

Redes de Acceso

Conceptos, técnicas de transmisión, infraestructura de transmisión y tecnologías

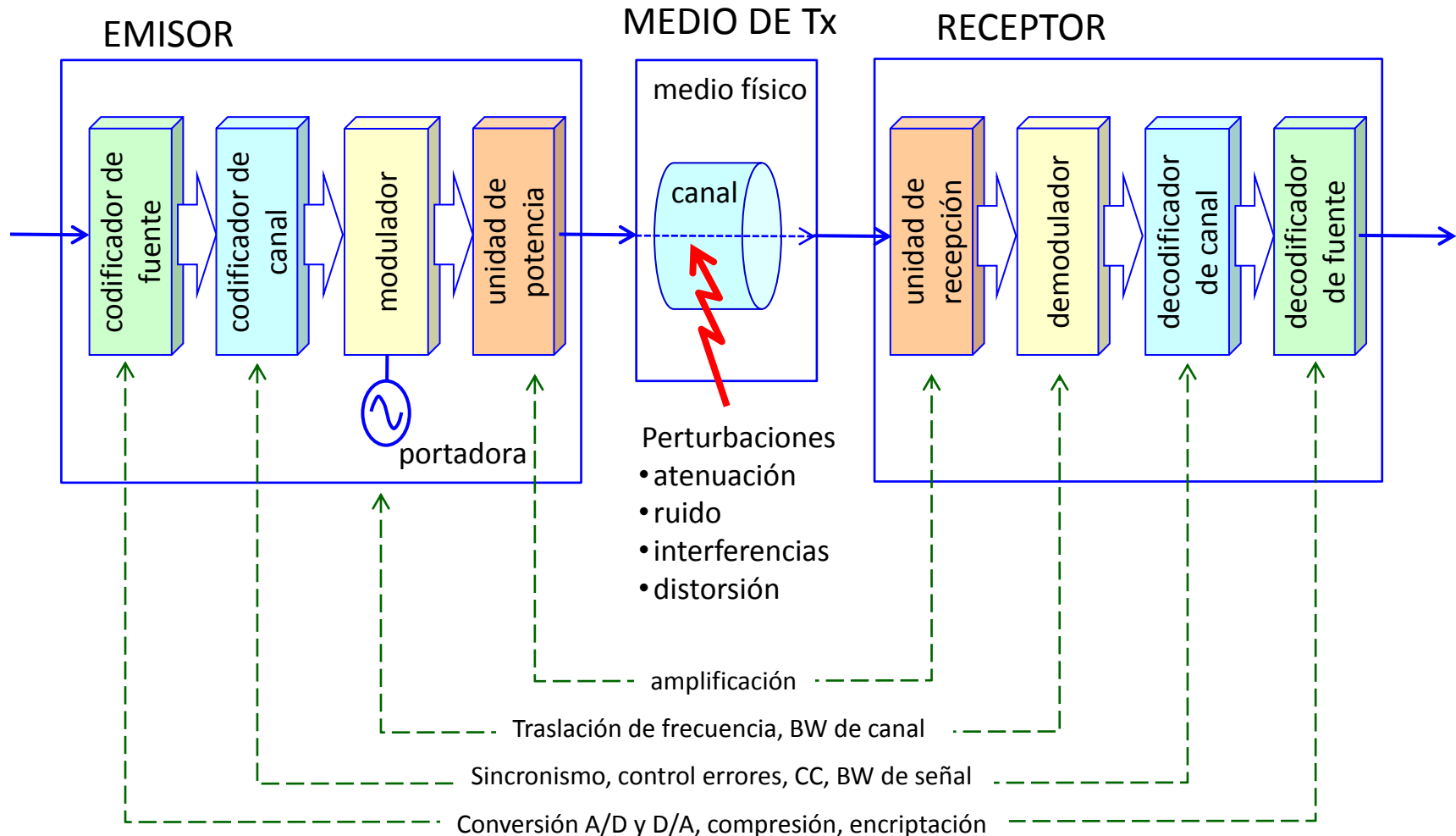
Preparado por: Jorge Olivares A.

Sumario

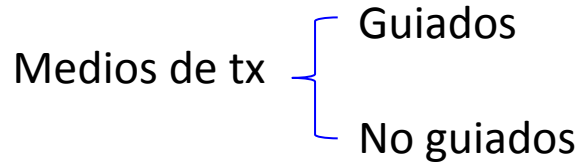


[Modelo general de un sistema de telecomunicaciones](#)
[Clasificación de los medios de transmisión](#)
[La problemática de la transmisión digital](#)
[Modulaciones analógicas y digitales para servicios terrest...](#)
[Modulación digital](#)
[Parámetros de la comunicación digital](#)
[Estructura de Redes de Telecomunicaciones](#)
[Medios guiados \(Cables multipares\)](#)
[Cables coaxiales \(tipos\)](#)
[Aplicación de coaxial en redes HFC](#)
[Fibra óptica \(fundamentos\)](#)
[Pioneros de las radiocomunicaciones](#)
[Características de generación y propagación de OEM](#)
[Clasificación de redes, servicios y tecnologías inalámbr...](#)
[Espectro radioeléctrico y sus aplicaciones en comunicaci...](#)
[Modelos de representación \(2\)](#)
[Aplicaciones inalámbricas \(WIFI\)](#)
[Monitoreo de redes inalámbricas](#)

Modelo general de un sistema de telecomunicaciones



Clasificación de los medios de transmisión



Guiados	eléctrico	par de cobre	multipar telefónico	1 a 2400 pares, AWG 26, 24, 22, 18	UTP STP ScTP
			cableado estructurado	4 pares, AWG 24, 22	
			coaxial	rígido	
		flexible	75 Ω , RG-59, RG-6, RG-11		
			50 Ω , RG-58, RG-8		
		óptico	fibra óptica	SM Monomodo	Redes PON, FFTx
	MM Multimodo			cableado estructurado	
	electromagnético	guía de onda			

Clasificación de los medios de transmisión



No guiados	electromagnético	ondas de radio	Comunicaciones terrestres	radiodifusión	AM, FM	
				televisión	analógica	NTSC
					digital	ISDB-Tb
						MMDS
				enlaces microondas	minilink	
				trunked	Tetra	
				coordless	DECT-1900	
				celular	2G: GSM	
					3G: UMTS	
					4G: LTE	
	datos	WPAN	BlueTooth			
		WLAN	WIFI, DLNA			
		WMAN	WiMax			
	Comunicaciones satelitales	Televisión	DBS, DTH			
		Datos	VSAT			
Telefonía						
Geoposicionamiento		GPS				
Telemetría/Telecontrol	Zigbee					
	RFID					
óptico	Infrarrojo	Telemetría/Telecontrol	Mando a distancia			
		comunicaciones terrestres	FSO			

La problemática de la transmisión digital



- ✓ Transporte de información en el menor tiempo, a la mayor velocidad posible, en forma segura y eficiente.
- ✓ Utilizar el menor ancho de banda posible (BW) para transportar la mayor cantidad de información.
- ✓ Transporte libre de errores o con capacidad de controlarlos.
- ✓ En caso de falla o interrupción del servicio, lograr el restablecimiento en el menor tiempo posible y con las menores pérdidas.

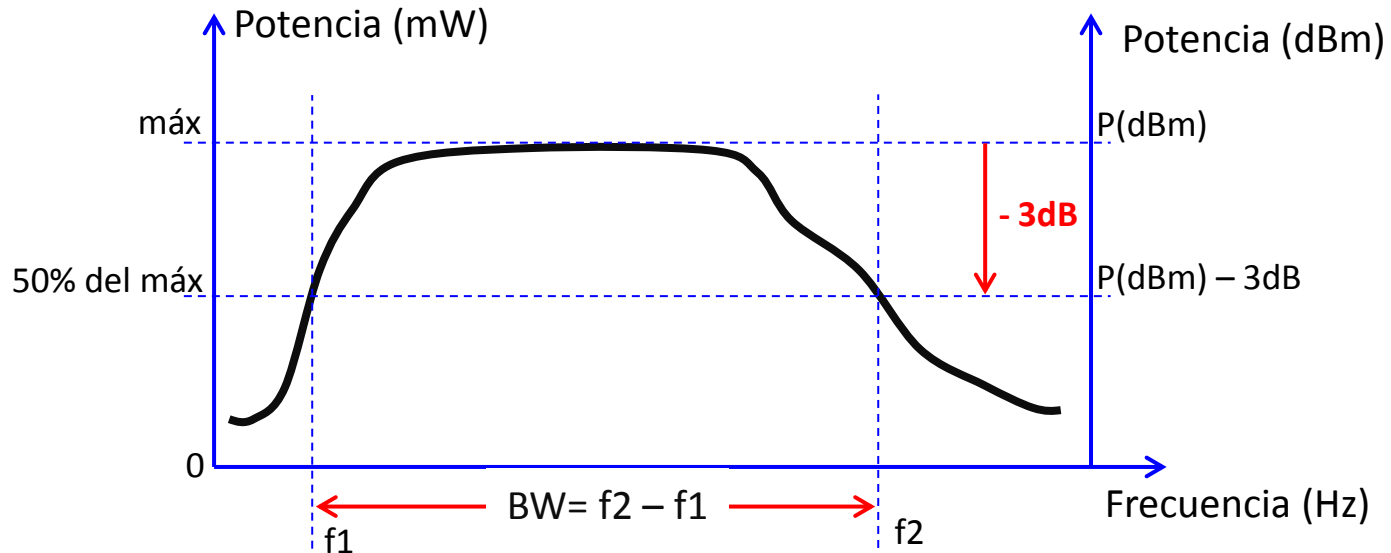
La problemática de los medios de transmisión



- ✓ Disponibilidad y facilidad de instalación, operación y mantenimiento.
- ✓ Capacidad, atenuación, inmunidad a interferencias.
- ✓ Calidad, confiabilidad y seguridad en el transporte de información.
- ✓ Costos de instalación, operación y mantenimiento.

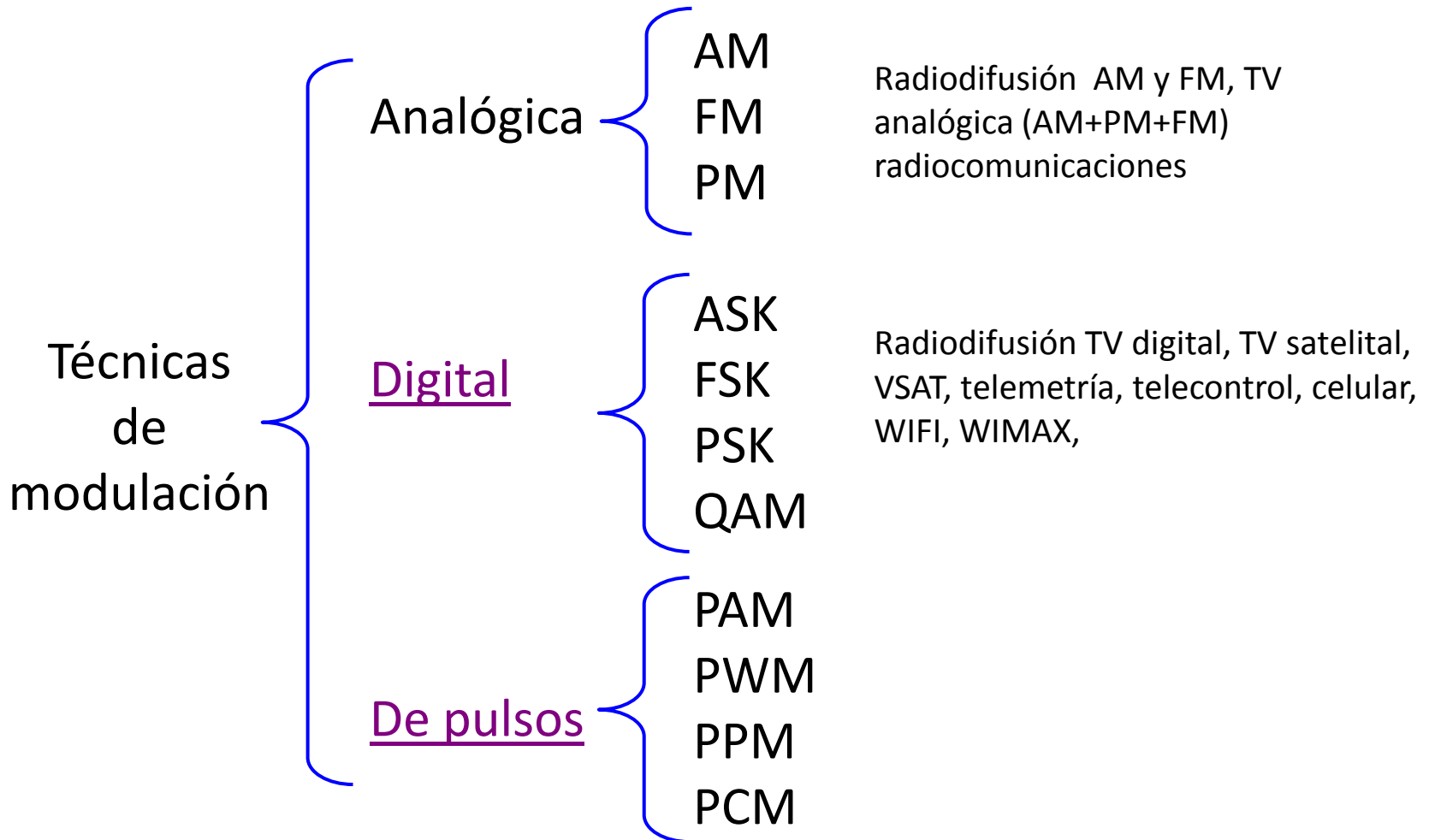
Concepto de ancho de banda y banda ancha

Ancho de banda (BW: BandWidth) es el rango de frecuencias donde el nivel de potencia es igual o superior al 50% de la potencia máxima.

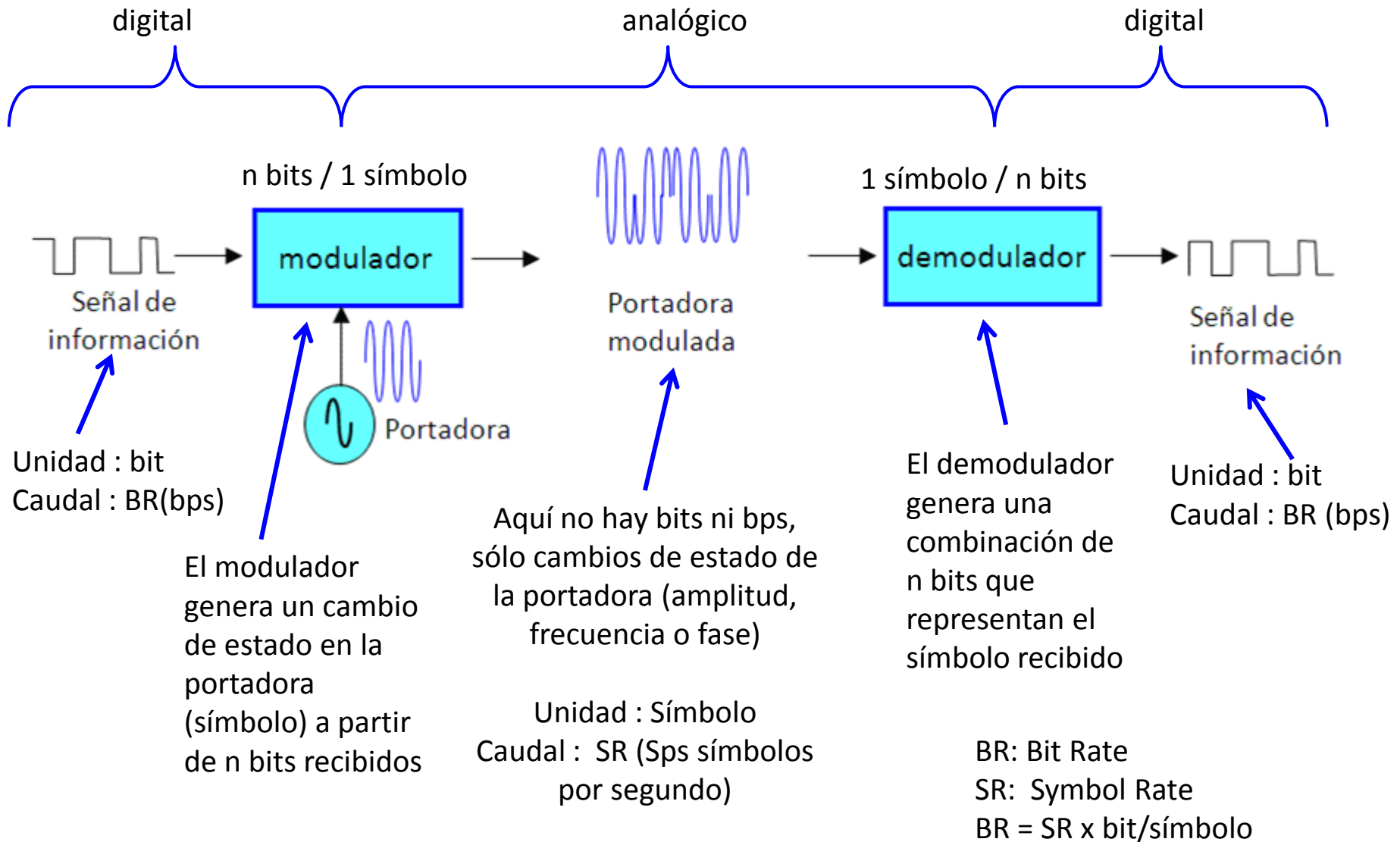


Banda ancha (BroadBand) definida por la ITU es la “infraestructura de red fiable, capaz de ofrecer diversos servicios convergentes a través de un acceso de alta capacidad con una combinación de tecnologías”. También lo define como un servicio siempre disponible que puede transportar una gran cantidad de datos por segundo, más que a una velocidad determinada.

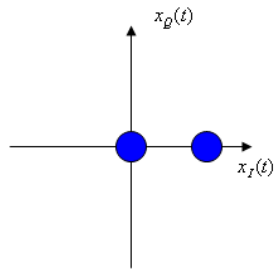
Modulaciones analógicas y digitales para servicios terrestres y satelitales



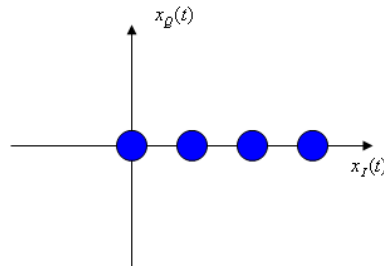
Modulación digital



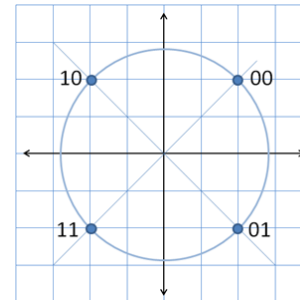
Modulación digital ASK, PSK y QAM



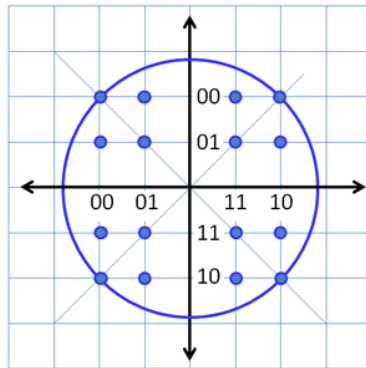
ASK-2



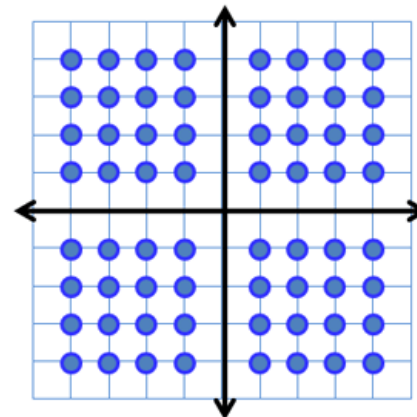
ASK-4



4PSK (QPSK)



16QAM



64QAM

Modulación	bits/símbolo
ASK-2	1
ASK-4	2
QPSK	2
8PSK	3
16QAM	4
32QAM	5
64QAM	6
256QAM	8
1024QAM	10

[Video de modulación QAM](#)

[Observando QPSK en instrumento](#)

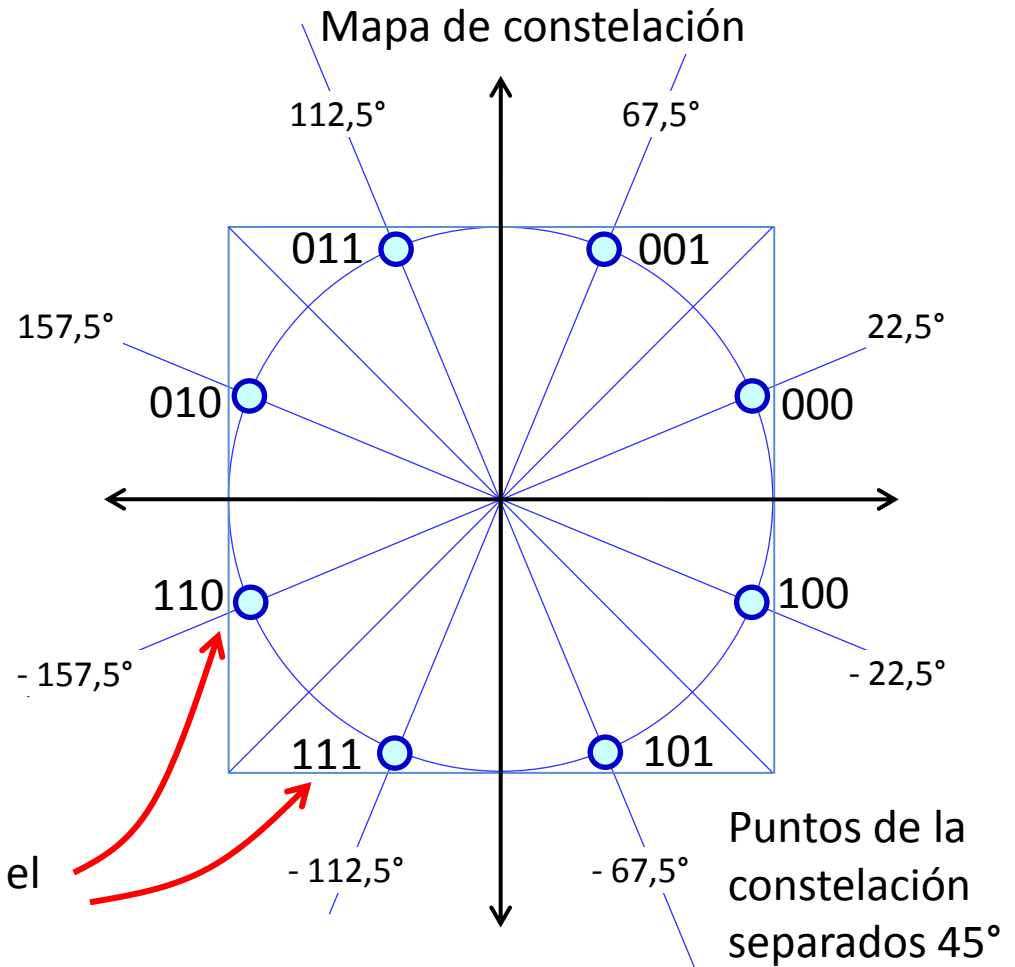
[Observando QAM en instrumento](#)

Modulación 8PSK



Tabla de traducción

bits	símbolo 8PSK
000	22,5°
001	67,5°
011	112,5°
010	157,5°
110	- 157,5°
111	- 112,5°
101	- 67,5°
100	- 22,5°



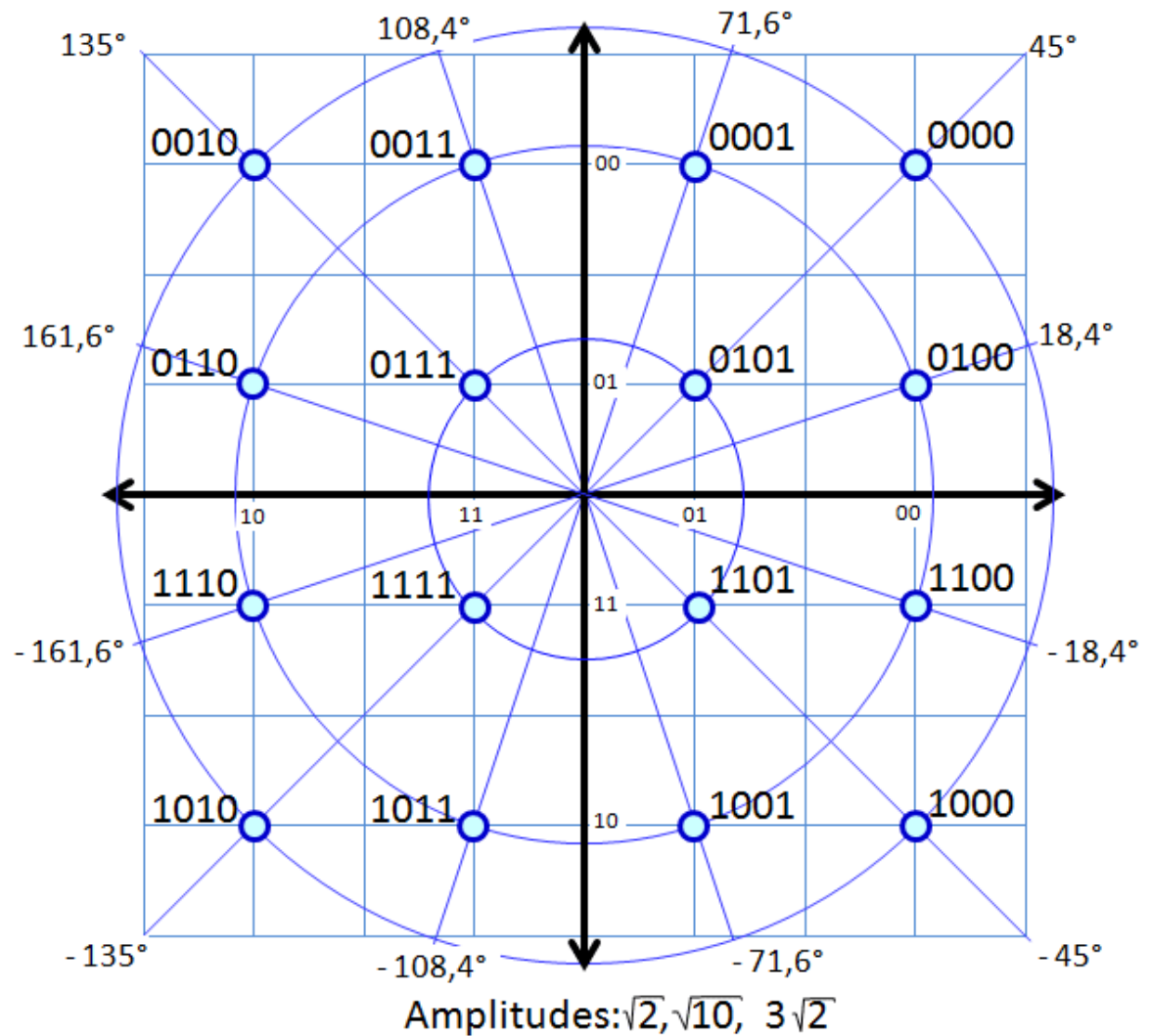
Sólo cambia el tercer bit

Es muy importante asignar a puntos cercanos de la constelación, combinaciones de bits, donde se produzca una variación de un solo bit.

Modulación 16QAM



bits	símbolo QAM	
0000	$3\sqrt{2}$	$45,0^\circ$
0001	$\sqrt{10}$	$71,6^\circ$
0011	$\sqrt{10}$	$108,4^\circ$
0010	$3\sqrt{2}$	$135,0^\circ$
0110	$\sqrt{10}$	$161,6^\circ$
0111	$\sqrt{2}$	$135,0^\circ$
0101	$\sqrt{2}$	$45,0^\circ$
0100	$\sqrt{10}$	$18,4^\circ$
1100	$\sqrt{10}$	$-18,4^\circ$
1101	$\sqrt{2}$	$-45,0^\circ$
1111	$\sqrt{2}$	$-135,0^\circ$
1110	$\sqrt{10}$	$-161,6^\circ$
1010	$3\sqrt{2}$	$-135,0^\circ$
1011	$\sqrt{10}$	$-108,4^\circ$
1001	$\sqrt{10}$	$-71,6^\circ$
1000	$3\sqrt{2}$	$-45,0^\circ$



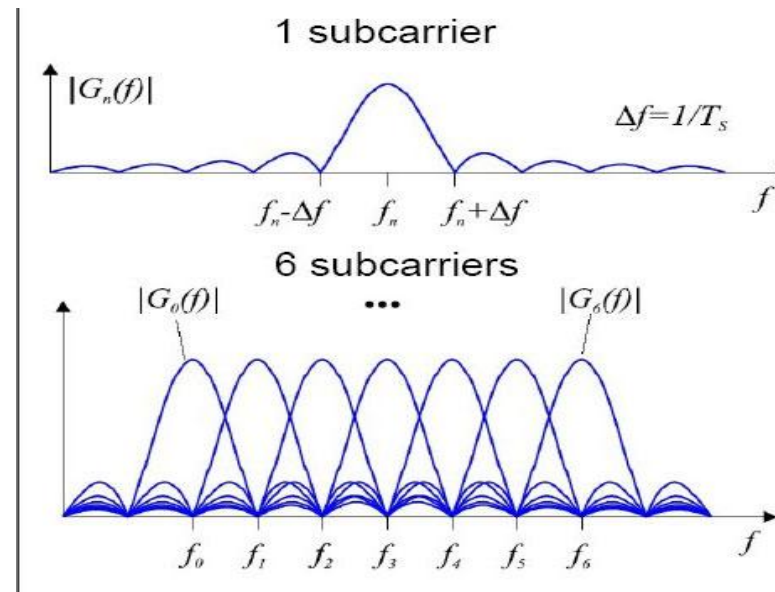
Puntos más cercanos de la constelación, sólo difieren en un solo bit.

