



Antenas para Microondas (Microwave Antennas)

UNI – FIEE
Lima – PERÚ

Ing. Marcial López Tafur
mlopez@uni.edu.pe

2010

Antenas para usos en Microondas

- Sus características generales incluyen
- Ganancia, Patrón de radiación.
- Rechazo a la interferencia,
- Altura sobre el nivel del suelo,
- Carga en la torre
- Su alimentador asociado
- Los protectores (radomes).

UNI - Antenas de MW

2

Parámetros Físicos de Antena

- Tamaño (Diámetro)
- Peso
- Materiales con los que está construido
- Sobrevivencia / Carga al viento
- Torcedura & Oscilación (Twist & Sway)
- Montaje

UNI - Antenas de MW

3

Parámetros Eléctricos de Antena

- Ganancia (dBi)
- Ancho de Haz (rad o grados)
- Patrón de Radiación
- Discriminación de Polarización Cruzada (XPD - dB)
- Relación Front to Back (F/B)
- Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)
- Pérdida de Retorno (RL - dB)

UNI - Antenas de MW

4

Diagrama
Cartesiano

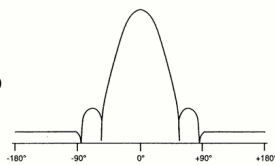
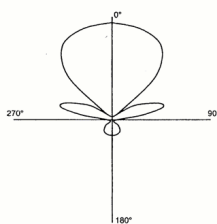


Diagrama
Polar

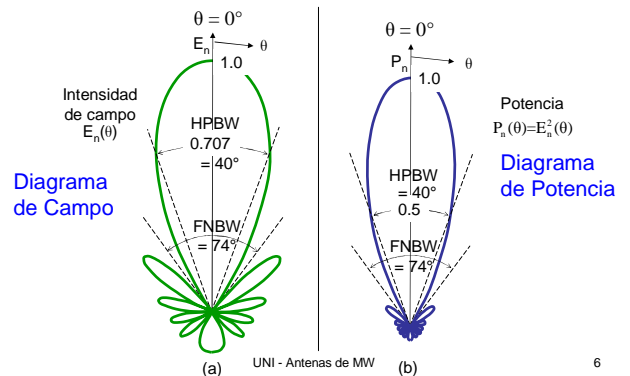


UNI - Antenas de MW

5

Patrón de radiación Polar

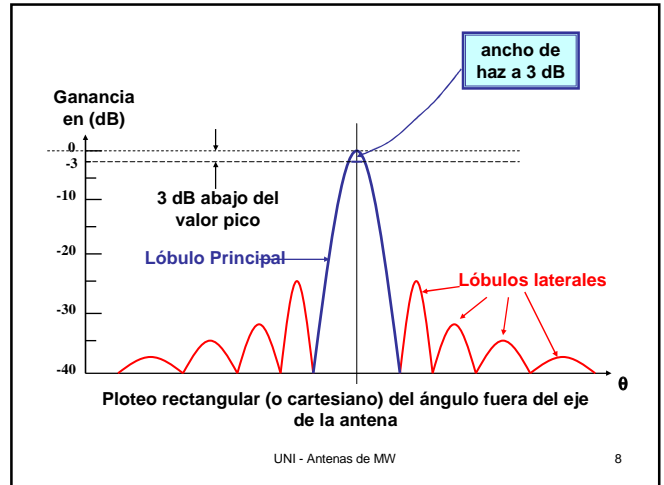
- HALF-POWER BEAM WIDTH (HPBW): Ancho de Haz de Media Potencia



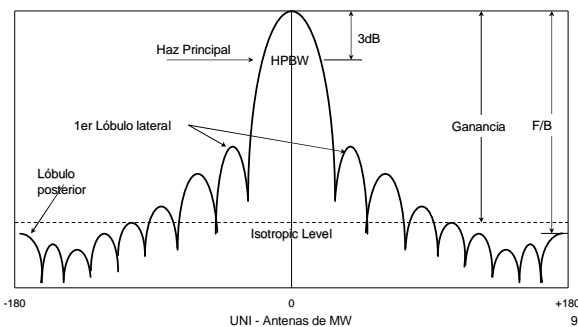
UNI - Antenas de MW

6

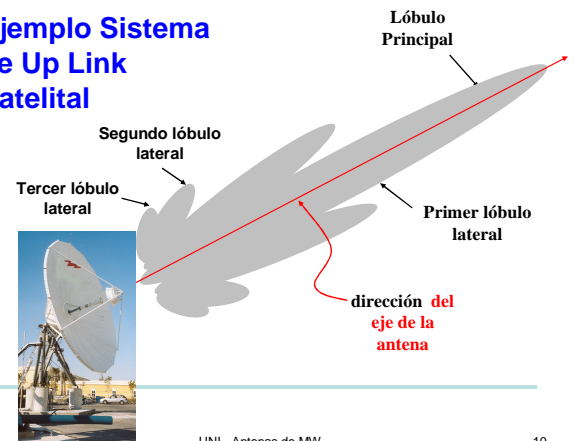
- Note que para el patrón de “campo” de la antena, el ancho de haz de media potencia es el ángulo de radiación que cubre de 0.707E_{max} a 1.0 E_{max}, mientras que el patrón de potencia, el HPBW sólo cubre 0.5 U_{max} a 1.0 U_{max}.
- Los patrones de radiación de las antenas son usualmente medidos en el campo lejano, tal que el HPBW y las otras características de los patrones no varíen con la distancia al radiador.



Patrón de Radiación de Antena



Ejemplo Sistema de Up Link Satelital



Expresiones de Ganancia de Antena

dB_i Ganancia de antena con referencia a una antena isotrópica (ganancia unitaria) – Ingenieros de Microondas

dB_d Ganancia de antena con referencia a un dipolo (2.2 dB_i) - Ingenieros de Móviles (Celulares o Wireless)

$$dB_i = dB_d + 2.14 \text{ dB}$$


Otros dBs

- “Ganancia teórica” representa ganancia calculada basada solamente en el diámetro del plato y la frecuencia de operación. “La ganancia real” representa nuestra mejor estimación de cuanto ganancial realmente desarrolla la antena.
- “**dbic**” indica que la ganancia es relativa a señales polarizadas circularmente. “**dbil**” representa la ganancia relativa a una antena polarizada linealmente.
- Para calcular “**dbil**” de “**dbic**” debemos restar 3 dB para la pérdidas circular/lineal. Si usted está utilizando una antena polarizada circularmente, deberá referirse a los “**dbic**” para el caso de una antena linealmente polarizada deberá referirse al “**dbil**”.

