **es de esperar** que se reciba en ella toda la energía del frente de onda.

Como se puede apreciar en la figura 1, los n caminos, tienen longitudes distintas, ello provoca que las ondas que inciden en f , lo hacen con fases diferentes, y la suma de los campos que arriban a dicho punto, puede llegar a ser destructiva. ¡Situación no deseable!

Para que los campos que arriban al punto f se sumen con la misma fase, hay que procurar que los caminos tengan iguales longitudes. Es posible modificar la ubicación y el ángulo de cada superficie reflectora de tal forma, que los diferentes caminos sean iguales. Así: $fp_h = fp_1h_1 = fp_2h_2 = \dots = fp_nh_n$.

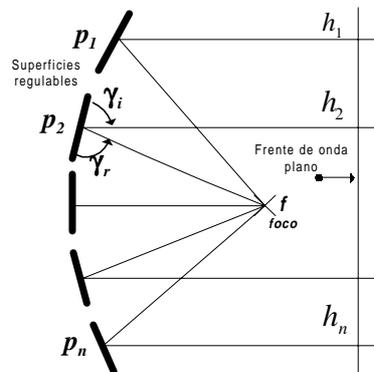


fig.2

Además, deben ser orientadas de manera tal, que cada una de las superficies, presente un ángulo de incidencia γ_i , igual al ángulo de reflexión γ_r (fig.2).

Esta representación da lugar a visualizar cómo converge en f la energía de la onda plana que proviene del frente de onda. Las superficies aisladas regulables permiten transportar, por reflexión, la energía del frente de onda al punto f . Punto en donde se sumarían las ondas con igual fase.

La parábola como figura geométrica en un plano, o el paraboloide como figura espacial “**tienen naturalmente**” las propiedades enunciadas para las n superficies aisladas. Una propiedad del paraboloide es que: los caminos que parten del foco f y se reflejan en el paraboloide, llegan a una superficie S con recorridos de igual longitud (fig.3).

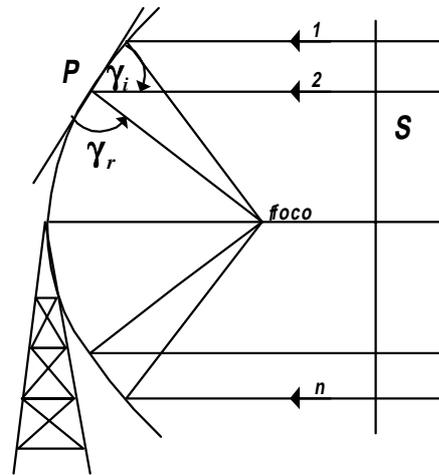


fig.3

Por lo dicho, una onda reflejada según el camino **1**, tarda el mismo tiempo o lo hace con igual fase, que las ondas que recorren los caminos **2, ..., n**.

Otra propiedad de la parábola es que, la tangente en un punto P (fig.3) tiene una orientación tal, que el ángulo de incidencia γ_i , es igual al ángulo de reflexión γ_r .

Las propiedades enunciadas son útiles para el diseño y construcción de **Antenas con Reflectores Parabólicos**.

Como lo sugiere el título, los reflectores en sí mismos no son antenas. El sistema requiere de una antena primaria que se complementa con el reflector. El conjunto, antena primaria mas reflector, se define como **Antena con Reflector Parabólico**.

Existen muchos tipos de reflectores parabólicos. Los más usados son: Cilindros parabólicos, paraboloides de revolución truncados y paraboloides de revolución (fig.4).

La construcción de estos dispositivos tiene por objeto lograr altas ganancias¹ (posiblemente sean los arreglos de antenas con mayor ganancia práctica). Son muy usadas en radar y vínculos de microondas terrestres y/o satelitales.

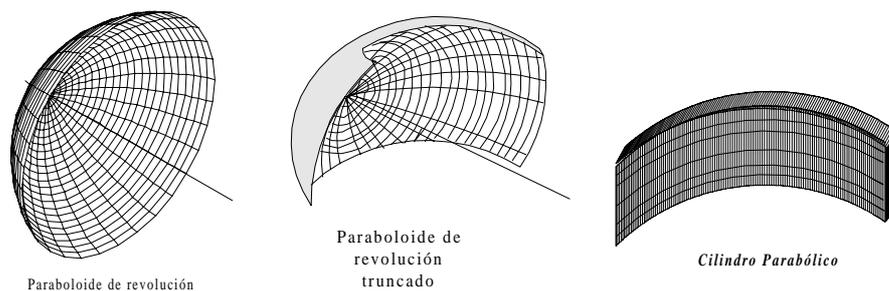


fig.4

¹ Véase bibliografía

Definiciones

Parábola

Dada una parábola de boca D y distancia focal f (fig.5). Se tienen las siguientes ecuaciones:

$$Z^2 = 4 f x \quad (1.)$$

$$Z^2 = \frac{f}{D} 4 D x \quad (2.)$$

Como:

$$x = \frac{Z^2}{4 f} \quad \text{en la boca de la parábola es:} \quad Z = \frac{D}{2}$$
$$\therefore c = \frac{D^2}{16 f} \quad \text{o, también} \quad c = \frac{D}{16(f/D)} \quad (3.)$$

En donde:

- D = Boca de la parábola
- f = Distancia focal
- c = Profundidad de la parábola en el centro

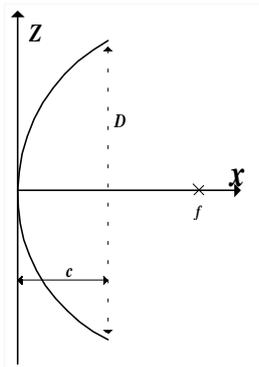


fig.5

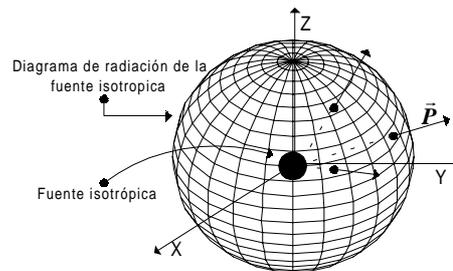


fig.6

Debe advertirse que en las ecuaciones (2) y (3), se han acomodado los términos para agrupar una relación de foco a diámetro (f/D). Se verá mas adelante la importancia de esta relación para el diseño de un reflector parabólico, en particular, cuando deba vincularse éste, con la fuente primaria (iluminador)².