[Observando 16QAM](#)

Modulación OFDM



- **OFDM**: Del acrónimo en inglés (**O**rtogonal **F**requency **D**ivision **M**ultiplexing). División de frecuencia por multiplexación ortogonal
- Es una técnica de modulación FDM que permite transmitir grandes cantidades de datos digitales sobre una onda de radio.
- OFDM divide la señal de radio en muchas sub-señales que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias.
- OFDM reduce la diafonía (efecto de cruce de líneas) durante la transmisión de la señal, OFDM se utiliza en 802.11a WLAN, 802.16 y WiMAX



Parámetros de la comunicación digital



Básicamente son tres:

Tasa de error de bit:

(BER: bit error rate): relación entre bits recibidos erróneamente y el total de bits transmitidos. También se relaciona la Tasa de símbolos errados (SER: symbol error rate)

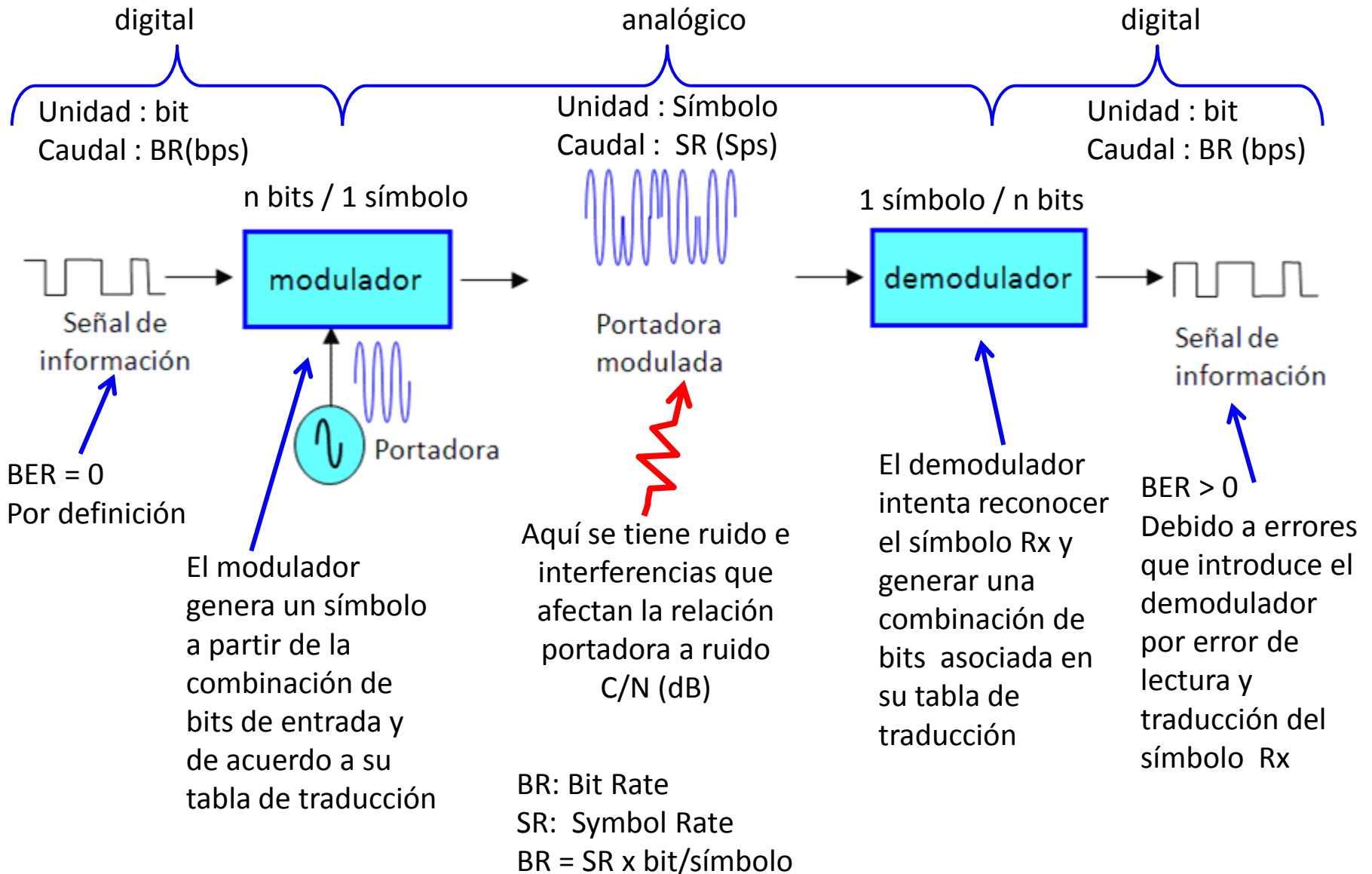
Eficiencia de potencia:

Habilidad de preservar la fidelidad del mensaje cuando se utilizan potencias bajas. En general habrá una relación de energía de bit a potencia de ruido mínima que asegure una determinada BER en el Rx. Este parámetro se asocia a la sensibilidad

Eficiencia espectral:

Habilidad para acomodar una tasa de bit en un ancho de banda $EE = R_b \text{ (bps)} / BW \text{ (Hz)}$

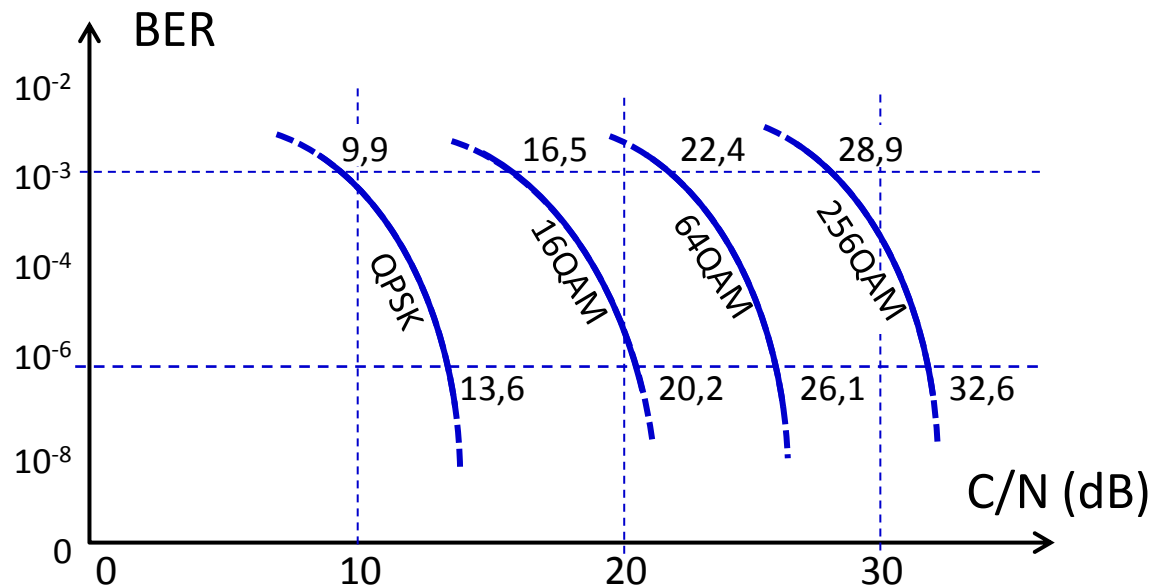
Efectos del ruido en la línea



Modulación adaptativa



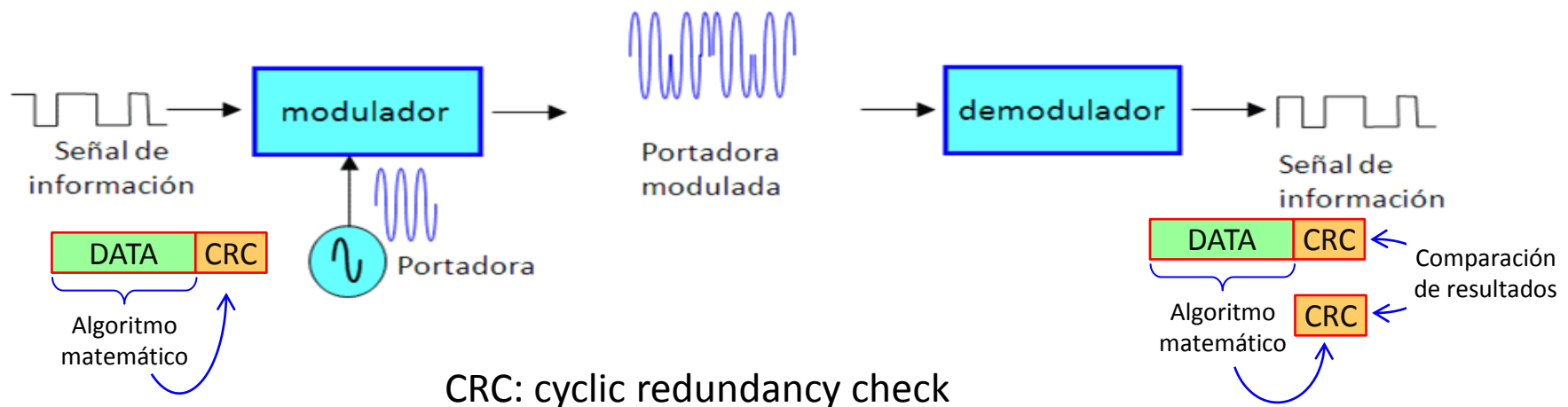
- Dado que la línea presenta condiciones variables de los niveles de ruido (medida por la C/N), la calidad de la transmisión de bits se ve afectada también en forma variable (medida por la BER).
- Para asegurar un cierto nivel de calidad de transmisión de bits se establece un límite permisible de errores (BER máxima, por ejemplo 10^{-6}).
- Cuando la calidad en la línea se deteriora, es decir disminuye la C/N (dB) y la BER alcanza el límite máximo se procede al cambio del modulador por otro que puede operar con niveles más bajos de C/N y ofrecer una BER menor.
- Esta técnica de transmisión basada en la medición de la BER y ajuste del tipo de modulación se denomina modulación adaptativa.



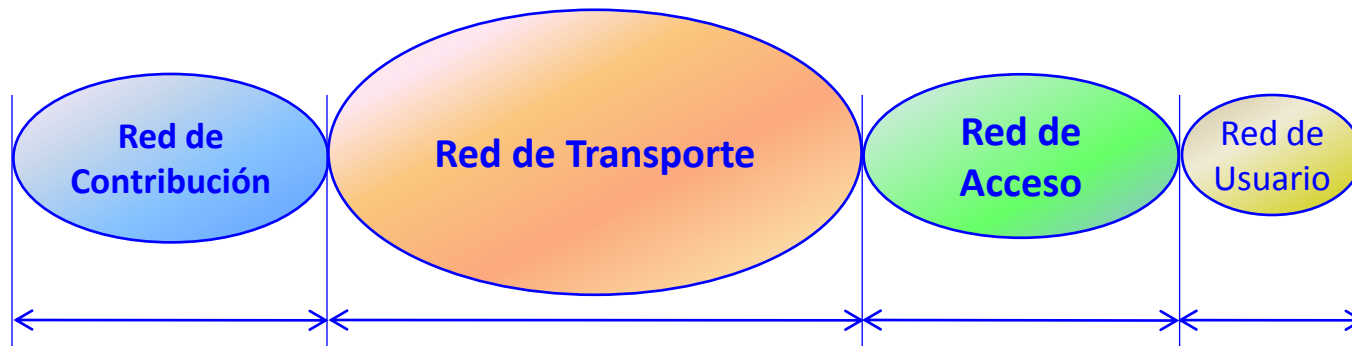
Control de errores



- La modulación adaptativa tiene costos para la transmisión, ya que para niveles altos de ruido (baja C/N) la modulación transportará menos bits/símbolo reduciendo la velocidad de transmisión de información (bps), aún cuando en la línea se mantenga la velocidad de transmisión de símbolos (sps).
- Por otra parte, al establecer un nivel máximo de BER, los bits recibidos estarán “contaminados” con bits erróneos y la información no sería confiable.
- Para resolver lo anterior, el sistema de transmisión es dotado de un mecanismo de detección y corrección de errores, lo que implica agregar bits adicionales al mensaje (trama a nivel de capa 2) que se generan mediante un algoritmo matemático que se replica en el lado receptor y se compara con los bits enviados.
- Si los resultados son iguales se valida como correcto el mensaje recibida, de lo contrario se califica el mensaje como erróneo.

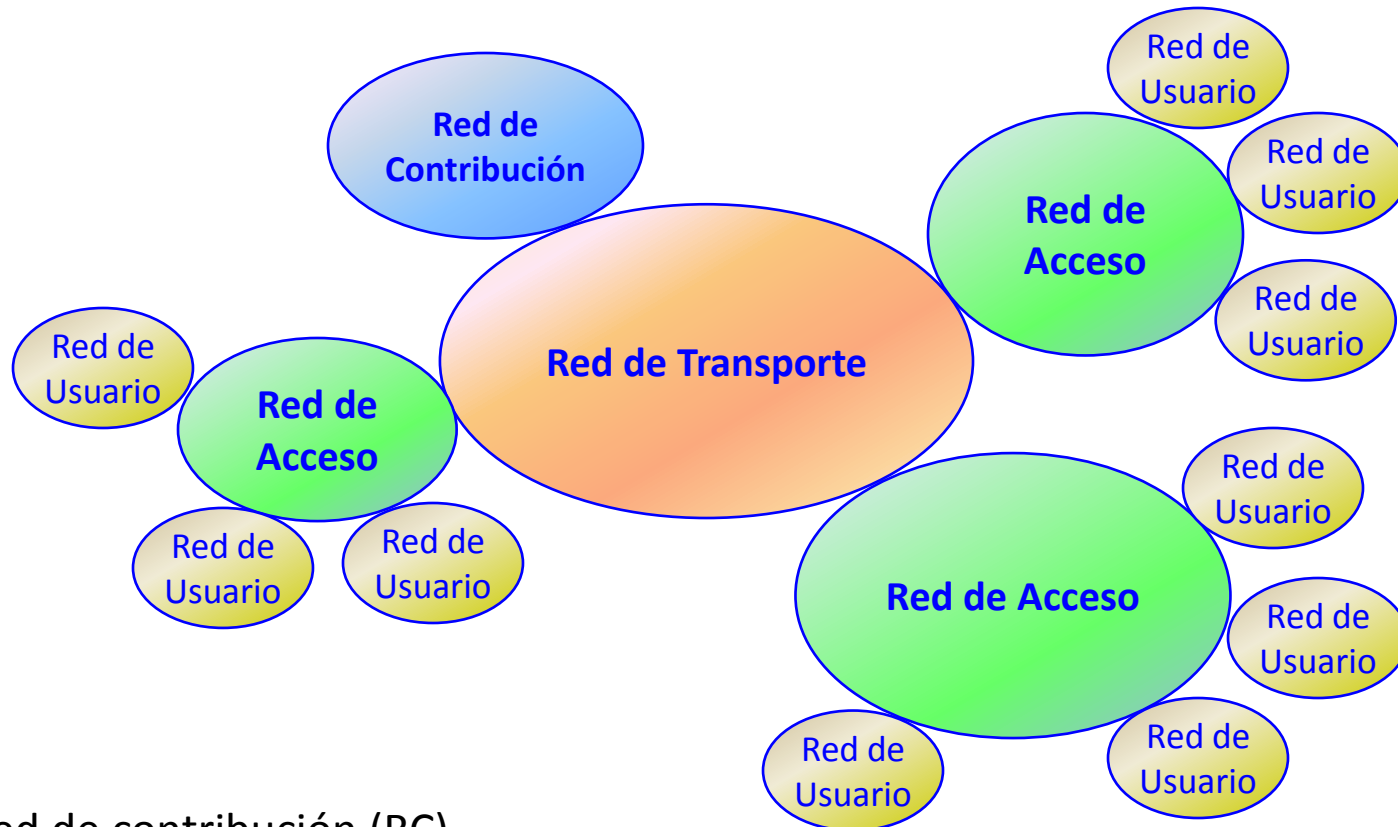


Estructura de Redes de Telecomunicaciones



- ✓ Red de contribución (RC): Instalaciones, equipos, sistemas y medios de transmisión destinados a generar y/o procesar los servicios a los usuarios (Ej. Central telefónica, Servidor web, Headend de televisión, Call Center, IVRS, etc.)
- ✓ Red de transporte (RT): Instalaciones, equipos, sistemas y medios de transmisión para interconectar redes de contribución con redes acceso. Se caracteriza por su alta capacidad y no poseer usuarios conectados.
- ✓ Red de acceso (RA): Instalaciones, equipos, sistemas y medios de transmisión para interconectar las redes de usuario con la red de transporte.
- ✓ Red de usuario (RU): Instalaciones, equipos, sistemas y medios de transmisión para proporcionar los servicios a los usuarios mediante equipos terminales se caracteriza por encontrarse en recintos de propiedad del usuario.

Estructura de Redes de Telecomunicaciones



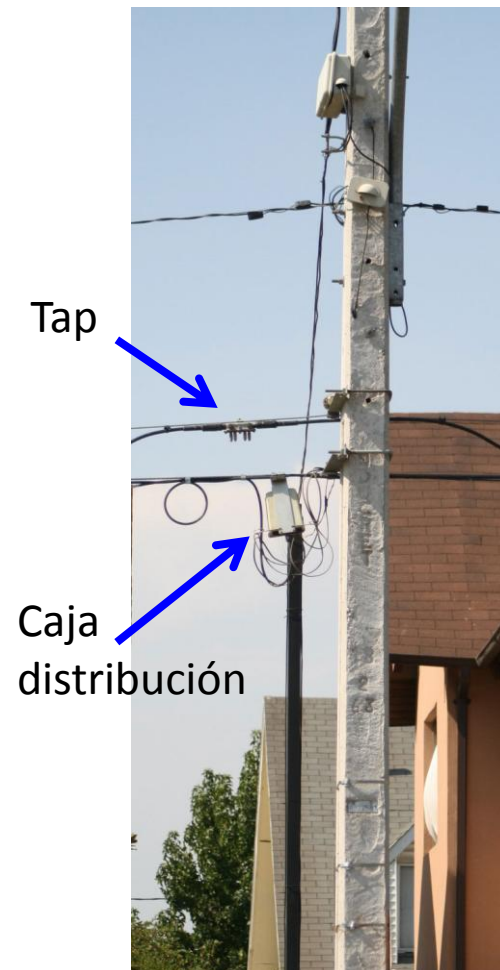
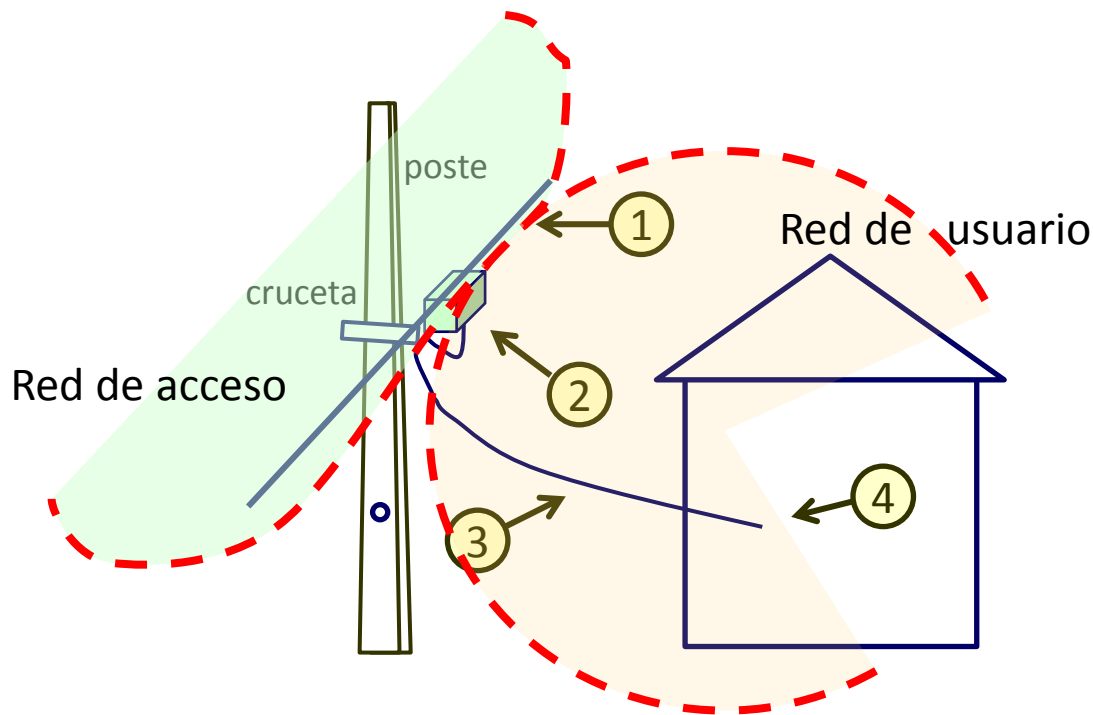
Red de contribución (RC)

Red de transporte (RT)

Red de acceso (RA)

Red de Usuario (RU)

Fronteras entre redes de acceso y de usuario



	Red de pares de cobre	Red fibra-coaxial (HFC)
1	Multipar (10-100 p)	Coaxial aluminio .500
2	Caja distribución	Tap
3	Acometida (1 par)	Acometida coaxial RG-6
4	multipar interior (pin 2 p)	Cable coaxial RG-6

Medios guiados (Cables multipares)



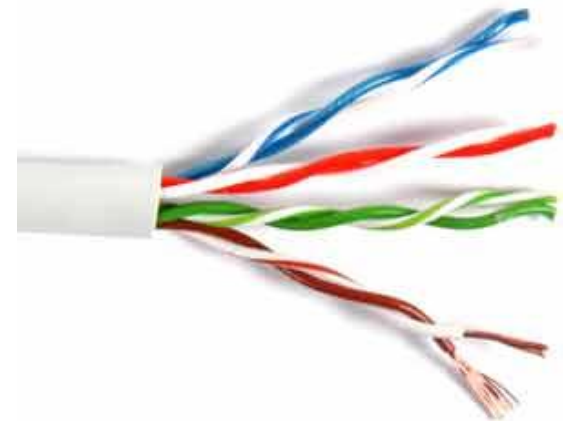
Cable 100 pares



Empalme de cable multipar



Cable 2400 pares

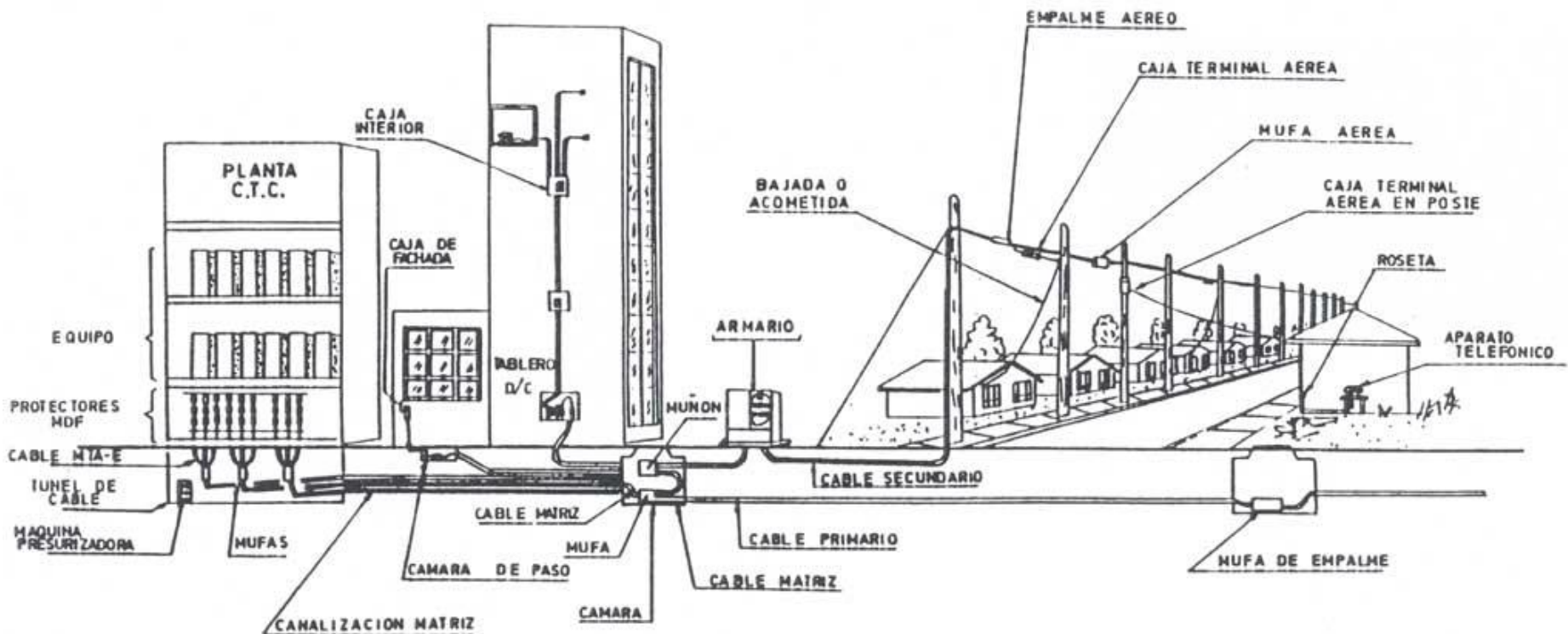


Cable UTP 4 pares

Medios guiados (Cables multipares)



Diagrama de instalación de red de pares de cobre para telefonía

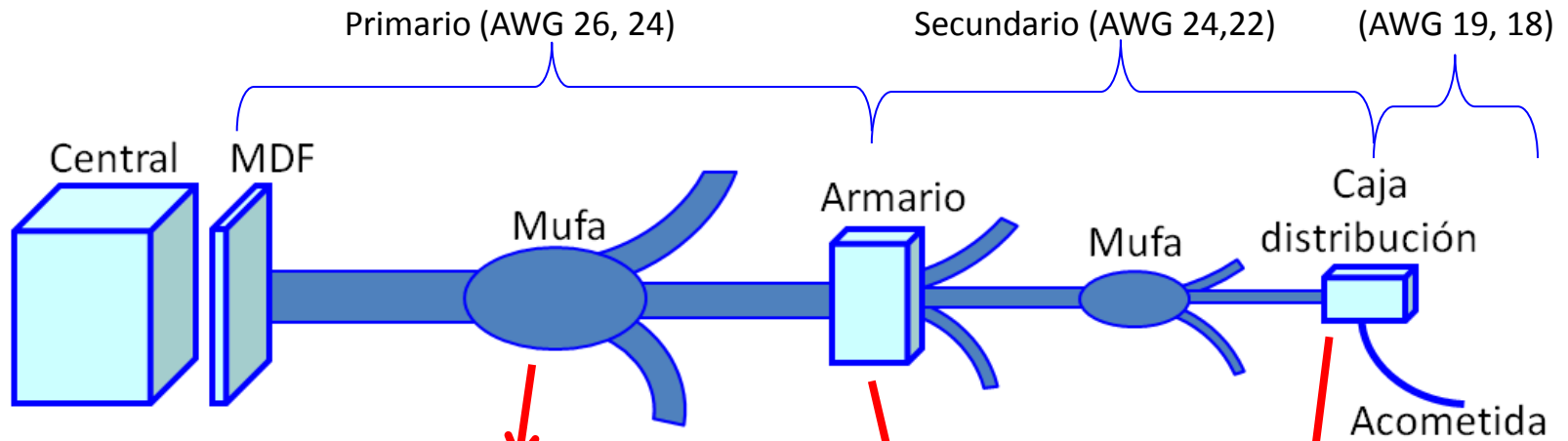


Fuente: Telefónica

Cables multipares (calibres)



Diagrama esquemático de red de pares de cobre para telefonía



AWG	Diám. (mm)	Area (mm ²)
17	1.15	1.04
18	1.024	0.823
19	0.912	0.653
20	0.812	0.519
21	0.723	0.412
22	0.644	0.325
23	0.573	0.259
24	0.511	0.205
25	0.455	0.163
26	0.405	0.128
27	0.361	0.102
28	0.321	0.0804



Cables multipares (telefonía y banda ancha)



Ejemplo: Cable multipar Furukawa

CABLE TELEFÓNICO METÁLICO PAL RS

Aplicación

Las rigurosas características técnicas de este cable le permiten transmisión de señales analógicas y digitales posibilitando una buena calidad en servicios de voz y datos. Recomendado para redes externas como cable tronco, primario o secundario, debiendo instalarse en ductos.

Características constructivas

Cantidad de pares	10 hasta 2400
Núcleo	Relleno
Conductor	Cobre desnudo, calibres 26 y 24 AWG
Aislamiento	Foam Skin
Compuesto de relleno	Gel tipo ETPR
Cubierta externa	PAL
Color	Negro



26 AWG				24 AWG				
pares	∅ externo (mm)	masa (kg/Km)	longitud (m)	pares	∅ externo (mm)	masa (kg/Km)	longitud (m)	
10	8,9	82	2000	10	9,7	99	2000	
20	10,7	126		20	12,3	162		
30	12,4	169		30	13,6	240		
50	14,2	252		50	16,8	336		
75	17,7	355		75	19,9	543		
100	18,7	446		100	22,9	657		
200	25,3	834	1000	200	32,3	1336	1000	
300	30,1	1215		300	37,9	1927		
400	34,2	1606	500	400	43,3	2490	500	
600	41,5	2274		600	51,4	3672		
900	49,6	3348	400	900	60,8	4908	400	
1200	56,7	4386		1200	64,2	7209		
1500	62,9	5782						
1800	68,3	6770						
2400	76,3	8702						

Fuente: Catálogo Furukawa

Cables multipares (telefonía y banda ancha)



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Cable		PAL; PAL-AS; PAL-R; PAL-RS					
		Sólido	Foam Skin	Sólido	Foam Skin		
Calibre del conductor AWG (mm)		26 (0.404)		24 (0.511)			
Resistencia eléctrica máxima (W / km a 20°C)		144,2		89,5			
Desequilibrio resistivo (%)		Promedio máximo		1,5			
		Máximo individual		5,0			
Capacidad mutua (nF/km)	Promedio	≤ 20 pares		52 ± 4			
		> 20 pares		52 ± 2			
Atenuación de transmisión (dB/km)	150 kHz	Promedio	Relleno	11,2	12,1	7,4	7,8
			Seco	11,4	n/a	8,0	n/a
	1024 kHz	Promedio	Relleno	25,1	25,8	19,0	19,5
			Seco	26,0	n/a	19,8	n/a

FAMILIA DE CABLES PARA TRANSMISIONES EN BANDA ANCHA

Frecuencia de operación	8,5 MHz	40 MHz
Cable	PAL-xDSL; PAL-AS-xDSL; PAL-RS-xDSL	PAL-xDSL; PAL-AS-xDSL; PAL-RS-xDSL
Descripción	Núcleo seco o relleno y calibre del conductor de 26 AWG (0.404 mm)	Núcleo seco o relleno y calibre del conductor de 24 AWG (0.511 mm)

Características de transmisión

Frecuencia (MHz)	Impedancia Característica (W)	Atenuación de transmisión a 20 °C (dB/100m)	PSNEXT (dB)	PSELFEXT (dB/100 m)	Pérdida de retorno (dB)	Impedancia característica (W)	Atenuación de transmisión a 20 °C (dB/100 m)	PSNEXT (dB)	PSELFEXT (dB/100 m)	Pérdida de retorno (dB)
0.15	130 ± 20	0,9	67	66	36	100 ± 15	0,8	73	71	39
0.30		1,2	63	63	32		1,0	69	68	36
0.50		1,3	59	58	30		1,3	66	64	34
1,1		1,9	50	52	28		1,9	58	57	32
2		2,4	45	47	26		2,6	53	51	31
6.3		4,1	39	38	24		4,7	46	44	29
8,5		4,8	34	34	18		5,5	42	40	21
20	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	8,7	39	35	18	
31.25	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	10,9	34	30	15	
40	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	12,4	32	23	14	

Fuente: Catálogo Furukawa

Cables multipares (telefonía y banda ancha)



Código	EAP-SP stock	Formación (pares)	Bobinas (m)	tipo bobinas	Diámetro (mm)	Peso (kg/Km)
Cables EATI 0,405 mm						
674006ANGP	No	6x2x0,405	2.000	09	7,4	73
674011ANGP	No	11x2x0,405	2.000	09	8	77
674016ANGP	No	16x2x0,405	2.000	10	8,9	95
674026ANGP	No	26x2x0,405	2.000	12	10,4	135
674051ANGP	No	51x2x0,405	2.000	14	13,2	225
674076ANGP	No	76x2x0,405	2.000	14	15,4	320
6740BAANGP	No	101x2x0,405	1.000	11	17,2	400
6740BBANGP	No	152x2x0,405	1.000	13	20,5	580
6740BCANGP	No	202x2x0,405	1.000	14	23,3	760
6740BDANGP	No	303x2x0,405	1.000	14	27,5	1100
6740BEANGP	No	404x2x0,405	400/1.000	14/18	31,2	1400
6740BFANGP	No	606x2x0,405	500	18	37,3	2050
6740BGANGP	No	909x2x0,405	400	18	45,1	3000
6740BHANGP	No	1212x2x0,405	400	20	51,3	3900
6740BIANGP	No	1818x2x0,405	400	22	61,9	5800
6740BJANGP	No	2424x2x0,405	400	25	70,8	7700

Código	EAP-SP stock	Formación (pares)	Bobinas (m)	tipo bobinas	Diámetro (mm)	Peso (kg/Km)
Cables EATI 0,64 mm						
6740068NGP	No	6x2x0,64	2.000	10	9	115
6740118NGP	No	11x2x0,64	1.000	10	11,2	145
6740168NGP	No	16x2x0,64	2.000	10	11,8	165
6740268NGP	No	26x2x0,64	2.000	12	13,4	205
6740518NGP	No	51x2x0,64	2.000	14	16,2	345
6740768NGP	No	76x2x0,64	2.000	14	18,4	460
6740BA8NGP	No	101x2x0,64	1.000	11	20,2	570
6740BB8NGP	No	152x2x0,64	1.000	13	23,5	810
6740BC8NGP	No	202x2x0,64	1.000	14	26,3	1050
6740BD8NGP	No	303x2x0,64	1.000	14	30,5	1450
6740BE8NGP	No	404x2x0,64	400/1.000	14/18	33,2	1850
6740BF8NGP	No	606x2x0,64	500	18	40,3	2450
6740BG8NGP	No	909x2x0,64	400	18	48,1	3200
6740BH8NGP	No	1212x2x0,64	400	20	56,3	4100

Código	EAP-SP stock	Formación (pares)	Bobinas (m)	tipo bobinas	Diámetro (mm)	Peso (kg/Km)
Cables EATI 0,91 mm						
6740069NGP	No	6x2x0,91	2.000	10	10,1	135
6740119NGP	No	11x2x0,91	1.000	10	12,2	175
6740169NGP	No	16x2x0,91	2.000	10	12,8	195
6740269NGP	No	26x2x0,91	2.000	12	14,4	245
6740519NGP	No	51x2x0,91	2.000	14	17,2	405
6740769NGP	No	76x2x0,91	1.000	14	19,4	540
6740BA9NGP	No	101x2x0,91	1.000	11	21,2	670
6740BB9NGP	No	152x2x0,91	500	13	24,5	910
6740BC9NGP	No	202x2x0,91	500	14	27,3	1150
6740BD9NGP	No	303x2x0,91	300	14	31,5	1550
6740BE9NGP	No	404x2x0,91	300	16	35,7	2050
6740BF9NGP	No	606x2x0,91	300	18	42,3	2750

A partir de una especificación técnica o de un cálculo, determinar el tipo de cable a utilizar y los restantes parámetros

A partir de una marca y modelo de cable, determinar sus parámetros y aplicarlos en un problema o verificar mediante mediciones

90
105
130
190
330
460
610
880
1150
1650
2150
2770
3200
4700
6100
-
-
4700
6100
-
-

Fuente: Catálogo General Cable

Cables multipares (telefonía y banda ancha)



Túnel de cables



MDF: Main Frame Distribution

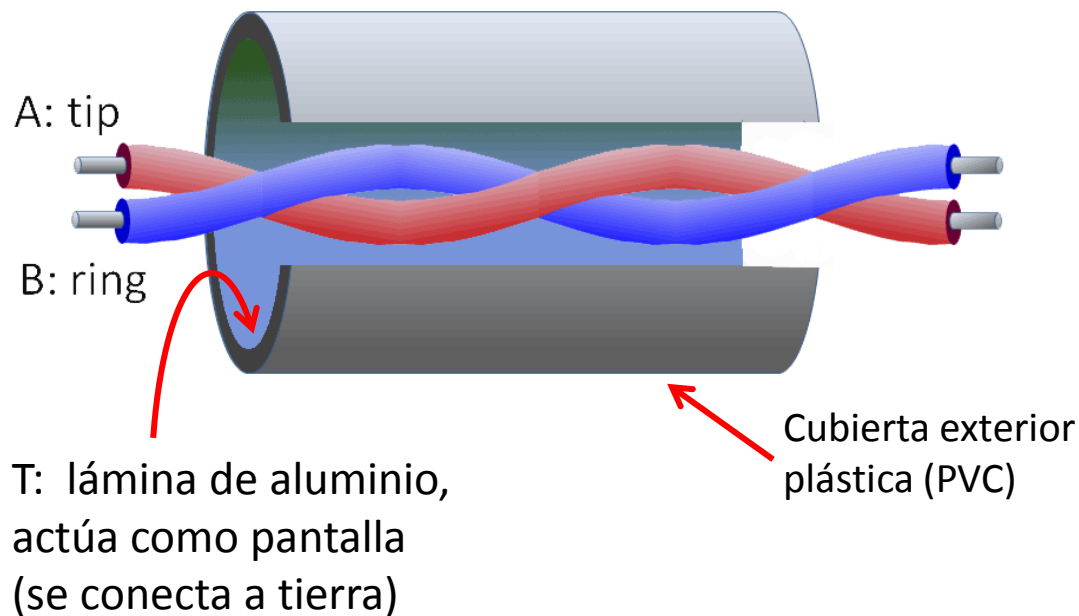


Cables multipares (concepto y estructura del cable)



Definición:

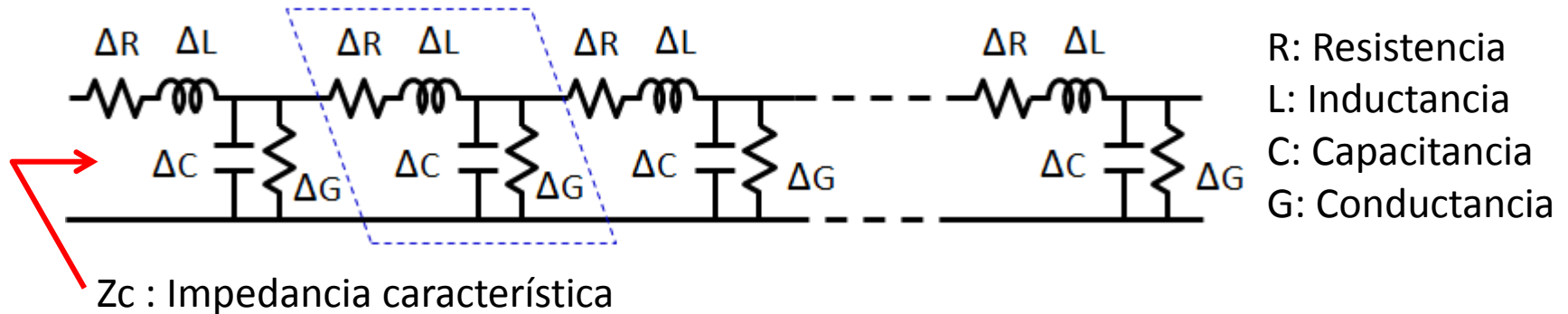
Par: Dos conductores paralelos y trenzados, denominados “hilo” A (Tip) e “hilo” B (Ring)



Cables multipares (concepto y estructura del cable)



Circuito eléctrico equivalente de una línea de transmisión



Una línea de transmisión es un complejo circuito eléctrico formado por infinitas secciones L que contienen componentes equivalentes a resistencias, condensadores e inductancias.