- Las antenas Parabólicas son la forma más común de antenas directivas en comunicaciones por microondas
- La **directividad** de una antena parabólica está dada por:

$$\text{directividad} = D = 4\pi A/\lambda^2 = (\pi D/\lambda)^2$$

A = Área de Apertura = $\pi(\text{radio})^2 = \pi(\text{diámetro}/2)^2$
 Luego, $4\pi A/\lambda^2 = 4\pi(\pi(\text{diámetro}/2)^2)/\lambda^2 = 4\pi^2 D^2/4\lambda^2 = (\pi D/\lambda)^2$

Ejemplo 

UNI - Antenas de MW

13

- Una antena parabólica tiene una apertura (diámetro), $D = 2\text{m}$. Operará a 12 GHz. ¿Cuanto es su **directividad** en veces y en dB?

Respuesta: Hallamos primero la λ

Velocidad de la onda de radio = frecuencia \times longitud de onda,

$$c = f\lambda$$

$$3 \times 10^8 = 12 \times 10^9 \times \lambda,$$

$$\lambda = 3 \times 10^8 / 12 \times 10^9 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.025 \text{ m}$$

UNI - Antenas de MW

14

- Ahora encontremos la **directividad**

$$D = 4\pi A/\lambda^2 = (\pi D/\lambda)^2$$

$$D = (\pi \times 2 / 0.025)^2 = 63,165.46817 = 63,165$$

$$\text{o, en dB, } D = 10 \log(63,165.46817) = 48 \text{ dB}$$

Esta es la respuesta *teórica!* 

UNI - Antenas de MW

15

- Las antenas nunca son perfectas
- La ganancia real que se obtiene es menor que la **directividad** teórica calculada
- La diferencia puede ser interpretada como la **eficiencia** de la antena, η
- **Ganancia real** = **directividad** $\times \eta$
- El valor de η es:

$$0 \leq \eta \leq 1$$

Ejemplo 

UNI - Antenas de MW

16

- Otro Ejemplo:

La **directividad** calculada de una antena es 50 dB. La eficiencia de la antena es 75%. ¿Cuál es la ganancia real de la antena?

- Respuesta:

Primero: cambiar 50 dB a números $\Rightarrow 100,000$

Segundo: Multiplicarlo por 0.75 $\Rightarrow G$ de 75,000

Tercero: convertir de vuelta a dB $\Rightarrow 48.8$ dB

La ganancia real de la antena es 48.8 dB

UNI - Antenas de MW

17

- Algunas veces la ganancia real es calculada, conociendo su **apertura efectiva**
- La **apertura efectiva** de una antena es su apertura física $\times \eta$, esto es:

$$A_e = A \times \eta$$

- Esta η es la misma "eficiencia" usada anteriormente

Ejemplo 

UNI - Antenas de MW

18

- Una antena de 2m de diámetro tiene una eficiencia de 75%. ¿Cuáles son los valores de las aperturas reales y efectivas?
 - Apertura Real, $A = \pi (\text{radio})^2 = \pi (1)^2 = \pi = 3.14 \text{ m}^2$
 - Apertura Efectiva = $A_e = \eta A = \eta \times 3.14 = 0.75 \times 3.14 = 2.36 \text{ m}^2$

UNI - Antenas de MW 19

Relación de Voltaje de Onda Estacionaria (ROE)

Voltage Standing Wave Ratio (VSWR)

Señal Incidente → (red arrow)
Señal Reflejada ← (green arrow)

$$\text{VSWR} = \frac{1 + \text{Coeficiente de Reflexión}}{1 - \text{Coeficiente de Reflexión}}$$

• VSWR : 1.30	Coeficiente de Reflexión : 13% (0.13)
• VSWR : 1.20	Coeficiente de Reflexión : 9.1% (0.091)
• VSWR : 1.10	Coeficiente de Reflexión : 4.7% (0.047)
• VSWR : 1.08	Coeficiente de Reflexión : 3.8% (0.038)
• VSWR : 1.06	Coeficiente de Reflexión : 2.9% (0.029)

UNI - Antenas de MW 20

Pérdida de Retorno (Return Loss)

La cantidad de energía perdida debido a la Señal Reflejada (Que retorna)

$$\text{RL} = -20 \times \log (\text{Coeficiente de Reflexión})$$

• RL : 17.8dB	Reflexión : 13% (0.13)	VSWR : 1.30
• RL : 20.8dB	Reflexión : 9.1% (0.091)	VSWR : 1.20
• RL : 26.7dB	Reflexión : 4.7% (0.047)	VSWR : 1.10
• RL : 28.4dB	Reflexión : 3.8% (0.038)	VSWR : 1.08
• RL : 30.7dB	Reflexión : 2.9% (0.029)	VSWR : 1.06

UNI - Antenas de MW 21

Pérdida de Retorno (Return Loss)

Relaciona el grado de adaptación de la fuente a la carga

Coeficiente de Reflexión: $\rho = \frac{\text{VSWR} - 1}{\text{VSWR} + 1}$

Pérdida de Retorno en dB:
 $\text{RL}_{\text{dB}} = 20 \log (1/\rho)$

UNI - Antenas de MW 22

Ejemplo:

Para VSWR = 1.1 (buen valor)

$$\rho = \frac{1.1 - 1}{1.1 + 1} = 0.0476$$

$$\text{RL}_{\text{dB}} = 20 \log \left(\frac{1}{0.0476} \right) = 26.4 \text{ dB}$$

UNI - Antenas de MW 23

Antenas para Microondas Terrestres, para Comunicaciones Punto-a-Punto

- Las antenas para enlaces de microondas terrestres generan un haz de señal de RF para comunicarse entre dos ubicaciones.
- Las comunicaciones punto a punto dependen de que exista línea de vista entre las antenas de microondas.
- Obstrucciones, tales como edificios, árboles o terrenos interfieren con las señal.
- Dependiendo de la localización, frecuencia y uso, diferentes tipos pueden utilizarse.

