

Introducción.....	5
HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES .....	5
COMUNICACIONES ELÉCTRICAS .....	6
MODELO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES .....	11
ELEMENTOS DEL SISTEMA .....	12
Definiciones de términos básicos utilizados en las telecomunicaciones: .....	13
CONTAMINACIONES DE LA SEÑAL .....	15
MODULACIÓN .....	15
¿PORQUE SE MODULA? .....	16
¿ COMO SE MODULA ? .....	18
¿ QUE TIPOS DE MODULACIÓN EXISTEN ? .....	19
¿ COMO AFECTA EL CANAL A LA SEÑAL ? .....	19
¿ QUE RELACIÓN EXISTE ENTRE LA MODULACIÓN Y EL CANAL ? .....	19
LIMITACIONES FUNDAMENTALES EN LA COMUNICACIÓN ELÉCTRICA .....	20
La limitación del ancho de banda .....	20
La limitación ruido .....	21
Teorema de Nyquist (Teorema de muestreo) .....	22
Ejemplos prácticos: .....	22
LIMITACIONES FUNDAMENTALES EN LA COMUNICACIÓN ELÉCTRICA .....	23
La limitación del ancho de banda .....	23
La limitación ruido .....	24
EL TEOREMA DE CAPACIDAD MÁXIMA DE UN CANAL .....	25
LA RELACIÓN SEÑAL A RUIDO .....	26
EL DECIBEL .....	27
MEDIOS DE COMUNICACIÓN .....	34
PRINCIPIOS DE LA TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN .....	34
COMUNICACIÓN POR MEDIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS .....	34
MODULACIÓN .....	36
CANAL DE TRANSMISIÓN .....	36
CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN .....	36
MEDIOS CONFINADOS .....	36
MEDIOS NO CONFINADOS .....	36
Líneas de Conexión .....	52
Líneas arrendadas.....	53
Líneas conmutadas.....	54
Modos de Transmisión.....	55
Transmisión simplex.....	55
Transmisión half-duplex.....	56
Transmisión full-duplex.....	56
Fibra óptica vs. vía satélite .....	59
MODEMS .....	60
TIPOS, CLASIFICACIONES Y ESTÁNDARES .....	60
TIPOS DE LÍNEAS: PRIVADAS Y CONMUTADAS .....	61

TRANSMISIÓN SÍNCRONA Y ASÍNCRONA.....	62
MODEMS DE LÍNEA CONMUTADA Y PRIVADA. ....	63
MODEMS INTERNOS Y EXTERNOS .....	64
ESTÁNDARES .....	65
PROTOCOLOS DE VERIFICACIÓN DE ERRORES .....	66
Comandos AT .....	67
COMO EL SOFTWARE SE COMUNICA CON EL MODEM .....	67
COMANDOS BÁSICOS AT .....	68
TRANSMISIÓN DE FM, AM, interferencia y ruido .....	70
FM CONTRA AM .....	70
MODULACIÓN EN AM .....	70
Transmisión y Recepción en AM.....	71
MODULACIÓN EN FM .....	71
FUENTES DE SEÑALES NO DESEADAS .....	72
FUENTES DE RUIDO .....	72
OTROS TIPOS DE INTERFERENCIA .....	74
Conceptos básicos de redes.....	74
EVOLUCIÓN DE LAS REDES.....	74
REDES.....	75
CONCEPTO DE RED.....	75
TIPOS DE REDES: basadas en la distancia de cobertura.....	76
LAN: Local Area Network, Red de Area Local .....	76
CAN: Campus Area Network, Red de Area Campus .....	77
MAN: Metropolitan Area Network, Red de Area Metropolitana .....	77
WAN: Wide Area Network, Red de Area Local .....	77
Topologías de RED.....	78
Topología de ducto (bus).....	78
Topología de estrella (star).....	78
Topología de anillo (ring).....	79
Topología de malla (mesh).....	80
MÉTODOS DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO .....	80
ESTÁNDARES DE CABLEADO (Par trenzado UTP) .....	81
Antecedentes .....	81
Introducción .....	82
Qué es el 568 .....	82
Organizaciones de estándares de cableado .....	82
Alcance del estándar TIA/EIA-568A .....	82
Los 6 subsistemas del sistema de cableado estructurado .....	83
Multicanalización .....	85
REDES de Conmutación de circuitos y conmutación de paquetes .....	88
Conmutación de circuitos (circuit switching).....	88
Conmutación de paquetes (packet switching).....	88
TIPOS DE SERVICIOS PROVEIDOS POR LOS CARRIERS .....	89
Líneas tradicionales analógicas conmutadas (switched analog lines) .....	90
Servicios por conmutación de circuitos (Circuit-switched services) .....	91
Servicio de conmutación de paquetes (packet-switched services): .....	92
Servicios de conmutación de celdas (cell-switched services): .....	93
Servicios dedicados digitales (dedicated digital services) .....	94

Otros servicios digitales dedicados .....	95
Arquitectura de red ETHERNET.....	95
10 Mbps Ethernet e IEEE 802.3 .....	97
100 Mbps Ethernet.....	97
1000 Mbps Ethernet.....	97
Convenciones utilizadas en los estándares Ethernet .....	98
Modelo de referencia OSI .....	99
Capa física.....	99
Capa de Enlace de Datos.....	100
Capa de Red.....	100
Capa de Transporte.....	100
Capa de Sesión.....	101
Capa de Presentación.....	101
Capa de Aplicación.....	101
TCP/IP vs. OSI.....	101
Protocolos de comunicaciones.....	103
¿Qué es un protocolo, realmente?.....	103
¿Qué es un protocolo estándar?.....	103
Funciones básicas de un protocolo .....	104
CONTROL DE LLAMADA.....	104
CONTROL DE ERROR.....	104
CONTROL DE FLUJO .....	104
¿CÓMO FUNCIONA UN PROTOCOLO?.....	105
PROTOCOLOS ORIENTADOS A CONEXIÓN Y NO-CONEXIÓN.....	105
Protocolos ORIENTADOS A BITS y ORIENTADOS A BYTE (caracter).....	106
Estándares de Telecomunicaciones.....	106
INTRODUCCIÓN.....	107
LA HISTORIA DE LA ESTANDARIZACIÓN.....	107
¿QUÉ ES UN ESTÁNDAR?.....	108
TIPOS DE ESTÁNDARES.....	108
TIPOS DE ORGANIZACIONES DE ESTÁNDARES.....	109
¿ CUANDO ES OFICIAL UN ORGANISMO?.....	109
Conclusión.....	110
La evolución de la telefonía móvil (La guerra de los celulares).....	111
BREVE HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	111
LAS GENERACIONES DE LA TELEFONÍA INALÁMBRICA.....	112
EL ESTATUS ACTUAL DE LA TELEFONÍA MÓVIL.....	113
LA BATALLA POR LA SUPREMACIA CELULAR.....	115
EL FUTURO DE LA TELEFONÍA MÓVIL.....	116
El ABC de CDMA (parte 1).....	117
INTRODUCCIÓN.....	117
COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE .....	122
HISTORIA.....	122
< FRECUENCIAS DE BANDAS> .....	123
ÓRBITAS.....	124
TIPOS DE ÓRBITAS SATELITALES.....	126

ESTACIONES TERRENAS .....	128
ANTENAS (Reflectores parabólicos) .....	129
Enlace Satelital .....	130
MÉTODOS DE MÚLTIPLE ACCESO AL SATÉLITE .....	132
Interconectividad (internetworking) .....	134
Equipos de Interconexión .....	135
El ABC de las redes inalámbricas [WLANs].....	141
Introducción.....	141
Tecnologías.....	142
Qué no es espectro extendido.....	143
Distintas especificaciones de WLANs.....	143
Organismos.....	144
El Futuro de las redes inalámbricas.....	145
Estándares WLAN.....	146
Introducción.....	146
Los estándares de WLAN.....	147
La velocidad no es como la pintan.....	149
HomeRF, otra tecnología más de WLANs.....	149
IEEE finalmente aprueba Bluetooth.....	149
Un futuro prometedor para los chips de WLAN.....	150

## Introducción

### **HISTORIA DE LAS COMUNICACIONES**

*tele-comunicaciones*: Comunicación a grandes distancias

Las Telecomunicaciones se encargan del TRANSPORTE de la INFORMACION a grandes distancias a través de un medio o CANAL de comunicación por medio de SEÑALES.

La misión de las telecomunicaciones es transportar la mayor cantidad de información en el menor tiempo de una manera segura. Esto se logra por medio de varias técnicas tales como la Modulación, codificación, Compresión, Formateo, Multicanalización, Esparciendo el espectro, etc.

**5000 A.C.** PREHISTORIA . El hombre prehistórico se comunicaba por medio de gruñidos y otros sonidos (primer forma de comunicación). Además, con señales físicas con las manos y otros movimientos del cuerpo.

"la comunicación a grandes distancias era bastante compleja".

**3000 A.C.** Egipcios: representaban las ideas mediante símbolos (*hieroglyphics*), así la información podría ser transportada a grandes distancias al ser transcritas en medios como el papel papiro, madera, piedras, etc.

*"ahora los mensajes pueden ser enviados a grandes distancias al llevar el medio de un lugar a otro"*.