Mediciones eléctricas sobre los conductores A-B, A-T y B-T:

- Voltaje
- Aislación
- Resistencia de loop
- Capacidad

Cables multipares (mediciones planta externa)



Instrumento Dynatel 965AMS de 3M



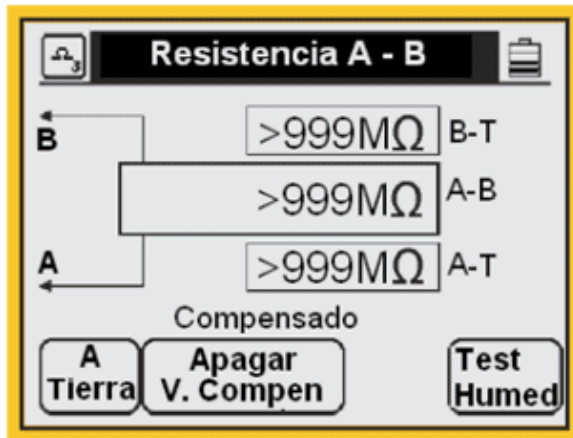
Combina los instrumentos de medición mas comunes de uso en redes de telecomunicaciones de cobre para Voz y Banda Ancha con la facilidad de usar módulos de prueba enchufables:

- Localizador de fallas en red Telefónica
- TDR
- Analizador
- Modem ADSL2+ (ATU-R)

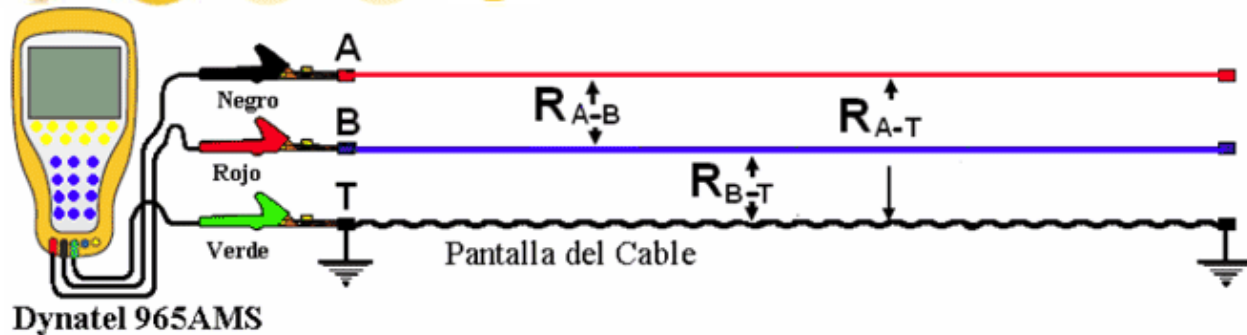
Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



RESISTENCIA $\Omega/3$ - Se usa para medir resistencia de bucle y/o la resistencia del aislamiento de un par (función de megger de bajo voltaje ≤ 100 Voltios, recomendado para mediciones de redes en servicio, para no causar interferencias o daños a los equipos instalados en la red).



Rango de Medición : 0 a 999 M Ω .



19

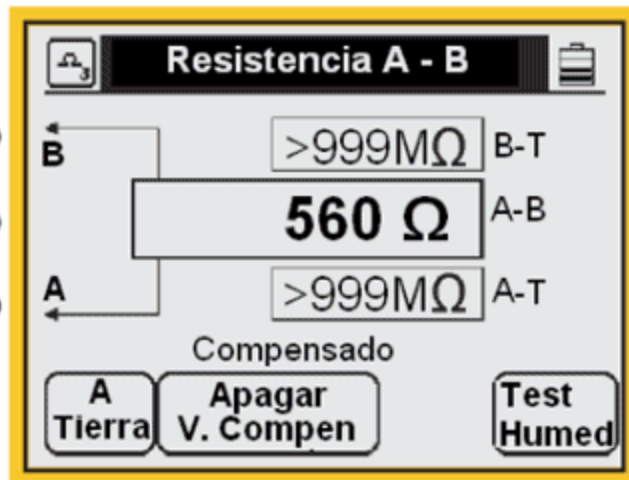
Referencia: manual Dynatel

Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



CONTINUACION

RESISTENCIA DE BUCLE



Rango de Medición : 0 a 999 MΩ.

LA MEDICION DE RESISTENCIA DE BUCLE PERMITE DETECTAR FALLAS DE CONTINUIDAD (ABIERTOS). LA RESISTENCIA DE BUCLE DE UN PAR PUEDE VARIAR ENTRE 1 Ω A 1300 Ω.



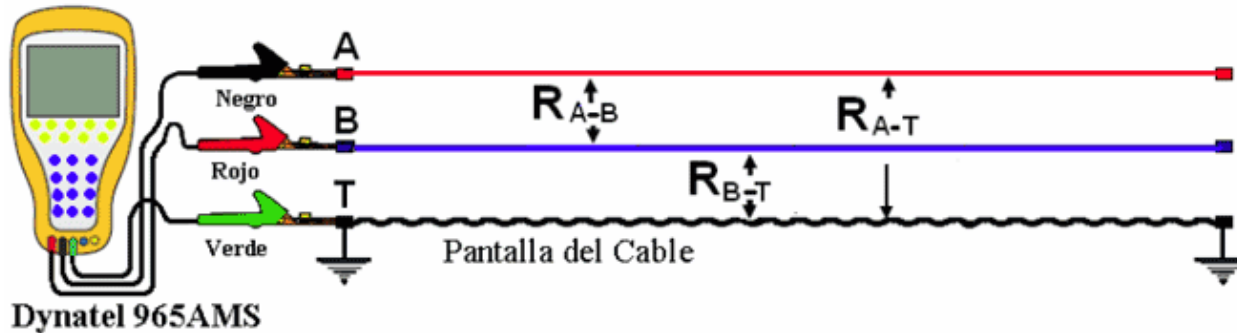
Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



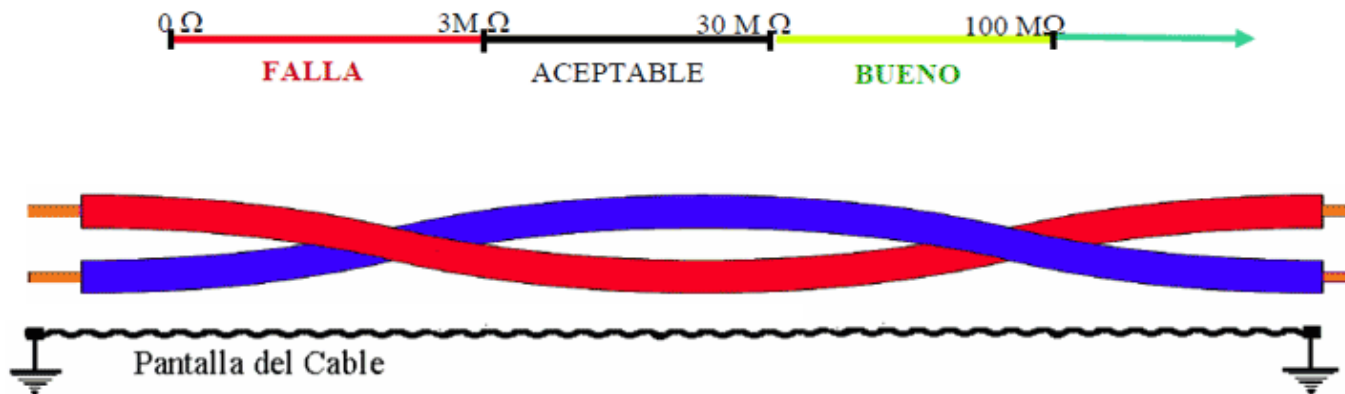
CONTINUACION

RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

LA MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO PERMITE DETECTAR FALLAS RESISTIVAS COMO: CORTO, TIERRA o BATERIA



LA RESISTENCIA DE AISLAMIENTO PARA RED EN SERVICIO DEBE SER SUFICIENTEMENTE ALTA PARA EVITAR FUGAS A TIERRA O ENTRE HILOS.

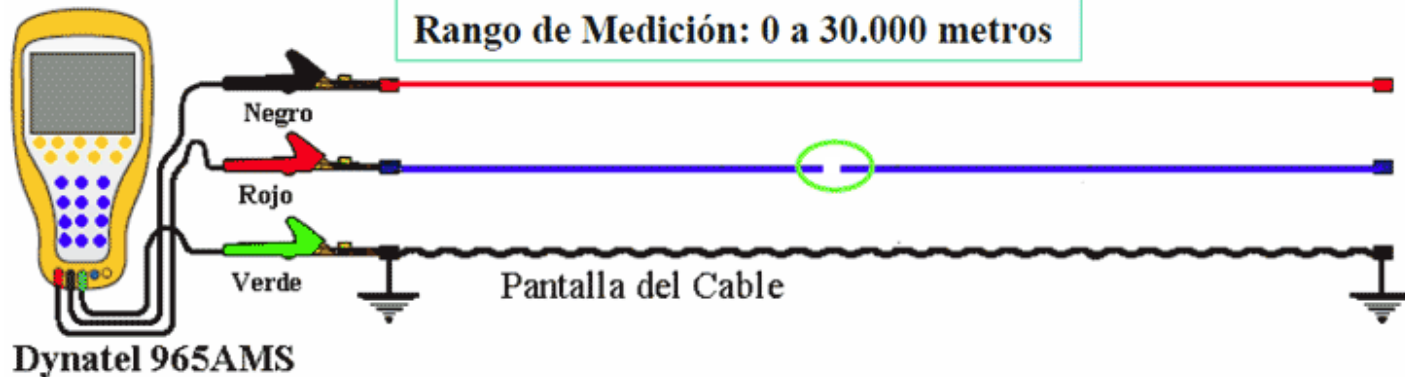
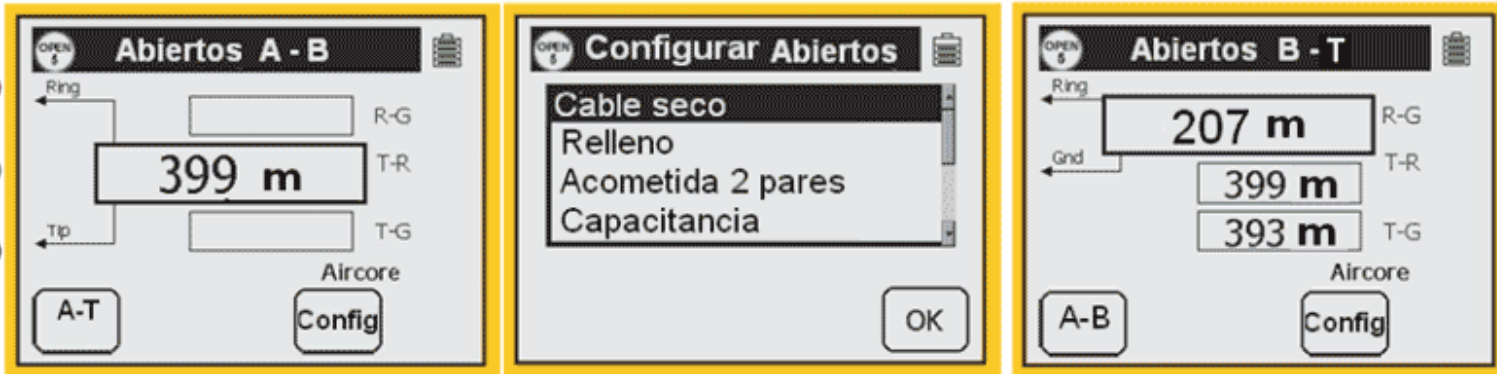


Referencia: manual Dynatel

Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



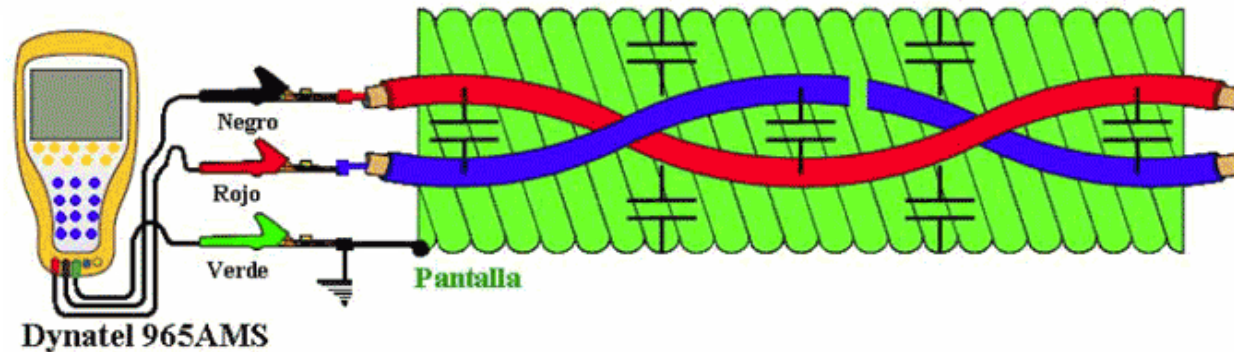
MEDICION DE ABIERTOS - Se usa para localizar fallas de continuidad o Capacitivas (Hilos o pares Abiertos, Abierto Parcial) puede medir además la capacitancia de los pares telefónicos (Capacimetro de 0 a 1500 nF).




Referencia: manual Dynatel





Medición de pares Abiertos



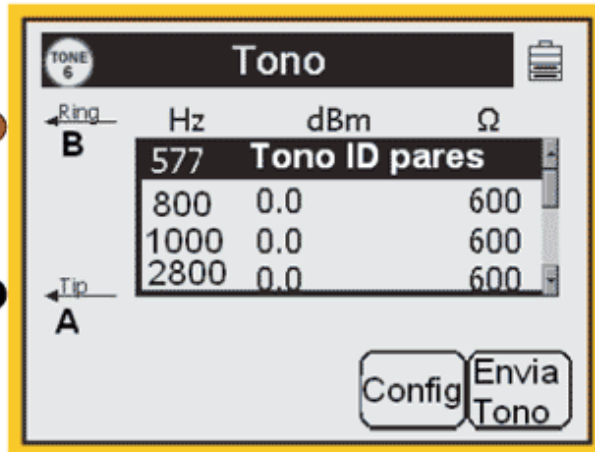
LA FUNCIÓN  [ABIERTOS] MIDE LA DISTANCIA A UN HILO O PAR ABIERTO (TOTAL O PARCIAL) MEDIANTE UN PUENTE DE MEDICION CAPACITIVO.


CON LA TECLA  SE CONFIGURA EL TIPO DE AISLAMIENTO DEL CABLE, (PLASTICO SECO, RELLENO, ESPECIAL, ACOMETIDA, CABLE CALIBRADO etc). LA FUNCIÓN ES MÁS EXACTA SI TODOS LOS PARES DEL CABLES ESTAN ACTIVOS (Pares en servicio).

EL 965AMS PRIMERO MEDIRA LA DISTANCIA DEL PAR (A-B), CON LA TECLA  SE CONFIGURA PARA MEDIR LA DISTANCIA DEL HILO A, NUEVAMENTE TECLA  PARA MEDIR DISTANCIA DEL HILO B. ³⁰



Generador de Tono - SE USA PARA ENVIAR TONOS PARA MEDICIÓN DE PERDIDAS DE SEÑAL EN UN PAR TELEFONICO. TONOS DE ALTA FRECUENCIA PARA MEDIR PERDIDA EN UN ANCHO DE BANDA EN EL PROCESO DE PRECALIFICAR PARES PARA SERVICIOS xDSL.



LA FUNCIÓN  [TONO] ES USADA PARA ENVIAR UN TONO POR UN PAR, LAS TECLAS



y



SON USADAS PARA SELECCIONAR LA FRECUENCIA DEL TONO QUE SE REQUIERE.


TIPOS DE TONO DISPONIBLES: TONOS SENOIDALES CONTINUOS Y TONOS INTERMITENTES.

LA FRECUENCIA DE LOS TONOS SE PUEDE PROGRAMAR USANDO LA OPCION DE CONFIGURACION

- El **tono intermitente** es normalmente usado para identificación de pares en cables.
- El **tono continuo** (Senoidal) se usa para medir perdidas de señal en el rango audible o perdidas en Banda Ancha en un par.

Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



LOCALIZAR FALLAS RESISTIVAS [RFL] - SE USA PARA LOCALIZAR LAS FALLAS RESISTIVAS (CORTO, TIERRA, CRUCE DE BATERIA) EN LOS CABLES TELEFONICOS POR METODO DE PUENTE - RESISTENCIA DE LA FALLA HASTA 20 MΩ. RANGO DE LONGITUD DE 0 A 30.000 METROS.
NOTA: Se debe hacer una prueba previa con el medidor de aislamiento  para determinar el tipo de falla que tiene el par.



HAY DOS FORMAS DE CONEXIÓN DEL DYNATEL 965AMS PARA LOCALIZAR FALLAS RESISTIVAS:
1)- PAR BUENO SEPARADO
2)- UN HILO BUENO

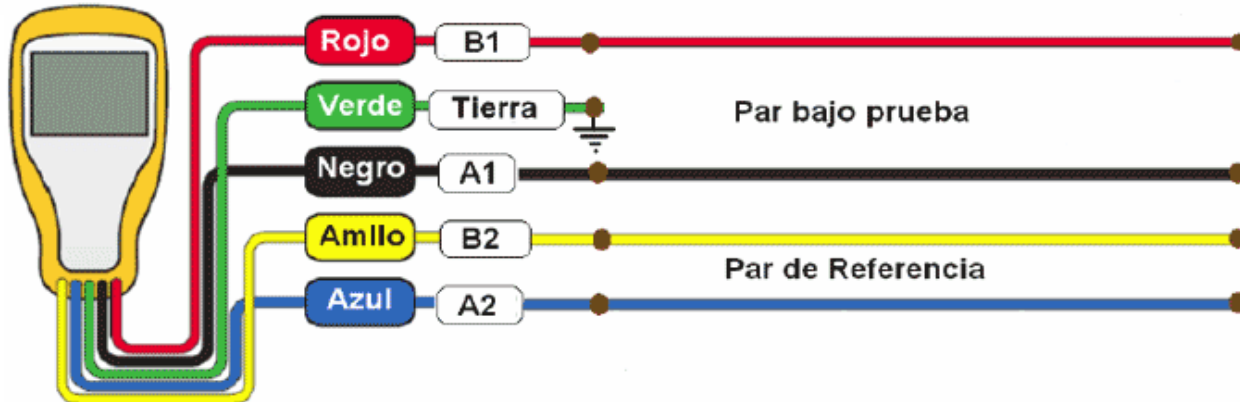
- **PAR BUENO DE REFERENCIA:** EL PAR BUENO PUEDE SER DE OTRO CABLE O DE OTRO CALIBRE O LONGITUD DIFERENTE.
- **UN HILO BUENO :** EL HILO BUENO DEBE SER DEL MISMO CABLE

36

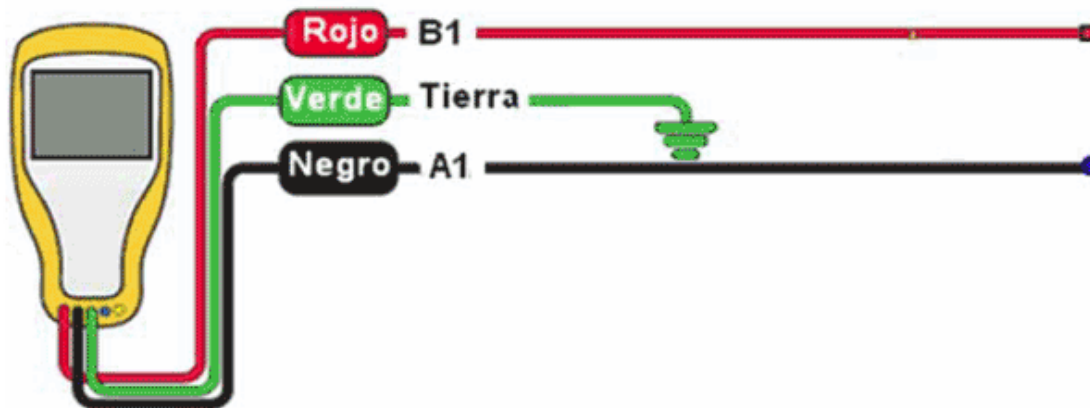
Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



ESQUEMA GENERAL DE CONEXIÓN DEL EQUIPO PARA USAR LA FUNCIÓN RFL CON PAR BUENO DE REFERENCIA.



ESQUEMA GENERAL DE CONEXIÓN DEL EQUIPO PARA USAR LA FUNCIÓN RFL CON HILO BUENO DE REFERENCIA.



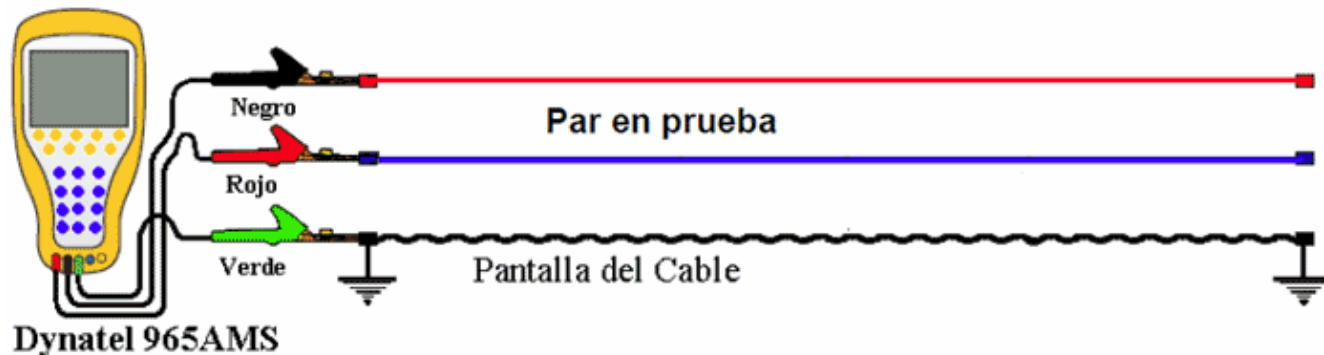
37

Referencia: manual Dynatel



DSL (PRUEBAS DE LÍNEAS DE ABONADO DSL):

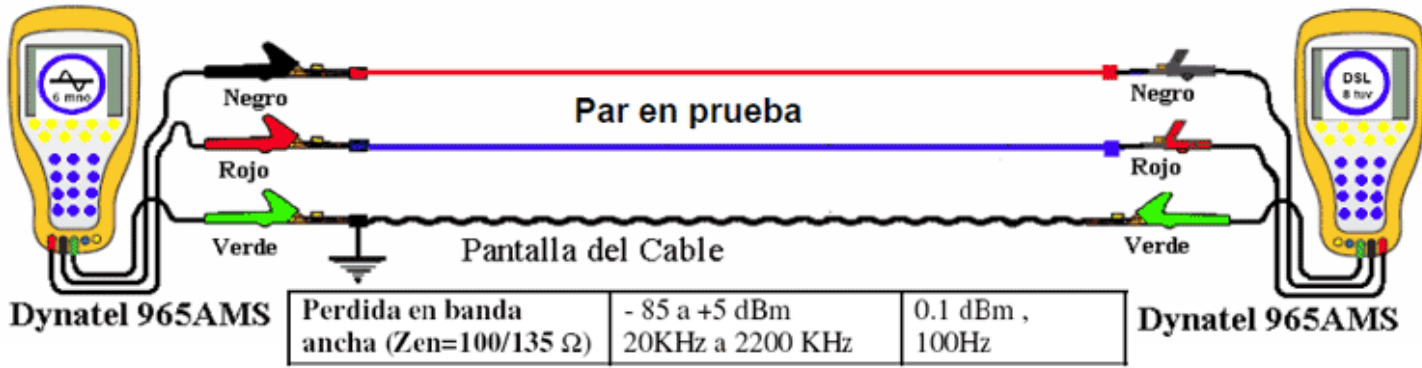
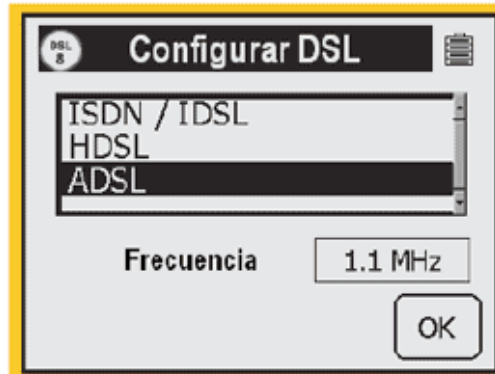
Las pruebas de la función DSL incluyen: Atenuación en DSL, Ruido DSL, Analizador de espectro, Balance resistivo y Ruido impulsivo. El objeto de estas pruebas es medir estos parámetros en una línea telefónica para banda ancha.



Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



MEDICION DE ATENUACIÓN DSL: Se usa para determinar las perdidas que se presentan en un par a las frecuencias de transmisión de un servicio xDSL. Use un generador de tono en el extremo opuesto del par que este en capacidad de generar un tono con una frecuencia específica de prueba en DSL tal como el Dynatel 965AMS o el 965DSP. Use un nivel de salida de 0 dBm.

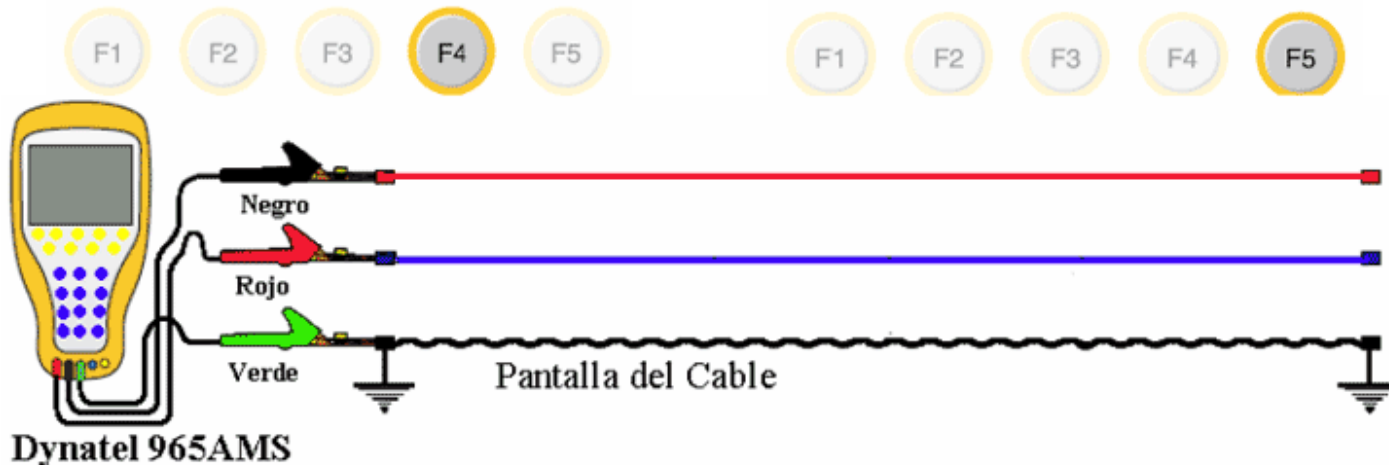


Referencia: manual Dynatel

Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



MEDICION DE RUIDO DSL: Use la función de “Ruido DSL” para medir el ruido longitudinal o el ruido metálico sobre una línea servicio de Banda ancha.



Referencia: manual Dynatel

DSL
8 tuv

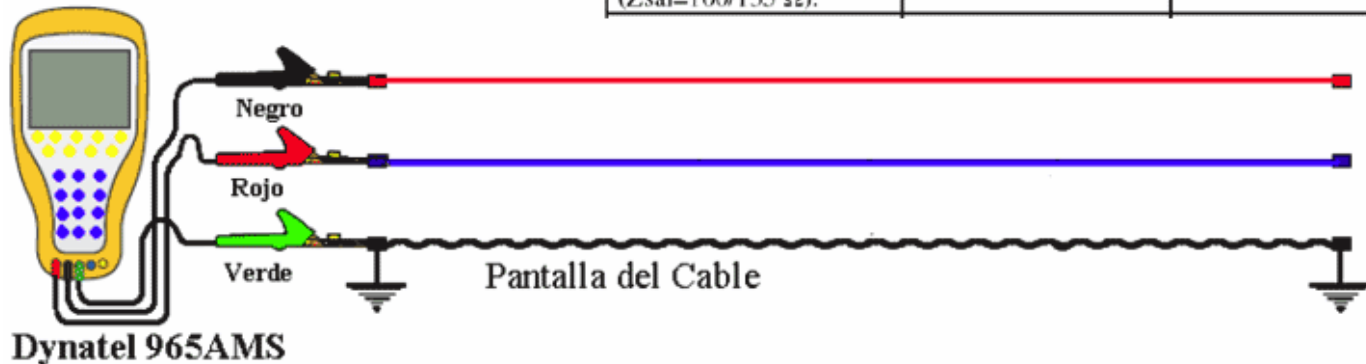
ANALIZADOR DE ESPECTRO:



Se usa para analizar el medio físico (Par de Cobre) y ayudar a diagnosticar que tipo de frecuencias interferentes son las que causan problemas de servicio a los pares de xDSL.