Fuente Isotrópica Puntual

Se define una fuente isotrópica puntual, a aquella fuente **ideal**, que radia energía en todas las direcciones del espacio con igual intensidad (fig.6). Esta fuente es utilizada como referencia para especificar la ganancia de una antena en particular. El ángulo sólido de radiación es de 4π estereoradian, y la forma de radiación corresponde a una esfera.

Diagrama de Radiación

Todas las antenas tienen un diagrama de radiación que les es particular. Este diagrama, es la **forma y dirección del ángulo sólido** con el que se manifiesta la radiación en el espacio. En la fig.7, se ve un ejemplo. Se puede apreciar que una antena con reflector parabólico, presenta un diagrama de radiación con un ángulo sólido muy pequeño. Ello significa que toda la potencia de la fuente se

² El término es una generalización de los reflectores ópticos

densifica en una dirección del espacio. Así, el vector de Poynting en esa dirección, tiene una magnitud mayor que el correspondiente a una antena isotrópica, y la relación entre el ángulo sólido de la fuente isotrópica, al ángulo sólido de una antena en particular, da lugar a la definición de **ganancia**³.

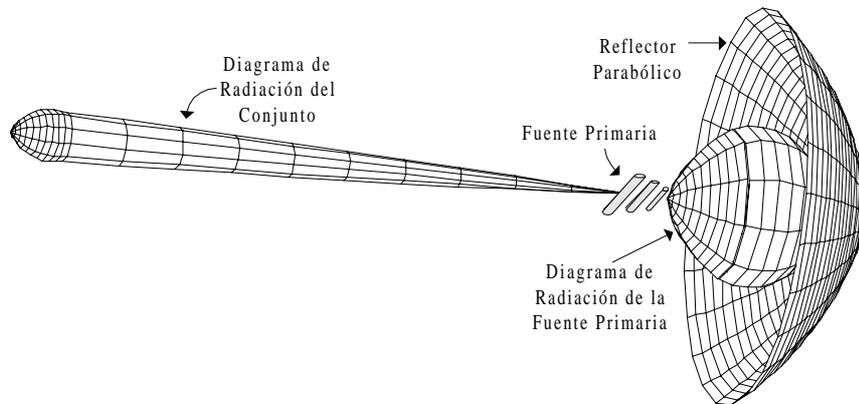


fig.7

Ganancia

La ganancia de un sistema con reflector parabólico, referida a la fuente isotrópica y adecuadamente iluminado es:

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{em} \quad (4.)$$

Para un paraboloide de boca circular es:

$$A_{em} = \frac{\pi D^2}{4}$$

∴

$$G = 4\pi \frac{\pi D^2}{4\lambda^2} \quad \therefore \quad G = 9,87 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \quad (5.)$$

- D Es el diámetro del paraboloide.
- λ Es la longitud de onda
- A_{em} Es el área efectiva máxima de captación (electromagnética) o de radiación del sistema parabólico. Si el sistema no tiene pérdidas, representa el área de la boca del paraboloide.

La ecuación (5), expresa la ganancia **máxima** que se podría obtener de un sistema parabólico de construcción perfecta, y adecuadamente iluminado.

En la práctica, la ganancia G es función del rendimiento. Este expresa las pérdidas, defectos de construcción y fallas de iluminación.

Así:

$$G = \eta 9,87 \left(\frac{D}{\lambda} \right)^2 \quad (6.)$$

Normalmente se trabaja con valores de η , entre:

$$0,5 \leq \eta \leq 0,7 \quad (7.)$$

³ Se vé más adelante ángulo sólido y ganancia

En la fig. 8 se muestra un gráfico que relaciona la ganancia del sistema, frecuencia, diámetro del paraboloide y el ángulo de media potencia del diagrama de radiación.⁴