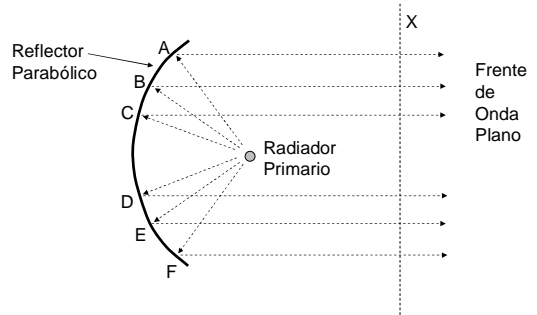
UNI - Antenas de MW 24

Antena Microonda Tipo Sólida



UNI - Antenas de MW

Antena Parabólica



UNI - Antenas de MW

Rendimiento Eléctrico Parámetros

Ganancia

Radiation Pattern Envelope

Relación Front to Back (F/B)



Cross-Polar Discrimination (XPD)

Interport Isolation (IPI)

Pérdida de Retorno (VSWR)

UNI - Antenas de MW

Ganancia de la Antena Parabólica

$$G_a \text{ (dBi)} = 10 \log_{10} \eta [4 \pi A_a / \lambda^2]$$



donde:

G_a = Ganancia de la antena (de las especificaciones del Catalogo)

η = Eficiencia de Apertura (50-55%)

A_a = Área de la Apertura de la Antena

λ = Longitud de onda (c / f)

UNI - Antenas de MW

Ganancias típicas de antenas parabólicas en dBi

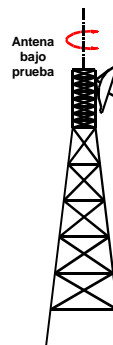


Diámetro de la Antena

	2 ft (0.6m)	4 ft (1.2m)	6 ft (1.8m)	8 ft (2.4m)	10 ft (3.0m)	12 ft (3.7m)	15 ft (4.5m)
2 GHz	19.5	25.5	29.1	31.6	33.5	35.1	37
4 GHz	25.5	31.6	35.1	37.6	39.5	41.1	43.1
6 GHz	29.1	35.1	38.6	41.1	43.1	44.6	46.6
8 GHz	31.6	37.6	41.1	43.6	45.5	47.1	49.1
11 GHz	34.3	40.4	43.9	46.4	48.3	49.9	51.8
15 GHz	37	43.1	46.6	49.1	51	52.6	NA
18 GHz	38.6	44.6	48.2	50.7	NA	NA	NA
22 GHz	40.4	46.4	49.9	NA	NA	NA	NA
38 GHz	45.1	51.1	NA	NA	NA	NA	NA

UNI - Antenas de MW

Medida del Patrón de Radiación

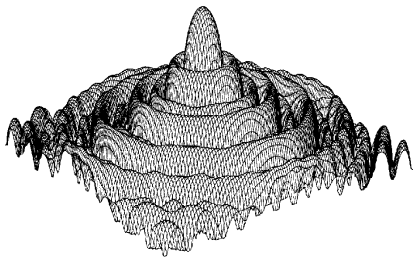


Antena Fuente



UNI - Antenas de MW

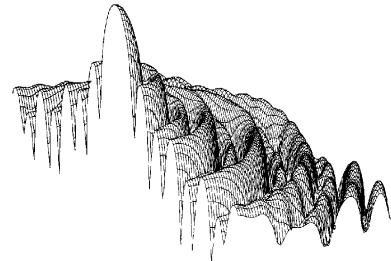
Patrón de Radiación acerca del eje de máxima radiación



UNI - Antenas de MW

31

Corte a través del eje de máxima radiación



UNI - Antenas de MW

32

Relación Front to Back

- Relación entre el nivel de la señal del pico del haz delantero con la señal detrás de la antena
- Considerado en sistemas para el cálculo con interferencia intra-system (saltos rebasados)
- Expresado en dB

UNI - Antenas de MW

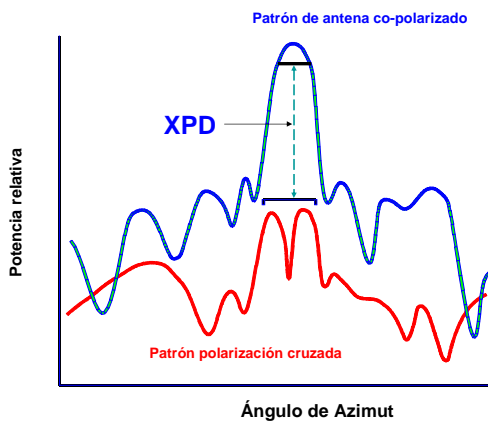
33

Co-Polarizada y Polarización Cruzada

- **Co-Polarizada**
 - Cuando las antenas Transmisora & Receptora tienen la misma Polarización
 - Bien Horizontal o Vertical (HH or VV)
 - En su Sistema, La señal deseada
- **Polarización cruzada (Cross-Polarization)**
 - Cuando las antenas Transmisora & Receptora tienen diferentes Polarizaciones
 - Puede ser HV o VH.
 - En su Sistema, La señal no deseada

UNI - Antenas de MW

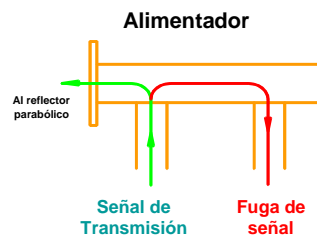
34



UNI - Antenas de MW

35

Aislamiento entre puertos
Inter-port Isolation (IPI)



- Fuga de señal entre puertos de la antena
- Ruido Interno
- Expresado en dB

UNI - Antenas de MW

36

Tipos de Antenas



Antena de grilla



Antena Parabólica Estándar

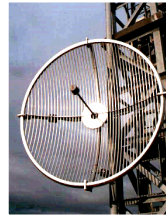


Antena de Plano Focal



Antena Blindada

Antena tipo grilla o rejilla



- Reflector grillado
- Baja resistencia al viento
- Polarización simple
- Abajo de 2.7GHz
- Fácil de empacar para facilitar traslado

Antena Parabólica Estándar



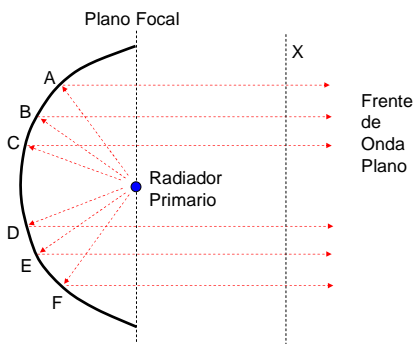
- Antena Básica
- Compuesta de:
 - Reflector
 - Alimentador
 - Montaje