**1,700 - 1,500 A.C** Un conjunto de símbolos fue desarrollado para describir sonidos individuales, y estos símbolos son la primera forma de ALFABETO que poniéndolos juntos forman las PALABRAS. Surgió en lo que es hoy Siria y Palestina.

*"la distancia sobre la cual la información es movida, sigue siendo todavía limitada"*.

**GRIEGOS** Desarrollan la Heliografía (mecanismo para reflejar la luz del sol en superficies brillosas como los espejos ).

*"Aquí también el Transmisor y el Receptor deberán conocer el mismo código para entender la información"*.

**430 D.C.** Los ROMANOS utilizaron antorchas (sistema óptico telegráfico) puestas en grupos apartados a distancias variantes, en la cima de las montañas para comunicarse en tiempos de guerra.

*Cuando la heliografía ó las antorchas romanas fueron usadas "el enemigo" podía ver la información (descifrar), y así fue introducido el concepto de CODIFICACIÓN.*

*Este tipo de comunicación se volvía compleja, cuando se quería mover información a muy grandes distancias (se hacía uso en ocasiones de repetidores).*

**1500s AZTECAS** Comunicación por medio mensajes escritos y llevados por hombres a pie. (heraldos)

**ÁFRICA Y SUDAMÉRICA:** Comunicación por medios acústicos (tambores y cantos).

**NORTEAMÉRICA** Los indios de Norteamérica hacían uso de señales de humo.

*"Estos dos últimos tipos de comunicación funcionaban mientras el sonido del tambor se escuchaba o las señales de humo se veían".*

**1860s** Sistemas Ópticos Telegráficos (uso de banderas, o semáforos) por la caballería de EUA.

**1860** (Abril 3) : Comunicación (mensajería) vía caballos (PONY Express). La idea era proveer el servicio más rápido de entrega de correo entre las ciudades de St. Joseph, Missouri, y Sacramento, California. El servicio terminó a finales de Octubre de 1861 al empezar el telegrafo en los EUA.

## COMUNICACIONES ELÉCTRICAS

**1752** Descubrimiento de la electricidad (pararrayos) por Benjamin Franklin en los E.U.

**1800-1837** Descubrimientos preliminares: Volta descubre los principios de la batería; Tratados matemáticos de Fourier, Cauchy y Laplace; Experimentos con electricidad y magnetismo por Oersted, Ampere, Faraday, y Henry; La Ley de Ohm; primeros Sistemas telegráficos por Gauss, Weber, Wheatstone y Cooke.

**1844** El nacimiento de la TELEGRAFÍA. El Telégrafo, primera forma de comunicación eléctrica. Inventado por Samuel Morse.

*A finales de 1844 se puso en operación el primer enlace telegráfico, entre las ciudades de Washington, D.C y Baltimore, MA.*

< conductor. un como empleada ser puede tierra la que encuentra Steinheil >

**1845** Son enunciadas las Leyes de Kirchhoff.

**1861** las líneas telegráficas cubren casi todo Estados Unidos.

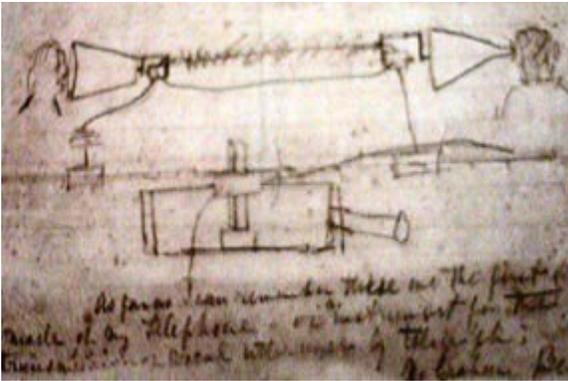
**1864** James Clerk Maxwell desarrolla la "*Teoría Dinámica del campo electromagnético*" Predice la radiación electromagnética.

**1865** Se crea la International Telegraph Union (ITU), organización internacional encargada de la creación y aprobación de estándares en comunicaciones. En la actualidad esta organización se llama International Telecommunications Union.

**1866** Se instala el cableado telegráfico trasatlántico, entre Norteamérica e Inglaterra, por la compañía Cyrus Field & Associates.

**1873** James C. Maxwell desarrolla las matemáticas necesarias para la teoría de las comunicaciones.

**1874** El francés Emile Baudot desarrolla el primer multiplexor telegráfico; permitía 6 usuarios simultáneamente sobre un mismo cable, los caracteres individuales eran divididos mediante un determinado código (protocolo).



**1876** Marzo 7, se otorga la patente #174,465 a Alexander Graham Bell. El nacimiento de la TELEFONÍA, la mayor contribución al mundo de las comunicaciones; se transmite el primer mensaje telefónico cuando G. Bell le llamó a su asistente, Thomas Watson, que se encontraba en el cuarto de al lado, y le dijo las inmortales palabras "Watson, come here; I want you."

Alexander G. Bell usó los circuitos existentes del telégrafo, pero usó corriente eléctrica para pasar de un estado de encendido a apagado y viceversa. La invención de Bell era sensitiva al sonido, de tal modo creaba

vibraciones en un diafragma receptor con el cual él esperaba que fuera entendido por la gente sorda y proveer comunicación entre ellos.

*Dibujo inicial del teléfono por Alexander G. Bell en 1876*

**1878** Primer enlace telefónico, en New Haven, Conn. con ocho líneas.

**1882** Se construye la primera pizarra telefónica manual (switchboard), llamada *Beehive*, desarrollada para una localidad centralizada que podría ser usada para interconectar varios usuarios por teléfono.

**1887** Telegrafía Inalámbrica, Heinrich Hertz comprueba la Teoría de Maxwell; Demostraciones de Marconi y Popov.

*Edison desarrolla un transductor de "botón de carbón"; Strower inventa la conmutación "paso a paso".*

**1888** Heinrich Rudolph Hertz demostró que las ondas electromagnéticas existían y que ellas podrían ser usadas para mover información a muy grandes distancias.

*Esto sería el predecesor de la propagación electromagnética o transmisión de radio.*

**1889** Almon B. Strowger, inventa el teléfono de marcado que se perfecciona en 1896.

*En el intervalo Strowger también desarrolla el primer conmutador telefónico automático (PABX), el cual consistía de cinco botones. El primer botón fue llamado "descolgado" (release), con el cual empieza el conmutador, el siguiente botón eran las centenas, y identifican el primer dígito de los números de 3 dígitos marcados. Este botón era presionado un número de veces para indicar el número marcado; y así sucesivamente las decenas y unidades.*

**1892** Se establece el primer enlace telefónico entre las ciudades de New York y Chicago.

**1896** Guglielmo Marconi obtuvo la patente sobre la tecnología de comunicaciones inalámbricas (la radio).

**1897** Se instalan líneas telefónicas por todo Estados Unidos.

**1898** En 1898 Marconi hace realidad la tecnología inalámbrica cuando él seguía la regata de Kingstown y manda un reporte a un periódico de Dublin, Irlanda.

**1899** Se desarrolla la teoría de la "Carga en los Cables" por Heaviside, Pupin y Campbell; Oliver Heaviside saca una publicación sobre cálculo operacional, circuitos y electromagnetismo.

**1904** Electrónica Aplicada al RADIO y TELÉFONO Lee De Forest inventa el Audion (triode) basado en el diodo de Flemming; se desarrollan filtros básicos por Campbells y otros.

**1915** Se hacen experimentos con radio difusión AM (Amplitud Modulada).

Primer línea telefónica transcontinental con repetidores electrónicos.

**1918** Debido a que el uso del teléfono se incrementaba día a día, era necesario desarrollar una metodología para combinar 2 o más canales sobre un simple alambre. Esto se le conoce como "multicanalización".

E.H. Armstrong perfecciona el radio receptor *superheterodyne*

Se establece la primera Estación de Radio FM, KDKA en Pittsburgh.

**1920-1928** Se desarrolla la "Teoría de transmisión señal a ruido" por J.R. Carson, H. Nyquist, J.B. Johnson, y R. V. Hartley.

**1923-1938** La tecnología de la TELEVISIÓN fue simultáneamente desarrollada por investigadores en los E.U., Unión soviética y la Gran Bretaña.

**1937** La BBC (British Broadcasting Corporation) obtiene el crédito por hacer la primer cobertura en por TV, al cubrir la sucesión de la corona del rey George VI en 1937.

**1931** Se inicia el servicio de Teletipo (predecesor del FAX).

**1934** Se crea la *Federal Communication Commision* (FCC) en los E.U., organismo que regula las comunicaciones en ese país. Roosevelt firma el acta.

**1936** Se descubre "Un método de reducción de disturbancias en señalización de radio por un sistema de modulación en frecuencia" por Edwin H. Armstrong, que propicia la creación de la radio FM.

**1937** Alec Reeves concibe la Modulación por Codificación de Pulsos (PCM) usada hoy en día en telefonía.

**1940** Primer computadora, llamada Z2 por Konrad Zuse (Alemania).

**1941** La FCC autoriza la primer licencia para la emisión de TV(formato NTSC, 525 líneas, 60 cuadros por segundo).

Se funda la primer estación de FM por Edwin H. Armstrong; Universidad de Columbia WKCR.

**1945** Aparece un artículo en la revista *Wireless World* escrito por el matemático británico, futurista y escritor de ciencia ficción Arthur C. Clarke (autor de la novela 2001: Odisea del espacio) donde propone la comunicación vía satélites artificiales.