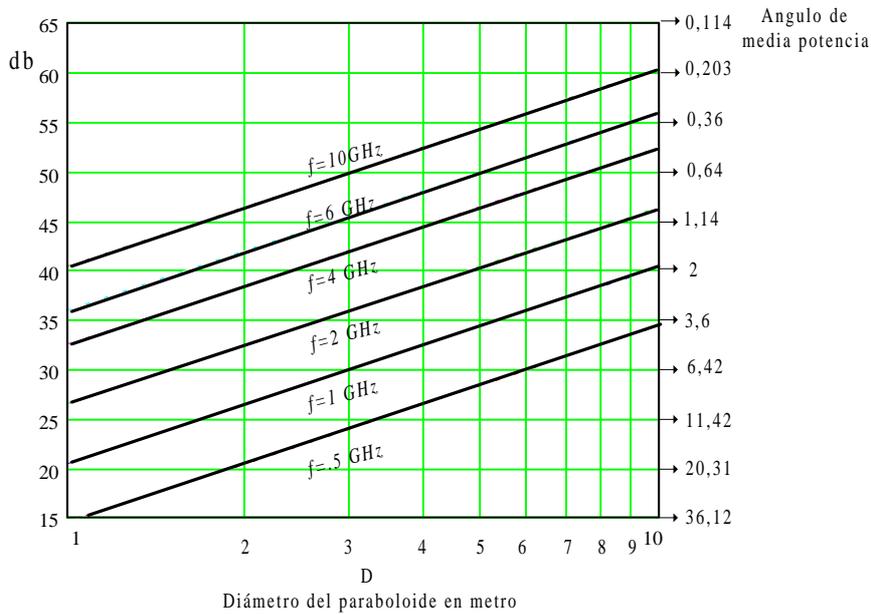


fig.8

Como se puede apreciar en las ecuaciones (5) y (6), la ganancia depende del diámetro de la boca del paraboloide y es independiente de la distancia focal. Distintos reflectores parabólicos con igual diámetro de boca, y con distancias focales diferentes, poseen la misma ganancia.

La distancia focal y su relación con el diámetro (f/D), es una relación que sirve para vincular la fuente primaria, en lo que se refiere a la forma del diagrama de radiación de ésta, y cómo, la fuente ilumina el paraboloide según sea el diámetro de su boca.

Relación entre el Foco y el Diámetro del Paraboloide f/d

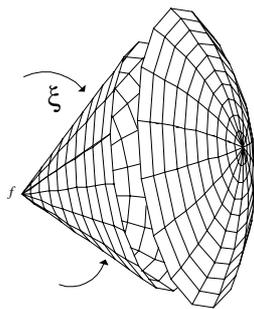


fig.9

En la fig. 9, se ve que uniendo la boca del paraboloide con el foco, se forma un ángulo sólido ξ . Este ángulo depende de la distancia focal f para un diámetro D constante. ξ es mayor, en la medida que f se aproxime al vértice del paraboloide, y menor, si f se aleja.

En la fig. 10 se muestra una fuente primaria que ilumina reflectores con igual diámetro, pero, con diferentes distancias focales.

Para iluminar adecuadamente el reflector, la fuente primaria debe tener un diagrama de radiación con un ángulo sólido similar a ξ .

Si la fuente primaria tuviera un diagrama de radiación menor o mayor que ξ , el reflector quedaría iluminado parcialmente como se muestra en la fig.10a, o habría desborde de energía como se indica en la fig.10b (spillover).

Como es de apreciar, el diseño de una fuente primaria y su diagrama de radiación, debe coincidir con la relación foco a diámetro (f/D) del paraboloide, esto, a fin de obtener una adecuada ganancia y buen rendimiento del sistema.

⁴ Se verá mas adelante, ángulo de media potencia

Además, se buscan otros efectos como los indicados en el conjunto de la fig.11.

Para lograr máxima ganancia del sistema, la fuente primaria debe tener un diagrama de radiación tal, que en los bordes del paraboloide incida un décimo (-10 db) de la energía que llega al centro (fig.10).

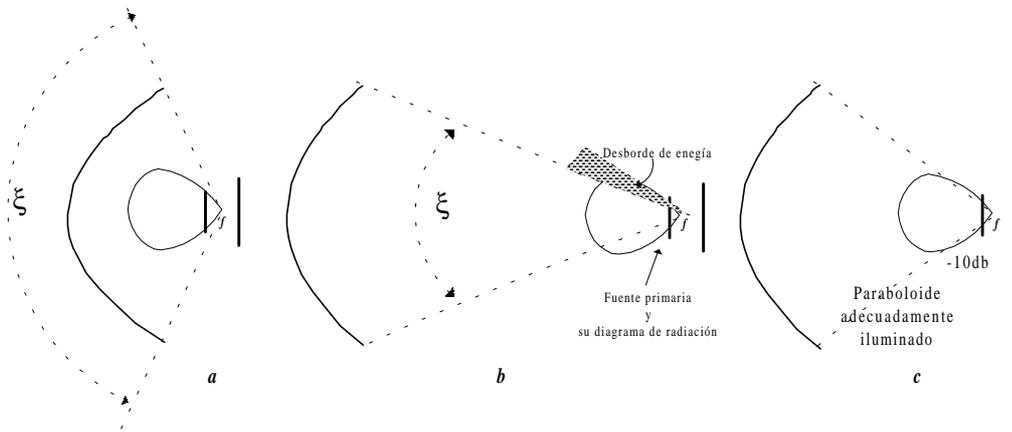


fig.10

Con el fin de disminuir los lóbulos laterales, se logra un buen compromiso entre éstos y la máxima ganancia, si se ilumina el reflector con un diagrama primario que tenga -20 db de energía dirigida a los bordes (fig.11).

