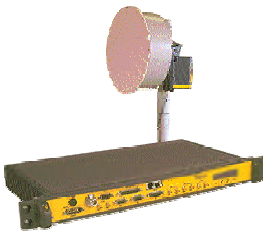
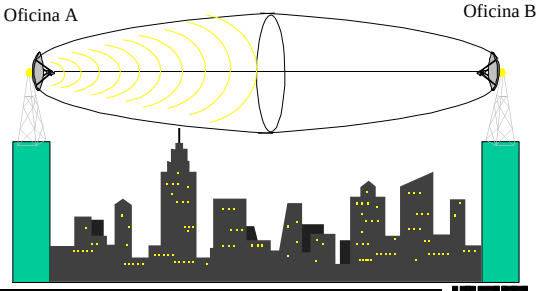
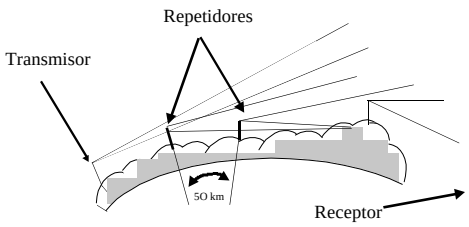
MICROONDAS



Enlace punto a punto

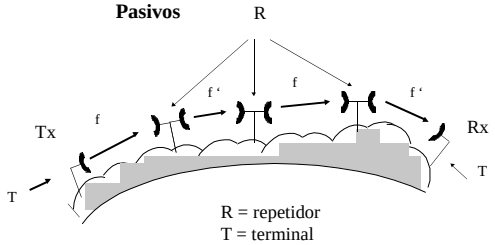


Efecto de la curvatura terrestre



Uso de repetidores

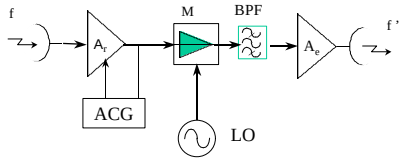
Repetidores Activos
Pasivos



R = repetidor
T = terminal

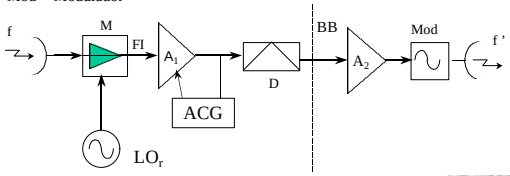
Repetidor Activo

$A_{r,e}$	Amplificadores de radio frecuencia de recepción y emisión
AGC	Control Automático de Ganancia
M	Mezclador
LO	Oscilador local
BPF	Filtro paso banda



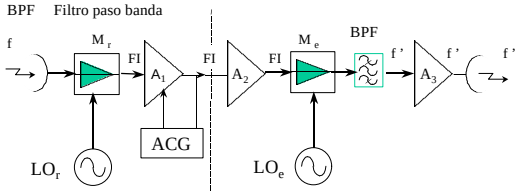
A_1	Amplificador de frecuencia intermedia
A_2	Amplificador de Banda Base
AGC	Control Automático de Ganancia
D	Demodulador
M	Mezclador (down-converter)
LO_r	Oscilador local receptor
FI	Frecuencia Intermedia
BB	Banda Base
Mod	Modulador

Repetidor Re-modulador



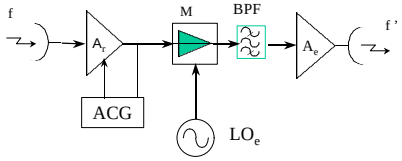
Repetidor Heterodino

$A_{1,2}$ Amplificador de frecuencia intermedia
A_3 Amplificador de radio frecuencia
AGC Control Automático de Ganancia
$M_{r,e}$ Mezcladores receptor (down-converter), y emisor (up-converter)
$LO_{r,e}$ Osciladores locales receptor y emisor
FI Frecuencia Intermedia
BPF Filtro paso banda