**1948** Quizás el mayor evento en las comunicaciones del mundo ocurre, cuando Claude Shannon desarrolló su "*Teoría matemática de las comunicaciones*" Shannon desarrolla el concepto "Teoría de la Información".

**1948-1951** Es inventado el transistor por Bardeen, Brattain, y Shockley; con este descubrimiento se reduce significativamente el tamaño y la potencia de los equipos de comunicaciones.

**1950** Se establece el primer enlace de comunicaciones vía MICROONDAS, proviendo comunicaciones en un alto volumen a muy grandes distancias.

La multicanalización por División de Tiempo (TDM) es aplicada a la telefonía.

**1955** Narinders Kapany de la India descubre que una fibra de vidrio aislada puede conducir luz a gran distancia (primeros estudios sobre las fibras ópticas)

< satélite. por comunicaciones de sistema propone Pierce J.R.>

**1956** Primer cable telefónico transoceánico (36 canales de voz).

**1957** Octubre 4, es lanzado por la USSR el primer SATÉLITE artificial, llamado Sputnik.

**1958** Desarrollo de Sistemas de Transmisión de Datos a Larga Distancia para propósitos militares.

**1960** Aparecen los teléfonos de marcación por tonos.

Mainman demuestra el primer LASER.

**1961** Los circuitos integrados entran a producción comercial.

**1962** Es lanzado el satélite Telstar I por la NASA, fue el primer satélite comercial.

*Permitió comunicaciones entre Europa y Norteamérica por solo pocas horas al día.*

**1962-1966** El nacimiento de las comunicaciones digitales de alta velocidad. El servicio de la transmisión de datos es ofrecido comercialmente; canales de banda ancha para señales digitales; PCM es usada para transmisión de TV y voz.

**1963** Se perfecciona los osciladores de microondas de Estado Sólido por Gunn.

**1964** Fue formado INTELSAT (International Telecommunications Satellite Organization).

**1965** INTELSAT lanza el satélite Pajaro Madrugador (Early Bird).

*Permitió los primeros intercambios de programación de T.V. entre Norteamérica y Europa.*

El satélite Mariner IV transmite las primeras imágenes de Marte.

**1969** Enero 2, el gobierno de los Estados Unidos le da vida a INTERNET cuando un equipo de científicos empiezan a hacer investigaciones en redes de computadoras. La investigación fue fundada

por la *Advanced Research Projects Agency -ARPA*, una organización del Departamento de Defensa de los E.U., mejor conocida como ARPANET.

**1970** Canadá y Estados Unidos desarrollaron satélites para comunicaciones dentro de Norteamérica.

**1971** En noviembre de 1971, primer microprocesador comercial fabricado por Intel Inc. modelo 4004 (costo \$ 200 dls, 2,300 transistores, 0.06 MIPS).

**1972** Noviembre 9, Canada lanza su primer satélite ANIK.

**1974** Estados Unidos lanza los satélites Western Union's Westar I & II.

Ambos, Westar I & II y ANIK contaban con una docena de canales de televisión. (en comparación con el pájaro madrugador que solo contaba con un solo canal).

**1975** La compañía RCA entra al negocio de las comunicaciones espaciales con el lanzamiento de SATCOM I.

*Este fue el primer satélite con 24 canales, y que más tarde contaría con más de 57,000 subscriptores registrados.*

El 30 de septiembre *Home Box Office* (HBO) comienza el primer servicio de TV distribuido por satélite. En esta ocasión HBO transmitió el campeonato mundial de Box entre Muhammad Ali y Joe Frazier desde Manila, a la cual titularon "The Thriller in Manila".

**1976** Ted Turner, un propietario de la estación de TV independiente WTBS (Turner Broadcast Service) de la Ciudad de Atlanta, empieza a transmitir TV vía satélite a través de todo Estados Unidos. Empieza así la primer Super Estación de TV.

**1979** Se crea el consorcio INMARSAT (INternational MARitime SATellite organization), provee comunicaciones y servicios de navegación a embarcaciones vía satélite.

**1980** Es adoptado el estándar internacional para fax (Grupo III), hasta la fecha usado para transmisión de facsímil.

*Bell System* (hoy AT&T) introduce las fibras ópticas a la telefonía.

Septiembre, se presentan las especificaciones de la red *Ethernet*, definidas por Robert Meltcalfe en PARC (Palo Alto Reseach Center) de Xerox, aunado a DEC e Intel.

**1981** Nace la TELEFONÍA CELULAR

**1981** Nace la Televisión de Alta definición HDTV

**1983** La FCC aprueba la tecnología de televisión vía microondas MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service).

En E.U., primer teléfono celular con tecnología analógica.

**1985** México lanza su primer satélite llamado *Morelos I*.

**1988** En EU la FCC aprueba la HDTV, al año siguiente Japón empieza a usar dicha tecnología.

**1989** Es lanzado el segundo satélite mexicano *Morelos II*.

**1993** En EU, comienza la telefonía celular con tecnología digital.

Intel Corp. introduce al mercado el procesador PENTIUM. Al año siguiente, los usuarios comienzan a detectar fallas en el microprocesador, lo que crea una gran controversia.

El presidente de los E.U. se convierte en el primer mandatario en usar Internet al mandar un mensaje electrónico; su dirección electrónica es *president@whitehouse.gov*.

En Noviembre es lanzado el satélite Solidaridad I. (éste sustituye al Morelos I)

**1994** Es puesto en órbita el satélite Solidaridad II.

*Ambos satélites tienen una vida estimada útil de 14 años y operan en las bandas C, Ku, y L.*

**1995** Junio 7, se publica la Ley Federal de Telecomunicaciones en México.

**1996** En Octubre, USRobotics introduce la tecnología X2 para modems, con velocidades de 56 Kbps.

**1997** Enero 1, Comienza la apertura telefónica (de larga dist.) en México.

Licitación del espectro para Televisión por MMDS y PCS en México.

Empieza la comercialización de ADSL en EU.

La ITU estandariza los modems de 56 Kbps (recomendación V.90)

**1998** En Noviembre'98 septiembre comienzan los servicios del sistema de satélites de órbita baja (LEO) Iridium;

En Diciembre 4, México lanzó el quinto satélite (SATMEX V) que reemplazará al Morelos II.

### **MODELO DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES**

La *Comunicación* es la transferencia de *información con sentido* desde un lugar (remitente, fuente, originador, fuente, transmisor) a otro lugar (destino, receptor). Por otra parte *Información* es un patrón físico al cual se le ha asignado un significado comúnmente acordado. El patrón debe ser único (separado y distinto), capaz de ser enviado por el transmisor, y capaz de ser detectado y entendido por el receptor.

Si la información es intercambiada entre comunicadores humanos, por lo general se transmite en forma de sonido, luz o patrones de textura en forma tal que pueda ser detectada por los sentidos primarios del oído, vista y tacto. El receptor asumirá que no se está comunicando información si no se reciben patrones reconocibles.

En la siguiente figura se muestra un diagrama a bloques del *modelo básico* de un sistema de comunicaciones, en éste se muestran los principales componentes que permiten la comunicación.



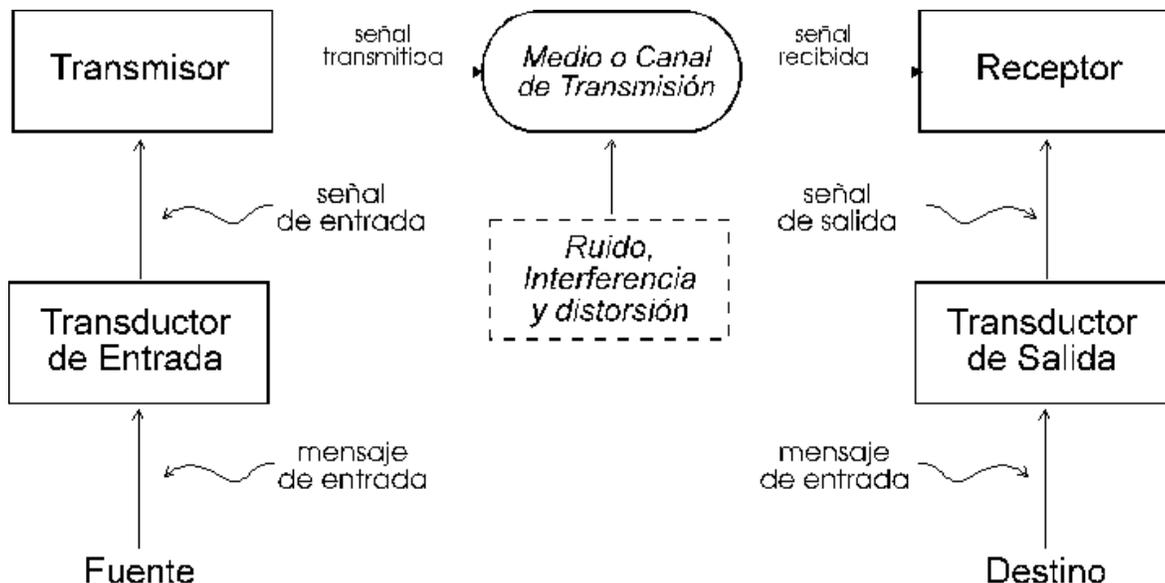
## ELEMENTOS DEL SISTEMA

En toda comunicación existen tres elementos básicos (imprescindibles uno del otro) en un sistema de comunicación: el transmisor, el canal de transmisión y el receptor. Cada uno tiene una función característica.