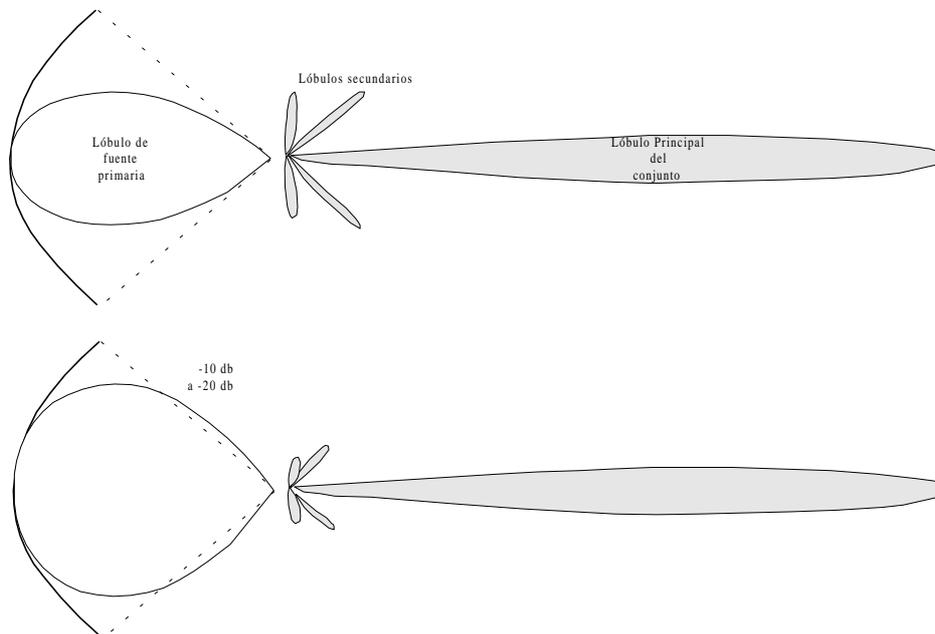


fig.11

Fuentes Primarias para Alimentar Reflectores Parabólicos

El centro de fase de la fuente primaria debe coincidir con el foco del reflector para lograr una adecuada distribución de la energía, y obtener así una iluminación sin desbordes, subalimentación, y sin lóbulos laterales.

El centro de fase de una antena es función de la frecuencia. Este es un punto a considerar en la selección de la fuente primaria. Otro aspecto a tener en cuenta, es si el sistema de comunicación requiere polarización lineal en uno o varios planos, o polarización circular, esto es importante puesto que se logran diferentes características de transmisión – recepción, según sea el caso de la polarización usada.

Algunos vínculos con satélites o de microondas, envían dos canales de información en una misma frecuencia, separados uno de otro 60 db mediante el uso de polarización lineal ortogonal.

Las fuentes primarias más usadas son:

- Dipolo de media onda con reflector
- Antena bocina (horn)
- Dipolo de media onda complementado con guía de onda circular y bocina circular corrugada.

Es de advertir que una antena primaria actuando con un reflector de muy baja relación, $f/D \ll 0,25$, es muy sensible a los cambios de frecuencia. Pequeñas variaciones de frecuencia, provocan cambios en la impedancia del punto de excitación, y esto ocasiona pérdidas por desadaptación. Además, los reflectores con muy baja relación foco diámetro exigen mayor precisión en la construcción, que aquellos con mayor relación f/D .

Un buen compromiso es: $0,25 < f/D < 0,6$

Los reflectores se iluminan de dos formas:

- Iluminación directa
- Iluminación indirecta

La iluminación directa se hace colocando la fuente primaria al frente de reflector.

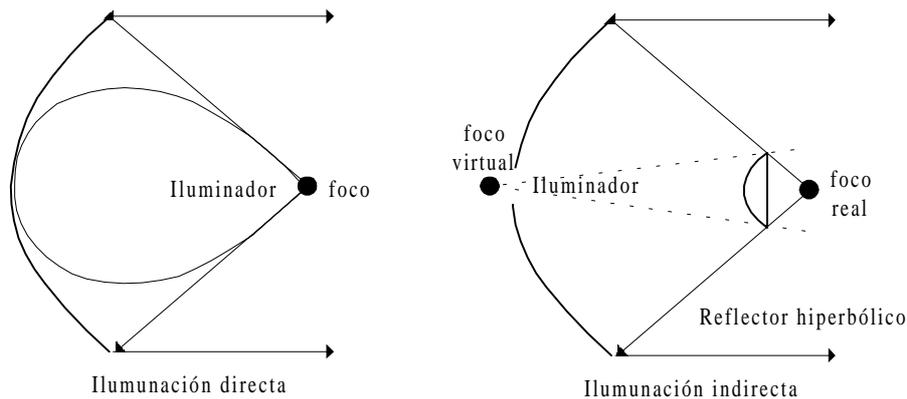


fig.12

La indirecta se hace utilizando un reflector adicional, como por ejemplo un reflector Cassegrain (fig.12).

Angulo Sólido

En un sistema de coordenadas polares, un elemento de superficie puede ser expresado como:

$$dA = \rho \sin(\theta) d\theta d\phi \quad \rho d\theta = \rho^2 \sin(\theta) d\theta d\phi \quad (\text{fig.13}) \quad (8.)$$

En la fig.14 se ven tres elementos de superficies según las distancias: ρ_1 , ρ_2 y ρ_3 que pueden ser expresados como sigue:

$$dA_1 = \rho_1^2 \sin(\theta) d\theta d\phi \quad dA_2 = \rho_2^2 \sin(\theta) d\theta d\phi \quad dA_3 = \rho_3^2 \sin(\theta) d\theta d\phi \quad (9.)$$

Los distintos elementos de área dependen del cuadrado de la distancia considerada. Pero hay un elemento que es común a todas ellas y es: $sen(\theta)d\theta d\phi$.

Si a cada elemento de área se lo refiere a su correspondiente distancia al cuadrado se tiene:

$$\frac{dA_1}{\rho_1^2} = \frac{dA_2}{\rho_2^2} = \frac{dA_3}{\rho_3^2} = \underline{sen(\theta)d\theta d\phi} \quad (10.)$$

Esta relación es definida como elemento de ángulo sólido y es común a las superficies