Repetidor de amplificación directa de RF

$A_{r,e}$ Amplificadores de radio frecuencia de recepción y emisión
AGC Control Automático de Ganancia
M Mezclador
LO Oscilador local
BPF Filtro paso banda

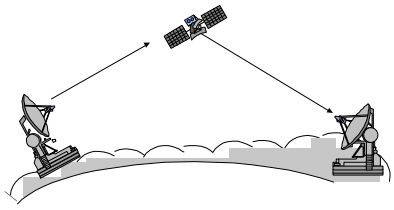


Repetidor Pasivo

1. No se requiere acceso
2. No hay necesidad de línea de potencia
3. No hay generación de potencia en el lugar.
4. No hay ruido por la generación de potencia.
5. No hay contaminación.
6. No hay peligro de incendio.
7. Minima porción de tierra requerida.
8. No se requieren luces de protección para aviones.
9. No afecta el paisaje.
10. Mantenimiento mínimo.

Satélite

•Un satélite de comunicaciones es un repetidor colocado en la atmósfera, recibe una señal, la amplifica, cambia la frecuencia y retransmite la señal a la tierra.



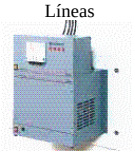
Componentes

Torres

Refugios

Antenas

Líneas

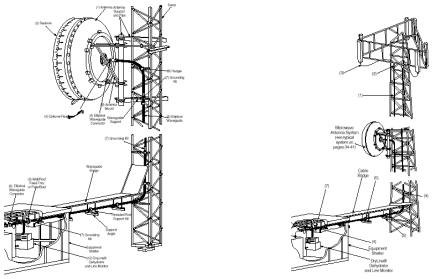


Equipo de presurización

Componentes de un sistema.

- Torres
  - Cableadas
  - Autosoportadas
  - monopolares
- Antenas
  - Parabólicas
  - Yagi
  - Radio difusoras
- Líneas de transmisión
  - Guía de onda
  - Cables coaxiales
- Refugios (Shelters)
- Equipo de presurización

Componentes



Torres cableadas

- Se mantienen estables mediante tensores
- Ligeras
- Requieren un área grande.

Torres autosoportadas

- Estructura piramidal
- Pesadas
- Área reducida

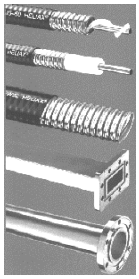
Monopolar

- Estructura cilíndrica
- Líneas de transmisión por dentro del tubo.

Antenas

- Interfase entre el espacio y la línea de transmisión, tanto para transmitir como para recibir.
- Características
  - Ganancia (directividad)
  - Patrón de radiación
  - Ancho del haz
  - Características mecánicas

Conductores de radio frecuencia



Cable coaxial con diélectrico de aire

Cable coaxial con diélectrico de esponja

Hasta 3.4 GHz

Guía de onda elíptica

Guía de onda rectangular

Guía de onda cilíndrica

Desde 1.7 GHz

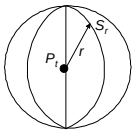
Tecnologías de enlaces para tasas altas de transmisión de datos

Tecnología	Ventajas	Desventajas
Enlaces por cable	+ Facilidad de uso + Servicio dado en cualquier lugar + No hay requerimientos de línea de vista	+ Tasa de transmisión limitada + Costo alto del ciclo de vida + Posible retraso para establecer el servicio
Enlaces inalámbricos con licencia (microondas)	+ Capacidad de enlaces distantes + Habilidad para sobreponerse a obstáculos + Capacidad de tasas de transmisión altas + No se requiere derecho de vía + Rápida recuperación de la inversión	+ Requerimientos de licencia de SCT + Coordinación de rutas y frecuencia + Se requiere terreno para la torre + R equerimientos de línea de vista + Efectos de clima; + Retraso de seis meses a dos años para obtener el servicio (licencia)
Enlaces ópticos	+ Implementación rápida + Inmunidad de interferencia EM + Capacidad de tasas de transmisión altas + No se requiere derecho de vía + No se requiere licencia	+ Rango limitado + Efectos del clima adversos + Requerimientos de línea de vista + Experiencia operacional limitada
Enlaces inalámbricos sin licencia (spread spectrum)	+ Enlaces distantes, sin licencia + Habilidad para sobreponerse a obstáculos + fácil indtalación	+ Tasas de datos limitadas + Posible interferencia entre usuaios