<p>Análisis espectral en banda Ancha (PSD)</p> <p>Zen=100/135 Ω.</p> <p>-Rango Dinámico</p> <p>-Tono de salida para banda Ancha</p> <p>(Zsal=100/135 Ω).</p>	<p>10KHz a 2200 KHz</p> <p>- 90 a +10 dBm</p> <p>0 dBm</p> <p>20KHz a 2200 KHz</p>	<p>0.5% del Rango</p> <p>1 dB</p> <p>1 KHz</p>
--	--	--

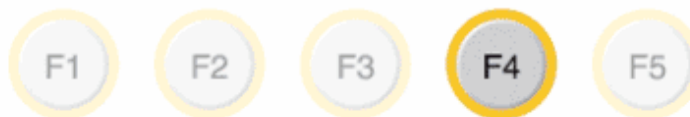
F1 F2 F3 F4 F5





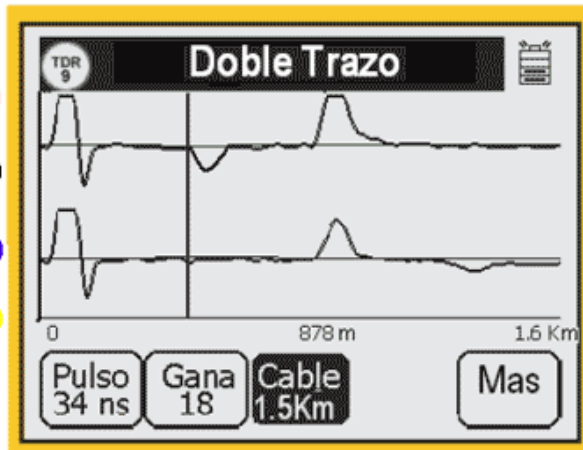
TDR – ECOMETRO o REFLECTOMETRO

SE USA PARA DESPLEGAR UN TRAZO DE EVENTOS REFLECTIVOS QUE SE PRESENTAN EN UN PAR TELEFONICO, DONDE SE PUEDEN OBSERVAR POR LA FORMA DE LA ONDA, LAS DISTANCIAS A LOS DIFERENTES TIPOS DE FALLAS O EVENTOS EN EL CABLE YA SEAN CORTOS, TIERRAS, HILOS O PARES ABIERTOS Y SPLITS. LAS IMÁGENES OBTENIDAS PUEDEN GUARDARSE EN MEMORIA.

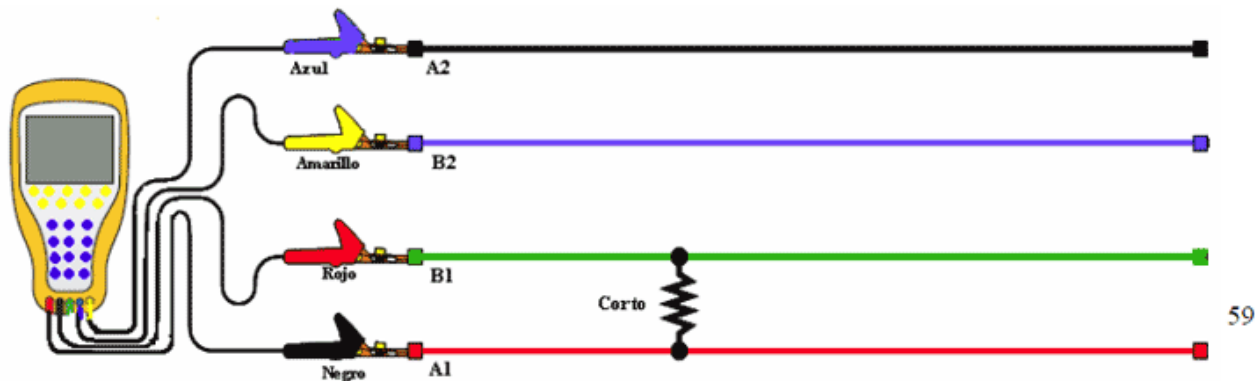




TDR – DOBLE TRAZO



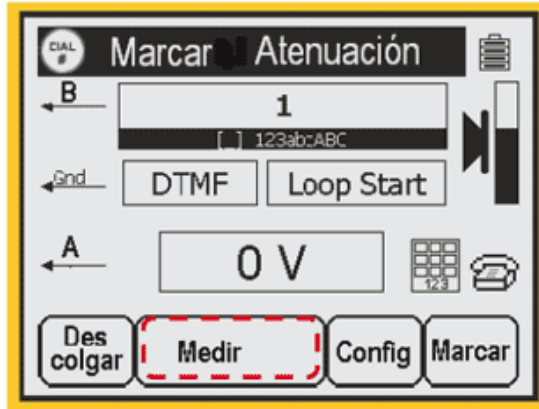
La opción de medición en doble trazo, se usa para comparar un par bueno contra un par con falla y poder definir donde se encuentra la avería.



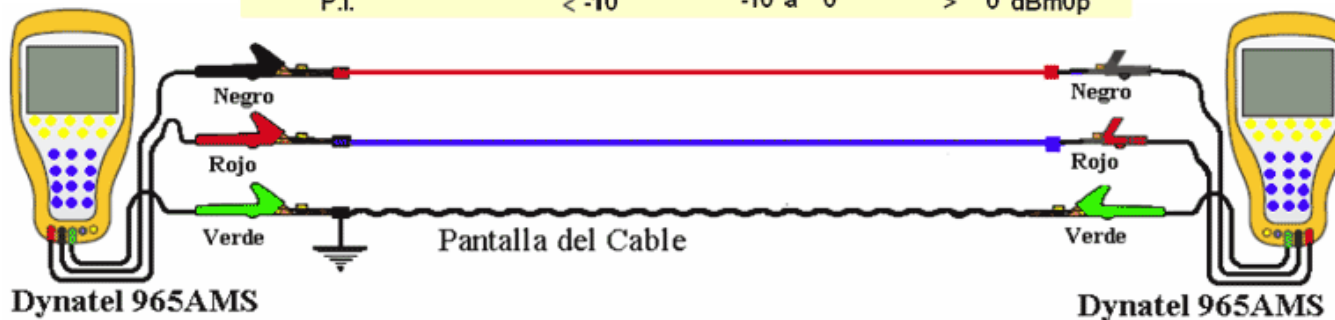
Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



ATENUACION



Parametro	OK	Marginal	Falla
Balance	> 60 p	50-60	< 50 dBm
Perdidas	> 8.5	—	< 8.5 dBm
Ruido	< -70	-70 a -60	> -60 dBm0p
P.I.	< -10	-10 a 0	> 0 dBm0p

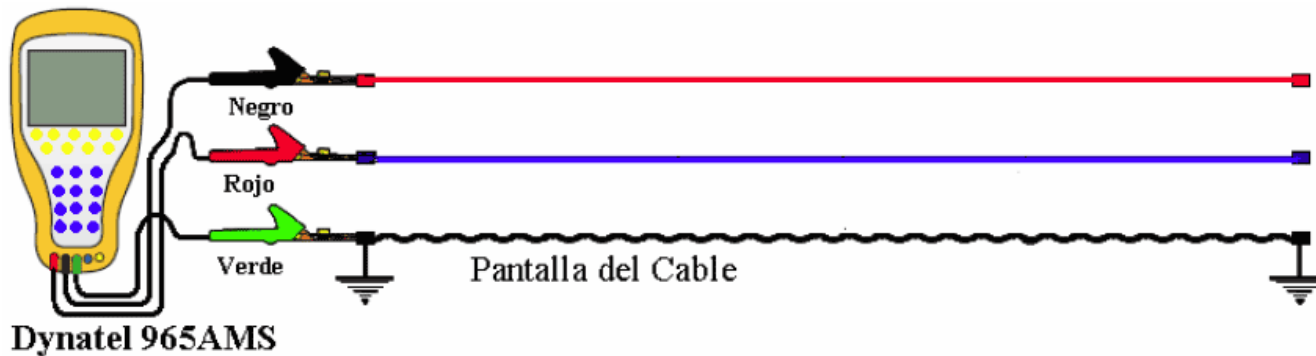
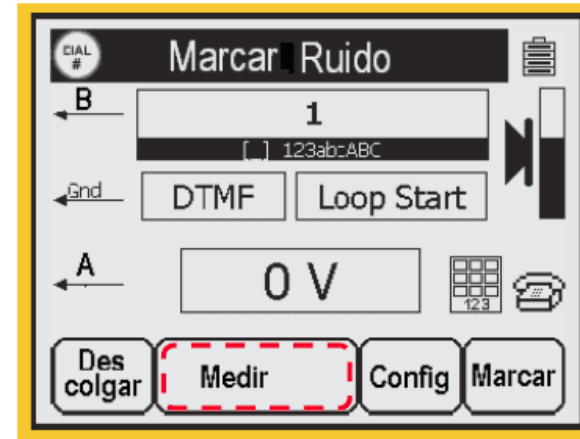
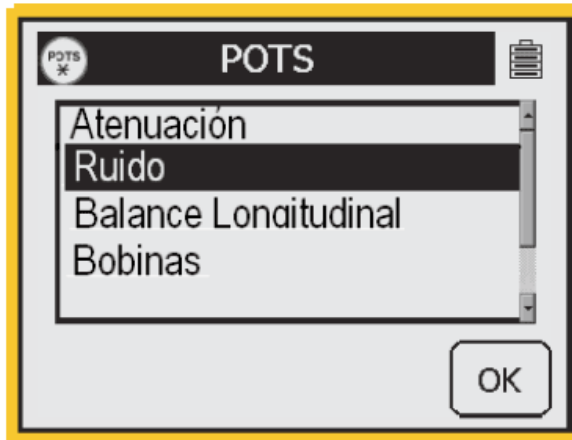


Referencia: manual Dynatel

Cables multipares (mediciones con Dynatel 965)



RUIDO



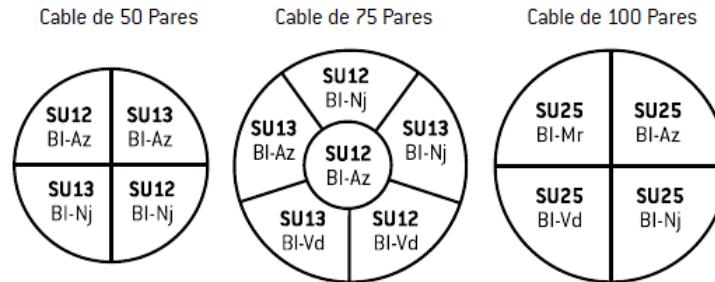
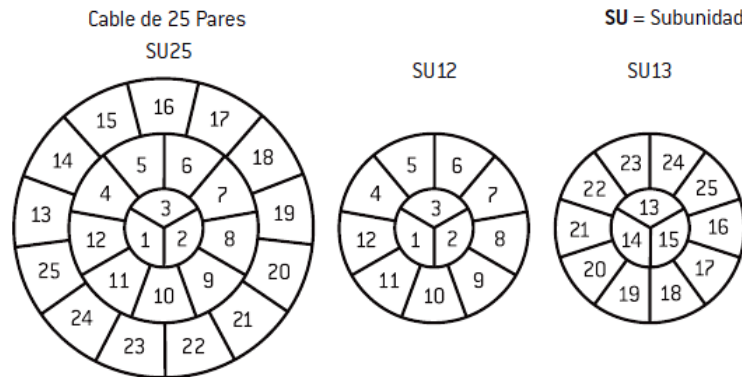
Referencia: manual Dynatel

Cables multipares (código de colores)



CÓDIGO DE COLORES

Pares	Conductor A	Conductor B
1	blanco	azul
2	blanco	naranja
3	blanco	verde
4	blanco	marrón
5	blanco	gris
6	rojo	azul
7	rojo	naranja
8	rojo	verde
9	rojo	marrón
10	rojo	gris
11	negro	azul
12	negro	naranja
13	negro	verde
14	negro	marrón
15	negro	gris
16	amarillo	azul
17	amarillo	naranja
18	amarillo	verde
19	amarillo	marrón
20	amarillo	gris
21	violeta	azul
22	violeta	naranja
23	violeta	verde
24	violeta	marrón
25	violeta	gris
Piloto	blanco	negro



Color de ataduras: BI-Az (Blanco-Azul), BI-Nj (Blanco-Naranja), BI-Vd (Blanco-Verde), BI-Mr (Blanco-Marrón).

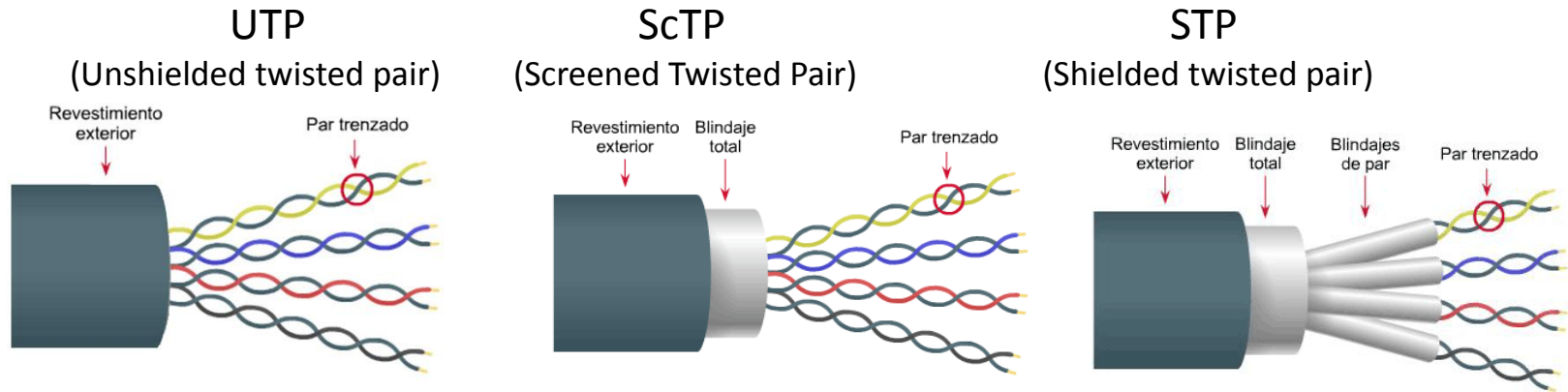
B	Blanco
R	Rojo
N	Negro
Am	Amarillo
Vt	Violeta

Az	Azul
Na	Naranja
V	Verde
M	Marrón
G	Gris

Grupo o supergrupo	color de cinta de grupo o supergrupo	secuencia de pares de grupo	secuencia de pares de supergrupo
1	B-Az	1 a 25	1 a 100
2	B-Na	26 a 50	101 a 200
3	B-V	51 a 75	201 a 300
4	B-M	76 a 100	301 a 400
5	B-G	101 a 125	401 a 500
6	R-Az	126 a 150	501 a 600
7	R-Na	151 a 175	601 a 700
8	R-V	176 a 200	701 a 800
9	R-M	201 a 225	801 a 900
10	R-G	226 a 250	901 a 1000
11	N-Az	251 a 275	1001 a 1100
12	N-Na	276 a 300	1101 a 1200
13	N-V	301 a 325	1201 a 1300
14	N-M	326 a 350	1301 a 1400
15	N-G	351 a 375	1401 a 1500
16	Am-Az	376 a 400	1501 a 1600
17	Am-Na	401 a 425	1601 a 1700
18	Am-V	426 a 450	1701 a 1800
19	Am-M	451 a 475	1801 a 1900
20	Am-G	476 a 500	1901 a 2000
21	Vt-Az	501 a 525	2001 a 2100
22	Vt-Na	526 a 550	2101 a 2200
23	Vt-V	551 a 575	2201 a 2300
24	Vt-M	576 a 600	2301 a 2400

Fuente: Catálogo [General Cable](#)

Cables multipares (cableado estructurado)

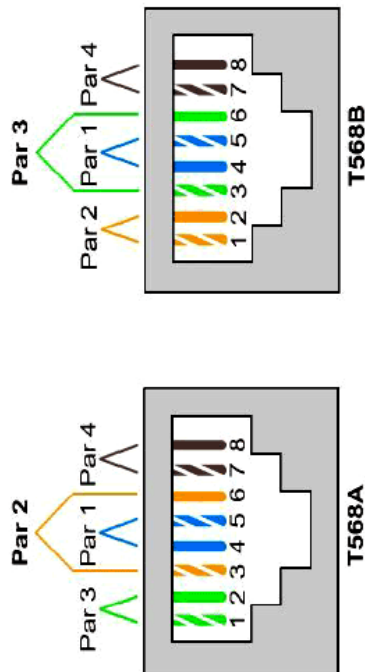


Cat	Calibre AWG	Impedancia (Ω)	Atenuación (dB)	Next (dB)	Tipo de cable	BW (MHz)	Aplicaciones
1	22 o 24				UTP	< 1	Telefonía
2	22 o 24				UTP	1	Telefonía, alarmas
3	24	100			UTP, ScTP, STP	16	Telefonía, redes 10Base T y Token Ring de 4 Mbps
4	22 o 24	100			UTP, ScTP, STP	20	Redes 10Base T y Token Ring de 16 Mbps
5	22 o 24	100	< 24 dB	> 27,1 dB	UTP, ScTP, STP	100	Redes 10BaseT y 100BaseT
5e	22 o 24	100	< 24 dB	> 30,1 dB	UTP, ScTP, STP	100	Redes 100Base T y 1000BaseT
6	22 o 24	100	< 21,7 dB	> 39 dB	UTP, ScTP, STP	250	Redes 1000Base T y ATM
7	22 o 24	100			ScTP, STP	600	Redes de 10 Gbps

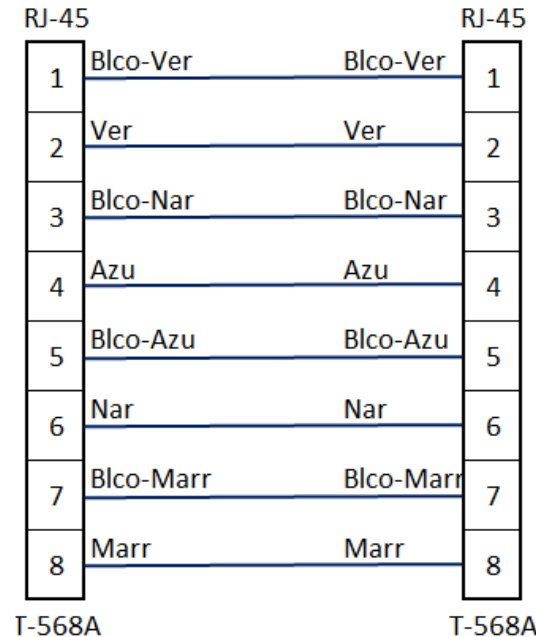
Cables multipares (cableado estructurado)



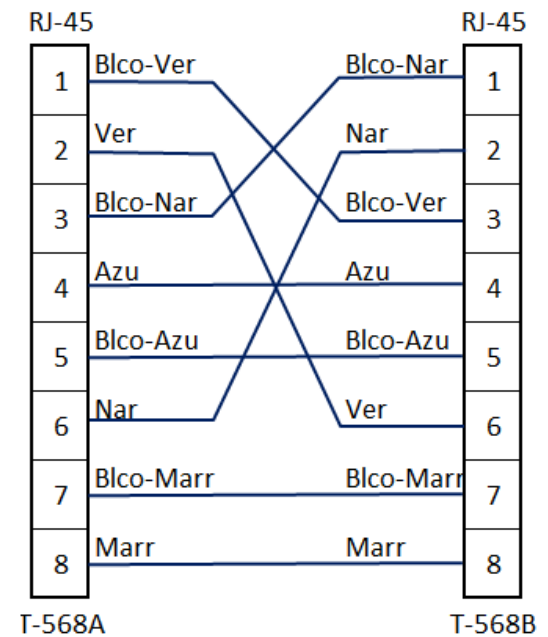
Estándar TIA/EIA para conectores y conexiones cableado estructurado en edificios de uso comercial



Cable derecho



Cable cruzado



Blco : Blanco
Nar : Naranja
Marr: Marrón

Ver : Verde
Azu : Azul

Cables coaxiales (tipos)



Coaxial flexible RG-6, TV



Coaxial Heliax 4"



Coaxial rígido .500 TV



Radiante

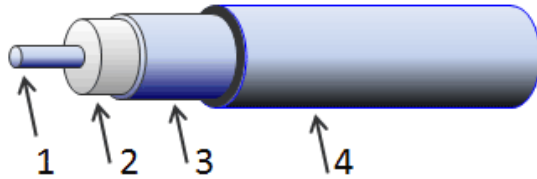


Coaxial Heliax RF

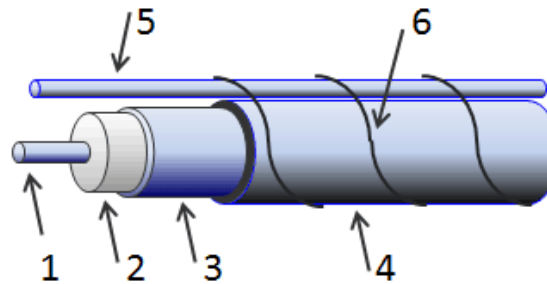
Cables coaxiales (tipos según soporte)



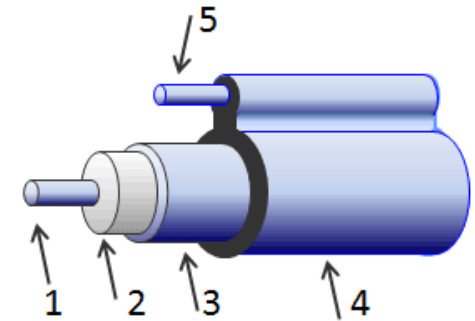
Convencional



Con mensajero



Autosoportado



- 1 Conductor central
- 2 Dieléctrico (Foam)
- 3 Conductor exterior (tubo, malla, lámina)
- 4 Cubierta protectora (PVC)
- 5 Mensajero (alambre o cable de acero)
- 6 Lashing (alambre de amarre)

Cables coaxiales flexibles (especificaciones)



Tipo de coaxial	Especificaciones mecánicas y eléctricas						Atenuación en dB/100 m						
	Ohms	Diam. en mm	Factor Veloc	Aislan. Dieléct.	Tensión Máx RMS	pF Por Metro	10 MHz	50 MHz	100 MHz	200 MHz	400 MHz	1 GHz	3 GHz
RG-5	50	8,3	0,66	Esp PE	-----	93,5	2,72	6,23	8,85	13,5	19,4	32,15	75,5
RG-6	75	8,5	0,66	Esp PE	-----	61,6	2,72	6,23	8,85	13,5	19,4	32,15	75,5
RG-8	52	10,3	0,66	PE	4000	97	1,8	4,27	6,23	8,86	13,5	26,3	52,5
RG-9	51	10,7	0,66	PE	4000	98	2,17	4,92	7,55	10,8	16,4	28,9	59
RG-10	52	12	0,66	-----	-----	100	1,8	4,25	6,25	8,85	13,5	26,3	52,5
RG-11	75	10,3	0,66	Esp PE	4000	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54
RG-12	75	12	0,66	PE	4000	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54
RG-13	74	10,7	0,66	-----	-----	67	2,18	5,25	7,55	10,8	15,8	25,6	54
RG-14	52	13,9	0,66	-----	-----	98,4	1,35	3,28	4,6	6,55	10,2	18	41
RG-17	52	22,1	0,66	PE	11000	67	0,8	2,05	3,15	4,9	7,85	14,4	31,1
RG-18	52	24	0,66	-----	-----	100	0,8	2,05	3,15	4,9	7,85	14,4	31,1
RG-19	52	28,5	0,66	-----	-----	100	0,55	1,5	2,3	3,7	6,05	11,8	25,3
RG-20	52	30,4	0,66	-----	-----	100	0,55	1,5	2,3	3,7	6,05	11,8	25,3
RG-21	53	8,5	0,66	-----	-----	98	14,4	30,5	47,7	59	85,3	141	279
RG-34	75	15,9	0,66	-----	-----	67	1,05	2,79	4,6	6,9	10,8	19	52,5
RG-35	75	24	0,66	-----	-----	67	0,8	1,9	2,8	4,15	6,4	11,5	28,2
RG-55	53,5	5,3	0,66	PE	1900	93	3,94	10,5	15,8	23	32,8	54,1	100
RG-58	50	5	0,66	PE	1900	93	4,6	10,8	16,1	24,3	39,4	78,7	177
RG-59	73	6,2	0,66	PE	600	69	3,6	7,85	11,2	16,1	23	39,4	87
RG-74	52	15,7	0,66	-----	-----	98	1,35	3,28	4,59	6,56	10,7	18	41
RG-122	50	4,1	0,66	-----	-----	-----	5,58	14,8	23	36,1	54,1	95,1	187
RG-142	50	4,9	0,7	PTFE	1900	96	3,6	8,85	12,8	18,5	26,3	44,25	88,6
RG-174	50	2,6	0,66	PTFE	1500	101	12,8	21,7	29,2	39,4	57,4	98,4	210
RG-177	50	22,7	0,66	-----	-----	-----	0,7	2,03	3,12	4,92	7,85	14,4	31,2
RG-178	50	1,9	0,69	-----	-----	-----	18,4	34,5	45,9	63,3	91,9	151	279
RG-179	75	2,5	0,69	-----	-----	-----	17,4	27,9	32,8	41	52,5	78,7	144
RG-180	95	3,7	0,69	-----	-----	-----	10,8	15,1	18,7	24,9	35,5	55,8	115
RG-187	75	2,8	0,69	-----	-----	-----	17,4	27,9	32,8	41	52,5	78,7	144

PE = Polietileno

Esp. PE = Espuma de Polietileno

PTFE = Teflón (Politetrafluoroetileno)

Especificaciones de cables coaxiales



Ejemplo Andrew, serie Heliax



Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF1-50

Standard coaxial cable, 1/4", 50 ohm foam HELIAX (Wideband from 0.5-15800 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

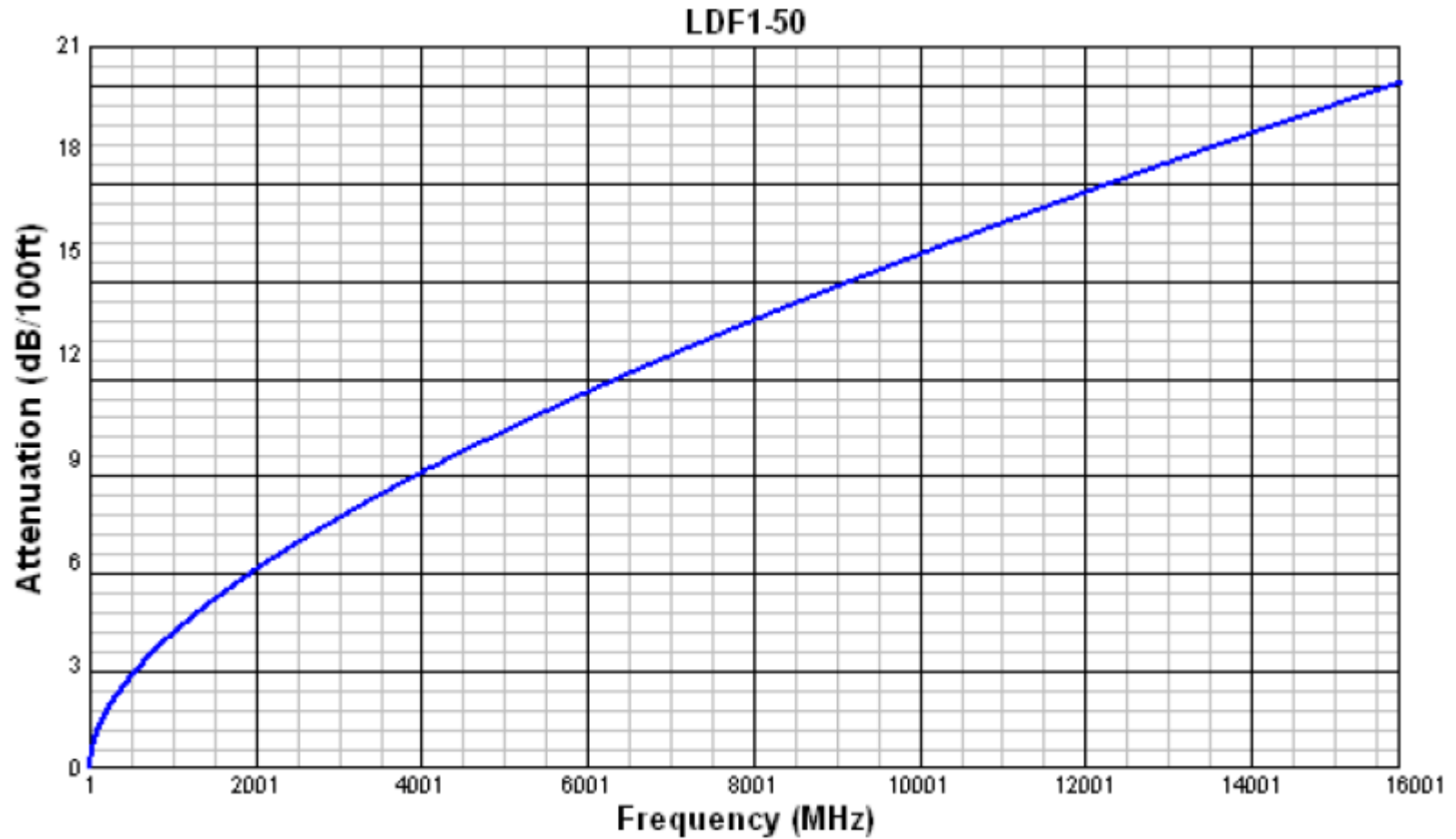
Pressurizable	No
Weight lb/ft (kg/m)	0.06 (0.09)
Tensile Strength lb (kg)	200.00 (91.00)
Flat PlateCrush Strength lb/in (kg/mm)	80.00 (1.40)
Minimum Bending Radius in (mm)	3.00 (76.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	0.98 (1.30)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (30.00)

Electrical Specifications

Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	15.80
Velocity percentage	86.00
Peak Power Rating (kW)	12.10
DC Resistance Inner ohms/1000ft (ohms/1000m)	1.57 (5.15)
DC Resistance Outer ohms/1000ft (ohms/1000m)	1.22 (4.00)
Cable Test Voltage (VDC)	2200.00
Jacket Spark volts (RMS)	5000.00
Capacitance pF/ft (pF/m)	23.40 (76.80)
Inductance microH/ft (microH/m)	0.06 (0.20)
Insulation Resistance (Meg-Ohms)	100000.00

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.278	12.1
1	0.394	12.1
1.5	0.483	12.1
2	0.558	12.1
10	1.25	5.79
20	1.78	4.08
30	2.19	3.32
50	2.84	2.56
88	3.79	1.92
100	4.05	1.79
108	4.21	1.72
150	4.99	1.45
174	5.39	1.35
200	5.8	1.25
300	7.17	1.01
400	8.34	0.871
450	8.88	0.818
500	9.39	0.773
512	9.51	0.764
600	10.4	0.702
700	11.2	0.646
800	12.1	0.601
824	12.3	0.592
894	12.8	0.566
960	13.3	0.545
1000	13.6	0.533
1250	15.4	0.471
1500	17	0.426
1700	18.3	0.398
1800	18.9	0.385

Especificaciones de cables coaxiales (2)



Especificaciones de cables coaxiales (3)



HELIAX®

Coaxial Cable



PRODUCT SPECIFICATION

LDF6-50

Standard coaxial cable, 1-1/4", 50 ohm foam HELIAX (Wideband 0.5-3300 MHz)

CHARACTERISTICS

Mechanical Specifications

Pressurizable	Yes
Volume feet (liters)	1.70 (158.00)
Weight lb/ft (kg/m)	0.63 (0.94)
Tensile Strength lb (kg)	1300.00 (590.00)
Flat PlateCrush Strength lb/in (kg/mm)	125.00 (2.20)
Minimum Bending Radius in (mm)	15.00 (380.00)
Bending Moment lb-ft (N-m)	36.00 (48.80)
Number of Bends minimum (typical)	15.00 (40.00)

Electrical Specifications

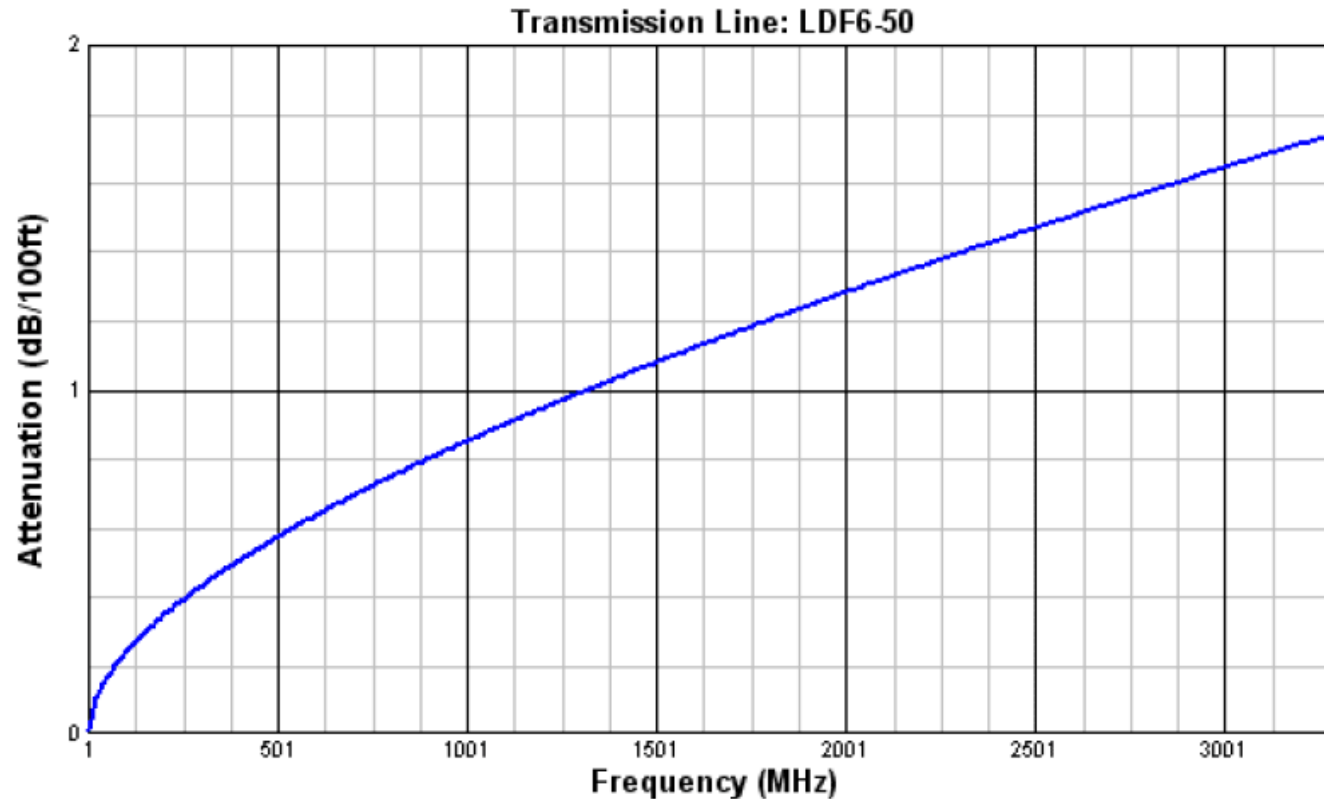
Cable Impedance (ohms)	50.00
Maximum Frequency (GHz)	3.30
Velocity percentage	89.00
Peak Power Rating (kW)	205.00



Performance

Frequency (MHz)	Attenuation (dB/100 m)	Average Power (kW)
0.5	0.053	180.6
1	0.075	127.5
1.5	0.092	103.9
2	0.107	89.9
10	0.241	39.8
20	0.344	27.9
30	0.423	22.7
50	0.552	17.4
88	0.741	13
100	0.793	12.1
108	0.826	11.6
150	0.983	9.77
174	1.06	9.03
200	1.15	8.38
300	1.43	6.73
400	1.67	5.74
450	1.79	5.38
500	1.89	5.08
512	1.92	5.01
600	2.1	4.58
700	2.29	4.2
800	2.47	3.89
824	2.51	3.83
894	2.63	3.65
960	2.74	3.51
1000	2.8	3.43
1250	3.19	3.01
1500	3.55	2.7
1700	3.83	2.51
2000	4.22	2.28
2300	4.59	2.09
3000	5.41	1.78
3300	5.74	1.67

Especificaciones de cables coaxiales (4)



Standard Conditions:

For Attenuation. VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power. VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F); no solar loading.