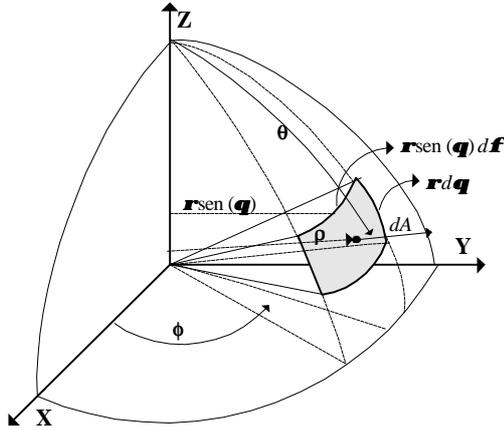


fig.13

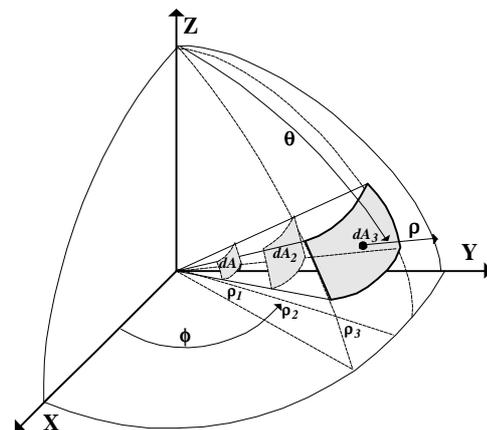


fig.14

$$d\Omega = sen(\theta) d\theta d\phi \quad (11.)$$

Si la superficie que representa la fig.13 fuese una esfera, el ángulo sólido será:

$$\Omega = \int_0^\pi sen(\theta) d\theta \int_0^{2\pi} d\phi = -cos(\theta) \Big|_0^\pi \Big|_0^{2\pi} = 2 \cdot 2\pi \quad (12.)$$

$$\therefore \Omega = 4\pi \text{ estereoradián. Puede ser escrito como:} \quad (13.)$$

$$\Omega = 2[\text{radián}] \cdot 2\pi[\text{radián}] = 4\pi [\text{radián}]^2 \text{ o estereoradián} \quad (14.)$$

El ángulo sólido puede ser expresado en grados. Así:

$$\Omega = 2 \frac{180}{\pi} \text{ Grados} \cdot 2\pi \frac{180}{\pi} \text{ Grados} = 4\pi \frac{180^2}{\pi^2} \text{ Grados}^2 \quad (15.)$$

$$\boxed{\Omega = 4\pi \text{ radián}^2 = 41256 \text{ gra dos}^2} \quad (16.)$$

En algunos casos se expresa el ángulo sólido en grados cuadrados. Es más fácil imaginar un ángulo en grados que en radianes, y es útil para el cálculo de ganancia de antenas con método aproximado.

Ganancia de una Antena⁵

La ganancia de una antena es una expresión relativa, indica la relación del ángulo sólido de una fuente isotrópica, al ángulo sólido del diagrama de radiación de la antena. Se puede expresar como:

⁵ Ver bibliografía al final

$$G = \frac{4 \pi}{\iint f(\theta, \phi) \text{sen}(\theta) d\theta d\phi} = \frac{4 \pi}{F} \quad (17.)$$

$$F = \iint f(\theta, \phi) \text{sen}(\theta) d\theta d\phi \quad (18.)$$

La expresión (18) corresponde al ángulo sólido del diagrama de radiación de la antena en cuestión.

$$f(\theta, \phi) \text{ es el factor diagrama de la antena.} \quad (19.)$$

Para un diagrama unidireccional como el de la fig.15, se puede hacer una simple aproximación poniendo: $F = \theta_{1/2} \phi_{1/2}$. Sustituyendo en la (17) es:

$$G = \frac{4 \pi}{\theta_{1/2} \phi_{1/2}} = \frac{41256}{\theta_{1/2}^0 \phi_{1/2}^0} \quad (20.)$$

Donde: $\theta_{1/2}^0 \phi_{1/2}^0$ son los ángulos de media potencia del diagrama de radiación (fig.15).

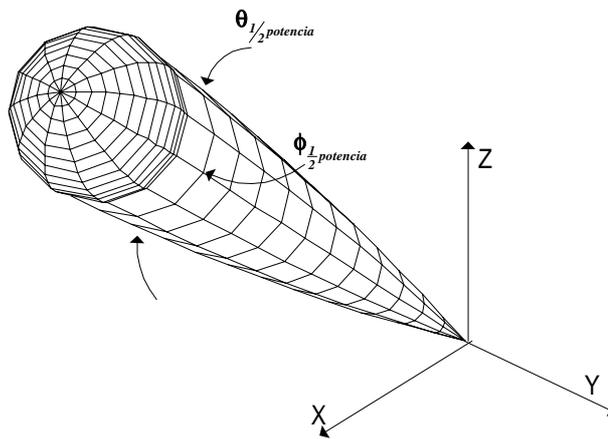


fig.15

Ángulos de Media Potencia

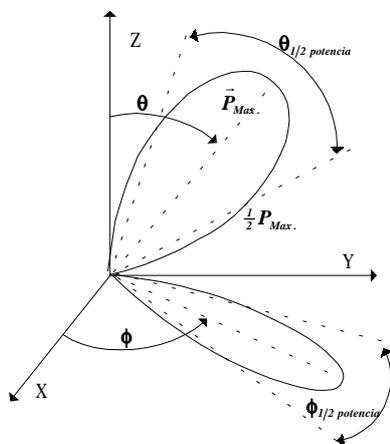


fig.16

Se definen los ángulos de media potencia $\theta_{1/2}$, $\phi_{1/2}$, a los ángulos de un diagrama de radiación, en donde el vector de Poynting se hace igual a $\frac{1}{2}$ de su valor máximo. En la fig.16 se indican éstos en los planos zy y xy.

Ganancia de una Antena con Reflector Parabólico Truncado

De las ecuaciones (6) y (17), se deduce que el ángulo de media potencia de un paraboloide de revolución **idealmente** iluminado y con diagrama de radiación unidireccional (como el de la fig.15) es:

$$\theta = \phi = \sqrt{\frac{4 \pi}{9,87 D_{\lambda}^2}} \quad (21.)$$

En la fig.17 se muestra un reflector truncado en sus dimensiones verticales.