Comparación de costos de tecnologías de enlaces de altas tasas de transmisión

Tecnología		Instalación y mantenimiento ($/5años)	Equipo ($/5años)	Tarifa de subscripción ($/5años)	Tasa de transmisión (Mbps)	$/Mbps/5años
Enlaces por cable (DS-3)	(1km	7000	7000	206,100	44.736	4920
	(10km)	7000	7000	206,100	44.736	4920
Enlaces por cable (T-1)	(1km)	6000	5000	22,500	1.544	21,700
	(10km)	6000	5000	25,800	1.544	23,800
Enlaces inalámbricos sin licencia (spread spectrum)	(1km)	5000	8000	0	2.0	6500
	(10km)	5000	8000	0	2.0	6500
Enlaces inalámbricos con licencia -tasas altas- (microondas)	(1km)	14,000	90,000	0	44.736	2320
	(10km)	14,000	90,000	0	44.736	2459
Enlaces inalámbricos con licencia -tasas medias- (microondas)	(1km)	14,000	25,000	0	10	3900
	(10km)	14,000	25,000	0	10	3900
Enlaces ópticos	(1km)	8000	14,000	0	16.0	1375

$$Sr = \frac{Pt\ Gt}{4\pi r^2}$$



$$A_e = \frac{G\ l^2}{4\pi}$$

$$\Pr = Sr\ Aer = \frac{Pt\ Gt\ Aer}{4\pi r^2}$$

$$\Pr = \frac{Pt\ Aet\ Aer}{r^2\ l^2} = \frac{Pt\ Gt\ Gr\ l^2}{4^2 r^2 \pi^2}$$

Si $Gt=Gr=1$ $P_r = \frac{P_t}{4pr^2}\frac{l^2}{4p} = P_t\left(\frac{l}{4pr}\right)^2$ Ganancias del enlace

Pérdidas del enlace

$$FSL_{dB} = 10Log\left(\frac{4pr}{l}\right)^2 = 20Log(4p) + 20Log\left(\frac{r}{l}\right) dB$$

$$FSL_{dB} = 92.45 + 20\log r_{km} + 20\log f_{GHz} \quad dB$$

Atenuación$_{dB}$ = 92.45 + 20logf_{GHz} + 20log r_{km} + a + b + c + d + e

A_{dB}=92.45 + 20logf_{GHz} + 20logD_{km} + a + b + c + d + e

a: atenuación por el vapor de agua en la atmósfera
b: atenuación por niebla
c: atenuación por oxigeno
d: suma de las pérdidas por absorción por otros gases
e: pérdidas por debido a las lluvias

Gráficas 1 y 2

$$a = \left[0.067 + \frac{3}{(f-22.3)^2+7.3} + \frac{9}{(f-183.3)^2+6} + \frac{4.3}{(f-323.8)^2+10}\right] f^2 r \; 10^{-4}$$

$$c = \left[7.19 \times 10^{-3} + \frac{6.09}{f^2+0.227} + \frac{4.81}{(f-57)^2+1.50}\right] f^2 \; 10^{-3}$$

Frecuencia (GHz)	Distancia (km)
2	60
4/5/6	50
7/8	45
11	35
13	25
15	20
18/20	10
30	5
60	0.5

Para lluvia: $\gamma = a \cdot R_{0.01}^{b}$ [dB/km]

Coeficientes α y β se obtienen de tablas al igual que R el cual, en este caso se supone para una confiabilidad del 99.99% ó una indisponibilidad del 0.01%.