Antena de Plano Focal



- Reflector Profundo
- Geometría de bordes
- Mejora en la relación F/B
- Ligero decremento de la ganancia

Antena de Plano Focal



Antena blindada



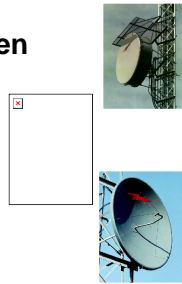
- Absorber-Lined Shield
- Improved Feed System
- Cobertor plano
- Improved RPE

Eficiencia de Antena

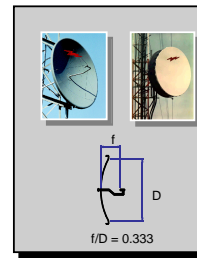
Antenas Bien-diseñadas tienen eficiencias de 45 - 65%

El Factor de Eficiencia es afectado por:

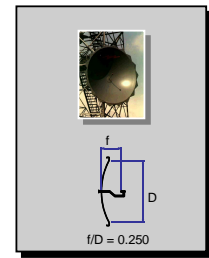
- Iluminación del alimentador
- Bloqueo de la Apertura
- Tolerancia de la superficie del Reflector
- La eficiencia nunca puede ser del 100%



Relación f/D en una Antena

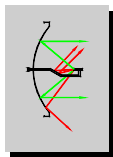


Antenas Estándar & Blindadas

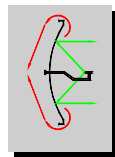


Antenas de plano focal (foco primario)

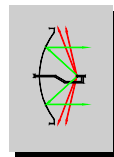
Señales no deseadas



Dispersión (Scattering)

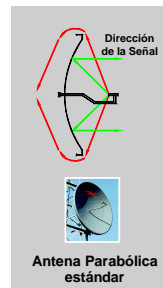


Difracción (Diffraction)

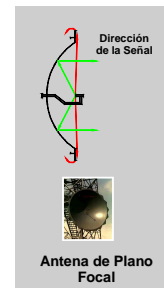


Deslizamiento (Spillover)

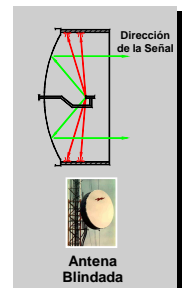
Relación frente/espalda F/B



Antena Parabólica estándar

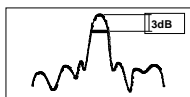


Antena de Plano Focal



Antena Blindada

Ancho de Haz - Reflector Parabólico

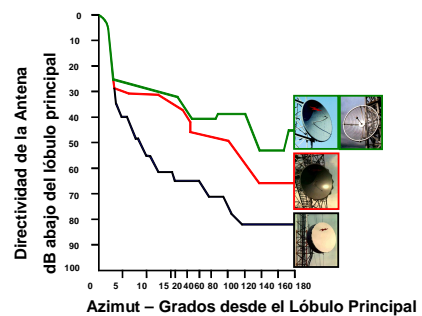


Diámetro

	0.3 m	0.6 m	1.2 m	1.8 m	2.4 m	3 m	3.7 m	4.5 m
2 GHz	35	17.5	8.75	5.83	4.38	3.5	2.84	2.33
6 GHz	11.67	5.83	2.92	1.94	1.46	1.17	0.95	0.78
8 GHz	8.75	4.38	2.19	1.46	1	0.88	0.71	0.58
11 GHz	6.36	3.18	1.59	1	0.8	0.64	0.52	0.42
14 GHz	5	2.5	1.25	0.83	0.63	0.5	0.41	0.33
18 GHz	3.89	1.94	0.97	0.65	0.49	0.39	0.32	0.26
23 GHz	3	1.52	0.76	0.51	0.38	0.3	0.25	0.2
38 GHz	1.84	0.92	0.46	0.31	0.23	0.18	0.15	0.12

Ancho de Haz en grados

Envolvente del Patrón de Radiación



Cobertores (Radomes)



- Reduce resistencia al viento
- Protección contra Hielo, Nieve y Polvo

UNI - Antenas de MW

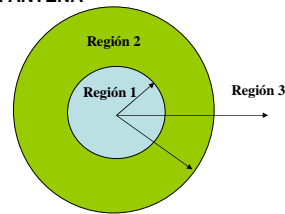
Regiones de las ANTENAS

• REGIONES DE LA ANTENA

$$R_2 = 2D^2/\lambda$$

$$R_1 = (0.6D^3/\lambda)^{1/2}$$

D = La mayor dimensión del radiador



- Región 1 es la región reactiva campo cercano. Región por $0 < R < R_1$.
- Región 2 es la región radiante de campo cercano, o **región de Fresnel**, definido por $R_1 < R < R_2$
- Región 3 es la región radiante de campo lejano, o **región de Fraunhofer**, definido por $R > R_2$.

UNI - Antenas de MW

Campo Cercano y Lejano

- Los patrones de la antena son completamente establecidos a una determinada distancia desde la antena (Campo lejano)
- La ganancia de la antena y pérdida de espacio libre son definidos en el campo lejano.

$$Far\ field: \text{ distancia } = \frac{2D^2}{\lambda}$$

D es el diámetro de la antena en metros y λ es la longitud de onda en metros

UNI - Antenas de MW

- El efecto sobre la ganancia de antena cuando las antenas están en el campo cercano es mostrado en la figura siguiente.
- En el primer 40% del campo cercano tiene un efecto que no es tan drástico, pero una vez esta distancia es excedida la respuesta es oscilatoria; por lo tanto, ello es extremadamente difícil predecir cual es la ganancia de la antena.
- Esta curva es especialmente útil para sistemas de antenas Back-to-Back