El **Transmisor** pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante es la *modulación*, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

El **Canal de Transmisión** o medio es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la *atenuación*, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

La función del **Receptor** es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de *amplificación*. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la *demodulación*, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.



**Definiciones de términos básicos utilizados en las telecomunicaciones:**

**Sistema de transmisión de datos:** El conjunto de componentes que hacen posible la conducción de señales de datos, en uno o en varios sentidos, utilizando, para ello, vías las generales de telecomunicación.

**Señal:** Cualquier evento que lleve implícita cierta *información*.

**Canal:** Medio por el cual se transmite la *información*.

**Transductor:** Dispositivo que convierte algún tipo de energía en una *señal eléctrica*.

**Decibel:** Unidad para medir la intensidad relativa de una señal, tal como potencia, voltaje, etc. El número de decibeles es diez veces el logaritmo (base 10) de la relación de la cantidad medida al nivel de referencia.

**Modulación:** Proceso mediante el cual se utiliza la *señal de banda base* para modificar algún parámetro de una *señal portadora* de mayor frecuencia.

**Señal portadora:** Señal senoidal de alta frecuencia a la cual usualmente se hace que varíe alguno de sus parámetros (*amplitud, frecuencia, fase*), en proporción a la señal de banda base.

**Modulación en Amplitud (AM):** En este tipo de modulación, el parámetro de la portadora que varía es su amplitud.

**Modulación en Frecuencia (FM):** En este tipo de modulación, el parámetro de la portadora que varía es su frecuencia.

**Modulación en Fase (PM):** En este tipo de modulación, el parámetro de la portadora que varía es su fase.

**Señal de banda base:** La señal eléctrica que se obtiene directamente desde la fuente del mensaje (no tiene ningún tipo de *modulación*).

**Señal analógica:** Aquella señal cuya forma de onda es continua.

**Señal digital:** Aquella señal cuya forma de onda es discreta.

**Periodo:** Es el tiempo requerido para un ciclo completo de una señal eléctrica o evento.

**Frecuencia:** Representa el número de ciclos completos por unidad de tiempo de una señal eléctrica. Se expresa generalmente en Hertz (ciclos/segundo).

**Longitud de Onda:** Es la longitud en metros que existe entre cresta y cresta de una señal eléctrica. La longitud de onda es igual a la velocidad de la luz entre la frecuencia.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Donde: *es la longitud de onda en mts.*  
*c es la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  mts/seg)*  
*f es la frecuencia (1Hertz=1/seg)..*

**Atenuación:** Disminución gradual de la amplitud de una señal, pérdida o reducción de amplitud de una señal al pasar a través de un circuito o canal, debida a resistencias, fugas, etc. Puede definirse en términos de su efecto sobre el voltaje, intensidad o potencia. Se expresa en decibeles sobre unidad de longitud.

**Filtro pasa baja:** Es un arreglo de componentes electrónicos que solo deja pasar las frecuencias menores a la frecuencias de corte.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Donde:  *$f_c$  es la frecuencia de corte en Hz*  
*R es la resistencia en ohms, y*  
*C es la capacitancia en faradios.*

**Filtro pasa alta:** Es un arreglo de componentes electrónicos que solo deja pasar las frecuencias mayores a la frecuencias de corte.

**Filtro pasa banda:** Circuito que sólo permite el paso de las frecuencias comprendidas en cierta banda y que al mismo tiempo atenúa en alto grado todas las frecuencias ajenas a esta banda.

**Ancho de banda del Canal:** Es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad.

**Ancho de banda de una señal:** Es el rango de frecuencias que contienen la mayor cantidad de potencia de la señal.

**Límitaciones de los canales de comunicación:** *Ruido*, y la *Capacidad del canal*.

**Ruido:** Toda energía eléctrica que contamina la señal deseada (ruido térmico, ruido eléctrico, interferencia, distorsión, etc.).

**Interferencia:** Es cualquier perturbación en la recepción de una señal en forma natural o artificial (hecha por el hombre) causada por señales indeseables.

**Relación señal a ruido:** Relación de la potencia de la señal deseada a la potencia de ruido en un punto específico y para unas condiciones específicas en un punto dado.

**Capacidad del Canal:** Índice de transmisión de información por segundo.

Esta dado por la ecuación de Shannon:

$$C = B \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{S}{R} \right) \text{ bits / seg}$$

Donde:  $C$  es la capacidad del canal en bps.

$B$  es el ancho de banda en Hz

$S/R$  es la relación señal a ruido en dB

**Espectro radioeléctrico:** Gama de frecuencias que permite la propagación de las ondas electromagnéticas. La asignación de estas frecuencias está estandarizada por organismos internacionales.

### **CONTAMINACIONES DE LA SEÑAL**

Durante la transmisión de la señal ocurren ciertos efectos no deseados. Uno de ellos es la atenuación, la cual reduce la intensidad de la señal; sin embargo, son más serios la distorsión, la interferencia y el ruido, los cuales se manifiestan como alteraciones de la forma de la señal. Al introducirse estas contaminaciones al sistema, es una práctica común y conveniente imputárselas, pues el transmisor y el receptor son considerados ideales. En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como "ruido", y algunas veces es difícil distinguir las diferentes causas que originan una señal contaminada. Existen buenas razones y bases para separar estos tres efectos, de la manera siguiente:

**Distorsión:** Es la alteración de la señal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse.

**Interferencia:** Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es particularmente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de la interferencia es obvia; eliminar en una u otra forma la señal interferente o su fuente. En este caso es posible una solución perfecta, si bien no siempre práctica.

**Ruido:** Por ruido se debe de entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando estas señales se agregan a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente. Por supuesto que podemos decir lo mismo en relación a la interferencia y la distorsión y en cuanto al ruido que no puede ser eliminado nunca completamente, ni aún en teoría

### **MODULACIÓN**

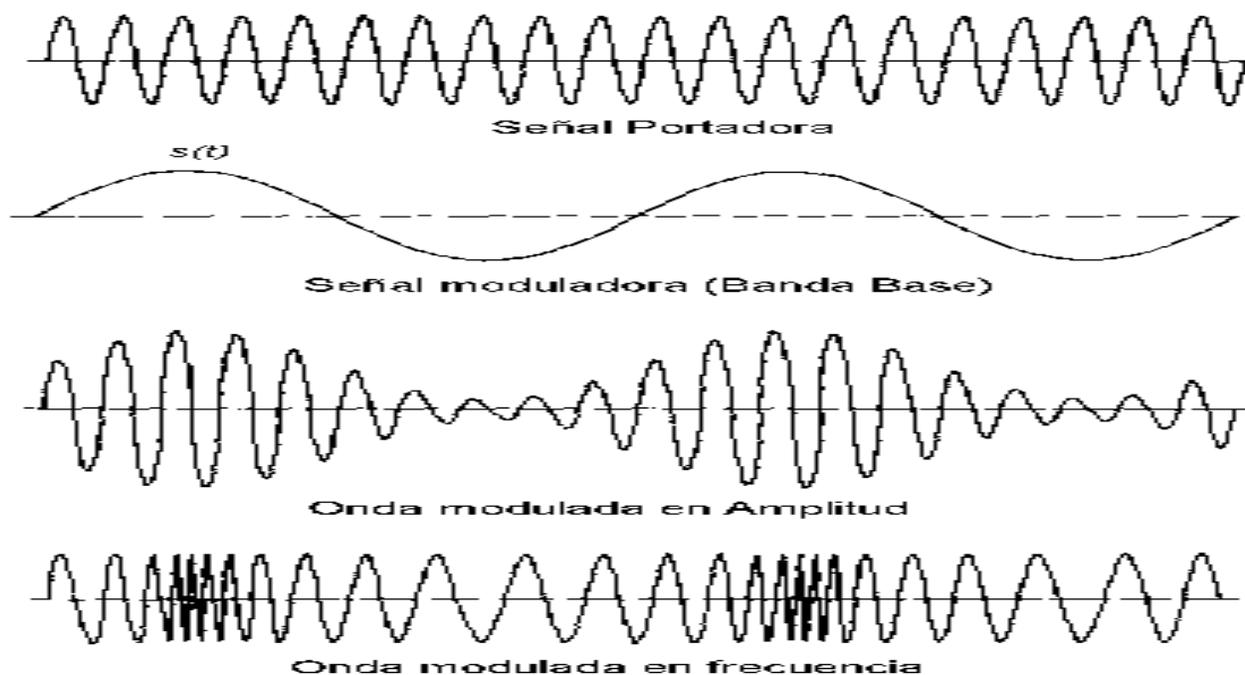
Muchas señales de entrada no pueden ser enviadas directamente hacia el canal, como vienen del transductor. Para eso se modifica una onda portadora, cuyas propiedades se adaptan mejor al medio de comunicación en cuestión, para representar el mensaje.