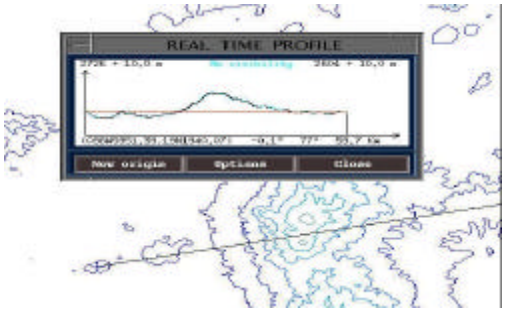
Gráficas 3, 4 y 5

La atenuación por kilómetro se multiplica por una longitud efectiva dependiente de la longitud real de separación entre equipos:

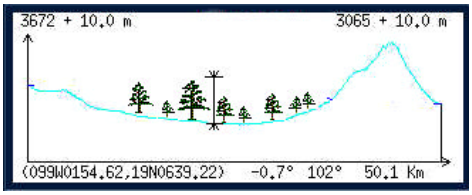
$$l_{eff} = \frac{l}{1 + 0.045\, l}$$

$$A_{0.01} = \gamma_{R_{0.01}}\, l_{eff}$$

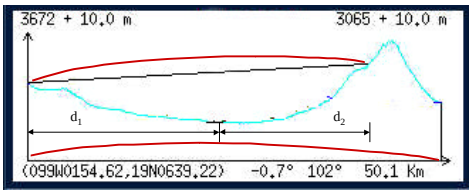
Perfil de un enlace



Alturas adicionales: vegetación



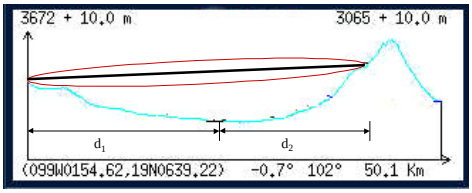
Alturas adicionales: curvatura



$$h_m = \frac{0.078\, d_1\, d_2}{k} \text{ [m]}$$

Altura por curvatura

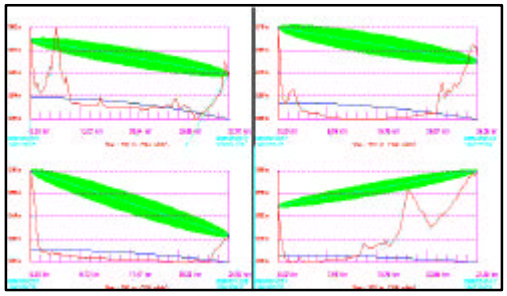
Alturas adicionales: zonas de Fresnel



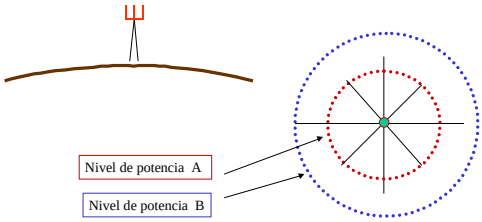
$$F_1 = 17.3 \sqrt{\frac{d_1\, d_2}{f\,(d_1 + d_2)}} \text{ [m]}$$