El cálculo de la ganancia para este tipo de paraboloide puede ser realizado, calculando el ángulo que corresponde a un paraboloide de revolución no truncado, cuyo diámetro de boca es: $D_{\lambda 1}$ y mediante la ecuación (10) se obtiene ϕ_1 .

Para la dimensión truncada, se inscribe un círculo de diámetro $D_{\lambda 2}$ y se calcula con la ecuación (10) el ángulo θ_2 que correspondería a un paraboloide de boca $D_{\lambda 2}$. Así:

$$\phi_1 = \sqrt{\frac{4 \pi}{9,87 D_{\lambda 1}^2}} \quad y \quad \theta_2 = \sqrt{\frac{4 \pi}{9,87 D_{\lambda 2}^2}} \quad (22.)$$

$$D_{\lambda 1} = \frac{D_1}{\lambda} \quad y \quad D_{\lambda 2} = \frac{D_2}{\lambda}$$

Con ϕ_1 y θ_2 se puede calcular la ganancia del reflector dada por: $G = \frac{4 \pi}{\phi_1 \theta_2}$

$$G = \frac{4 \pi}{\sqrt{\frac{4 \pi}{9,87 D_{\lambda 1}^2}} \sqrt{\frac{4 \pi}{9,87 D_{\lambda 2}^2}}} = 9,87 D_{\lambda 1} D_{\lambda 2} \quad (23.)$$

$$\therefore \boxed{G = 9,87 D_{\lambda 1} D_{\lambda 2}} \quad (24.)$$

Si se hace: $D_{\lambda 2} = \frac{1}{n} D_{\lambda 1}$, en donde n es la relación de diámetros, se tiene:

$$G = \frac{9,87}{n} D_{\lambda 1}^2 \quad \text{que expresada en decibeles es:} \quad (25.)$$

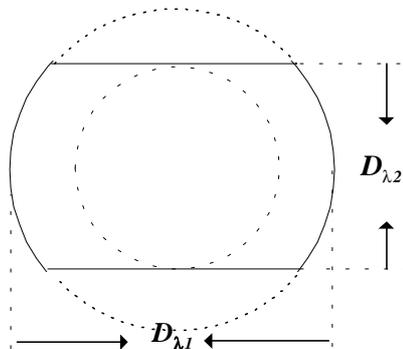


fig.17

$$G_{db} = 20 \log D_{\lambda l} + 10 \log 9,87 - 10 \log n \quad (26.)$$

Es de notar que la ganancia queda disminuida por el factor n . Para $n=1$ la ganancia es la del paraboloide de revolución no truncado.

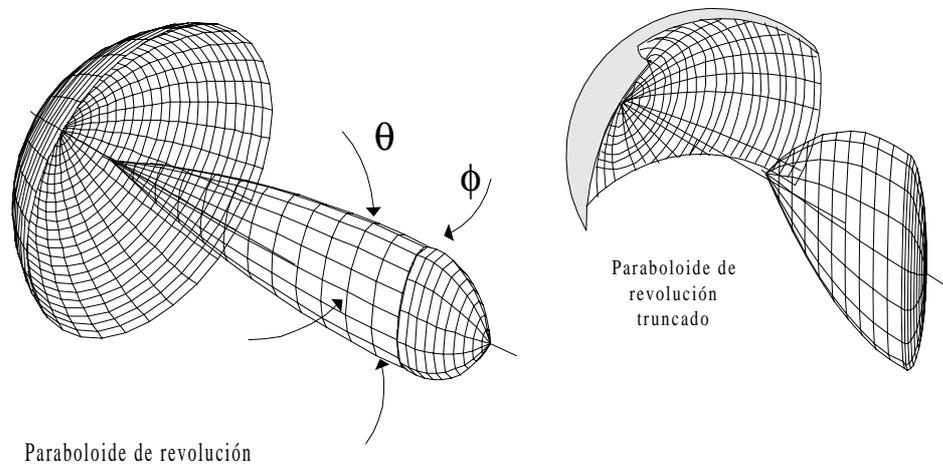


fig.18

Algunas razones que fundamentan el uso de diferentes sistemas parabólicos

Técnicamente es posible la construcción de un gran número de sistemas de antenas con reflectores parabólicos, se han mencionado los tipos más representativos. Dentro de éstos, existen variaciones particulares que los distinguen según sea el objetivo. En términos generales se diseñan para ser usados en:

- Radar
- Vínculos radieléctricos de microondas
- Vínculos con satélites

Aún dentro de esta clasificación, se bifurcan otras que corresponden a diseños específicos. Para citar un ejemplo y aplicando los conceptos tratados, se verá una razón del uso del paraboloide truncado y del paraboloide de revolución.