Definiciones:

*"La modulación es la alteración sistemática de una onda portadora de acuerdo con el mensaje (señal modulada) y puede ser también una codificación"*

*"Las señales de banda base producidas por diferentes fuentes de información no son siempre adecuadas para la transmisión directa a través de un canal dado. Estas señales son en ocasiones fuertemente modificadas para facilitar su transmisión."*

Una portadora es una senoide de alta frecuencia, y uno de sus parámetros (tal como la amplitud, la frecuencia o la fase) se varía en proporción a la señal de banda base  $s(t)$ . De acuerdo con esto, se obtiene la modulación en amplitud (AM), la modulación en frecuencia (FM), o la modulación en fase (PM). La siguiente figura muestra una señal de banda base  $s(t)$  y las formas de onda de AM y FM correspondientes. En AM la amplitud de la portadora varía en proporción a  $s(t)$ , y en FM, la frecuencia de la portadora varía en proporción a  $s(t)$ .



Es interesante hacer hincapié en que muchas formas de comunicación no eléctricas también encierran un proceso de modulación, y la voz es un buen ejemplo. Cuando una persona habla, los movimientos de la boca ocurren de una manera mas bien lenta, del orden de los 10 Hz, que realmente no pueden producir ondas acústicas que se propaguen. La transmisión de la voz se hace por medio de la generación de tonos portadores, de alta frecuencia, en las cuerdas vocales, tonos que son modulados por los músculos y órganos de la cavidad oral. Lo que el oído capta como voz, es una onda acústica modulada, muy similar a una onda eléctrica modulada.

### ¿PORQUE SE MODULA?

Existen varias razones para modular, entre ellas:

- Facilita la PROPAGACIÓN de la señal de información por cable o por el aire.
- Ordena el RADIOESPECTRO, distribuyendo *canales* a cada información distinta.
- Disminuye DIMENSIONES de antenas.
- Optimiza el ancho de banda de cada canal
- Evita INTERFERENCIA entre canales.
- Protege a la Información de las degradaciones por RUIDO.
- Define la CALIDAD de la información transmitida.

**Modulación para facilidad de radiación:** Una radiación eficiente de energía electromagnética requiere de elementos radiadores (antenas) cuyas dimensiones físicas serán por lo menos de 1/10 de su *longitud de onda*. Pero muchas señales, especialmente de audio, tienen componentes de frecuencia del orden de los 100 Hz o menores, para lo cual necesitarían antenas de unos 300 km de longitud si se radiaran directamente. Utilizando la propiedad de traslación de frecuencias de la modulación, estas señales se pueden sobreponer sobre una portadora de alta frecuencia, con lo que se logra una reducción sustancial del tamaño de la antena. Por ejemplo, en la banda de radio de FM, donde las portadoras están en el intervalo de 88 a 108 MHz, las antenas no deben ser mayores de un metro.

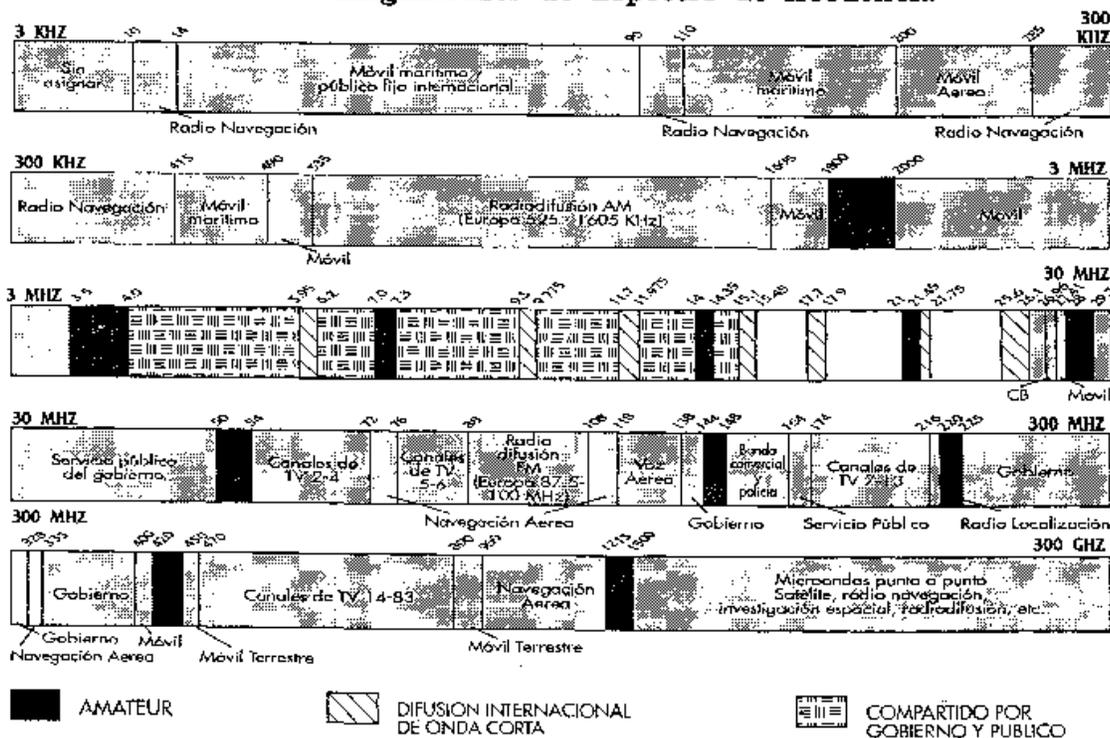
$$\lambda = \frac{c}{f}$$

donde  $\lambda$  es la longitud de onda en mts  
 $c$  es la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8$  m/s)  
 $f$  es la frecuencia en Hz

**Modulación para reducir el ruido y la interferencia:** Se ha dicho que es imposible eliminar totalmente el ruido del sistema. Y aunque es posible eliminar la interferencia, puede no ser práctico. Por fortuna, ciertos tipos de modulación tiene la útil propiedad de suprimir tanto el ruido como la interferencia. La supresión, sin embargo, ocurre a un cierto precio; generalmente requiere de un ancho de banda de transmisión mucho mayor que el de la señal original; de ahí la designación del ruido de banda ancha. Este convenio de ancho de banda para la reducción del ruido es uno de los intereses y a veces desventajosos aspectos del diseño de un sistema de comunicación.

**Modulación por asignación de frecuencia:** El propietario de un aparato de radio o televisión puede seleccionar una de varias estaciones, aún cuando todas las estaciones estén transmitiendo material de un programa similar en el mismo medio de transmisión. Es posible seleccionar y separar cualquiera de las estaciones, dado que cada una tiene asignada una frecuencia portadora diferente. Si no fuera por la modulación, solo operaría una estación en un área dada. Dos o más estaciones que transmitan directamente en el mismo medio, sin modulación, producirán una mezcla inútil de señales interferentes.

### Asignaciones de Espectro de frecuencia



**Modulación para multicanalización:** A menudo se desea transmitir muchas señales en forma simultánea entre dos puntos. Las técnicas de multicanalización son formas intrínsecas de modulación, permiten la transmisión de múltiples señales sobre un canal, de tal manera que cada señal puede ser captada en el extremo receptor. Las aplicaciones de la multicanalización comprenden telemetría de datos, emisión de FM estereofónica y telefonía de larga distancia. Es muy común, por ejemplo, tener hasta 1,800 conversaciones telefónicas de ciudad a ciudad, multicanalizadas y transmitidas sobre un cable coaxial de un diámetro menor de un centímetro.

**Modulación para superar las limitaciones del equipo:** El diseño de un sistema queda generalmente a la disponibilidad de equipo, el cual a menudo presenta inconvenientes en relación con las frecuencias involucradas. La modulación se puede usar para situar una señal en la parte del espectro de frecuencia donde las limitaciones del equipo sean mínimas o donde se encuentren más fácilmente los requisitos de diseño. Para este propósito, los dispositivos de modulación se encuentran también en los receptores, como ocurre en los transmisores.

### ¿ COMO SE MODULA ?

Frecuentemente se utilizan dispositivos electrónicos SEMICONDUCTORES con características no lineales (diodos, transistores, bulbos), resistencias, inductancias, capacitores y combinaciones entre ellos. Estos realizan procesos eléctricos cuyo funcionamiento es descrito de su representación matemática.

$$s(t) = A \sin (wt + @ )$$

*donde: A es la amplitud de la portadora (volts)  
w es la frecuencia angular de la portadora (rad/seg)  
@ ángulo de fase de la portadora (rad)*

### ¿ QUE TIPOS DE MODULACIÓN EXISTEN ?

Existen básicamente dos tipos de modulación: la modulación ANALÓGICA, que se realiza a partir de señales analógicas de información, por ejemplo la voz humana, audio y video en su forma eléctrica y la modulación DIGITAL, que se lleva a cabo a partir de señales generadas por fuentes digitales, por ejemplo una computadora.

- Modulación Analógica: AM, FM, PM
- Modulación Digital: ASK, FSK, PSK, QAM

### ¿ COMO AFECTA EL CANAL A LA SEÑAL ?

Depende del medio o canal, ya que hay unos mejores que otros, aunque también depende del tipo de modulación y aplicación.

Los principales efectos que sufre la señal al propagarse son:

- Atenuación
- Desvanecimiento
- Ruido Blanco aditivo
- Interferencia externa
- Ruido de fase
- Reflexión de señales
- Refracción
- Difracción
- Dispersión

### ¿ QUE RELACIÓN EXISTE ENTRE LA MODULACIÓN Y EL CANAL ?

El canal influye fuertemente en la elección del tipo de modulación de un sistema de comunicaciones, principalmente debido al ruido.