UNI - Antenas de MW



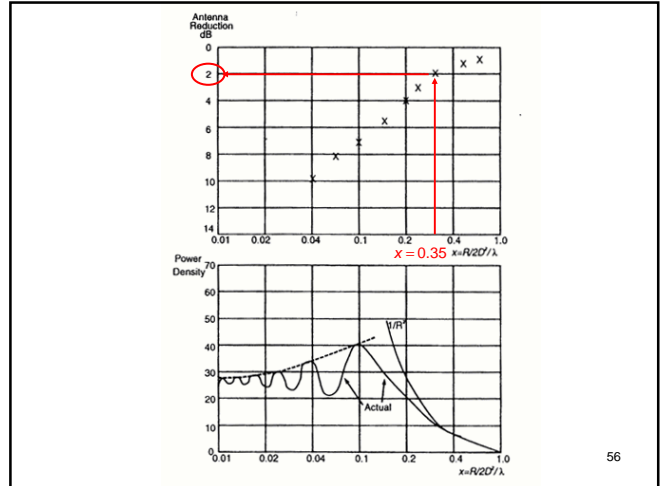
UNI - Antenas de MW

- Como un ejemplo, asuma las antenas están separadas por 0.60m, la ganancia a 8 GHz, y D = 1.8m de plato, es 40.8 dBi en el campo lejano.
- La ganancia de un plato de 3m en el campo lejano es de 45.2 dBi.
- En 0.60m las antenas están en el campo cercano.
- El factor normalizado del campo cercano X es:

$$X = R / 2D^2 / \lambda$$

UNI - Antenas de MW

- Donde R es la distancia entre las 2 antenas en metros. D es el diámetro de la antena, y λ es la longitud de onda de la señal.
- Usando X nosotros podemos calcular que para antenas de 1.8m operando a 8 GHz y separadas por 0.60m, $x = 0.35$ usando la figura, podemos ver que la reducción de la ganancia de la antena es aproximadamente 2dB.



- La ganancia efectiva de un plato de 3m es así 39.2 dBi.
- Ello puede ser visto, por tanto, que debido al efecto del campo cercano, la ganancia efectiva de la antena no se incrementa cuando el tamaño de la antena es incrementado.
- Las antenas muy próximas están acopladas, entonces cuando la ganancia de la antena se incrementa el factor de acoplo se incrementa también.

Factor / Figura de Ruido

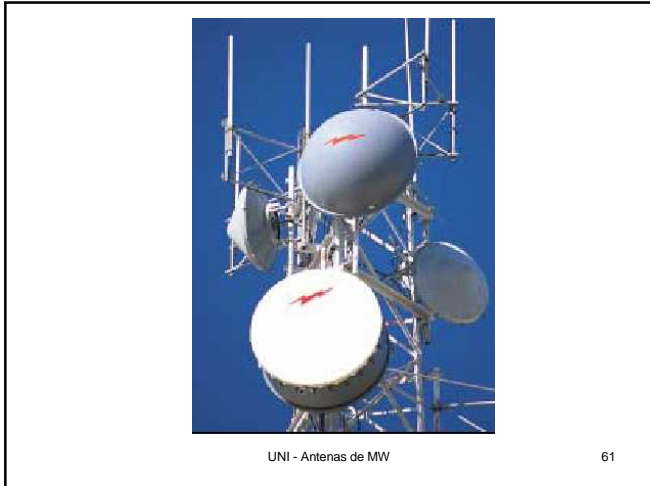
$$S_i/N_i \longrightarrow \text{Sistema Lineal} \longrightarrow S_o/N_o$$

Factor de Ruido (f) = $(S/N)_i / (S/N)_o$

Figura de Ruido (NF) = $10 \log (f)$

Nota: Señales y Ruido están en unidades de potencia

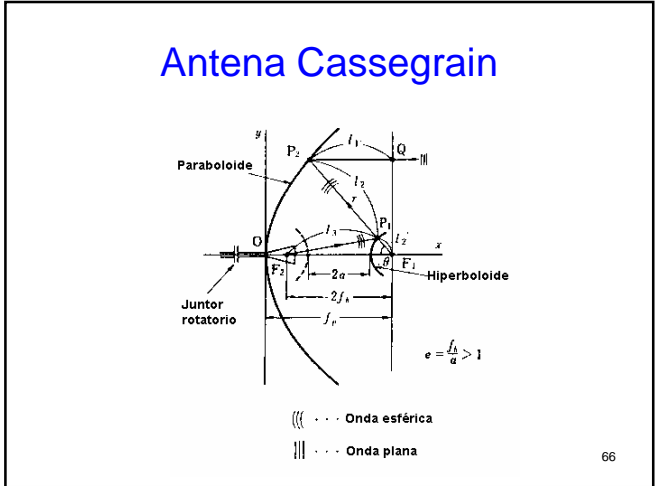
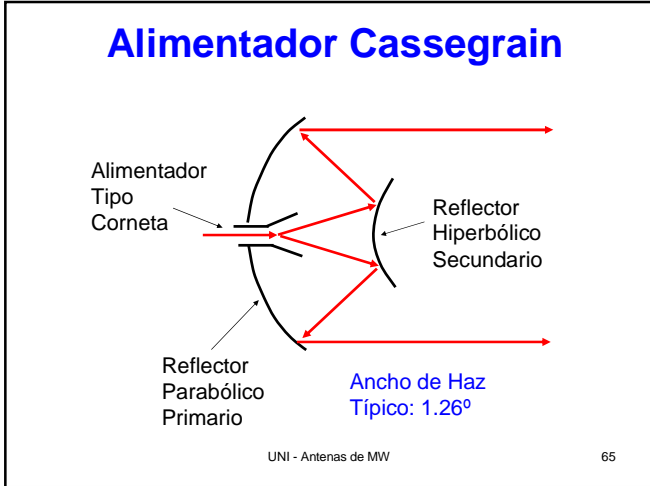
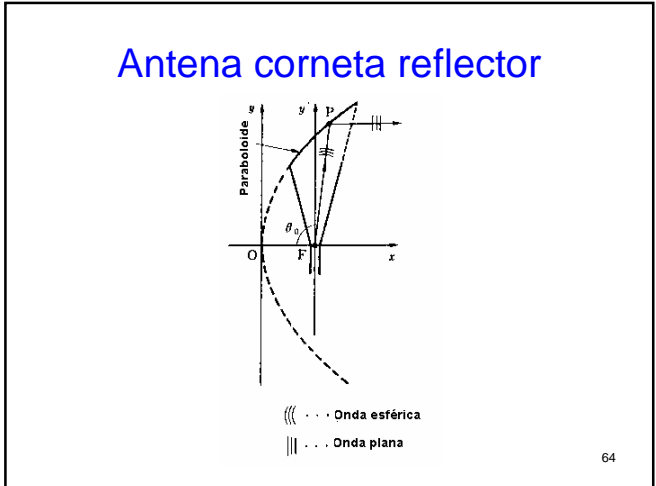
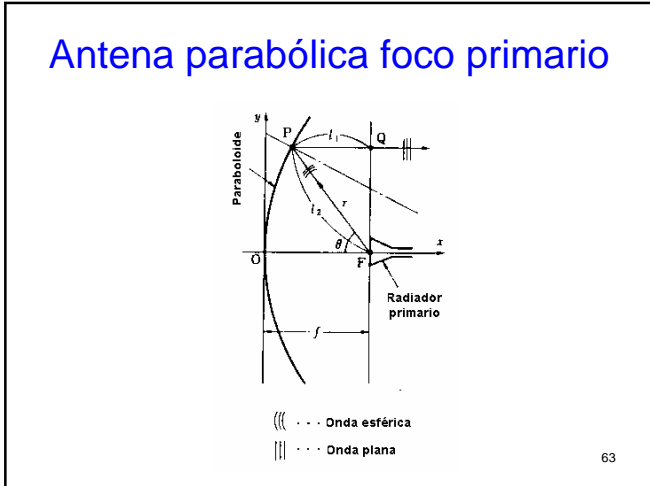