Conectores para cable coaxial



UHF (PL-259)



BNC



F



N

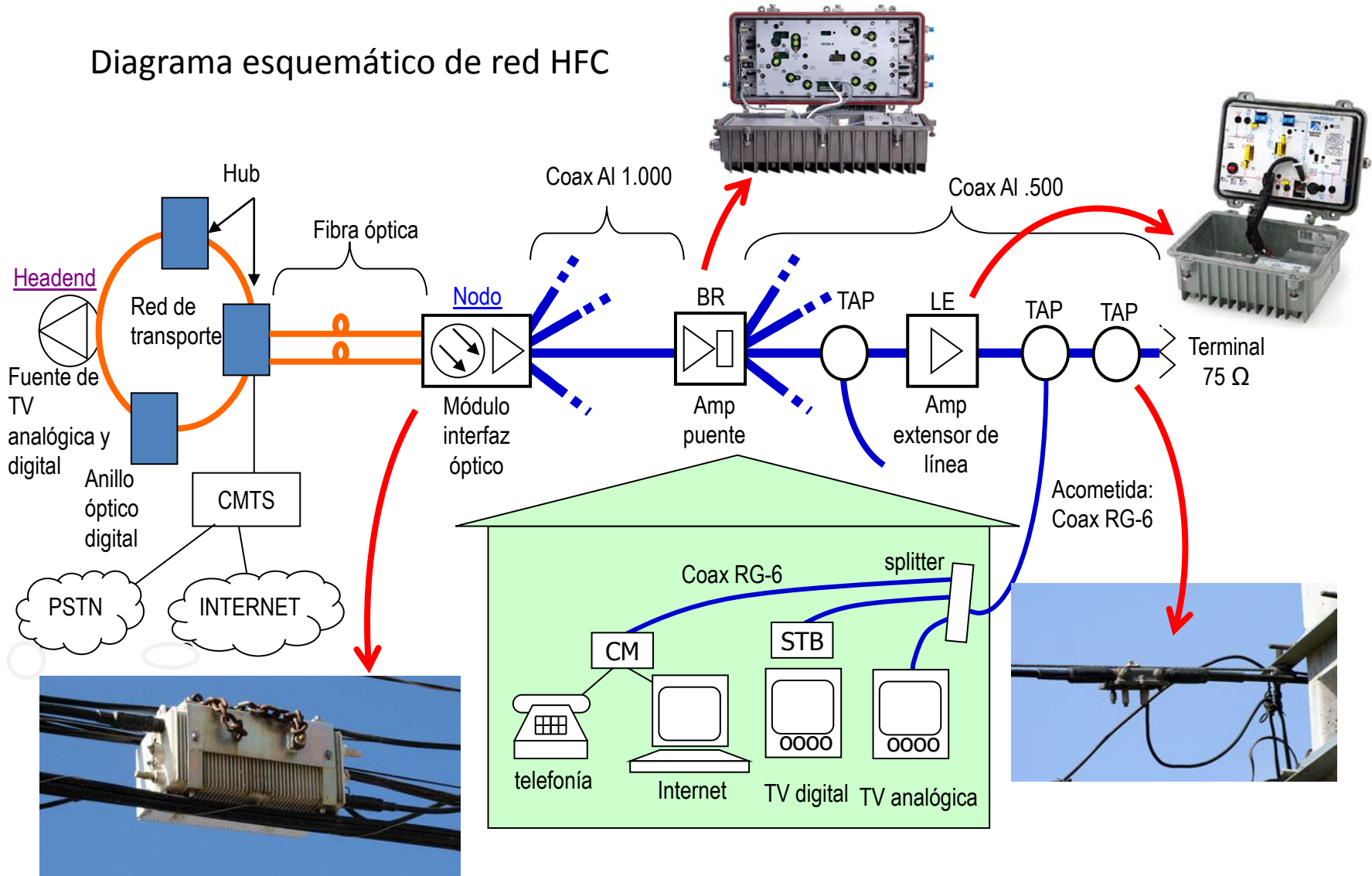


SMA

Aplicación de coaxial en redes HFC

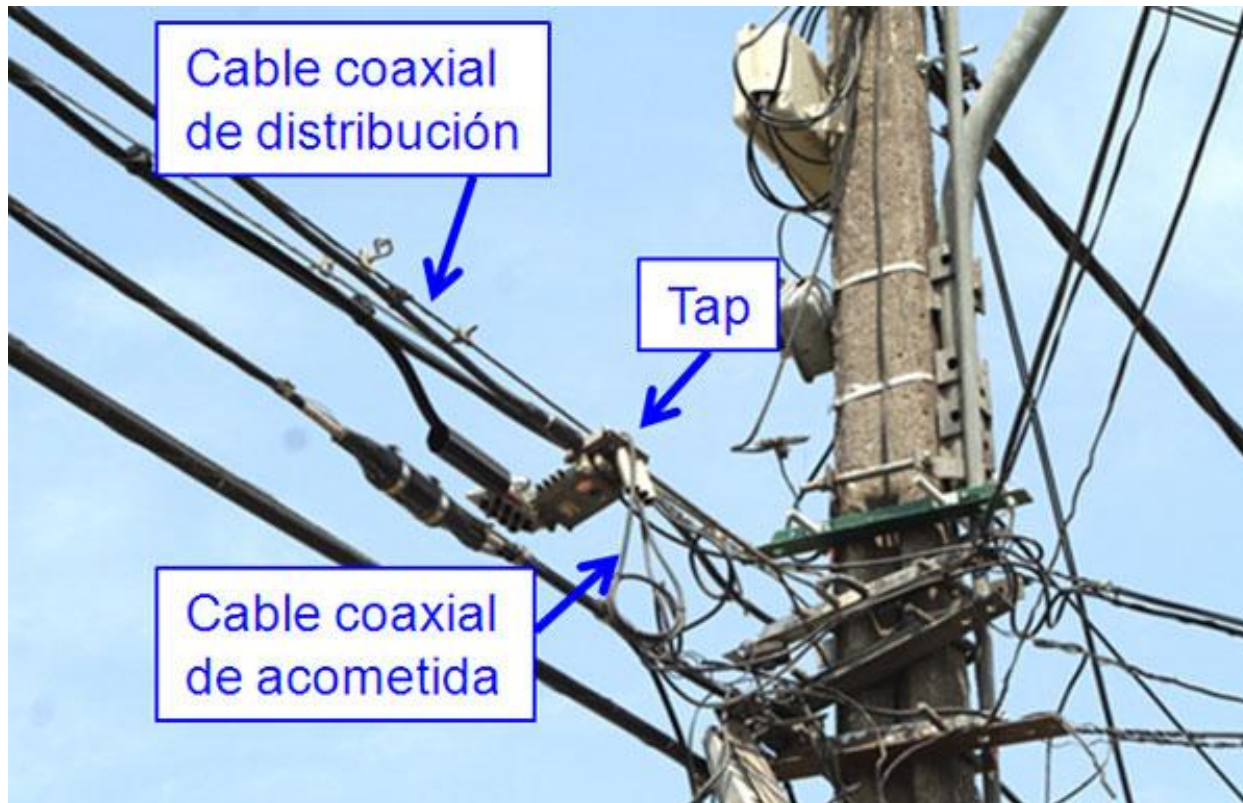


Diagrama esquemático de red HFC



[Acompañando a un técnico](#)

Aplicación de coaxial en redes HFC



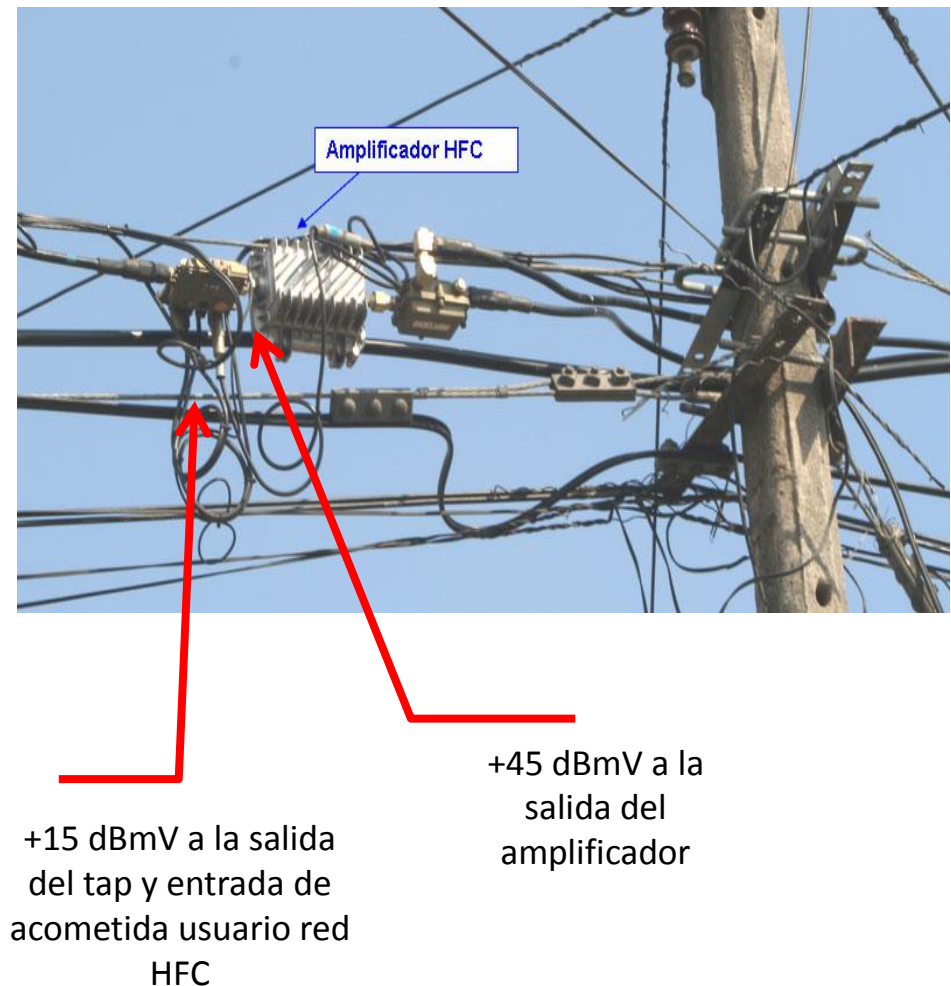
En la red coaxial la señal se atenúa por efecto del cable y de las derivaciones en los taps, por lo cual es necesario recurrir a amplificadores que permiten recuperar el nivel de señal para continuar la distribución por las calles.

Aplicación de coaxial en redes HFC



Tabla de conversión de niveles de potencia de señal en redes HFC

mV	dBmV	mV	dBmV
0.0001	-80.0	500	54.0
0.001	-60.0	600	55.6
0.01	-40.0	700	56.9
0.1	-20.0	800	58.1
1	0.0	900	59.1
2	6.0	1000	60.0
5	14.0	1100	60.8
10	20.0	1200	61.6
15	23.5	1300	62.3
20	26.0	1400	62.9
50	34.0	1500	63.5
80	38.1	1600	64.1
100	40.0	1700	64.6
150	43.5	1800	65.1
200	46.0	1900	65.6
400	52.0	2000	66.0



Aplicación de coaxial en redes HFC



En la parte coaxial de una red HFC se presentan situaciones donde la señal o potencia sufre caídas (pérdidas) o incrementos (ganancia). Estos casos se expresan como relaciones:



Línea de cable coaxial
Presenta pérdidas



Nivel de señal transmitida por
amplificador de línea 200 mV
 $20 \times \log(200) = 46,0 \text{ dBmV}$

Nivel de señal recibida a la salida de un
tap 5 mV
 $20 \times \log(5) = 14 \text{ dBmV}$

Pérdida de potencia en watts = $\text{Pot Rx} / \text{Pot Tx} = 5/200 = 0.025$ veces
Pérdida de potencia en decibeles $20 \times \log(0,025) = - 32,0 \text{ dB}$ (Decibeles)

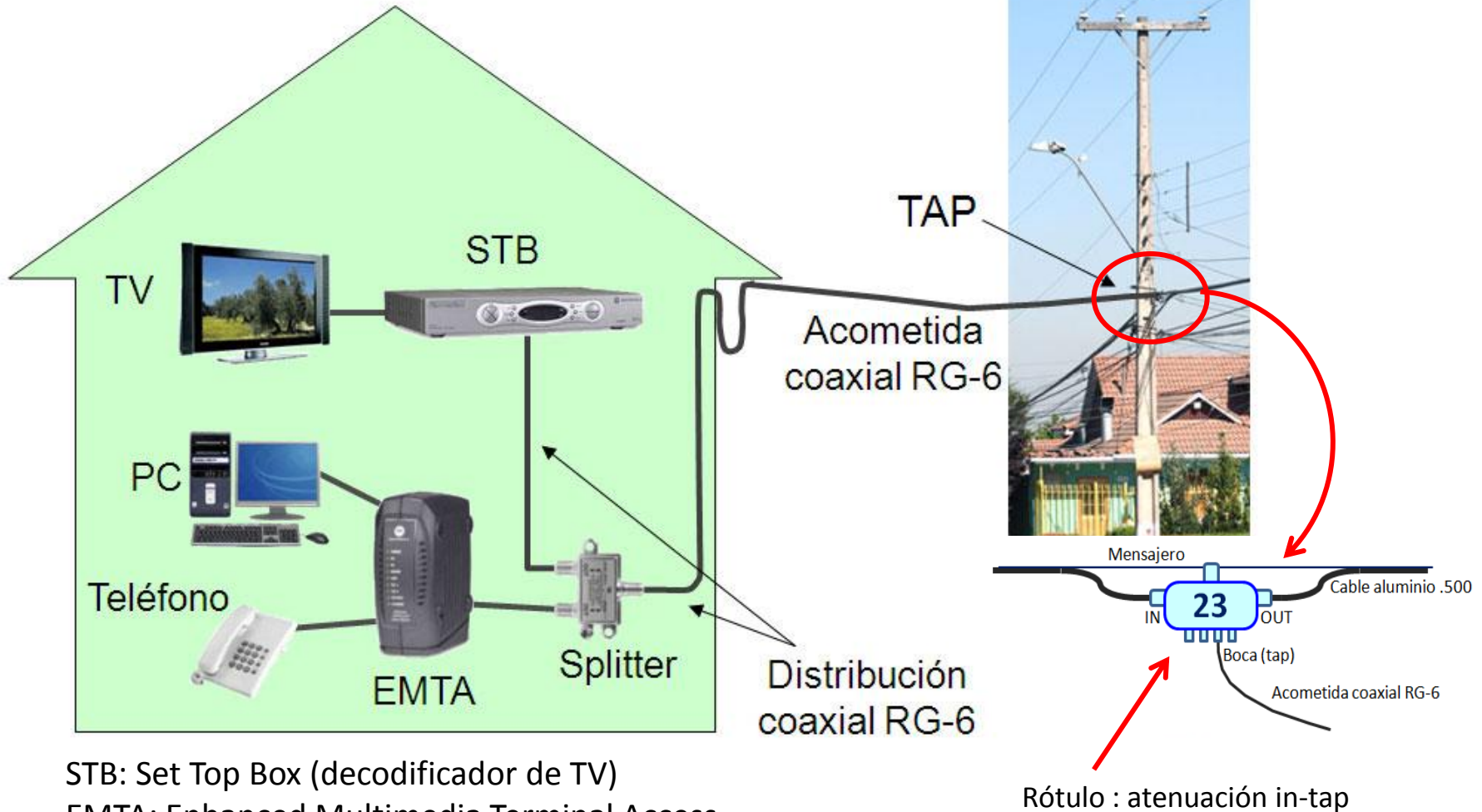
La división de potencias se transformó en una resta:

$$14 \text{ dBmV} - (46,0 \text{ dBmV}) = - 32,0 \text{ dB}$$

Aplicación de coaxial en redes HFC



Diagrama de instalación domiciliaria



STB: Set Top Box (decodificador de TV)
EMTA: Enhanced Multimedia Terminal Access

Aplicación de coaxial en redes HFC



Secuencia gráfica de la preparación de conector F para cable RG-6



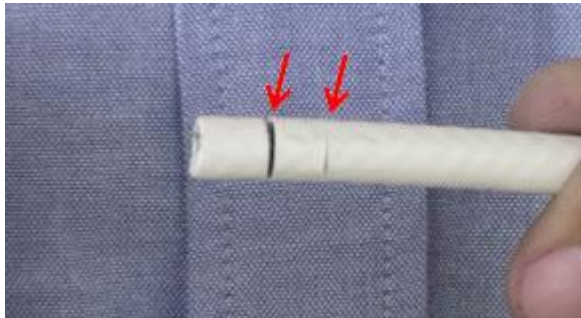
1.- Efectuar un corte recto del cable.



2.- Colocación del pelacables. Ejercer leve presión para iniciar el corte.



3.- Girar el pelacables en un sentido varias vueltas hasta notar que girar sin resistencia



4.- Retirar el pelacables dejando visible dos cortes sobre la cubierta exterior.



5.- Retirar primera sección dejando descubierto el conductor central.



6.- Retirar la segunda sección para dejar descubierta la malla.

Aplicación de coaxial en redes HFC



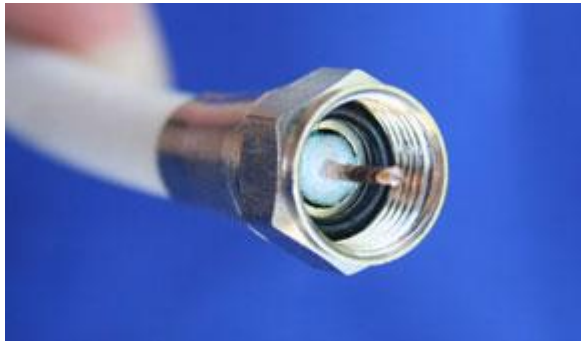
7.- Soltar las hebras de la malla y doblarlas para que queden sobre la cubierta exterior.



8.- Alinear el conector con el cable. Las hebras deben quedar entre los cilindros concéntricos.



9.- Presionar suavemente hasta que no queden visibles las hebras de la malla.



10.- Verificar que la superficie del aislante (foam) del cable quede al mismo nivel que la superficie interior del conector



11.- Quitar los seguros de la crimpeadora y abrir la mordaza de sujeción del cable



12.- Colocar el cable en la guía de entrada de la crimpeadora y alinear el conector

Aplicación de coaxial en redes HFC



13.- Cerrar la mordaza de sujeción de la crimpeadora.



14.- Cerrar brazo palanca de crimpeadora hasta su tope de manera que la presión selle los anillos del conector.

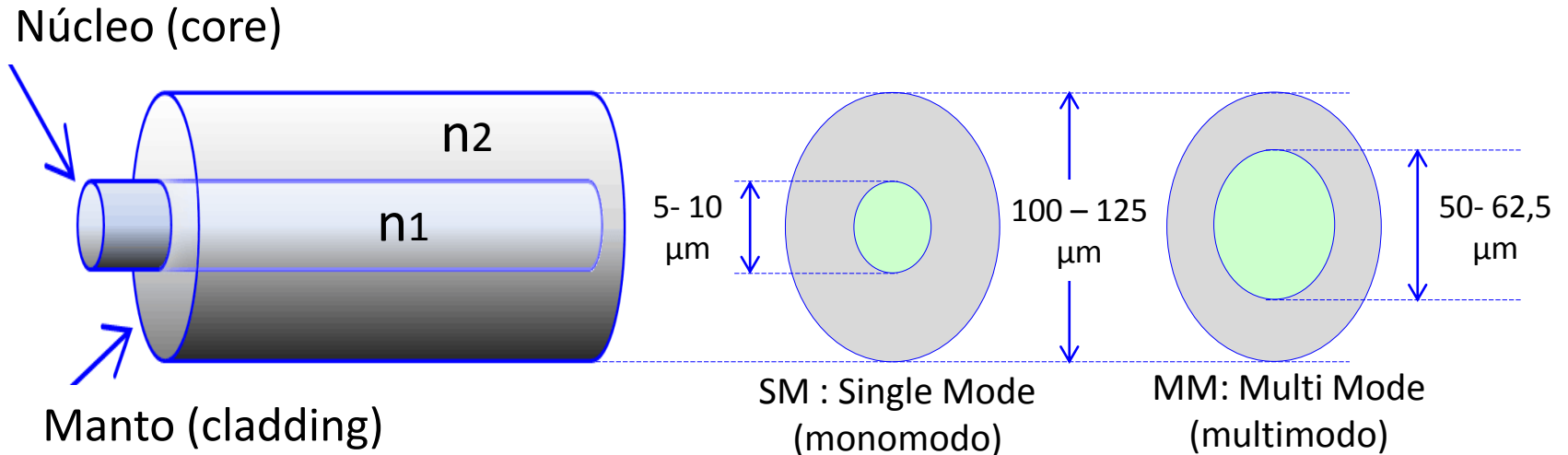


15.- Soltar el brazo y la mordaza para retirar el cable con su conector sellado.



16.- Verificar el aspecto y terminación del conector.

Fibra óptica (fundamentos)

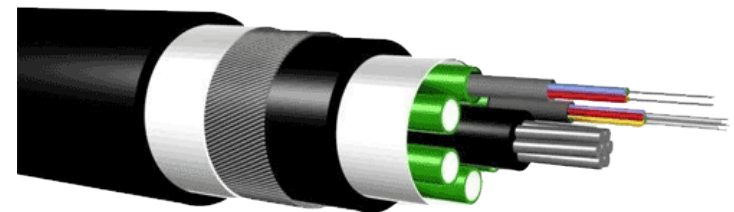


n1: Índice de refracción del núcleo
 n2: Índice de refracción del manto

$$1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$$

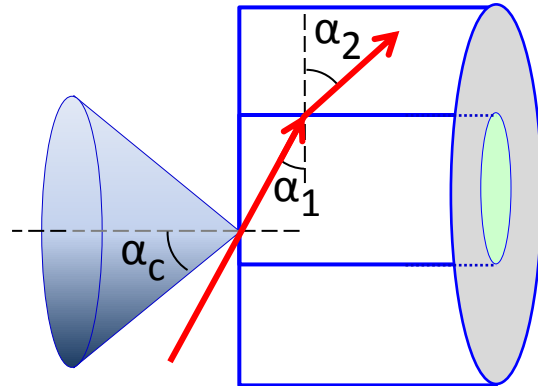
$$n = \frac{c \text{ velocidad de la luz en el vacío}}{v \text{ velocidad de la luz en el medio}}$$

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m/seg} = 300.000 \text{ Km/seg}$$



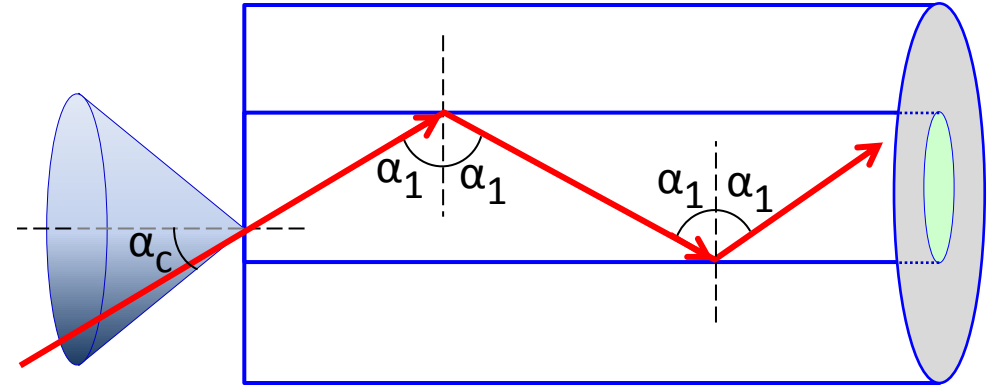
Cable con varias fibras y mensajero de acero

Fibra óptica (mecanismo de propagación de la luz)



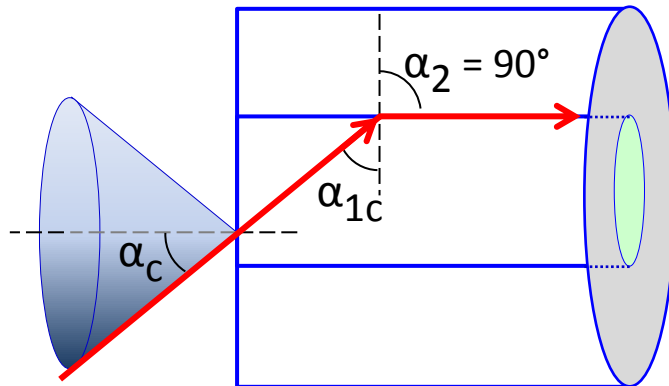
Cono de aceptación

Refracción



Cono de aceptación

Reflexión total



Cono de aceptación

Refracción crítica

α_1 Ángulo incidente

α_2 Angulo refractado

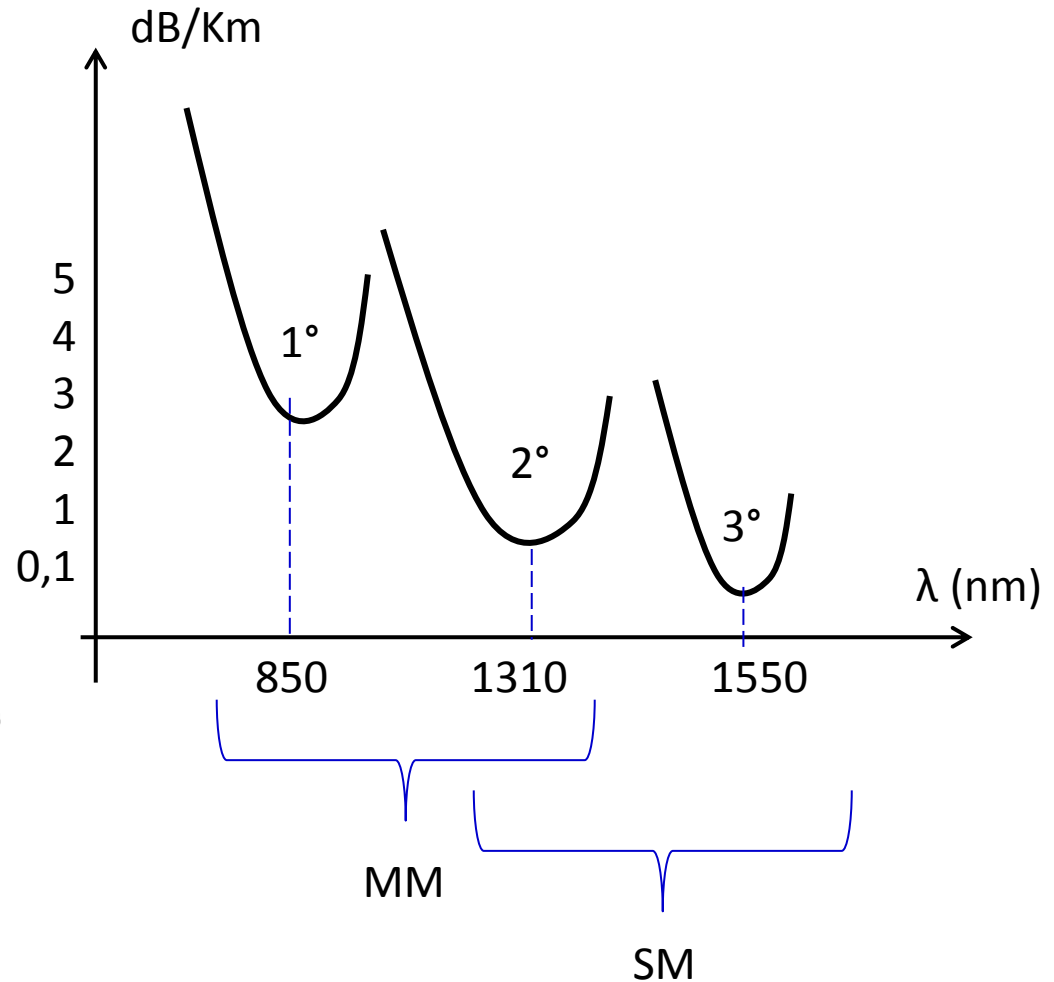
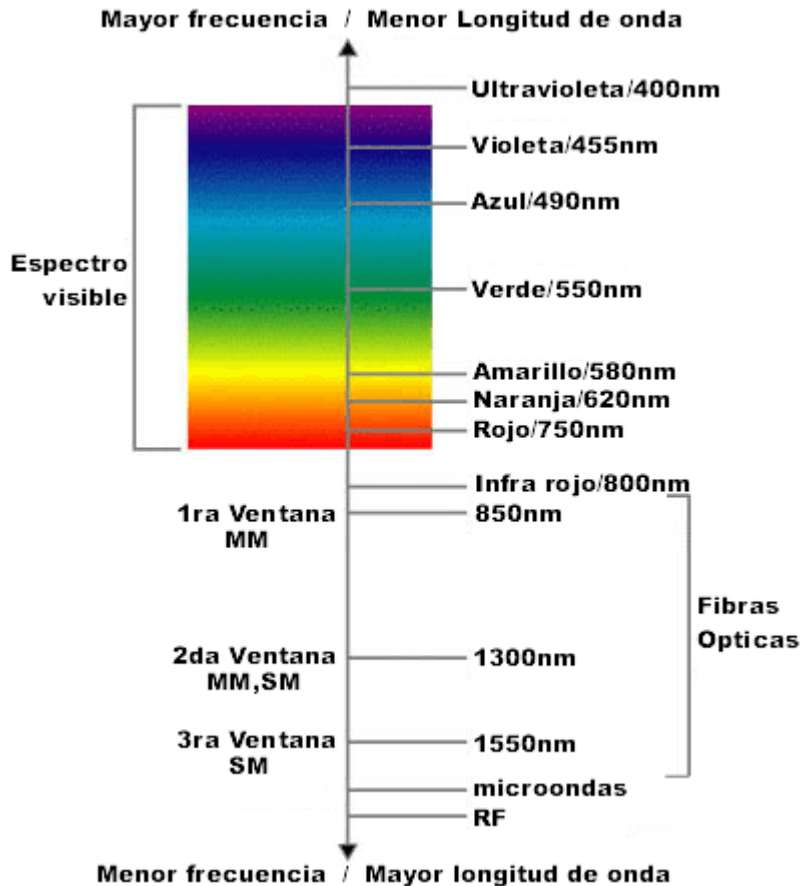
α_{1c} Angulo crítico de refracción

α_c Angulo crítico de entrada

$$n_1 \times \sin \alpha_1 = n_2 \times \sin \alpha_2 \quad \text{Ley de Snell}$$

$$AN = \sin \alpha_c = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad \text{Apertura numérica}$$