- CANAL: Ruido, Distorsión, Interferencia y Atenuación.
- MODULACIÓN: Inmunidad al ruido, Protege la calidad de la información, Evita interferencia.

### **LIMITACIONES FUNDAMENTALES EN LA COMUNICACIÓN ELÉCTRICA**

En el diseño de un sistema de comunicación o de cualquier sistema para esta materia, el ingeniero se coloca frente a dos clases generales de restricciones: por un lado, los factores tecnológicos, es decir, los factores vitales de la ingeniería y por otra parte, las limitaciones físicas fundamentales impuestas por el propio sistema, o sean, las leyes de la naturaleza en relación con el objetivo propuesto.

Puesto que la ingeniería es, o debe ser, el arte de lo posible, ambas clases de restricciones deben ser analizadas al diseñar el sistema. Hay más de una diferencia, pues los problemas tecnológicos son problemas de practicabilidad que incluyen consideraciones tan diversas como disponibilidad del equipo, interacción con sistemas existentes, factores económicos, etc., problemas que pueden ser resueltos en teoría, aunque no siempre de manera práctica. Pero las limitaciones físicas fundamentales son justamente eso; cuando aparecen en primer plano, no existen recursos, incluso en teoría. No obstante, los problemas tecnológicos son las limitaciones que en última instancia señalan si pueden o no ser salvadas. Las limitaciones fundamentales en la transmisión de la información por medios eléctricos son el *ancho de banda* y el *ruido*.

#### **La limitación del ancho de banda**

La utilización de sistemas eficientes conduce a una reducción del tiempo de transmisión, es decir, que se transmite una mayor información en el menor tiempo. Una transmisión de información rápida se logra empleando señales que varían rápidamente con el tiempo. Pero estamos tratando con un sistema eléctrico, el cual cuenta con energía almacenada; y hay una ley física bien conocida que expresa que en todos los sistemas, excepto en los que no hay pérdidas, un cambio en la energía almacenada requiere una cantidad definida de tiempo. Así, no podemos incrementar la velocidad de la señalización en forma arbitraria, ya que en consecuencia el sistema dejará de responder a los cambios de la señal.

Una medida conveniente de la velocidad de la señal es su ancho de banda, o sea, el ancho del espectro de la señal. En forma similar, el régimen al cual puede un sistema cambiar energía almacenada, se refleja en su respuesta de frecuencia útil, medida en términos del ancho de banda del sistema. La transmisión de una gran cantidad de información en una pequeña cantidad de tiempo, requiere señales de banda ancha para representar la información y sistemas de banda ancha para acomodar las señales. Por lo tanto, dicho ancho de banda surge como una limitación fundamental.

Cuando se requiere de una transmisión en tiempo real, el diseño debe asegurar un adecuado ancho de banda del sistema. Si el ancho de banda es insuficiente, puede ser necesario disminuir la velocidad de señalización, incrementándose así el tiempo de transmisión. A lo largo de estas mismas líneas debe recalcar que el diseño de equipo no es con mucho un problema de ancho de banda absoluto o fraccionario, o sea, el ancho de banda absoluto dividido entre la frecuencia central. Si con una señal de banda ancha se modula una portadora de alta frecuencia, se reduce el ancho de banda fraccional y con ello se simplifica el diseño del equipo. Esta es una razón por que en señales de TV cuyo ancho de banda es de cerca de 6 MHz se emiten sobre portadoras mucho mayores que en la transmisión de AM, donde el ancho de banda es de aproximadamente 10 Hz.

Asimismo, dado un ancho de banda fraccionario, resultado de las consideraciones del equipo, el ancho de banda absoluto puede incrementarse casi indefinidamente yendo hasta frecuencias portadoras mayores. Un sistema de microondas de 5 GHz puede acomodar 10,000 veces más información en un periodo determinado que una portadora de radiofrecuencia de 500 KHz, mientras que un rayo láser cuya frecuencia sea de  $5 \times 10^{14}$  Hz tiene una capacidad teórica de información que excede al sistema de microondas en un factor de  $10^5$ , o sea, un equivalente aproximado de 10 millones de canales de TV. Por ello es que los ingenieros en comunicaciones están investigando constantemente fuentes de portadoras de altas frecuencias nuevas y utilizables para compensar el factor ancho de banda.

### La limitación ruido

El éxito en la comunicación eléctrica depende de la exactitud con la que el receptor pueda determinar cual señal es la que fue realmente transmitida, diferenciandola de las señales que podrían haber sido transmitidas. Una identificación perfecta de la señal sería posible solo en ausencia de ruido y otras contaminaciones, pero el ruido existe siempre en los sistemas eléctricos y sus perturbaciones sobrepuestas limitan nuestra habilidad para identificar correctamente la señal que nos interesa y así, la transmisión de la información.

¿ Pero porqué es inevitable el ruido? Detalle curioso, la respuesta proviene de la teoría cinética. Cualquier partícula a una temperatura diferente de cero absoluto, posee una energía térmica que se manifiesta como movimiento aleatorio o agitación térmica. Si la partícula es un electrón, su movimiento aleatorio origina una corriente aleatoria. Luego, si esta corriente aleatoria ocurre en un medio conductor, se produce un voltaje aleatorio conocido como *ruido térmico* o *ruido de resistencia*. Mientras el ruido de resistencia es solo una de las posibles fuentes en un sistema, muchos otros están relacionados, en una u otra forma, el movimiento electrónico aleatorio. Más aún, como era de esperarse de la dualidad onda-partícula, existe ruido térmico asociado con la radiación electromagnética. *En consecuencia, como no podemos tener comunicación eléctrica sin electrones u ondas electromagnéticas, tampoco podemos tener comunicación eléctrica sin ruido.*

Las variaciones de ruido típicas son muy pequeñas, del orden de los microvolts. Si las variaciones de la señal son sustancialmente mayores, digamos varios volts pico a pico, el ruido puede ser ignorado. En realidad, en sistemas ordinarios bajo condiciones ordinarias, la relación señal a ruido es bastante grande para que el ruido no sea perceptible. Pero en sistemas de amplio régimen o de potencia mínima, la señal recibida puede ser tan pequeña como el ruido o más. Cuando esto suceda, la limitación por ruido resulta muy real.

Es importante señalar que si la intensidad de la señal es insuficiente, añadir más pasos de amplificación en el receptor no resuelve nada; el ruido sería amplificado junto con la señal, lo cual no mejora la relación señal a ruido. Aumentar la potencia transmitida ayuda, pero la potencia no se puede incrementar en forma indefinida por razón de problemas tecnológicos. (no de los primeros cables trasatlánticos se deteriora por una ruptura ocasionada por un alto voltaje, aplicado en un esfuerzo por obtener señales útiles en el punto de recepción) En forma alterna, como se menciona el principio, podemos permutar el ancho de banda por la relación señal a ruido por medio de técnicas de modulación y codificación. No es de sorprender que la más efectiva de estas técnicas generalmente sea la más costosa y difícil de instrumentar. Nótese también que el trueque del ancho de banda por la relación señal a ruido puede llevarnos de una limitación a otra.

En el análisis final, dado un sistema con ancho de banda y relación señal a ruido fijos, existe un límite superior definido, al cual puede ser transmitida la información por el sistema. Este límite superior se conoce con el nombre de capacidad de información y es uno de los conceptos centrales de la teoría de la información. Como la capacidad es finita, se puede decir con apego a la verdad, que el diseño

del sistema de comunicación es un asunto de compromiso; un compromiso entre tiempo de transmisión, potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido; compromiso de lo más restringido por los problemas tecnológicos.

### **Teorema de Nyquist (Teorema de muestreo)**

Desarrollado por H. Nyquist, quien afirmaba que "una señal analógica puede ser reconstruida, sin error, de muestras tomadas en iguales intervalos de tiempo. La razón de muestreo debe ser igual, o mayor, al doble de su ancho de banda de la señal analógica".



La teoría del muestreo define que para una señal de ancho de banda limitado, la frecuencia de muestreo,  $f_m$ , debe ser mayor que dos veces su ancho de banda [B] medida en Hertz [Hz].

$$f_m > 2 \cdot B$$

Supongamos que la señal a ser digitalizada es la voz...el ancho de banda de la voz es de 4,000 Hz aproximadamente. Entonces, su razón de muestreo será  $2 \cdot B = 2 \cdot (4,000 \text{ Hz})$ , es igual a 8000 Hz, equivalente a 8,000 muestras por segundo (1/8000). Entonces la razón de muestreo de la voz debe ser de **al menos** 8000 Hz, para que puede regenerarse sin error.

La frecuencia  $2 \cdot B$  es llamada la razón de muestreo de Nyquist. La mitad de su valor, es llamada algunas veces la frecuencia de Nyquist.

El teorema de muestreo fue desarrollado en 1928 por Nyquist y probado matemáticamente por Claude Shannon en 1949.

---

### **Ejemplos prácticos:**

El en área de la MÚSICA, a veces es necesario convertir material analógico [en acetato, cassetes, cintas magnéticas, etc] a formato digital [en CD, DVD]. Los ingenieros de sonido pueden definir el rango de frecuencia de interés.

Como resultado, los filtros analógicos son algunas veces usados para remover los componentes de frecuencias fuera del rango de interés antes de que la señal sea muestreada.