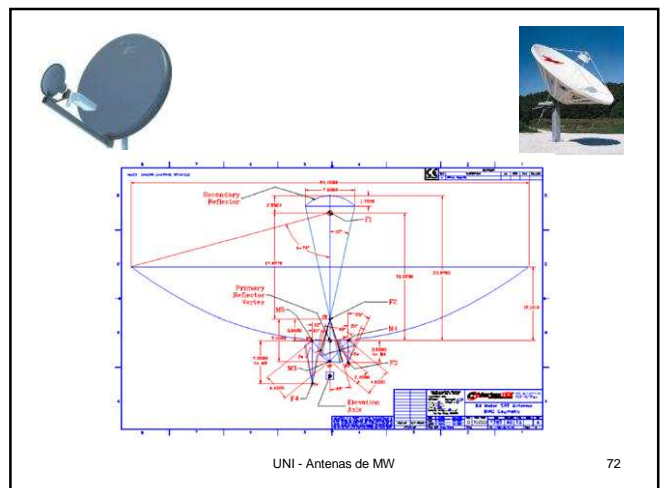
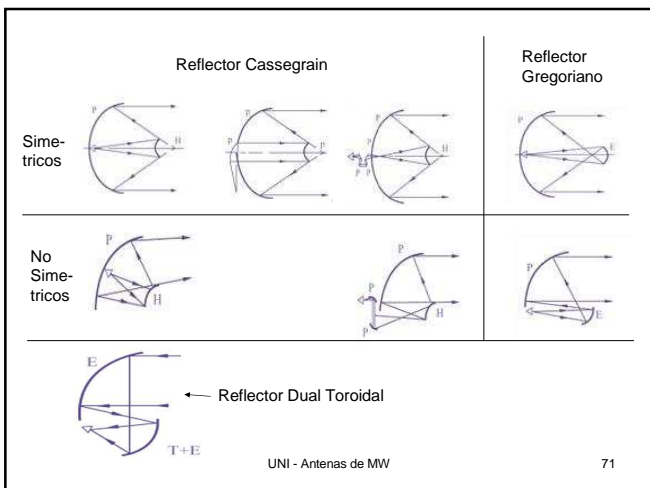
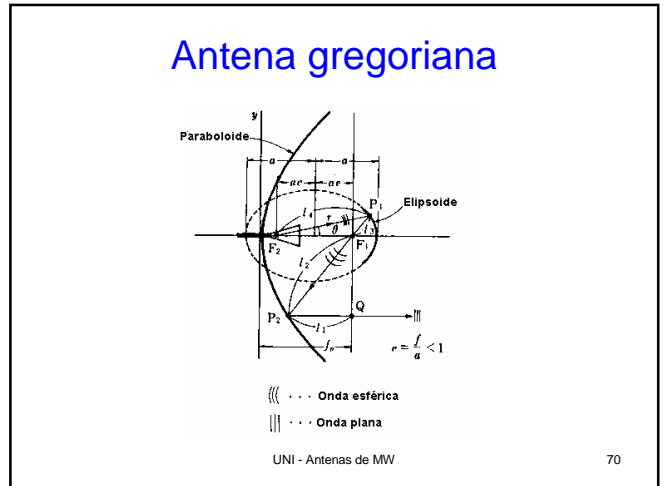
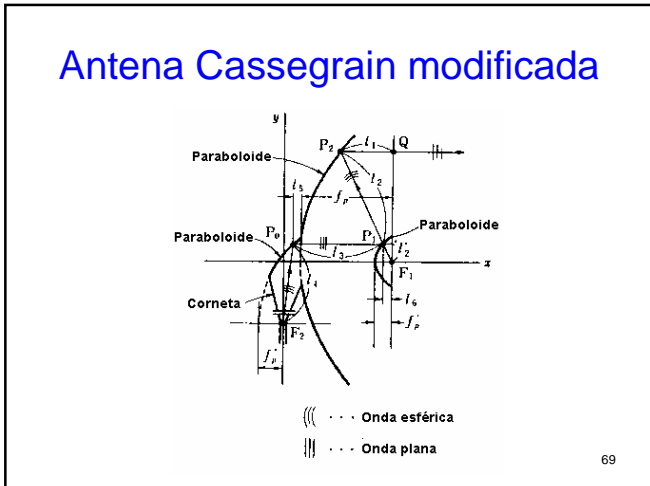
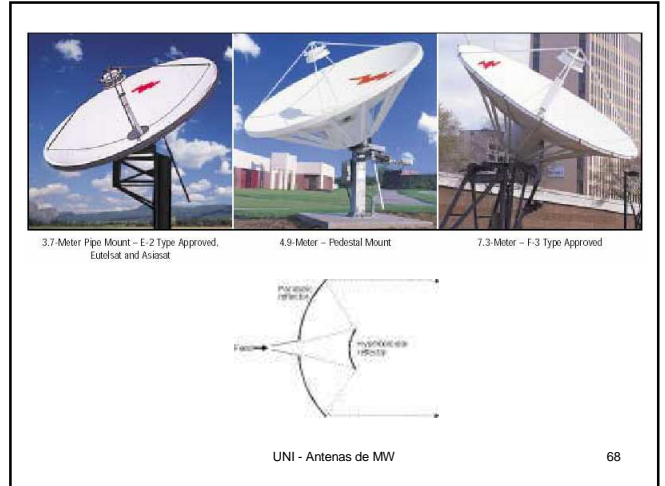