Primera zona de Fresnel

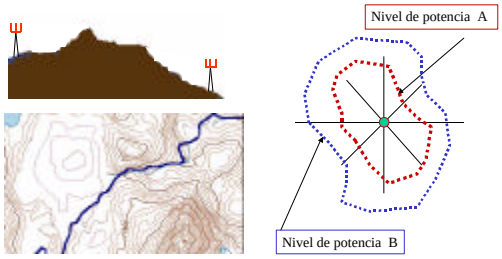
Coberturas: perfiles radiales



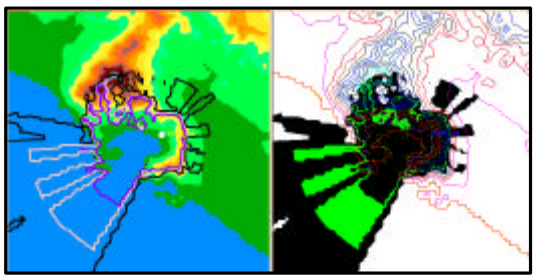
Cobertura: en plano



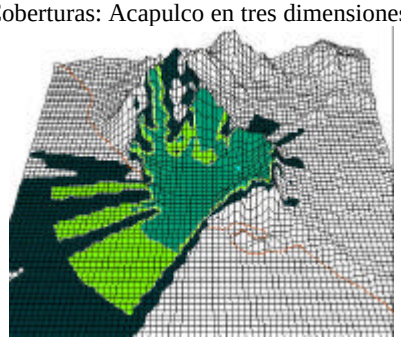
Cobertura: en zona accidentada



Acapulco en dos dimensiones



Coberturas: Acapulco en tres dimensiones



Código de la emisión

•El código de la emisión es una clave de entre 7 y 9 caracteres alfanuméricos que definen la señal que se utiliza en el sistema en cuestión de ancho de banda, tipo de modulación, información enviada.
•Los primeros cuatro símbolos definen el ancho de banda utilizado.
•De los cinco símbolos siguientes, tres son obligatorios y definen las características básicas y dos son opcionales y definen características adicionales de la señal.

•Referencia: LUTHER, William A. "Classification and Designation of Emissions", *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, Vol EMC-23, pp. 204-209, Aug. 1981

Código de la emisión: Ancho de banda

Ancho de Banda Necesario
Tres números y una letra **H, K, M, G**, la letra actúa como punto decimal:

Rangos	Ejemplos
entre 0.001 y 999 Hz H	845H 845 Hz
entre 1.00 y 999 kHz K	14K3 14.3 kHz
entre 1.00 y 999 MHz M	1M25 1.25 MHz
entre 1.00 y 999 GHz G	G330 0.33 GHz

Código de la emisión: obligatorios

Primer símbolo *tipo de modulación*	Segundo símbolo *tipo de moduladora*	Tercer símbolo *tipo de información*
N Portadora sin modular	0 sin modular	N sin información
A Doble banda lateral	1 un canal de información digital	A Telegrafía aural
H Banda lateral c/portadora	2 un canal de información digital y subportadora	B Telegrafía automática
R Banda lateral port. Reducida	3 un canal de información analógica	C Facsímil
J Banda lateral sin portadora	7 dos o más canales de información digital	D Datos, telemetría, comandos
B Bandas independientes	8 dos o más canales de información analógica	E Telefonía
C Banda lateral residual	9 sistema compuesto con canales analógicos y digitales	F Televisión y video
F FM	X casos no cubiertos	W Combinación de los anteriores
G PM		X Casos no cubiertos
D AM y FM simultáneos		
P Emisión de pulsos		
K P.A.M.		
L P.W.M.		
M P.P.M.		
Q Mod. en ángulo en el pulso		
V Combinación de anteriores en pulsos		
W Combinación de AM, FM, o pulsos		
X Casos no cubiertos		

Código de la emisión: opcionales

Cuarto Símbolo *detalles de la señal*	Quinto símbolo *naturaleza de la multiplexión*
A Código binario con elementos de duración distinta	N ninguna
B Código binario con elementos la misma duración	C multiplexión en código
C Caso B con corrección de errores	F multiplexión en frecuencia
D Código cuaternario de uno o más bits	T multiplexión en tiempo
E Código de n-niveles de uno o más bits	W combinación de T y F
F Código de n-niveles en combinaciones	X casos no cubiertos
G Sonido monofónico de radiodifusión	
H Sonido estereofónico (o quad) de radiodifusión	
J Sonido de calidad comercial (excluye G, H)	
K Sonido comercial con inversión de frecuencia	
L Sonido comercial con frecuencias FM separadas para la controlar la demodulación	
M Señal Monocromática	
N Señal de Color	
W Combinación de las anteriores	
X Casos no cubiertos	