Fibra óptica (ventanas espectrales)



$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

Fibra óptica (conectores)



SMA: SubMiniature A
Derivado del conector
para microondas. Se
utiliza en fibra MM



FC: Fiber Connector
Desarrollado por NTT



ST: Straight Terminus
Desarrollado por ATT ,
utiliza sistema de
bayoneta

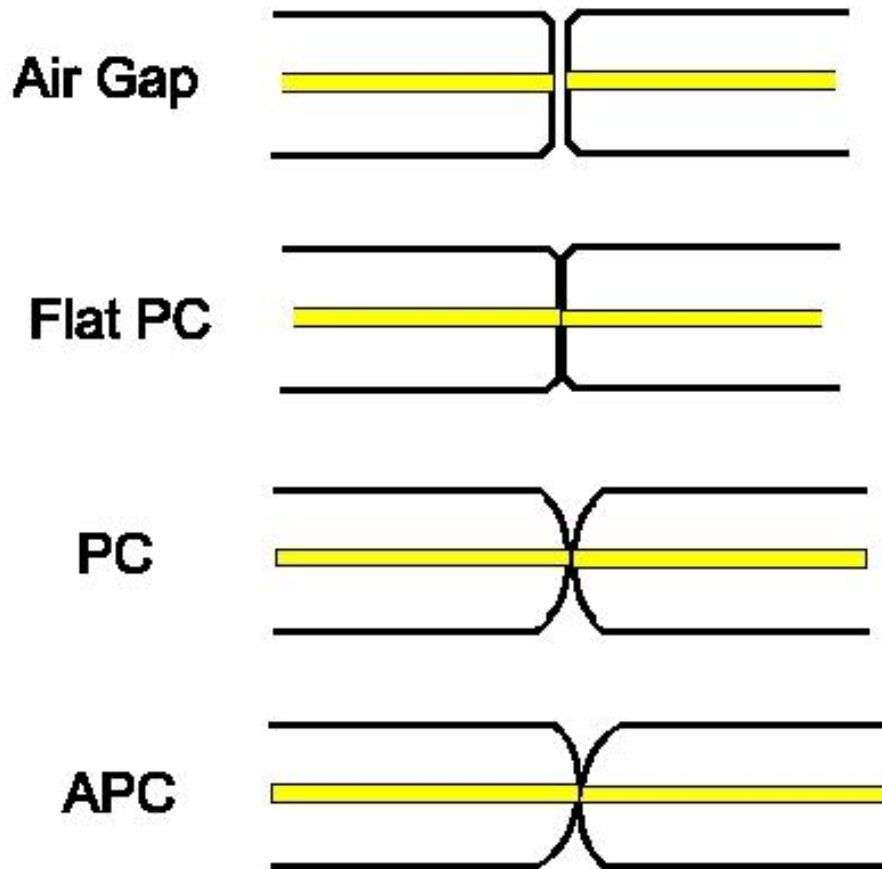


SC: Subscriber Connector
Desarrollado por NTT



SC/APC : SC/ Angled Physical
Contact

Fibra óptica (unión de conectores)



	Air Gap	PC	APC
		physical contact	angled physic contact
Atenuación (dB)	0,5	0,3	< 0,2
Pérdidas de retorno (dB)	20	30 - 50	60



Conectores y empalmes

Fuente: L-com

Cables fibra óptica (aplicación GPON)

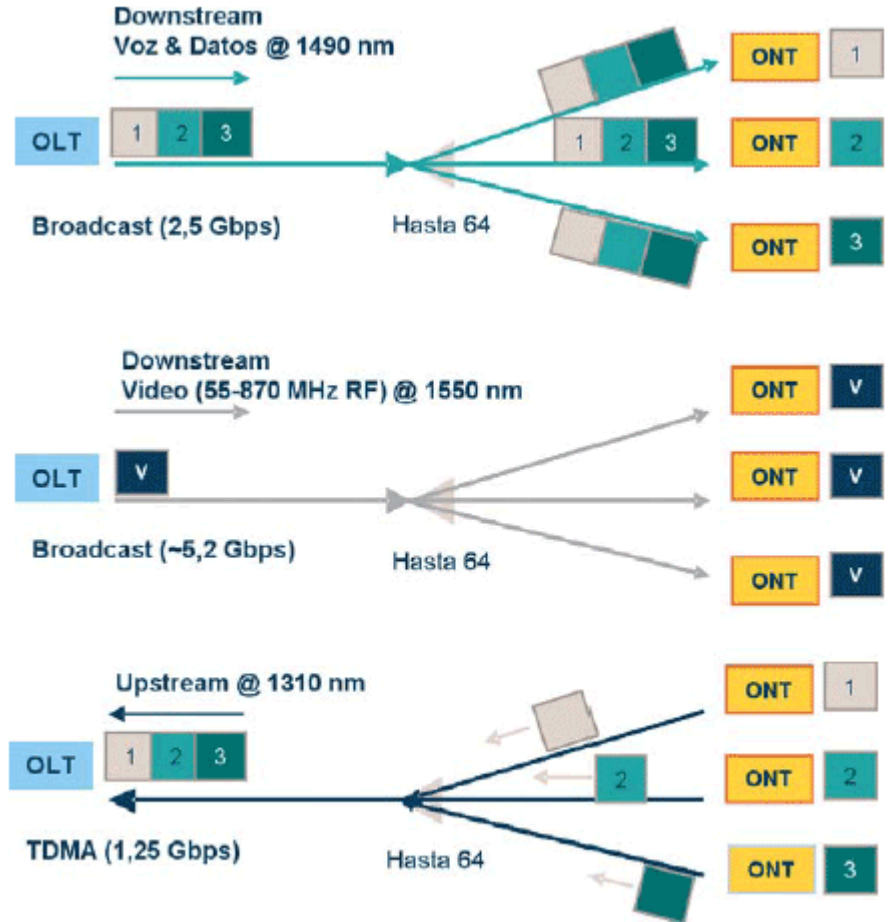
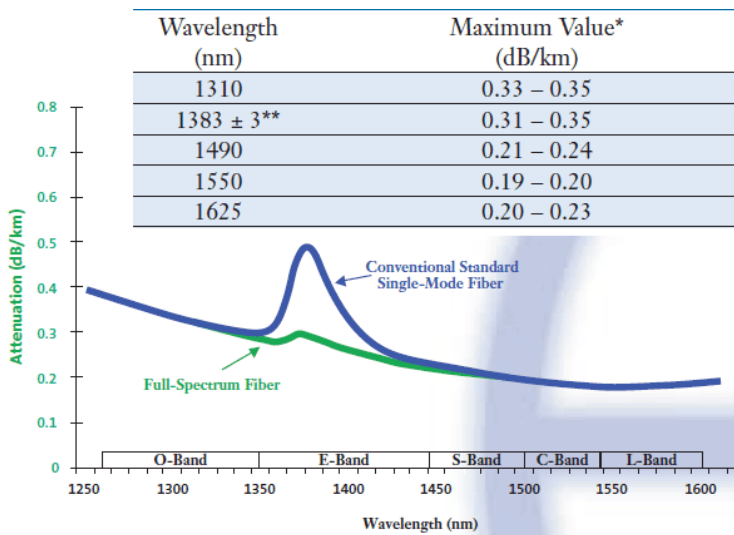


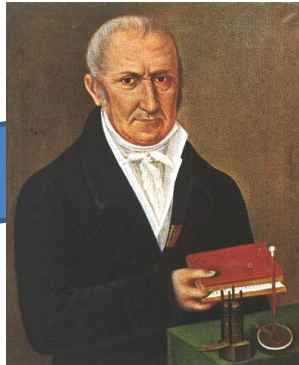
Figura 1. Funcionamiento de GPON.

Fuente: Ericsson

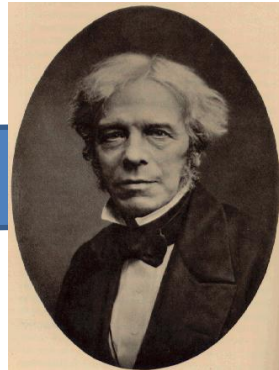
Pioneros de las radiocomunicaciones



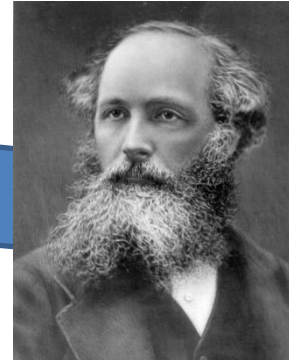
Algunos de los pioneros que hicieron posible las comunicaciones inalámbricas fueron:



Alessandro Volta
1827
Pila eléctrica



Michael Faraday
1850
Inducción
electromagnética



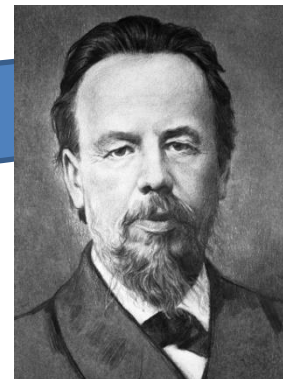
James C. Maxwell
1873
Bases matemáticas
de las ondas de radio



Heinrich R. Hertz
1887
Produce y detecta
ondas de radio



Guglielmo Marconi
1899
Realiza primera
transmisión de radio
de largo alcance



Alexander S. Popov
1895
Construyó y probó
La primera antena

Ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo



4 ecuaciones rigen todos los fenómenos electromagnéticos:

Antena Tx

Ley de Ampère $\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$

Ley de Faraday $\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Ley de Gauss $\nabla \cdot \vec{D} = \rho$

Ley de Gauss $\nabla \cdot \vec{B} = 0$

- El campo magnético surge al variar el campo eléctrico o si hay corriente
- El campo eléctrico surge al variar el campo magnético
- El campo eléctrico se origina en las cargas eléctricas
- No existe el monopolo magnético

Antena Rx

\vec{E}	Campo eléctrico	Voltios/m
\vec{H}	Intensidad del campo magnético	Amperios/m
\vec{D}	Desplazamiento del campo eléctrico	Culombios/m ²
\vec{B}	Flujo del campo magnético	Weber/m ² =tesla
\vec{J}	Densidad de corriente	Amperios/m ²
ρ	Densidad de carga	Culombios/m ³

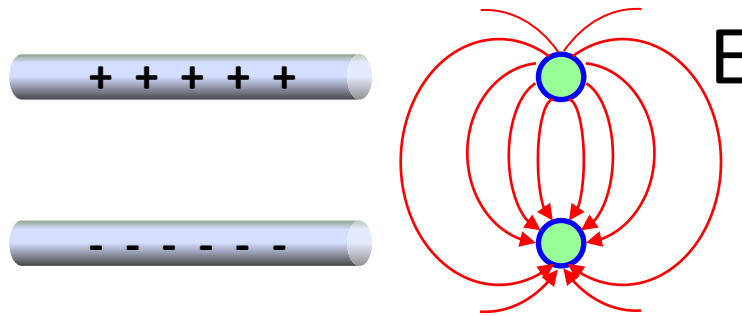
Características de generación y propagación de OEM



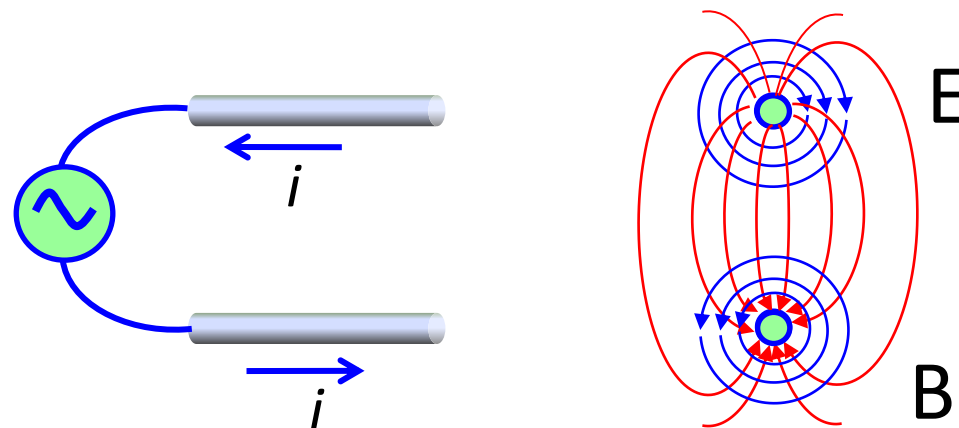
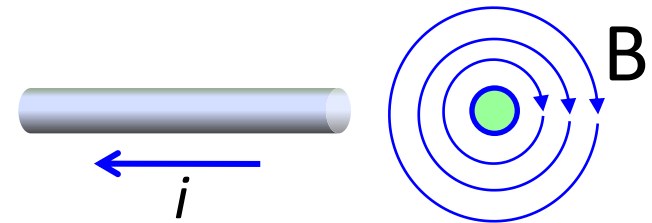
OEM: Onda Electromagnética

Proviene de la combinación de un campo eléctrico y un campo magnético cuando se aplica una corriente alterna a dos conductores.

Campo Eléctrico: Producido por la diferencia de potencial entre dos conductores



Campo Magnético: Producido por la circulación de una corriente eléctrica en un conductor



Campo eléctrico, magnético y propagación de ondas



Campo eléctrico combinado con campo magnético generan una onda que se propaga por medios guiado y no guiados a una velocidad de propagación de:

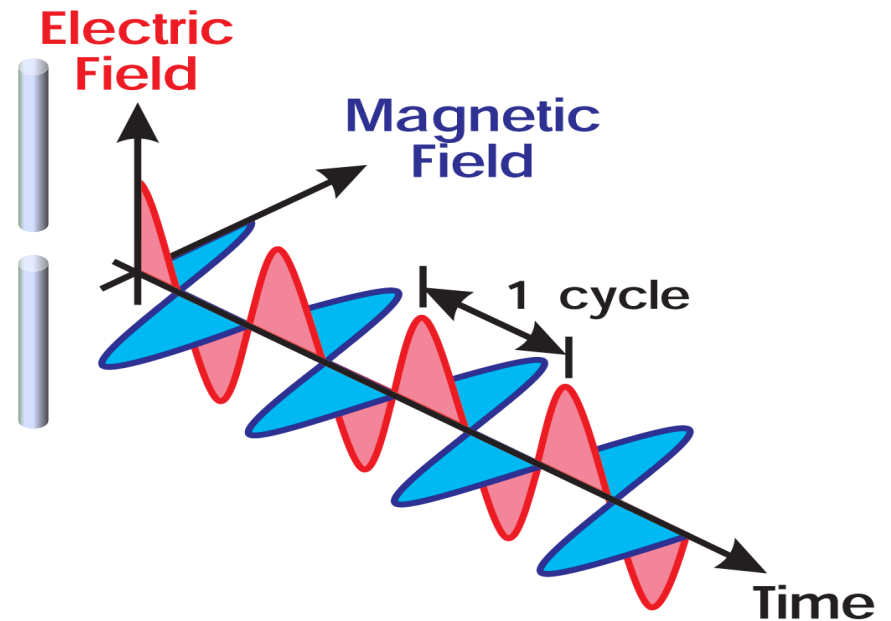
$$v_p = 1 / \sqrt{\mu_0 \times \epsilon_0}$$

Donde:

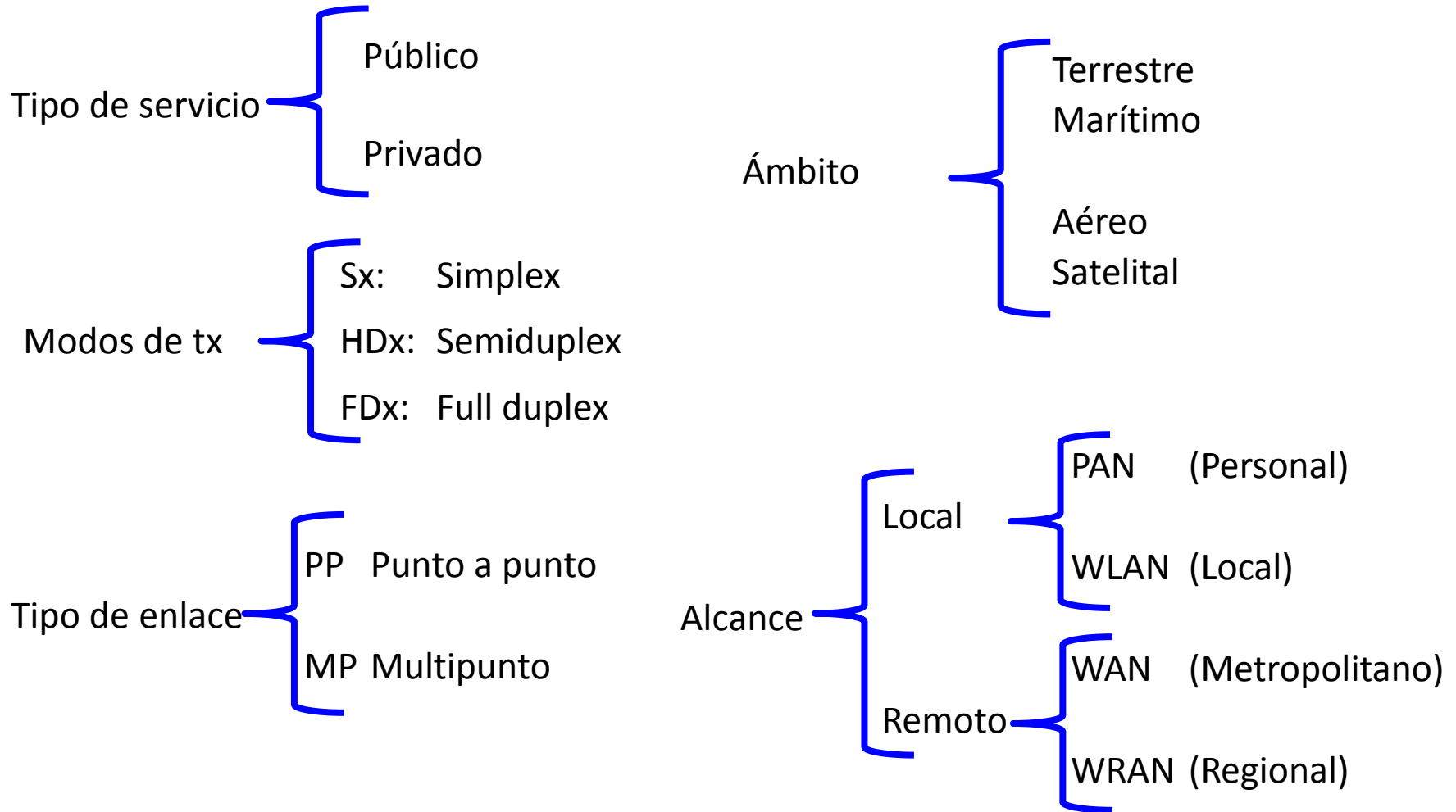
μ_0 : Constante de permitividad eléctrica del medio (F/m)

ϵ_0 : Constante de permeabilidad magnética del medio (H/m)

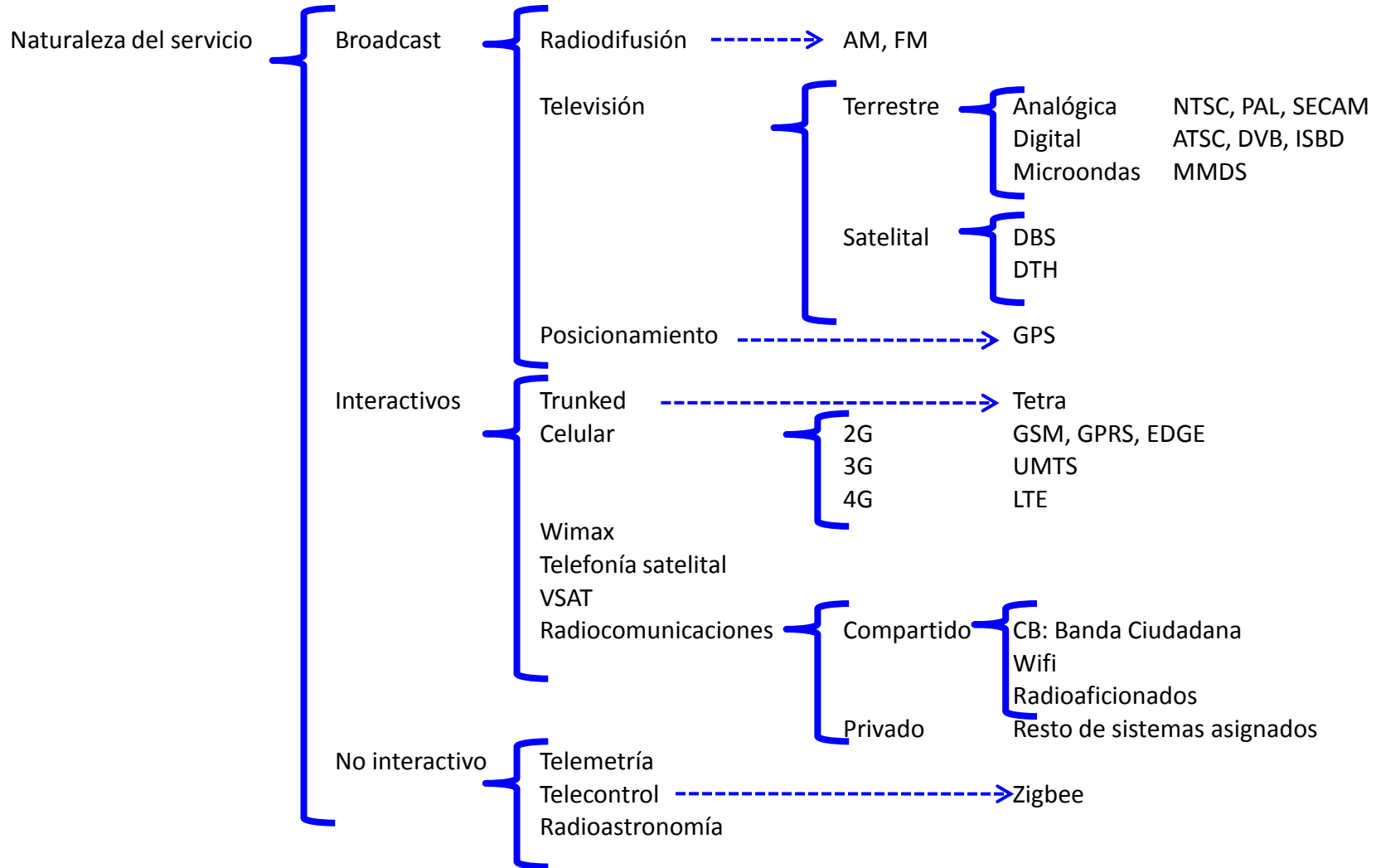
En el vacío $v_p = c = 3 \times 10^8$ m/seg



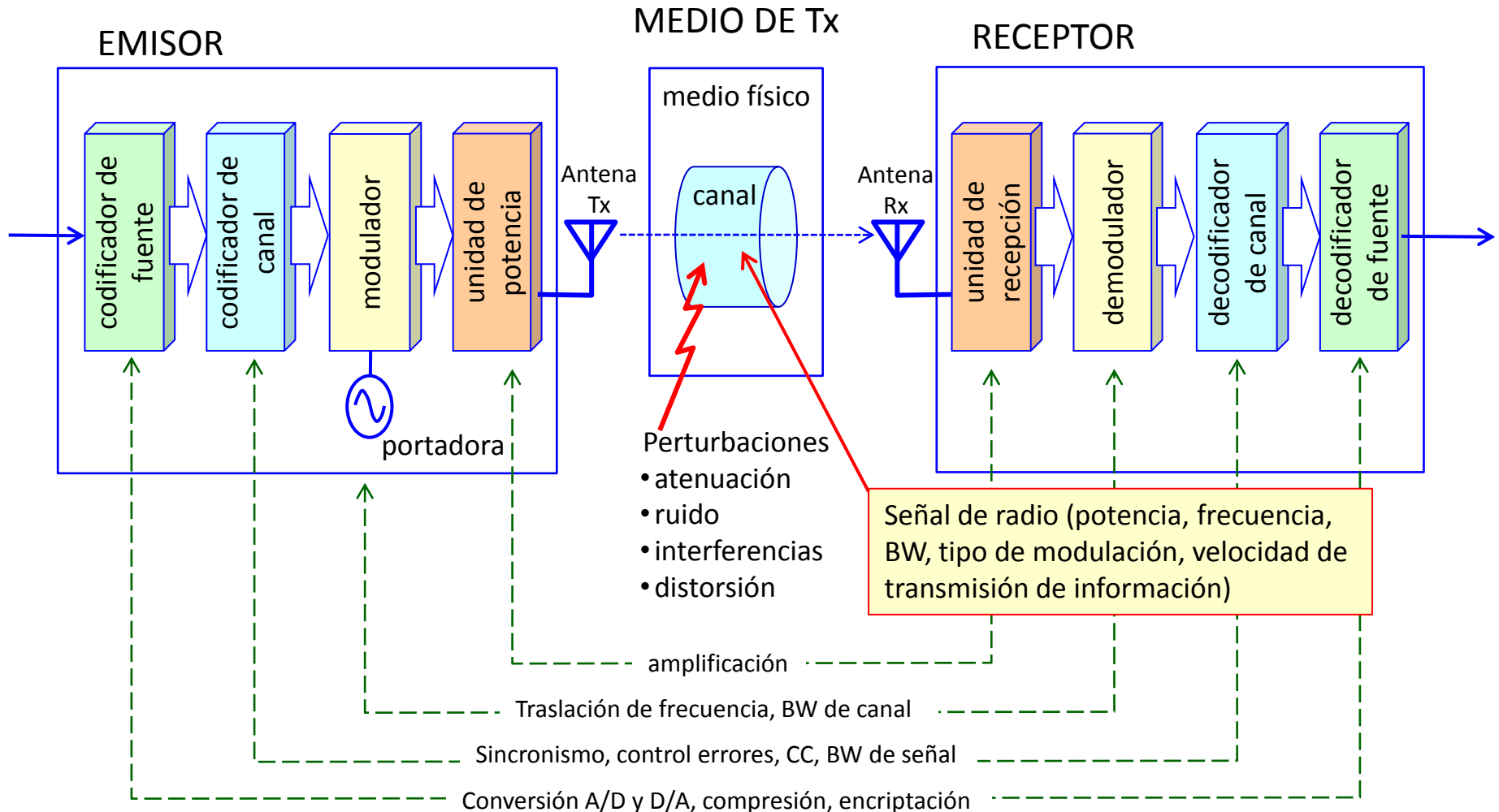
Clasificación de redes, servicios y tecnologías inalámbricas



Clasificación de redes, servicios y tecnologías inalámbricas (2)



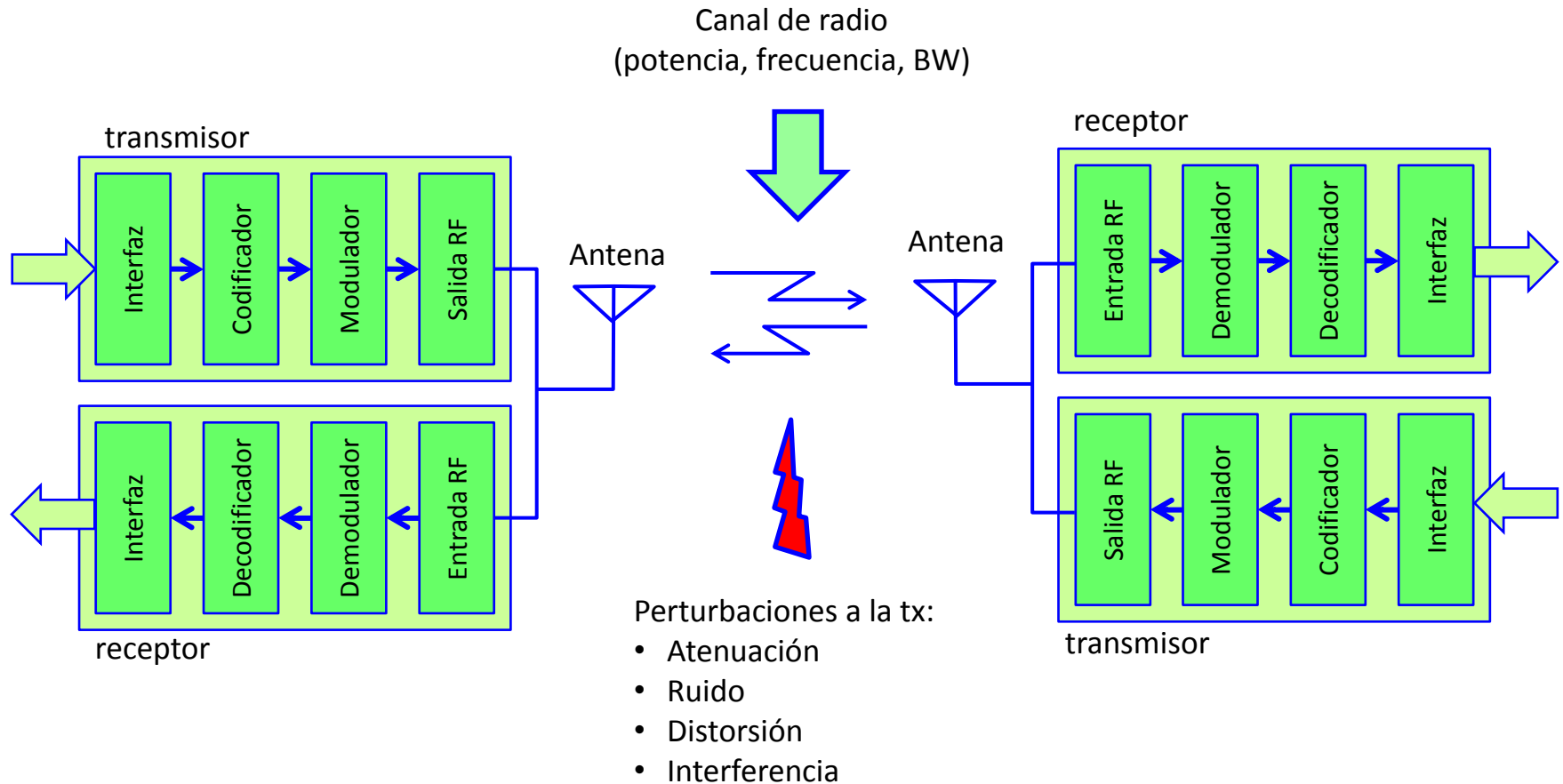
Modelo general de un sistema de radiocomunicaciones



Modelos de representación



Componentes de equipos en enlace de radio bidireccional:



Unidades, múltiplos y submúltiplos de frecuencia y longitud de onda



f(HZ)			Unidad	Uso	λ (m)		Unidad	Uso
1.000	1,E+03	K Kilo	1 KHz	300.000,0	3,E+05			300 Km
10.000	1,E+04			30.000,0	3,E+04			30 Km
100.000	1,E+05			3.000,0	3,E+03	K Kilo		3 Km
1.000.000	1,E+06	M Mega	1 MHz	300,0	3,E+02			300 m
10.000.000	1,E+07			30,0	3,E+01			30 m
100.000.000	1,E+08			3,0	3,E+00			3 m
1.000.000.000	1,E+09	G Giga	1 GHz	0,3	3,E-01			30 cm
10.000.000.000	1,E+10			0,03	3,E-02	c centi		3 cm
100.000.000.000	1,E+11			0,003	3,E-03	m mili		3 mm
1.000.000.000.000	1,E+12	T Tera	1 THz	0,0003	3,E-04			300 μm
10.000.000.000.000	1,E+13			0,00003	3,E-05			30 μm
100.000.000.000.000	1,E+14			0,000003	3,E-06	μ micro		3 μm
1.000.000.000.000.000	1,E+15	P Peta	1 PHz	0,0000003	3,E-07			300 nm
10.000.000.000.000.000	1,E+16			0,00000003	3,E-08			30 nm
100.000.000.000.000.000	1,E+17			0,000000003	3,E-09	n nano		3 nm
1.000.000.000.000.000.000	1,E+18	E Exa	1 EHz	0,0000000003	3,E-10			300 pm
10.000.000.000.000.000.000	1,E+19			0,00000000003	3,E-11			30 pm
100.000.000.000.000.000.000	1,E+20			0,000000000003	3,E-12	p pico		3 pm
1.000.000.000.000.000.000.000	1,E+21	Z Zetta	1 ZHz	0,0000000000003	3,E-13			300 fm
10.000.000.000.000.000.000.000	1,E+22			0,00000000000003	3,E-14			30 fm
100.000.000.000.000.000.000.000	1,E+23			0,000000000000003	3,E-15	femto		3 fm
1.000.000.000.000.000.000.000.000	1,E+24	Y Yotta	1 YHz	0,00000000000000003	3,E-16			300 am
10.000.000.000.000.000.000.000.000	1,E+25			0,000000000000000003	3,E-17			30 am
100.000.000.000.000.000.000.000.000	1,E+26			0,0000000000000000003	3,E-18	a atto		3 am

Rango de frecuencias utilizadas en radiocomunicaciones

Rango de longitudes de onda utilizadas en fibra óptica (850 – 1550 nm)