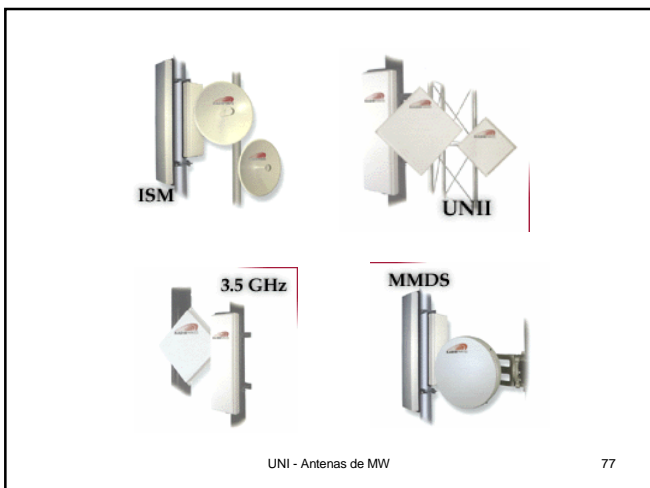
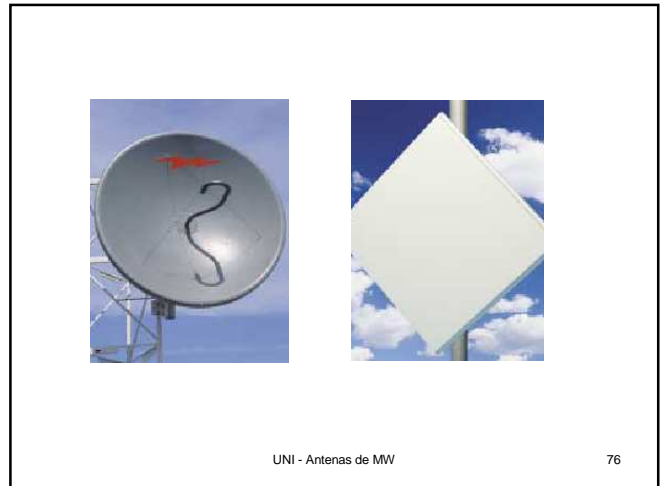
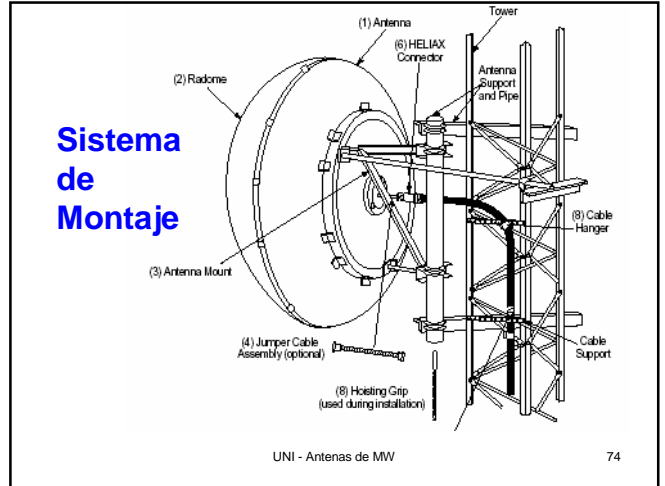
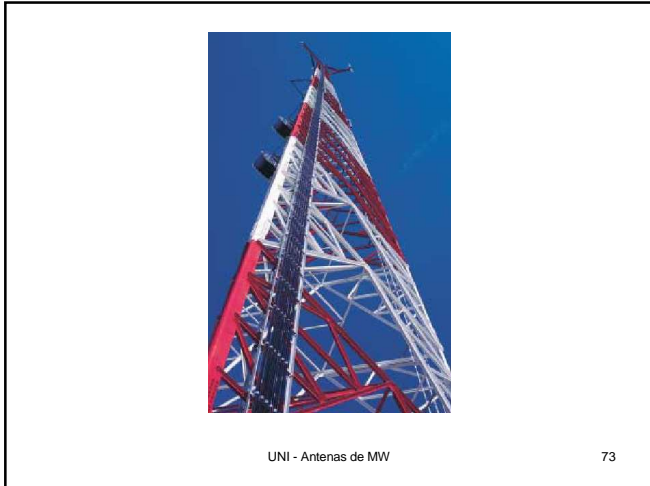
Tipos de antenas para uplinks

- Antenas parabólicas foco primario
- Antenas de corneta reflector
- Reflectores
 - Cassegrain
 - Gregoriana
 - Offset

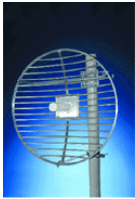
UNI - Antenas de MW 62



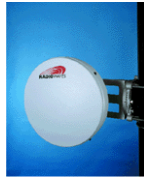




2.4-2.5 GHz Antennas



2.4-2.5 GHz Grid Parabolic Antennas



2.4-2.5 GHz Parabolic Subscriber Antennas

UNI - Antenas de MW

79



Standard Parabolic



High-Performance

UNI - Antenas de MW

80

LMDS Antennas



90° Sector Horn Antennas Point-to-Multipoint Base antenna



26, 28, & 38 GHz High-Performance Low Profile Suscripator antenna

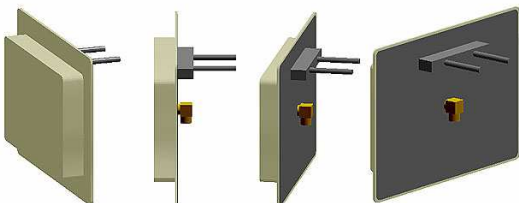
UNI - Antenas de MW

81



82

PANEL ANTENNAS



MEI Antenna model UL-1902-143, PCS Panel, +13 dBi

Basic Specifications
 Operating Frequencies: 1.85 to 1.99 GHz (US PCS Spectrum)
 Nominal Peak Gain: +13 dBi
 Nominal E-plane Beamwidth: 50° (E-plane is typically the Elevation plane)
 Nominal H-plane Beamwidth: 34° (H-plane is typically the Azimuth plane)
 Maximum VSWR: 1.5 within transmit band, 2.0 across the whole band
 Nominal Input Impedance: 50 Ohm (RF), Short Circuit/Grounded (DC)
 Input Connector: Right Angle TNC Female
 Operating Temperatures: -40°C to +85°C
 Dimensions: 205 x 180 x 35 mm

83

Specifications subject to change without notice



¿Mucho frío?