Por ejemplo, el oído humano puede detectar sonidos en el rango de frecuencias de 20 Hz a 20 KHz. De acuerdo al teorema de muestreo, uno puede muestrear la señal al menos a 40 KHz para reconstruir la señal de sonido aceptable al oído humano. Los componentes más arriba de 40 KHz no podrán ser detectados y podrían contaminar la señal. Estos componentes arriba de los 40 KHz son removidos a través de filtros *pasa banda* o filtros *pasa bajas*.

Algunos de las razones de muestreos utilizadas para grabar música digital son las siguientes:

#### **Razón de muestreo/ Frecuencia de Nyquist**

22,050 kHz = 11,025 kHz (Nyquist)

24,000 kHz = 12,000 kHz

30,000 kHz = 15,000 kHz

44,100 kHz = 22,050 kHz

48,000 kHz = 24,000 kHz

Es muy importante tomar en consideración que la frecuencia más alta del material de audio será grabada. Si la frecuencia de 14,080 Hz es grabada, una razón de muestreo de 44.1 kHz deberá ser la opción elegida. 14,080 Hz cae dentro del rango de Nyquist de 44.1 kHz el cual es 22.05 kHz.

La razón de muestreo elegida determina el ancho de banda del audio de la grabadora usada. Considerando que el rango del oído es de 20 Hz a 20 kHz, una razón de muestreo de 44.1 kHz teóricamente deberá satisfacer las necesidades de audio.

## **LIMITACIONES FUNDAMENTALES EN LA COMUNICACIÓN ELÉCTRICA**

En el diseño de un sistema de comunicación o de cualquier sistema para esta materia, el ingeniero se coloca frente a dos clases generales de restricciones: por un lado, los factores tecnológicos, es decir, los factores vitales de la ingeniería y por otra parte, las limitaciones físicas fundamentales impuestas por el propio sistema, o sean, las leyes de la naturaleza en relación con el objetivo propuesto.

Puesto que la ingeniería es, o debe ser, el arte de lo posible, ambas clases de restricciones deben ser analizadas al diseñar el sistema. Hay más de una diferencia, pues los problemas tecnológicos son problemas de practicabilidad que incluyen consideraciones tan diversas como disponibilidad del equipo, interacción con sistemas existentes, factores económicos, etc., problemas que pueden ser resueltos en teoría, aunque no siempre de manera práctica. Pero las limitaciones físicas fundamentales son justamente eso; cuando aparecen en primer plano, no existen recursos, incluso en teoría. No obstante, los problemas tecnológicos son las limitaciones que en última instancia señalan si pueden o no ser salvadas. Las limitaciones fundamentales en la transmisión de la información por medios eléctricos son el *ancho de banda* y el *ruido*.

### **La limitación del ancho de banda**

La utilización de sistemas eficientes conduce a una reducción del tiempo de transmisión, es decir, que se transmite una mayor información en el menor tiempo. Una transmisión de información rápida se logra empleando señales que varían rápidamente con el tiempo. Pero estamos tratando con un sistema eléctrico, el cual cuenta con energía almacenada; y hay una ley física bien conocida que expresa que en todos los sistemas, excepto en los que no hay pérdidas, un cambio en la energía almacenada requiere una cantidad definida de tiempo. Así, no podemos incrementar la velocidad de la señalización en forma arbitraria, ya que en consecuencia el sistema dejará de responder a los cambios de la señal.

Una medida conveniente de la velocidad de la señal es su ancho de banda, o sea, el ancho del espectro de la señal. En forma similar, el régimen al cual puede un sistema cambiar energía almacenada, se refleja en su respuesta de frecuencia útil, medida en términos del ancho de banda del sistema. La transmisión de una gran cantidad de información en una pequeña cantidad de tiempo, requiere señales de banda ancha para representar la información y sistemas de banda ancha para acomodar las señales. Por lo tanto, dicho ancho de banda surge como una limitación fundamental.

Cuando se requiere de una transmisión en tiempo real, el diseño debe asegurar un adecuado ancho de banda del sistema. Si el ancho de banda es insuficiente, puede ser necesario disminuir la velocidad de señalización, incrementándose así el tiempo de transmisión. A lo largo de estas mismas líneas debe recalcar que el diseño de equipo no es con mucho un problema de ancho de banda absoluto o fraccionario, o sea, el ancho de banda absoluto dividido entre la frecuencia central. Si con una señal de banda ancha se modula una portadora de alta frecuencia, se reduce el ancho de banda fraccional y con ello se simplifica el diseño del equipo. Esta es una razón por que en señales de TV cuyo ancho de banda es de cerca de 6 MHz se emiten sobre portadoras mucho mayores que en la transmisión de AM, donde el ancho de banda es de aproximadamente 10 Hz.

Asimismo, dado un ancho de banda fraccionario, resultado de las consideraciones del equipo, el ancho de banda absoluto puede incrementarse casi indefinidamente yendo hasta frecuencias portadoras mayores. Un sistema de microondas de 5 GHz puede acomodar 10,000 veces más información en un periodo determinado que una portadora de radiofrecuencia de 500 KHz, mientras que un rayo láser cuya frecuencia sea de  $5 \times 10^{14}$  Hz tiene una capacidad teórica de información que excede al sistema de microondas en un factor de  $10^5$ , o sea, un equivalente aproximado de 10 millones de canales de TV. Por ello es que los ingenieros en comunicaciones están investigando constantemente fuentes de portadoras de altas frecuencias nuevas y utilizables para compensar el factor ancho de banda.

## La limitación ruido

El éxito en la comunicación eléctrica depende de la exactitud con la que el receptor pueda determinar cual señal es la que fue realmente transmitida, diferenciandola de las señales que podrían haber sido transmitidas. Una identificación perfecta de la señal sería posible solo en ausencia de ruido y otras contaminaciones, pero el ruido existe siempre en los sistemas eléctricos y sus perturbaciones sobrepuestas limitan nuestra habilidad para identificar correctamente la señal que nos interesa y así, la transmisión de la información.

¿ Pero porqué es inevitable el ruido? Detalle curioso, la respuesta proviene de la teoría cinética. Cualquier partícula a una temperatura diferente de cero absoluto, posee una energía térmica que se manifiesta como movimiento aleatorio o agitación térmica. Si la partícula es un electrón, su movimiento aleatorio origina una corriente aleatoria. Luego, si esta corriente aleatoria ocurre en un medio conductor, se produce un voltaje aleatorio conocido como *ruido térmico* o *ruido de resistencia*. Mientras el ruido de resistencia es solo una de las posibles fuentes en un sistema, muchos otros están relacionados, en una u otra forma, el movimiento electrónico aleatorio. Más aún, como era de esperarse de la dualidad onda-partícula, existe ruido térmico asociado con la radiación electromagnética. *En consecuencia, como no podemos tener comunicación eléctrica sin electrones u ondas electromagnéticas, tampoco podemos tener comunicación eléctrica sin ruido.*

Las variaciones de ruido típicas son muy pequeñas, del orden de los microvolts. Si las variaciones de la señal son sustancialmente mayores, digamos varios volts pico a pico, el ruido puede ser ignorado. En realidad, en sistemas ordinarios bajo condiciones ordinarias, la relación señal a ruido es bastante grande para que el ruido no sea perceptible. Pero en sistemas de amplio régimen o de potencia mínima, la señal recibida puede ser tan pequeña como el ruido o más. Cuando esto suceda, la limitación por ruido resulta muy real.

Es importante señalar que si la intensidad de la señal es insuficiente, añadir más pasos de amplificación en el receptor no resuelve nada; el ruido sería amplificado junto con la señal, lo cual no mejora la relación señal a ruido. Aumentar la potencia transmitida ayuda, pero la potencia no se puede incrementar en forma indefinida por razón de problemas tecnológicos. (no de los primeros cables

trasatlánticos se deteriora por una ruptura ocasionada por un alto voltaje, aplicado en un esfuerzo por obtener señales útiles en el punto de recepción) En forma alterna, como se menciona el principio, podemos permutar el ancho de banda por la relación señal a ruido por medio de técnicas de modulación y codificación. No es de sorprender que la más efectiva de estas técnicas generalmente sea la más costosa y difícil de instrumentar. Nótese también que el trueque del ancho de banda por la relación señal a ruido puede llevarnos de una limitación a otra.

En el análisis final, dado un sistema con ancho de banda y relación señal a ruido fijos, existe un límite superior definido, al cual puede ser transmitida la información por el sistema. Este límite superior se conoce con el nombre de capacidad de información y es uno de los conceptos centrales de la teoría de la información. Como la capacidad es finita, se puede decir con apego a la verdad, que el diseño del sistema de comunicación es un asunto de compromiso; un compromiso entre tiempo de transmisión, potencia transmitida, ancho de banda y relación señal a ruido; compromiso de lo más restringido por los problemas tecnológicos.

## **EL TEOREMA DE CAPACIDAD MÁXIMA DE UN CANAL**

En 1928 Harry Nyquist, un investigador en el área de telegrafía, publicó una ecuación llamada la *Razón Nyquist* que media la razón de transmisión de la señal en bauds. La razón de Nyquist es igual a  $2B$  símbolos (o señales) por segundo, donde  $B$  es el ancho de banda del canal de transmisión. Así, usando esta ecuación, el ancho de banda de un canal telefónico de 3,000 Hz puede transmitir hasta  $2 \times 3,000$ , o 6,000 bauds o Hz.