Sistemas de bandas de frecuencias radioeléctricas



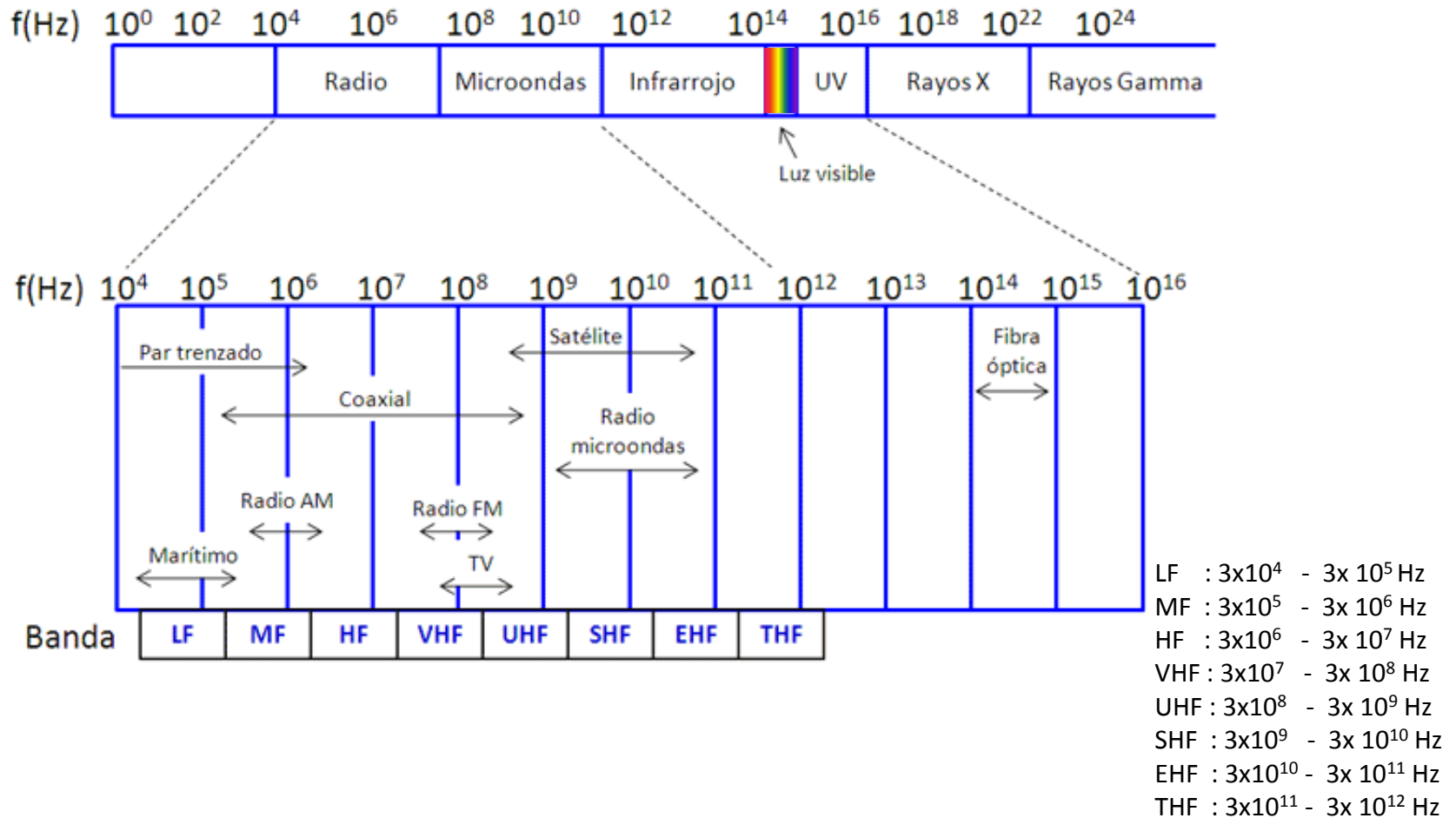
Sistema internacional (ITU)

Designación y nombre		Rango de frecuencia	Rango de longitud de onda
VLF	Very low frequency	3 a 30 kHz	10 a 100 km
LF	Low frequency	30 a 300 kHz	1 a 10 km
MF	Medium frequency	300 a 3000 kHz	100 a 1000 m
HF	High frequency	3 a 30 MHz	10 a 100 m
VHF	Very high frequency	30 a 300 MHz	1 a 10 m
UHF	Ultra high frequency	300 a 3000 MHz	10 a 100 cm
SHF	Super high frequency	3 a 30 GHz	1 a 10 cm
EHF	Extremely high frequency	30 a 300 GHz 300 a 3000 GHz	1 a 10 mm 0.1 a 1 mm

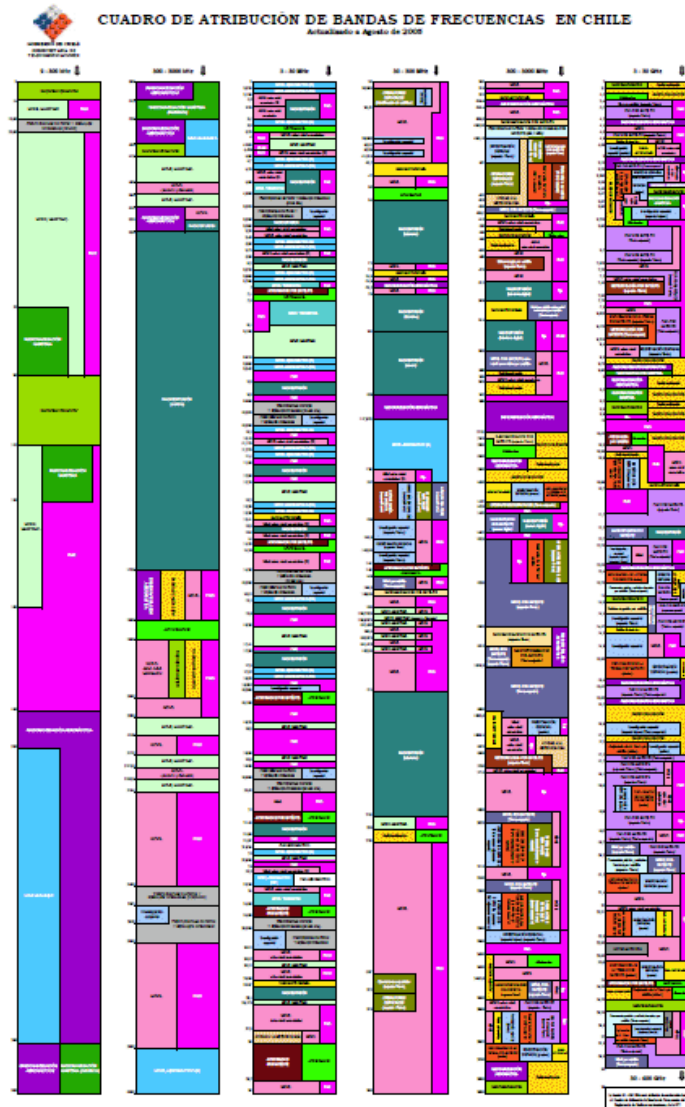
Sistema americano (IEEE)

Designación y nombre		Rango de frecuencia	Rango de longitud de onda
HF	H igh F requency	3 a 30 MHz	10 a 100 m
VHF	V ery H igh F requency	30 a 300 MHz	1 a 10 m
UHF	U ltra H igh F requency	300 a 1000 MHz	10 a 100 cm
L	L ong wave	1 a 2 GHz	15 a 30 cm
S	S hort wave	2 a 4 GHz	7,5 a 15 cm
C	C ompromiso entre S y X	4 a 8 GHz	3,8 a 7,5 cm
X		8 a 12 GHz	2,5 a 3,8 cm
Ku	K urz- u nder	12 a 18 GHz	1,7 a 2,5 cm
K	German Kurz (short)	18 a 27 GHz	1,1 a 1,7 cm
Ka	K urz- a bove	27 a 40 GHz	7,5 a 11,1 mm
V		40 a 75 GHz	4 a 7,5 mm
W	W sigue a V	75 a 110 GHz	2,7 a 4 mm
mm		110 a 300 GHz	1 a 2,7 mm

Espectro radioeléctrico y sus aplicaciones en comunicaciones



Plan de frecuencias Subtel



LEYENDA

- AFICIONADOS
- AFICIONADOS POR SATÉLITE
- AYUDAS A LA METEOROLOGÍA
- EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE
- FIJO
- FIJO AERONÁUTICO
- ENTRE SATÉLITES
- FIJO POR SATÉLITE
- FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS
- FRECUENCIAS PATRÓN Y SEÑALES HORARIAS POR SATÉLITE
- INVESTIGACIÓN ESPACIAL
- METEOROLOGÍA POR SATÉLITE
- MÓVIL
- MÓVIL AERONÁUTICO
- MÓVIL MARÍTIMO
- MÓVIL POR SATÉLITE
- MÓVIL TERRESTRE
- OPERACIONES ESPACIALES
- RADIOASTRONOMÍA
- RADIODETERMINACIÓN POR SATÉLITE
- RADIODIFUSIÓN
- RADIODIFUSIÓN POR SATÉLITE
- RADIOLOCALIZACIÓN
- RADIONAVEGACIÓN
- RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA
- RADIONAVEGACIÓN MARITIMA
- RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE

Plan de uso del espectro radioeléctrico



Tipo Norma :Decreto 127
 Fecha Publicación :18-04-2006
 Fecha Promulgación :06-03-2006
 Organismo :MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES;
 SUBSECRETARIA DE TELECOMUNICACIONES
 Título :APRUEBA PLAN GENERAL DE USO DEL ESPECTRO
 Tipo Version :Ultima Version De : 05-04-2010
 Inicio Vigencia :05-04-2010
 Ultima Modificación :05-ABR-2010 Decreto 156
 URL :http://www.leychile.cl/N?i=249068&f=2010.

APRUEBA PLAN GENERAL DE USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO
 Santiago, 6 de marzo de 2006.- Con esta fecha se ha decretado lo que sigue:

Núm. 127.- Vistos:

- a) Lo dispuesto en el artículo 32 N° 8 de la Constitución Política del Estado;
 - b) El Decreto Ley N° 1.762, de 1977, que creó la Subsecretaría de Telecomunicaciones;
 - c) La Ley N° 18.168, General de Telecomunicaciones;
 - d) El Decreto Supremo N° 15, de 1983, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, que aprobó el Plan General de Uso del Espectro Radioeléctrico;
 - e) La Resolución N° 55, de 1992, cuyo texto refundido, coordinado y sistematizado fue fijado por la Resolución N° 520, de 1996, ambas de la Contraloría General de la República; y
- Considerando: Que el Decreto Supremo N° 15 de 1983, del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones ha tenido múltiples modificaciones que hacen difícil su comprensión, difusión y aplicación por el público en general y, en uso de mis atribuciones legales,
 Decreto:

1° Apruébase el siguiente PLAN GENERAL DE USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.

PLAN GENERAL DE USO DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO
 CAPÍTULO I

TERMINOLOGÍA

ARTÍCULO 1

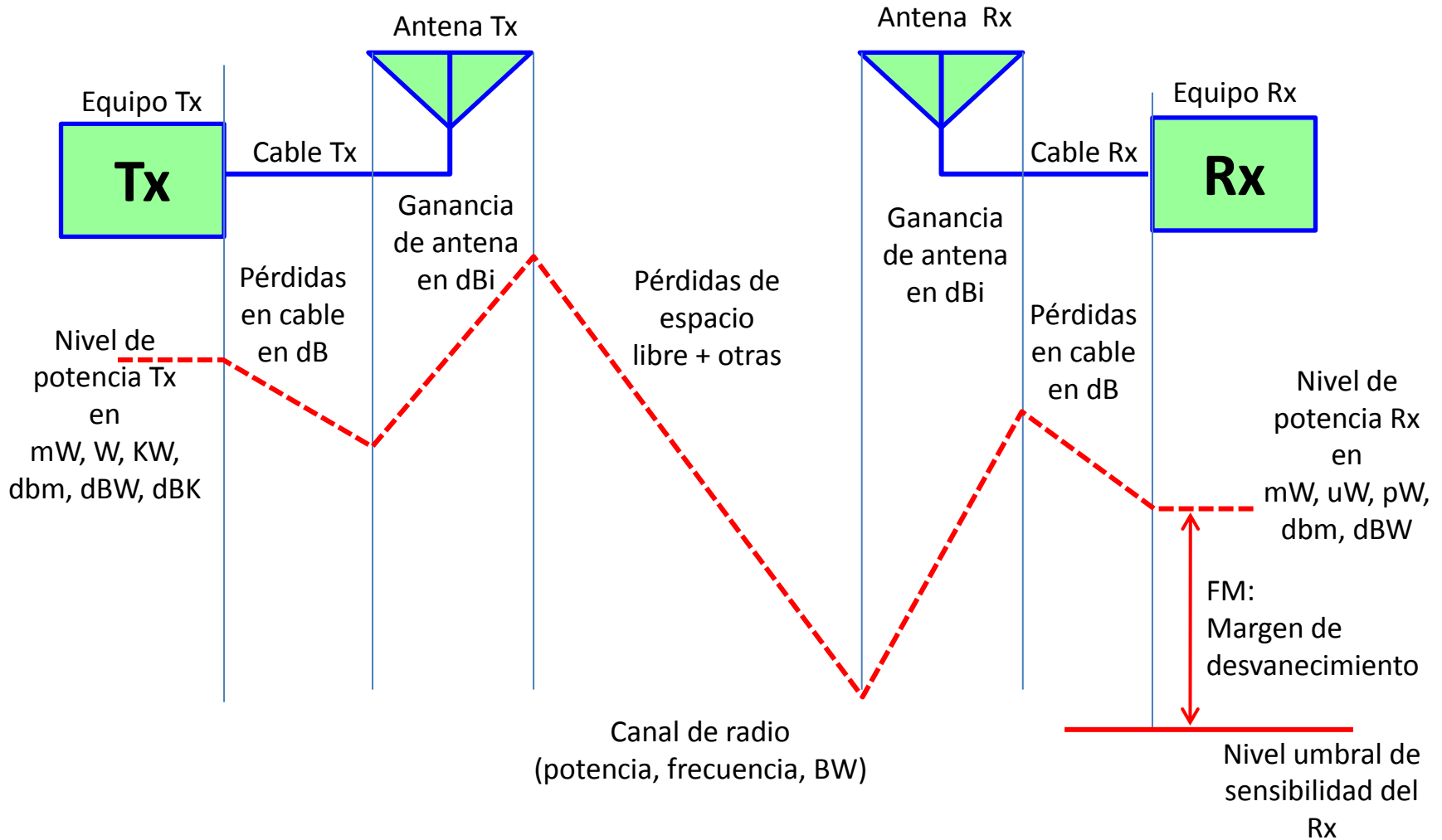
Contenido	Pág
CAPÍTULO I : TERMINOLOGÍA	1
ARTÍCULO 1 : TÉRMINOS Y DEFINICIONES	1
Sección I Términos generales	1
Sección II Términos específicos relativos a la gestión de frecuencias	2
Sección III Servicios radioeléctricos	3
Sección IV Estaciones y sistemas radioeléctricos	6
Sección V Términos referentes a la explotación	10
Sección VI Características de las emisiones y de los equipos	11
Sección VII Compartición de frecuencias	15
Sección VIII Términos técnicos relativos al espacio	16
ARTÍCULO 2 : NOMENCLATURA DE LAS BANDAS DE FRECUENCIAS Y DE LAS LONGITUDES DE ONDA EMPLEADAS EN LAS RADIOCOMUNICACIONES	17
ARTÍCULO 3 : DENOMINACIÓN DE LAS EMISIONES	18
Sección I Anchura de banda necesaria	18
Sección II Clases de emisiones	18
CAPÍTULO II : ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS	21
ARTÍCULO 4 : DESCRIPCIÓN DE LAS REGIONES Y ZONAS DEL MUNDO Y CUADRO DE ATRIBUCIÓN DE BANDAS DE FRECUENCIAS	21
Sección I Regiones y zonas del Mundo	21
Sección II Categoría de los servicios y de las atribuciones	22
Sección III Disposiciones del Cuadro de atribución de bandas de frecuencias	23
Sección IV Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias	23
Sección V Notas al Cuadro de Atribución de Bandas de Frecuencias	23

Fuente: [Biblioteca Congreso Nacional](#)

Modelos de representación (2)



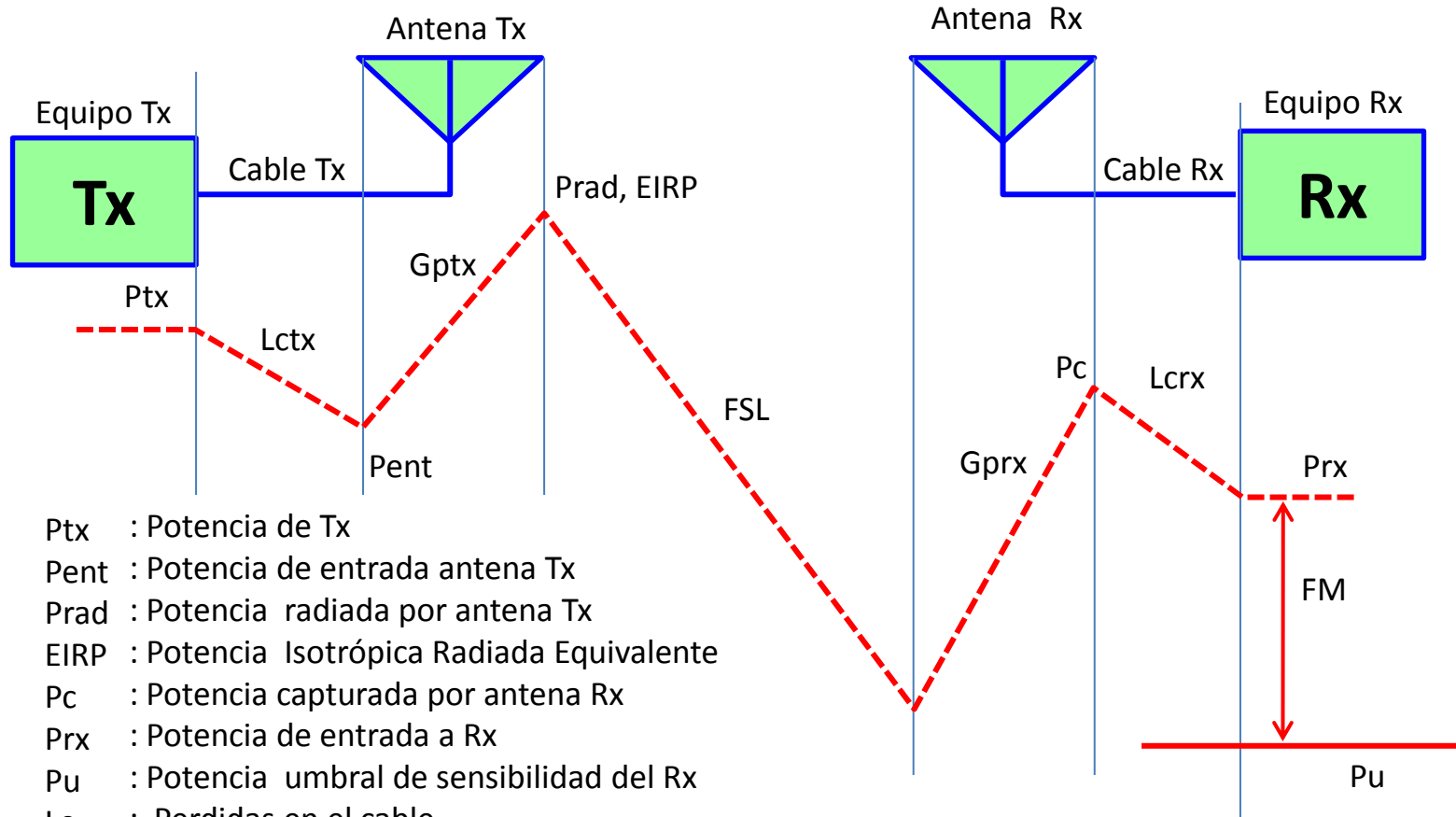
Enlace RF unidireccional, balance de potencias:



Modelos de representación (3)



Enlace RF unidireccional, balance de potencias, variables significativas:

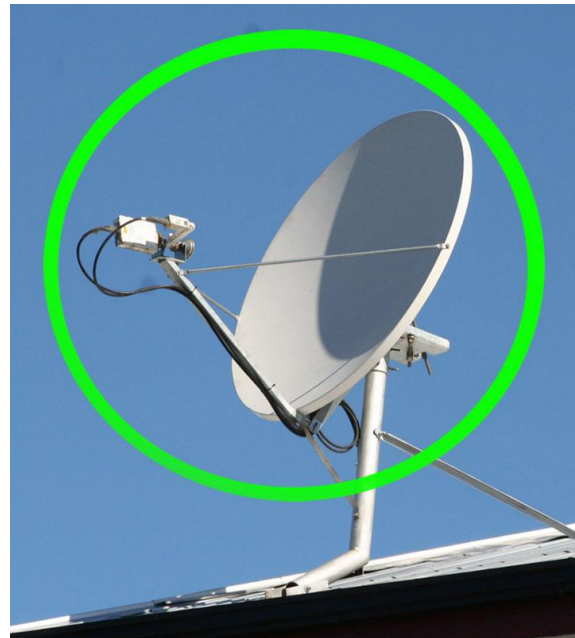


- P_{tx} : Potencia de Tx
- P_{ent} : Potencia de entrada antenna Tx
- $Prad$: Potencia radiada por antenna Tx
- EIRP : Potencia Isotrópica Radiada Equivalente
- P_c : Potencia capturada por antenna Rx
- P_{rx} : Potencia de entrada a Rx
- P_u : Potencia umbral de sensibilidad del Rx
- L_c : Perdidas en el cable
- G_p : Ganancia de potencia de antenna
- FSL : Pérdidas de espacio libre
- FM : Margen de desvanecimiento

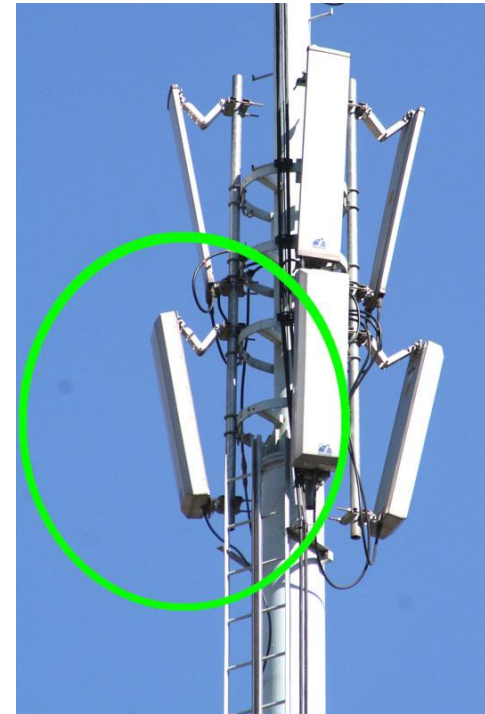
Tipos y características de antenas



Antena de radiodifusión FM



Antena VSAT para tx de datos



Antena de panel sectorial de celular

Tipos y características de antenas (2)



Antena de panel
WiMax



Antena yagi UHF
para telecontrol de
semáforos



Antena de radar
marítimo

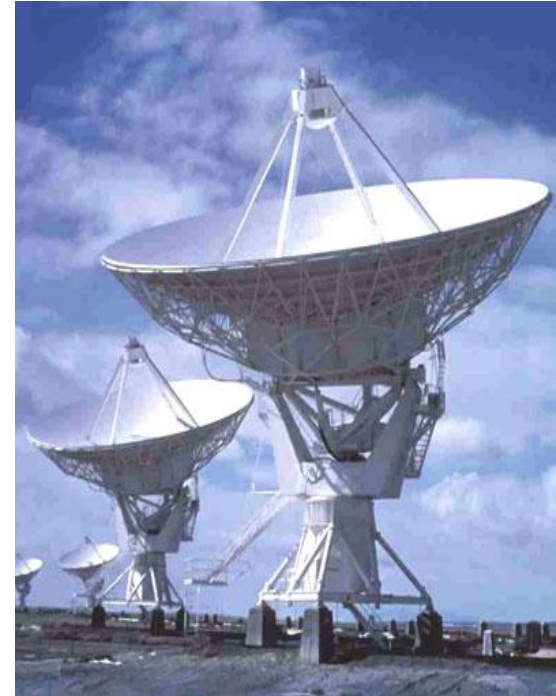
Tipos y características de antenas (3)



Antena panel sectorial camuflada para celular



Antena banda Ku para TV satelital



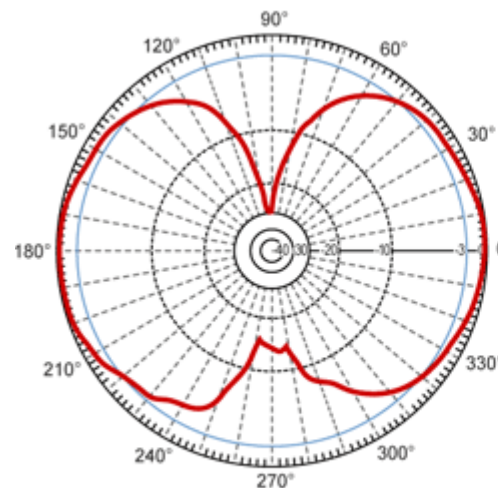
Antena de radiotelescopio

Tipos y características de antenas (4)

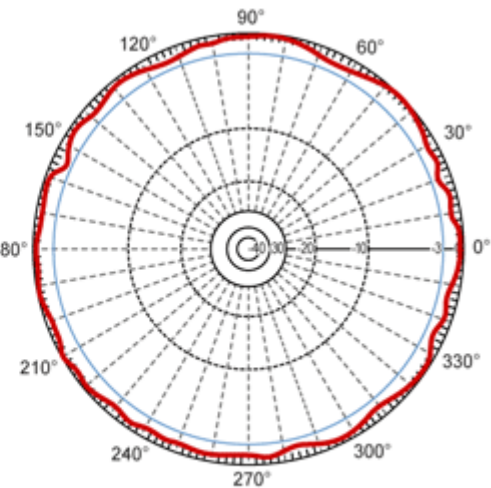


Parámetros de una antena:

- Frecuencia de operación
- Eficiencia
- Ganancia directiva
- Ganancia de potencia
- Impedancia
- Polarización
- Ancho de banda
- Patrón de radiación
- Angulo de abertura (directividad)
- Relación frente/atrás
- Potencia máxima



Vertical

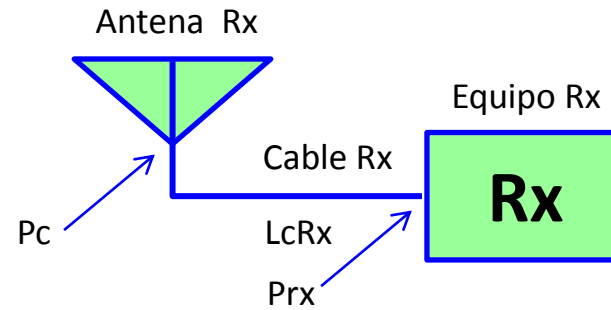
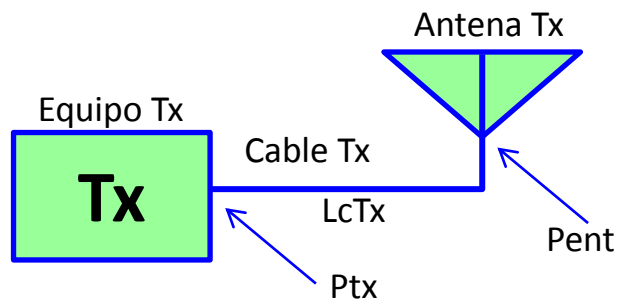


Horizontal

Parámetros y cálculos de radioenlaces (3)



Medios de conexión de equipos Tx o Rx con las antenas Tx o Rx



Cable coaxial



Guía de onda



Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



Tecnologías y estándares de redes inalámbricas

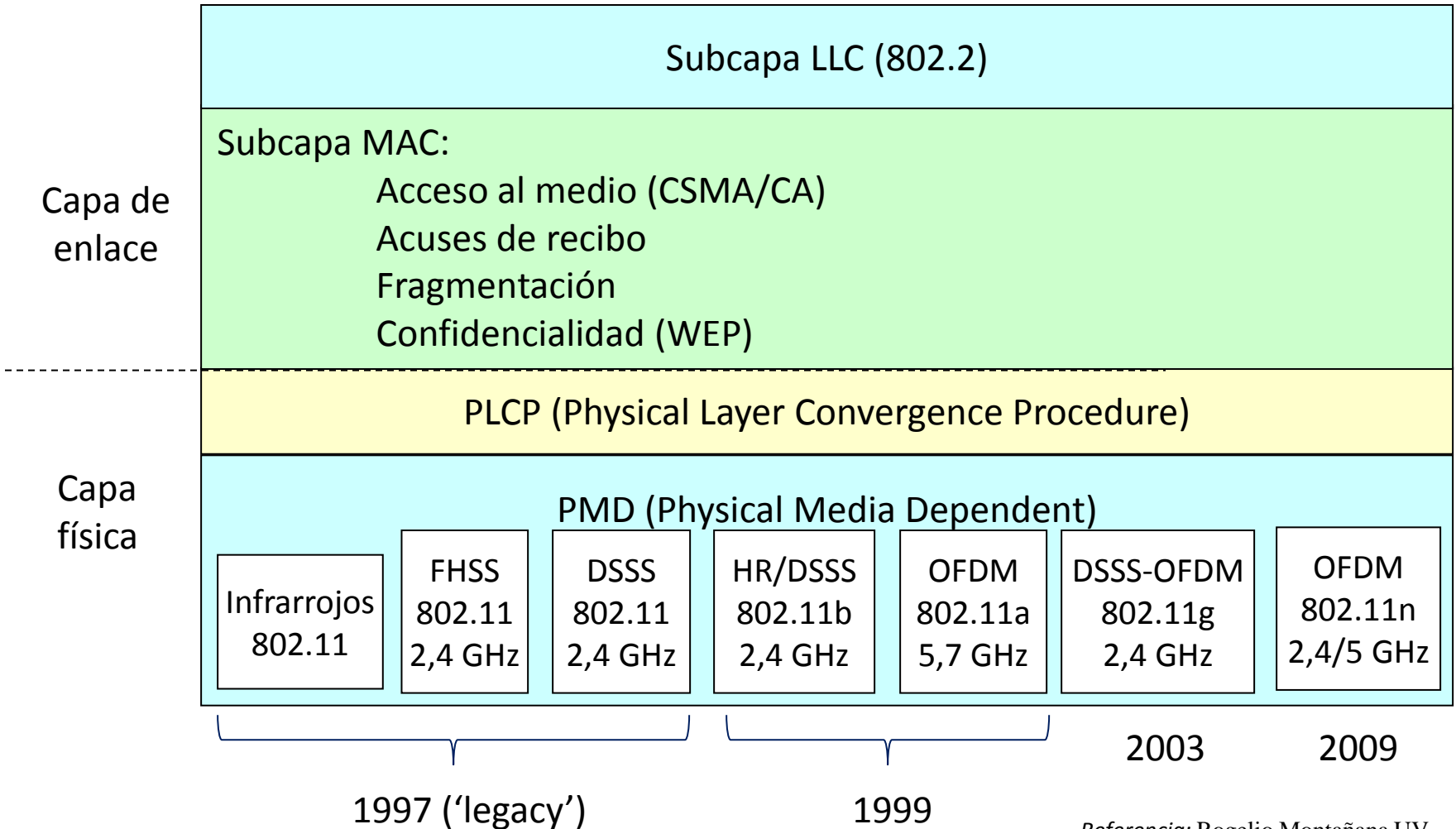
Tipo de red	WWAN (Wide)	WMAN (Metropolitan)	WLAN (Local)	WPAN (Personal)
Estándar	GSM/GPRS/UMTS	IEEE 802.16	IEEE 802.11	IEEE 802.15
Certificación		WiMAX	WiFi	Bluetooth, ZigBee
Velocidad máxima	42 Mb/s	128 Mb/s	600 Mb/s	55 Mb/s
Frecuencia	0,9/1,8/2,1 GHz	2-66 GHz	2,4 y 5 GHz Infrarrojos	2,4 GHz
Rango	35 Km	1 – 50 Km	30 - 150 m	10 m
Técnica radio	Varias	Varias	FHSS, DSSS, OFDM	FHSS
Itinerancia (roaming)	Sí	Sí (802.16e)	Sí	No
Equivalente a:	Conex. telef. (módem)	ADSL, CATV	LAN	Cables de conexión

Referencia: Rogelio Montañana UV

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



Modelo de referencia de 802.11



Referencia: Rogelio Montañana UV

Componentes de una red 802.11

- **Puntos de acceso (Access Point, AP):** son los encargados de dar servicio a los usuarios. Cada punto de acceso abarca un área de cobertura cuya forma y tamaño depende de su potencia, tipo y orientación de su antena, estructura del edificio, obstáculos presentes, etc. El AP puede estar conectado a una red de cable, normalmente Ethernet, en cuyo caso actúa como puente transparente.
- **Estaciones (Station, STA):** son las interfaces inalámbricas de los equipos de usuario, que pueden ser ordenadores, PDAs, tablet PCs, teléfonos, e-books, etc.