- En algunos sistemas de radar es necesario detectar blancos en todo un hemisferio. La premisa general es obtener la máxima ganancia de antena posible. Una opción es usar un paraboloide de revolución. Esto llevaría a prever un sistema de movimiento de la antena parabólica en todas las direcciones del hemisferio, tanto en acimut, como en elevación. El costo puede ser muy elevado. La solución de compromiso es: usar un paraboloide de revolución truncado, tal que se prevea un movimiento circular del sistema en el plano de acimut (no de elevación) de bajo costo. Liberando así un estado de libertad al sistema. En el plano de acimut, la antena puede tener gran resolución angular y detectar blancos con la precisión deseada. Como se aprecia en la fig.21, el ángulo de media potencia ϕ , puede ser muy pequeño, dependiendo de la dimensión $D_{\lambda l}$. En elevación, al ser un paraboloide truncado, el ángulo de media potencia θ es mayor, y por lo tanto es capaz de detectar blancos usando el diagrama de radiación, sin movimientos físicos de la antena en esa dirección.
- Para un vínculo con satélite de comunicaciones geoestacionario, normalmente se usan paraboloides de revolución, el diámetro del mismo fija la ganancia (ecuación 6). En términos ideales, el diagrama de radiación también es una figura de revolución (dependiendo de la fuente primaria). Dada la atenuación por distancia (36.000Km), por la relación señal/ruido, y por la necesidad de discriminar entre un satélite y otro (2°). La ganancia para este tipo de vínculo está en el orden de los 40 a 55 decibeles. Situaciones normales (no marginales). Y así, los diámetros de boca en estos paraboloides, corresponden a 2 ó 6 metros, para la frecuencia de 4,75 Ghz. Por tratarse de un satélite geoestacionario, la antena receptora tiene una orientación fija según la latitud en donde se encuentra el receptor, (aproximadamente 53°

de elevación para Tucumán) y así puede planificarse una ganancia acorde a lo deseado y con sistemas sencillos de movimiento para la orientación de la antena.

Lo que se quiere destacar es que: El peso del diseño, cae en la definición del diagrama de radiación deseado (o ángulo sólido de radiación). Cada sistema con sus problemas, induce a la solución apropiada.

Aspectos constructivos

Hay muchos métodos para la construcción de reflectores parabólicos, unos más complejos que otros. Del análisis de:

- Frecuencia de trabajo
- Dimensiones
- Errores
- Material usado como reflector
- Producción
- Otros

se seleccionan los dispositivos y métodos para la fabricación.

Por la frecuencia de trabajo y la ganancia deseada, surgen las dimensiones físicas de un paraboloide.

A la frecuencia fijada le corresponde una longitud de onda (λ). Los errores de construcción tienen por referencia a λ . Cuanto mayor es la frecuencia de trabajo, menor es λ , y son más exigentes las premisas de construcción.

De la conductividad específica de los materiales (σ), se elige aquel que esté de acuerdo con las pérdidas previsibles, y de esto surge la sección mínima a usar en el material del reflector.

La mayoría de los métodos constructivos requieren la elaboración de una matriz. Esta fija los costos iniciales, y se hacen mínimos según sea la producción.

Otros aspectos que deben ser tenidos en cuenta son:

- Masa total del sistema
- Estructura
- Resistencia al viento

Para los radares de seguimiento de blancos rápidos y cercanos, es necesario impartir a la pantalla reflectora una alta velocidad angular. En esto influyen los valores inerciales dados por las dimensiones, la masa total del sistema y su estructura.

Las antenas de grandes dimensiones y altas ganancias, suelen tener ángulos sólidos tales que, los valores de θ y ϕ son muy pequeños: $0,3^\circ$ y menos aún. La estructura y su resistencia al viento debe ser tal, que no permita alteraciones en la posición de la antena y por consiguiente del diagrama de radiación.

Algunas antenas son construidas con la pantalla reflectora perforada, a fin de disminuir su resistencia al viento.

Las perforaciones deben tener un diámetro no mayor que $1/10$ a $1/20$ de la longitud de onda λ , a fin de evitar pérdidas y no afectar su rendimiento.

De igual manera, los errores de construcción del reflector están vinculados con λ . La diferencia entre el reflector parabólico ideal y el real debe ser tal, que el error e sea: $e \leq 1/10 \lambda$.

Volviendo a las figuras 1,2 y 3. Es evidente que errores en la superficie del reflector producen caminos de diferentes longitudes, esto hace que las fases de los campos que arriban al foco, lo hacen con valores distintos a los ideales. Un ejemplo simple puede aclarar esta situación. Si la irregularidad de la superficie fuera de $\lambda/4$, la fase de ese camino cuando llega al foco está a 180° con respecto a los caminos ideales y esa fase se resta, disminuyendo en esa proporción la ganancia del sistema.

Para frecuencias entre 1 y 15 GHz. ($\lambda = 0,33$ a $0,02$ metro) los errores de construcción suelen ser de relativa y fácil solución. Para frecuencias mayores hasta 100 GHz. la precisión en la construcción es más exigente (las irregularidades en la superficie no deben superar el milímetro).

Ejemplos y Cálculos

Problema 1

Cinco sistemas de antenas con reflectores parabólicos necesitan una ganancia de 40 decibels. Las frecuencias son:

- 1) $f_1 = 1\text{GHz}$.
- 2) $f_2 = 5\text{GHz}$.
- 3) $f_3 = 10\text{GHz}$.
- 4) $f_4 = 30\text{GHz}$.
- 5) $f_5 = 100\text{GHz}$.

Calcúlese para cada sistema:

- a) Diámetro del paraboloide
- b) Angulos de media potencia.
- c) Error máximo de la superficie del paraboloide
- d) Si los reflectores son construidos con mallas perforadas, calcúlense los orificios máximos de la malla.
- e) Realícese una tabla con valores comparativos.

Solución:

Ganancia común para todos los paraboloides:

$$G = 40 \text{ db} \quad \therefore G = 10^4$$

Angulos de media potencia:

$$\theta, \phi = \sqrt{\frac{41256}{9,87}} = 2^\circ$$

Como todas las antenas tienen la misma ganancia, el ángulo de 2° es común a ellas.