UNI - Antenas de MW

84



En zonas industriales

UNI - Antenas de MW



Se ubican en lugares difíciles

85



Otro tipo de radome

UNI - Antenas de MW

86



Varios tipos de antenas

UNI - Antenas de MW

87

Cable Coaxial



**Fire Retardant
RN Suffix**

UNI - Antenas de MW

88

- La pérdida de un cable coaxial es una función del área de corte seccional; por lo tanto el grosor del cobre disminuye la pérdida.
- Obviamente la desventaja del grosor de los cables es la reducción de flexibilidad e incrementar el costo. La pérdida del cable es calculado en dB por 100m.
- Cables con dieléctrico de aire ofrecen una solución de baja pérdida pero tiene la complejidad de tener que introducir aire a presión para evitar el ingreso de la humedad exterior

UNI - Antenas de MW

89

- Cuando la frecuencia de operación aumenta, la resistencia del conductor incrementa, resultado en pérdida de potencia debido a la temperatura.
- Cualquier corriente alterna no presenta una densidad de corriente uniforme. La densidad de corriente tiende a ser mayor en la superficie del conductor, el cual es un fenómeno conocido como el efecto pelicular (Skin).
- A frecuencias de giga hertz, este cambio en resistencia puede ser grande.

UNI - Antenas de MW

90

- La pérdida del conductor por cada 100m se incrementa con el aumento de la frecuencia.
- Por el incremento de la frecuencia, la pérdida de radiación de un conductor se incrementa a la potencia de 4 (10^4).
- La energía RF viaja dentro del conductor como una onda EM por los conductores interno y externo acoplado los campos y de esta manera propagan la señal.

UNI - Antenas de MW

91

- Como la frecuencia se incrementa, nuevos nodos de acoplo son introducidos que interfieren con la señal.
- Este efecto de acoplo inserta pérdidas que limitan el uso de un cables coaxial a frecuencias por debajo de 3 GHz.
- Las longitud de los cables de inter conexión de RF deben ser muy cortos,
- El estándar usual usado es de 50Ω para aplicaciones RF y 75Ω para aplicaciones IF.

UNI - Antenas de MW

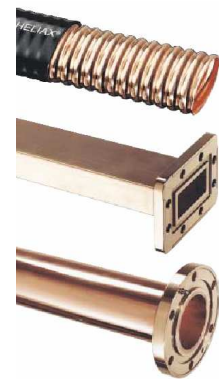
92

- Cables coaxiales con impedancia característica de 75Ω tiene una baja atenuación respecto al cable coaxial de 50Ω , la impedancia de salida del equipo de radio,
- El conector asimismo no tiene una impedancia característica a menos que tenga insertada una sección dieléctrica dentro del conector cilíndrico.

UNI - Antenas de MW

93

Guías de Onda



UNI - Antenas de MW

94

Guías de Onda rectangulares



UNI - Antenas de MW

95

Conectores para Guías de Onda



UNI - Antenas de MW

96

Telepuerto



UNI - Antenas de MW

97



UNI - Antenas de MW

98



UNI - Antenas de MW

99



4.5-Meter Pedestal Mount



4.5-Meter Tripod Mount

UNI - Antenas de MW

100



UNI - Antenas de MW

101



UNI - Antenas de MW

102



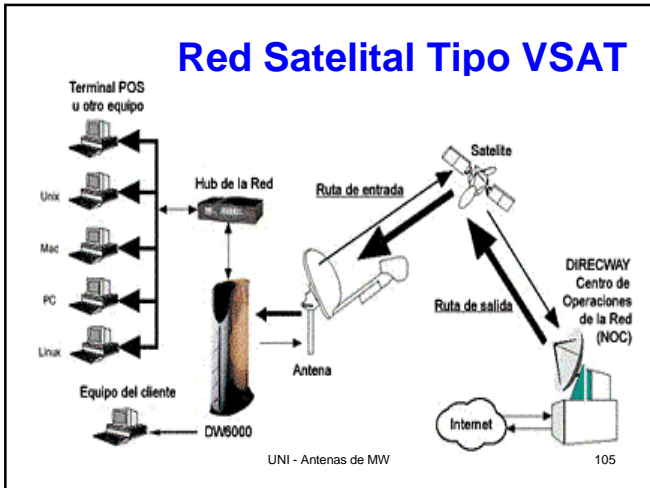
UNI - Antenas de MW

103



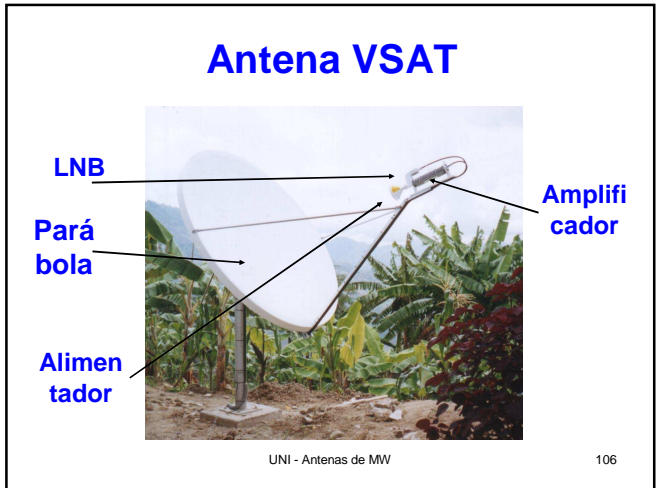
UNI - Antenas de MW

104



UNI - Antenas de MW

105



UNI - Antenas de MW

106

Partes del sistema VSAT (Exteriores)

LNB: Low Noise Block Downconverter (Amplificador conversor descendente)

Alimentador: Dispositivo el cual envía / recibe la señal del Plato parabólico.

Antena (Plato) Parabólica: Es donde la señal se concentra hacia el satélite vía el alimentador o viceversa.

Amplificador: Dispositivo a través del cual amplifica la señal únicamente para transmisión.

UNI - Antenas de MW

107



UNI - Antenas de MW

108