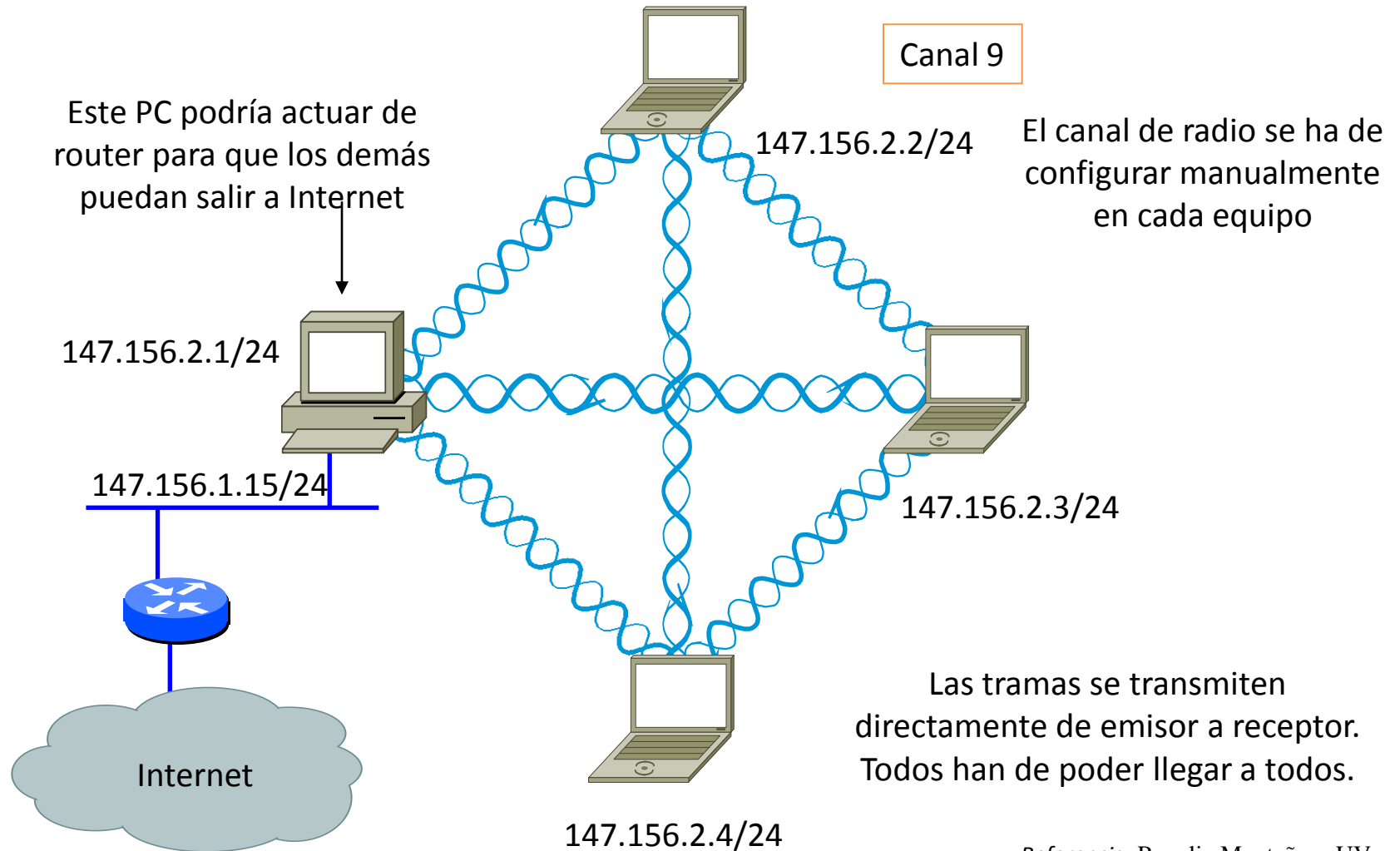
Tipos de redes

- **Redes ad hoc:** no hay puntos de acceso (APs), sólo estaciones que se comunican directamente entre sí.
- **Redes de infraestructura:** tienen uno o más APs. Pueden ser de dos tipos:
 - **BSS (Basic Service Set):** está formado por un AP y su área de cobertura.
 - **ESS (Extended Service Set):** es un conjunto de dos o más BSS, es decir dos o más APs, interconectados de alguna manera a nivel 2. La red que los interconecta se denomina DS (Distribution System)
- Los APs actúan como **puentes transparentes traductores** entre 802.11 y otras redes 802.x (normalmente x=3)

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



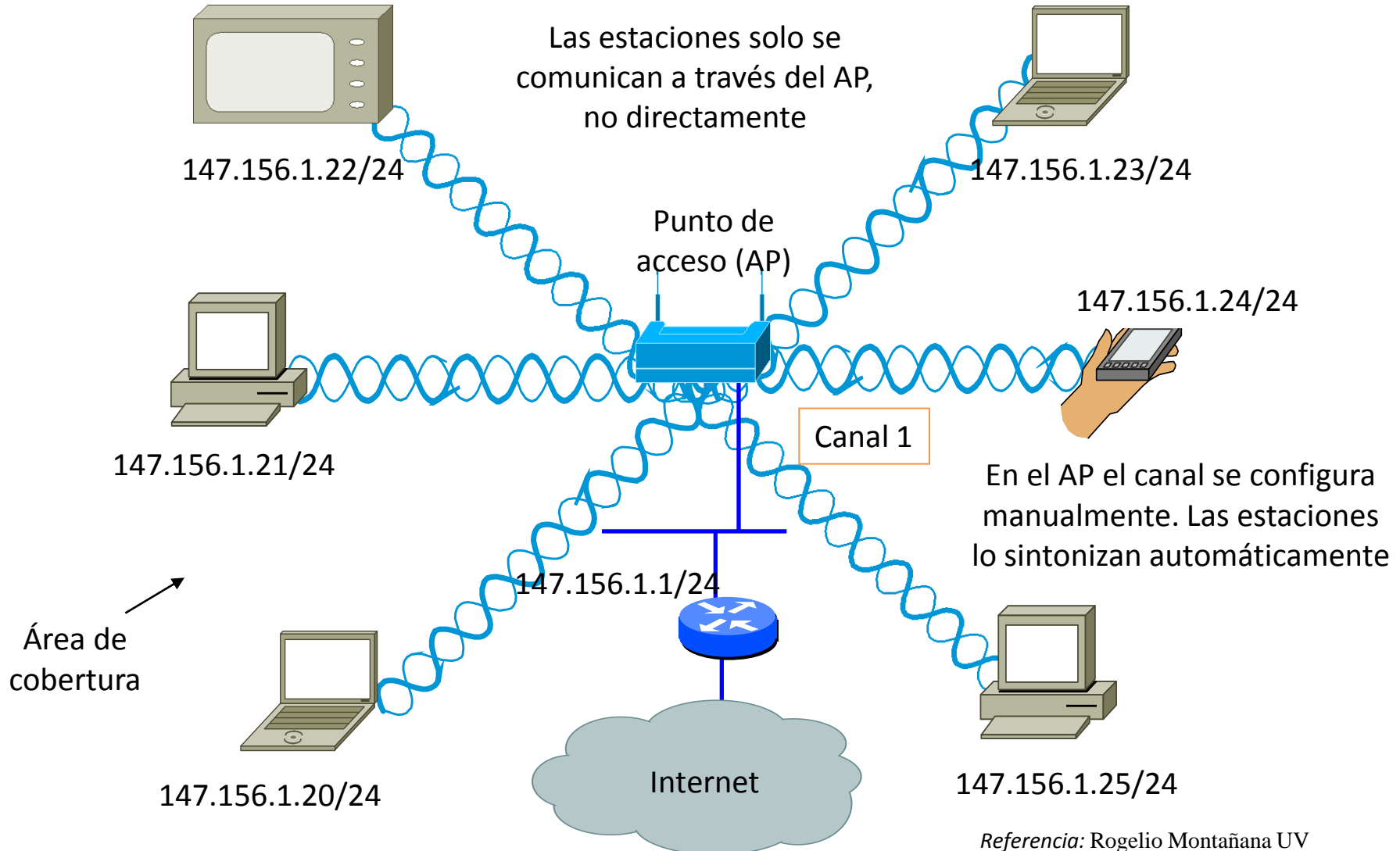
Red 'ad hoc' (sin APs)



Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



BSS (Basic Service Set) ó IBSS (Independent Basic Service Set)



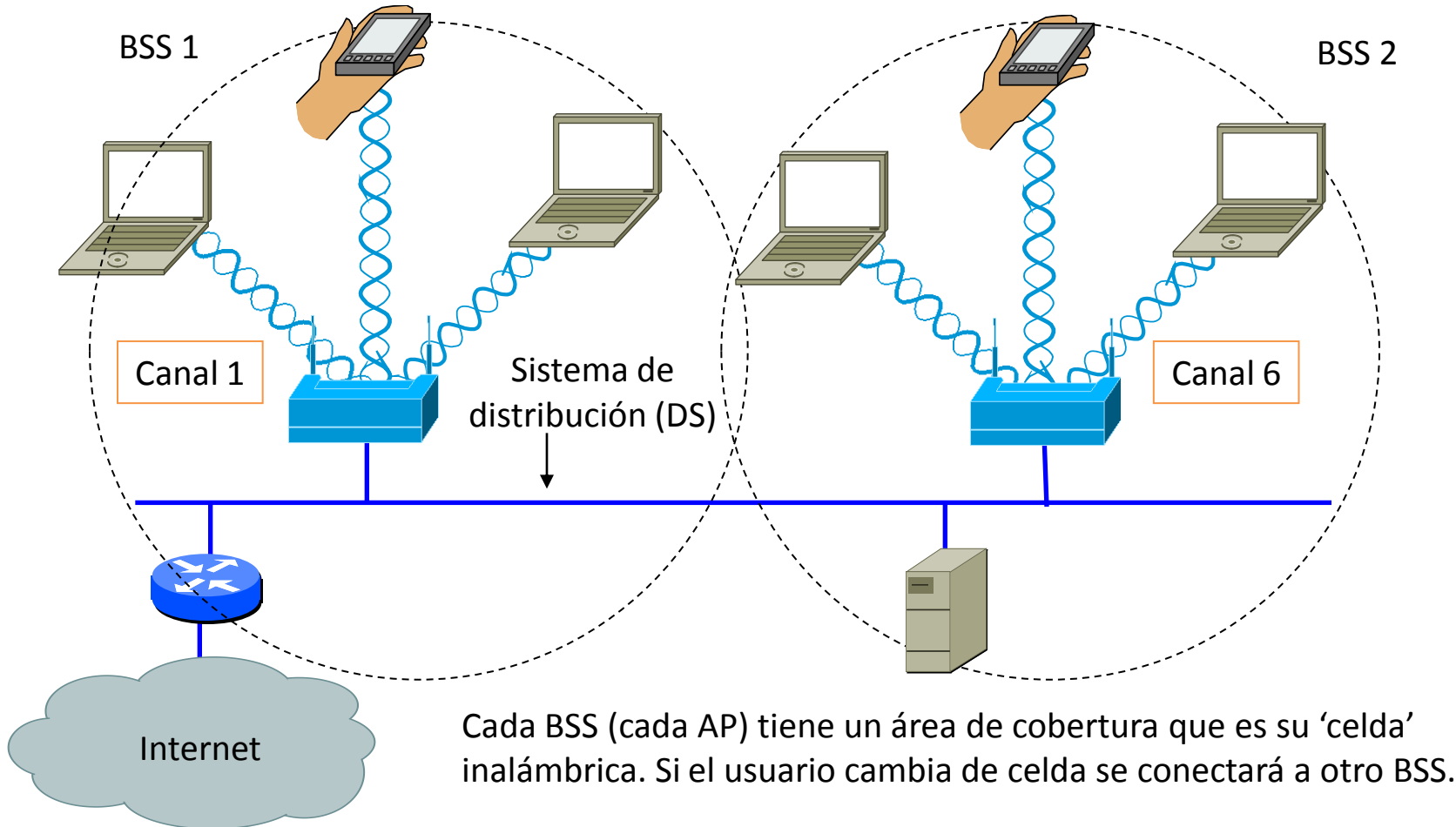
Referencia: Rogelio Montañana UV

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



Un ESS (Extended Service Set) formado por dos BSS (Basic Service Set)

El DS (Distribution System) es el medio de comunicación entre los AP. Normalmente es Ethernet, pero puede ser cualquier medio. Siempre debe haber conectividad a nivel 2 entre los APs que forman el ESS



Cada BSS (cada AP) tiene un área de cobertura que es su 'celda' inalámbrica. Si el usuario cambia de celda se conectará a otro BSS.

Referencia: Rogelio Montañana UV

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



Capa Física: Banda de 2,4 GHz (802.11b/g)

- Es la más utilizada
- Se conoce como la banda ISM (Industrial-Scientific-Medical)
- La utilizan muchas redes 802.11 y además:
 - Teléfonos inalámbricos (pero no los DECT ni móviles)
 - Mandos a distancia
 - Aparatos inalámbricos de audio o vídeo
 - Etiquetas RFID
 - Hornos de microondas
- Esto causa interferencias con relativa frecuencia

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



Estándares 802.11 a 2,4 GHz

Radio	Codificación	Potencia max.	Velocidad (Mb/s)	802.11 'legacy'	802.11b	802.11g
FHSS	Barker	100 mW	1	X		
			2	X		
DSSS	Barker	100 mW	1	X	X	X
			2	X	X	X
DSSS	CCK	100 mW	5,5		X	X
			11		X	X
DSSS	OFDM	30 mW	6			X
			9			Opc.
			12			X
			18			Opc.
			24			X
			36			Opc.
			48			Opc.
			54			Opc.

Cada estándar es compatible con los anteriores

Referencia: Rogelio Montañana UV

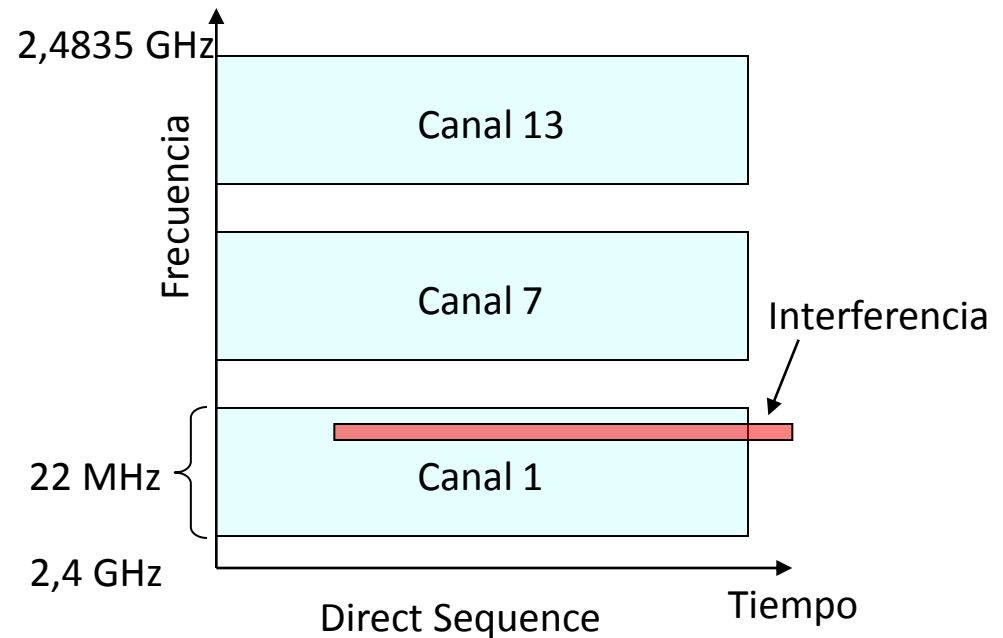
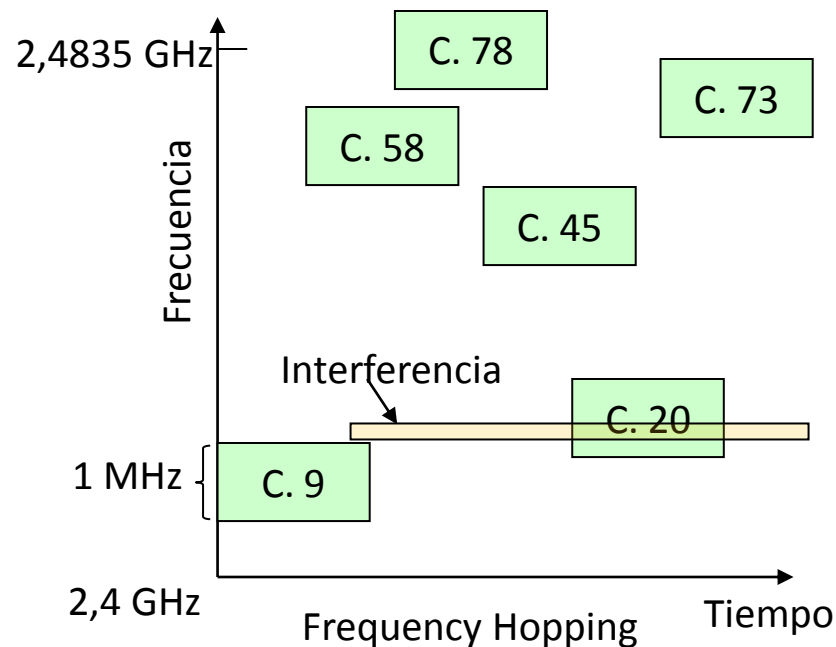
Espectro disperso por salto de frecuencia (FHSS)

- Inventado por la actriz austríaca (e ingeniero de telecomunicaciones) Hedy Lamarr en 1941, como sistema de radio para guiar los misiles de los aliados contra Hitler
- El emisor y el receptor van cambiando continuamente de frecuencia, siguiendo una secuencia previamente acordada
- Para emitir se emplea un canal estrecho (1 MHz) y se concentra en él toda la energía. Hay 79 canales y se cambia varias veces por segundo
- Puede haber diferentes emisores simultáneos usando distinta secuencia, o usando la misma pero no sincronizados
- El FHSS también se emplea en Bluetooth, pero con otros canales y el cambio se hace más a menudo

Espectro disperso por Secuencia Directa (DSSS)

- El emisor utiliza un canal más ancho que en FHSS y envía la información codificada con mucha redundancia. El canal permanece constante todo el tiempo
- Se confía en que el receptor sea capaz de descifrar la información, aun en el caso de que se produzca alguna interferencia en alguna zona de frecuencias
- Puede haber diferentes emisores simultáneos si usan canales diferentes no solapados

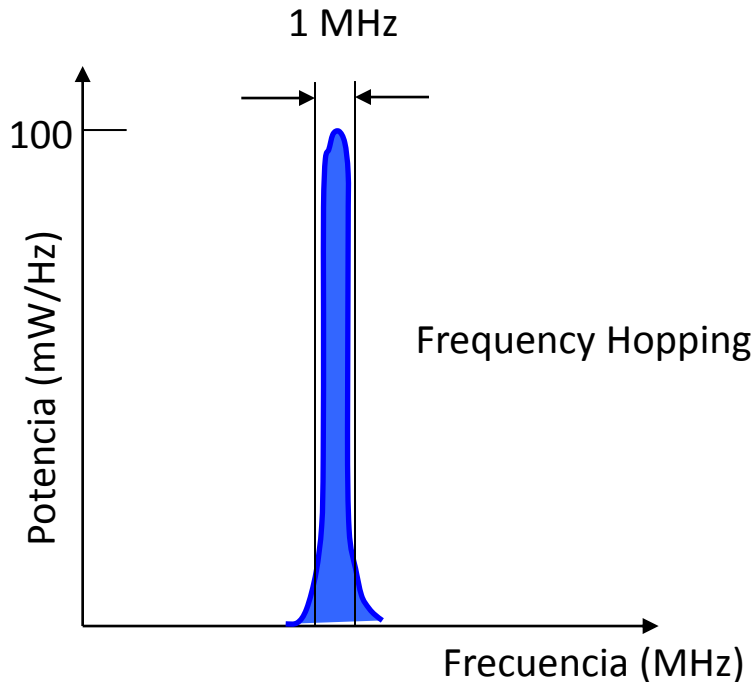
Frequency Hopping vs Direct Sequence



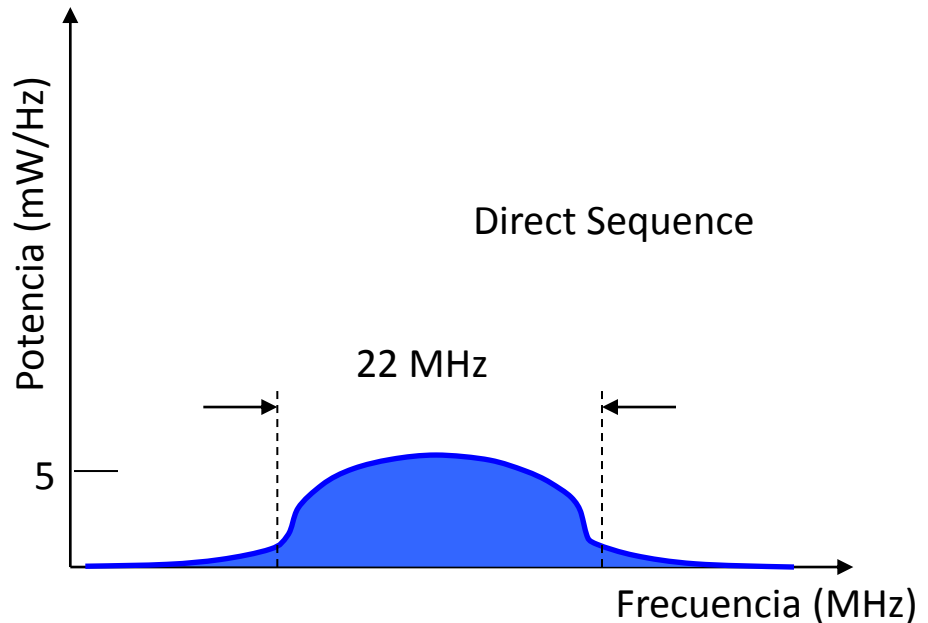
- El emisor cambia de canal continuamente (varias veces por segundo)
- Cuando el canal coincide con la interferencia la señal no se recibe; la trama se retransmite en el siguiente salto

- El canal es muy ancho; la señal contiene mucha información redundante
- Aunque haya interferencia el receptor probablemente pueda extraer los datos de la señal

Frequency Hopping vs Direct Sequence



Señal concentrada, gran intensidad
Elevada relación S/R
Área bajo la curva: 100 mW



Señal dispersa, baja intensidad
Reducida relación S/R
Área bajo la curva: 100 mW

- FH permite mayor número de emisores simultáneos y soporta mejor la interferencia debida a multitrayectoria (rebotes)
- DS permite mayor capacidad (802.11b). La interferencia multitrayectoria se puede evitar usando antenas diversidad
- Hoy en día FH no se utiliza en 802.11, solo en Bluetooth (802.15)

Referencia: Rogelio Montañana UV

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



Canales a 2,4 GHz (802.11b/g)

Canal	Frecuencia central (MHz)	Región o país			Antiguamente (2001)		
		EEUU/ Canadá	Resto mundo	Japón	España	Francia	Japón
1	2412	X	X	X			
2	2417	X	X	X			
3	2422	X	X	X			
4	2427	X	X	X			
5	2432	X	X	X			
6	2437	X	X	X			
7	2442	X	X	X			
8	2447	X	X	X			
9	2452	X	X	X			
10	2457	X	X	X	X	X	
11	2462	X	X	X	X	X	
12	2467	-	X	X		X	
13	2472	-	X	X		X	
14	2484	-	-	Solo 11b			X

Anchura de canal: 22 MHz

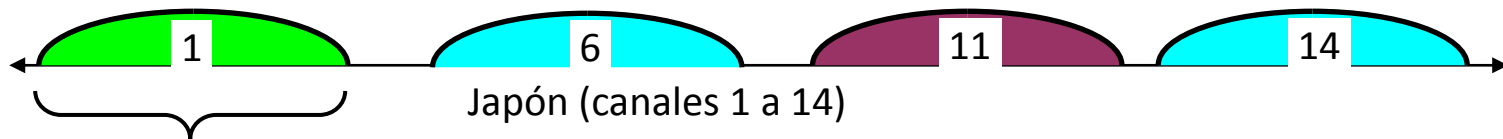
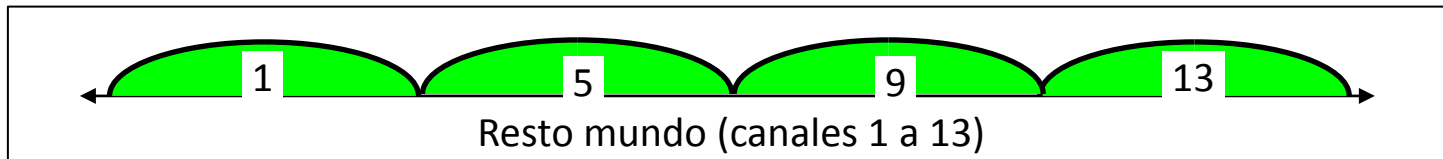
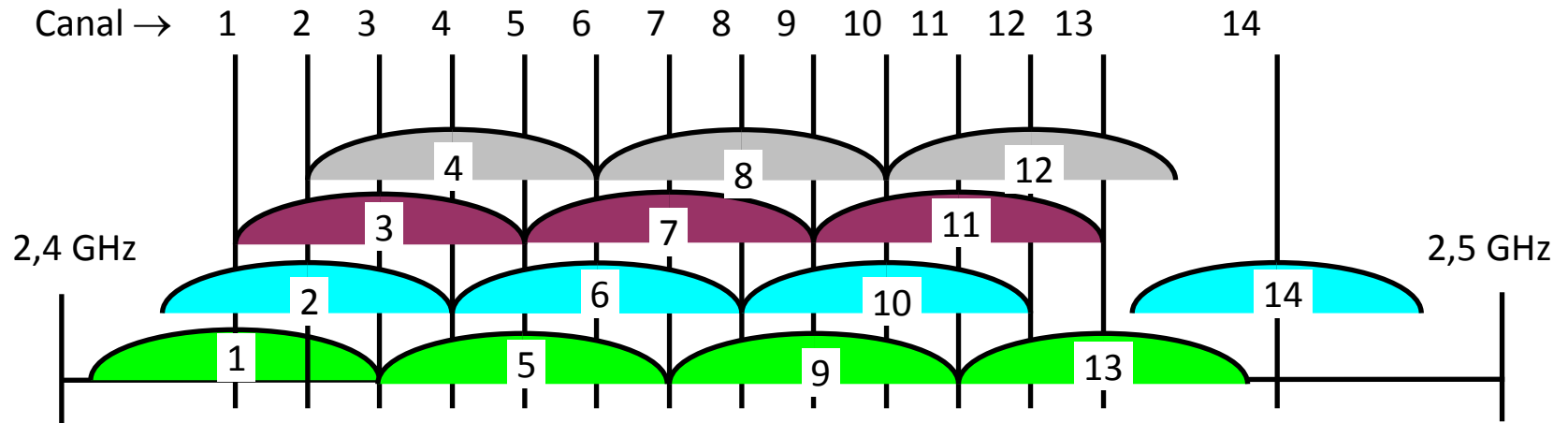
EMEA: Europa, Medio Oriente y África

Referencia: Rogelio Montañana UV

Aplicaciones inalámbricas (WIFI)



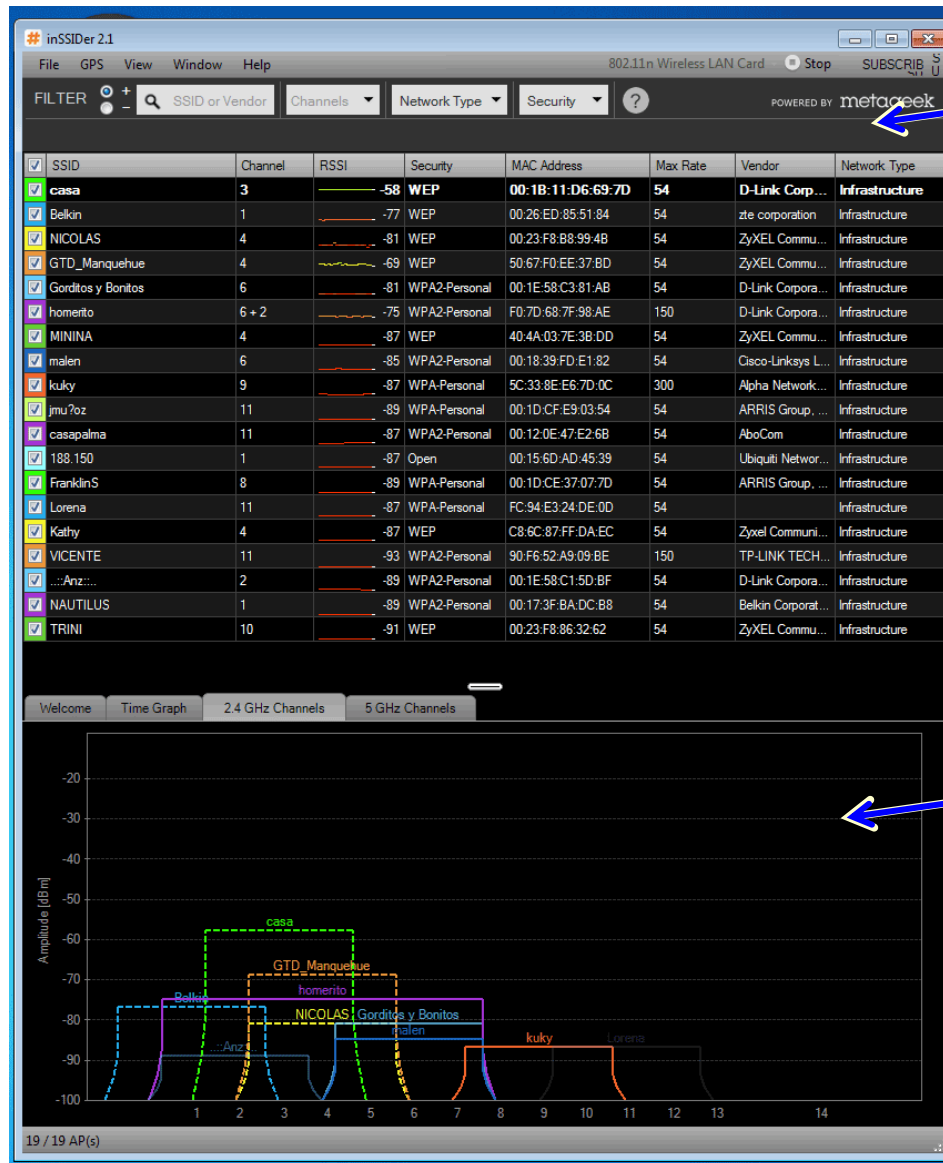
Distribución de canales 802.11b/g



22 MHz

Referencia: Rogelio Montañana UV

Monitoreo de redes inalámbricas

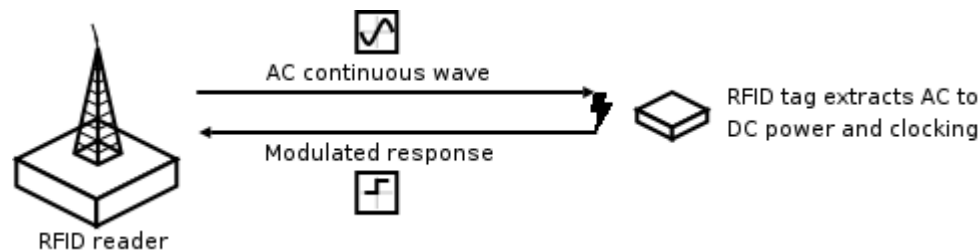


Lista de señales capturadas con inSSIDer indicando:

- SSID
- numero de canal
- nivel de señal RSSI (dBm)
- dirección MAC
- velocidad de transferencia (Mbps)
- tipo de red

Distribución gráfica de canales indicando el nivel de señal en dBm

- **Radio Frequency Identification:** Sistema de identificación por radiofrecuencia. Utiliza etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID que operan en la banda UHF



ISO 14443 es un estándar internacional relacionado con las tarjetas de identificación electrónicas, en especial las tarjetas inteligentes, gestionado conjuntamente por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).

Este estándar define una *tarjeta de proximidad* utilizada para identificación y pagos que por lo general utiliza el estándar tarjeta de crédito definida por ISO 7816 - ID 1 (aunque otros formatos son posibles).

El sistema RFID utiliza un lector con un microcontrolador incrustado y una antena que opera a 13,56 MHz (frecuencia RFID). El lector mantiene a su alrededor un campo electromagnético de modo que al acercarse una tarjeta al campo, ésta se alimenta eléctricamente de esta energía inducida y puede establecerse la comunicación lector-tarjeta.

El estándar ISO 14443 consta de cuatro partes y se describen dos tipos de tarjetas: tipo A y tipo B. Las principales diferencias entre estos tipos se encuentran en los métodos de modulación, codificación de los planes (parte 2) y el protocolo de inicialización de los procedimientos (parte 3). Las tarjetas de ambos tipos (A y B) utilizan el mismo protocolo de alto nivel (llamado T=CL) que se describe en la parte 4. El protocolo T=CL especifica los bloques de datos y los mecanismos de intercambio:

- Bloque de datos de encadenamiento
- Tiempo de espera de extensión
- Múltiple activación