Longitud de onda y diámetro del paraboloide:

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \quad D = \lambda \sqrt{\frac{G}{9,87}}$$

El error (e) en la superficie del paraboloide y el máximo diámetro (d) de los orificios de la malla es:

$$e = d = \frac{\lambda}{10}$$

Tabla comparativa para cada uno de los sistemas:

Frecuencia	Longitud de onda	Boca del Paraboloide	Error y diámetro de los orificios de la malla	Angulos de media potencia
$f_1 = 1\text{GHz}$	$\lambda_1 = 3 \cdot 10^{-1} \text{ metro}$	$D_1 = 9,55 \text{ metro}$	$e = d = 3 \cdot 10^{-2} \text{ metro}$	2°
$f_2 = 5\text{GHz}$	$\lambda_2 = 6 \cdot 10^{-2} \text{ metro}$	$D_2 = 1,91 \text{ metro}$	$e = d = 6 \cdot 10^{-3} \text{ metro}$	2°
$f_3 = 10\text{GHz}$	$\lambda_3 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ metro}$	$D_3 = 0,955 \text{ metro}$	$e = d = 3 \cdot 10^{-3} \text{ metro}$	2°
$f_4 = 30\text{GHz}$	$\lambda_4 = 10^{-2} \text{ metro}$	$D_4 = 0,318 \text{ metro}$	$e = d = 10^{-3} \text{ metro}$	2°
$f_5 = 100\text{GHz}$	$\lambda_5 = 3 \cdot 10^{-3} \text{ metro}$	$D_5 = 0,095 \text{ metro}$	$e = d = 3 \cdot 10^{-4} \text{ metro}$ $= 300 \text{ micrones}$	2°

Problema 2

Es necesario construir una antena con reflector parabólico para la frecuencia de 4GHz.y una ganancia de 45 decibeles. Con una relación $f/D = 0,45$.

Se deben calcular sus valores y dar un método para la construcción de un prototipo.

Solución:

Dada la ganancia $G = 45db$ es: $G = 3,16210^4$

Para la frecuencia $f = 4GHz$. es: $\lambda = 0,075$ metro

Como: $G = 9,87 \frac{D^2}{\lambda^2}$ es: $D = \lambda \sqrt{\frac{G}{9,87}} \therefore D = 0,075 \sqrt{\frac{3,16210^4}{9,87}} \therefore D = 4,245$ metro

Los ángulos de media potencia son:

$$\theta, \phi = \sqrt{\frac{41256}{G}} = \sqrt{\frac{41256}{3,16210^4}} \therefore \theta, \phi = 1,142^\circ$$

Para la construcción de un prototipo, se puede recurrir a la técnica de moldeado con fibra de vidrio y resina sintética. Para esto es necesario hacer un molde en negativo con tierra-yeso u otro material similar y sobre este moldear capas de fibra de vidrio con resina.

Luego de haber aplicado la primera capa, se coloca una malla metálica de aluminio cuyos orificios sean de 1 a 6 milímetros como máximo (tipo tela mosquitera). Se siguen aplicando capas hasta lograr un espesor de 5 milímetros procurando hacer algunos nervios para aumentar su resistencia y dar más estructura.

Previo a esto, es necesario hacer una plantilla con la forma de la parábola que corresponde a la relación foco/diámetro deseada. Esta puede ser construida en hierro o madera, y sirve para armar el molde de tierra.

En la fig.19 se indica en forma esquemática el proceso. Y en la tabla se dan los valores para construir la plantilla, con una relación $f/D = 0,45$.

X	Z	X	Z	X	Z	X	Z	X	Z
0	0	0.13	0.997	0.26	1.409	0.39	1.726	0.52	1.993
0.01	0.276	0.14	1.034	0.27	1.436	0.4	1.748	0.53	2.012
0.02	0.391	0.15	1.071	0.28	1.463	0.41	1.77	0.54	2.031
0.03	0.479	0.16	1.106	0.29	1.489	0.42	1.791	0.55	2.05
0.04	0.553	0.17	1.14	0.3	1.514	0.43	1.813	0.56	2.069
0.05	0.618	0.18	1.173	0.31	1.539	0.44	1.834	0.57	2.087
0.06	0.677	0.19	1.205	0.32	1.564	0.45	1.854	0.58	2.105
0.07	0.731	0.2	1.236	0.33	1.588	0.46	1.875	0.59	2.123
0.08	0.782	0.21	1.267	0.34	1.612	0.47	1.895		
0.09	0.829	0.22	1.297	0.35	1.635	0.48	1.915		
0.1	0.874	0.23	1.326	0.36	1.659	0.49	1.935		
0.11	0.917	0.24	1.354	0.37	1.681	0.5	1.955		
0.12	0.958	0.25	1.382	0.38	1.704	0.51	1.974		

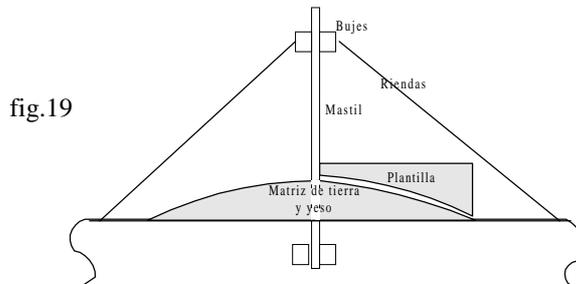


fig.19

Bibliografía:

-
1. Antennas
John D. Kraus
McGraw-Hill Book Company, Inc

 2. Electromagnetic Waves and Radiating System
Second Edition
Edward C. Jordan
Keith G. Balmain
Prentice-Hall, Inc

 3. Antenna Engineering Handbook
Henry Jasik, Editor
First Edition
McGraw-Hill Book Company, Inc
-

Néstor E. Arias

Ingeniero Electricista Orientación Electrónica

Egresado de la U.N.T. en el año 1968

Profesor Titular de Antenas (plan 1963). De Electromagnetismo I y Electromagnetismo II (Antenas) (plan 1991) en el Instituto de Ingeniería Eléctrica de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, U.N.T.