Claude Shannon después de la investigación de Nyquist estudio el como el ruido afecta a la transmisión de datos. Shannon tomo en cuenta la razón *señal-a-ruido* del canal de transmisión (medido en decibeles o dB) y derivó el teorema de Capacidad de Shannon.

$$C = B \log_2(1+S/N) \text{ bps}$$

Un típico canal telefónico de voz tiene una razón de señal a ruido de 30 dB ( $10^{(30/10)} = 1000$ ) y un ancho de banda de 3,000 Hz. Si sustituimos esos valores en el teorema de Shannon:

$$C = 3,000 \log_2(1+1000) = 30,000 \text{ bps}$$

Debido a que  $\log_2(1001)$  es igual al logaritmo natural de  $\ln(1001)/\ln(2)$  y es igual a 9.97, el teorema nos demuestra que la capacidad máxima de un canal telefónico es aproximadamente a 30,000 bps.

Debido a que los canales de comunicación no son perfectos, ya que están delimitados por el ruido y el ancho de banda. El teorema de Shannon-Hartley nos dice que *es posible transmitir información libre de ruido siempre y cuando la tasa de información no exceda la Capacidad del Canal.*

Así, si el nivel de  $S/N$  es menor, o sea la calidad de la señal es más cercana al ruido, la capacidad del canal disminuirá.

Esta capacidad máxima es inalcanzable, ya que la fórmula de Shannon supone unas condiciones que en la práctica no se dan. No tiene en cuenta el ruido impulsivo, ni la atenuación ni la distorsión. Representa el límite teórico máximo alcanzable.

¿Cuanto nivel de S/N requeriríamos para transmitir sobre la capacidad del canal telefónico, digamos a 56,000 bps?

De la fórmula de Shannon;

$$C = B \log_2(S/N + 1) = \text{bps} \quad \text{bps} = B \log_2(10^{(dB/10)} + 1)$$

despejando los dB

$$\text{bps}/B = \log_2(10^{(dB/10)} + 1)$$

$$2^{(\text{bps}/B)} = 10^{(dB/10)} + 1$$

$$10^{(dB/10)} = 2^{(\text{bps}/B)} - 1$$

$$dB/10 = \log_{10}(2^{(\text{bps}/B)} - 1)$$

$$dB = 10 \cdot \log_{10}(2^{(\text{bps}/B)} - 1)$$

sustituyendo

$$B = 3,000 \text{ y } \text{bps} = 56,000$$

$$dB = 10 \cdot \log_{10}(2^{(56,000/3,000)} - 1)$$

$$dB = S/N = 56.2 \text{ dB}$$

Lo que significa que si queremos rebasar el límite de Shannon debemos de aumentar el nivel de S/N.

## **LA RELACIÓN SEÑAL A RUIDO**

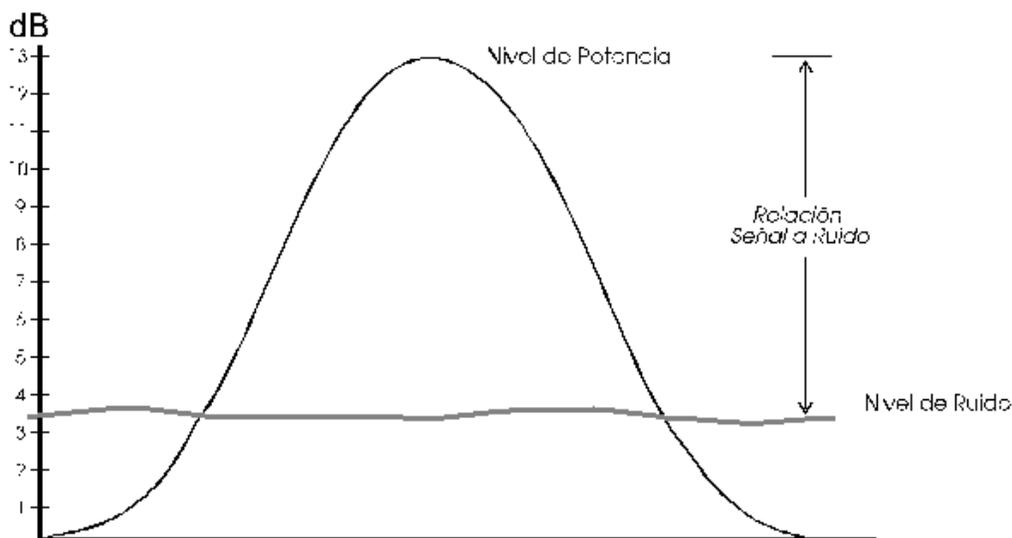
Los factores fundamentales que controlan el índice y la calidad de la transmisión de información son el ancho de banda  $B$  y la potencia  $S$  de la señal.

El *ancho de banda* de un canal es el rango de frecuencias que éste puede transmitir con razonable fidelidad; por ejemplo, si un canal puede transmitir con razonable fidelidad una señal cuyas componentes de frecuencia ocupan un rango de 1,000 hasta un máximo de 5,000 Hz (5 kHz) el ancho de banda será de 4 kHz.

Para comprender el papel de  $B$ , se considera la posibilidad de aumentar la velocidad de transmisión de la información mediante la compresión en el tiempo de la señal. Si una señal se comprime en el tiempo un factor de dos, se podrá transmitir en la mitad del tiempo, y la velocidad de transmisión se duplica. Sin embargo, la compresión por un factor de dos hace que la señal "oscile" dos veces más rápido, lo que implica que las frecuencias de sus componentes se dupliquen. Para transmitir sin distorsión esta señal comprimida, el ancho de banda del canal debe duplicarse. De esta forma, el

índice de transmisión de la información es directamente proporcional a B. Con más generalidad si un canal de ancho de banda B puede transmitir N pulsos por segundo, entonces, para transmitir KN pulsos por segundo se necesita un canal de ancho de banda KB. Para reiterar, el número de pulsos/segundo que pueden transmitirse a través de un canal es directamente proporcional a su ancho de banda B.

La potencia S de la señal desempeña un papel dual en la transmisión de información. Primero, S está relacionada con la calidad de la transmisión. Al incrementarse S, la potencia de la señal, se reduce el efecto del ruido de canal, y la información se recibe con mayor exactitud, o con menos incertidumbre. Una mayor relación de señal a ruido S/N permite también la transmisión a través de una distancia mayor. En cualquier caso, una cierta S/N mínima es necesaria para la comunicación.



## EL DECIBEL

Equivale a la décima parte de un bel. Una unidad de referencia para medir la potencia de una señal o la intensidad de un sonido. El nombre bel viene del físico norteamericano Alexander Graham Bell (1847-1922).

El decibel es una unidad relativa de una señal, tal como la potencia, voltaje, etc. Los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibeles (dB) puede ser fácilmente sumada o restada y también por la razón de que el oído humano responde naturalmente a niveles de señal en una forma aproximadamente logarítmica.

## GANANCIA DE POTENCIA EN DECIBELES

La ganancia de Potencia G de un amplificador es la razón entre la potencia de salida a la potencia de entrada.

$$G = P_2 / P_1$$

Si la potencia de salida ( $P_2$ ) es de 15 W y la de entrada ( $P_1$ ) de 0.5 W,

$$G = 15 W / 0.5 W = 30$$

Lo que significa que la potencia de salida es 30 veces mayor que la de entrada. por lo tanto la *ganancia de potencia en decibeles* se define como:

$$G'(\text{dB}) = 10 \cdot \log_{10}(G)$$

donde  $G'$  = ganancia de potencia en decibeles  
 $G$  = ganancia de potencia (sin unidades)

Si un circuito determinado tiene una ganancia de potencia de 100, su ganancia en decibeles es:

$$G' = 10 \cdot \log_{10}(100) = 20 \text{ dB}$$

La ganancia  $G'$  es adimensional, pero para estar seguros de no confundirla con la ganancia normal de potencia  $G$ , se añade la palabra decibel (dB). Cada vez que una respuesta se expresa en decibeles automáticamente se sabrá que se trata de la ganancia en decibeles de potencia y no de la ganancia normal de potencia.

Para transformar de decibeles a unidades absolutas :

$$P = 10^{x/10} \text{ donde } x \text{ esta dado en decibeles}$$

---

### 3 dB por cada factor de 2

Supóngase que la ganancia de potencia es 2, la ganancia en decibeles de potencia es:

$$G' = 10 \log 2 = 3.01 \text{ dB}$$

Si  $G = 4$

$$G' = 10 \log 4 = 6.02 \text{ dB}$$

Si  $G = 8$

$$G' = 10 \log 8 = 9.01 \text{ dB}$$

Por lo general, se redondean estos valores tomando 3 dB, 6 dB y 9 dB. Se observa que cada vez que la potencia se aumenta al doble, la ganancia expresada en decibeles se incrementa 3 dB. (ver siguiente tabla)

<b>G</b>	<b>G'</b>
1	0 dB

2	3 dB
4	6 dB
8	9 dB
16	12 dB

---

## Decibeles negativos

Si la ganancia de potencia es menor que la unidad, existe una pérdida de potencia (atenuación) y la ganancia de potencia en decibeles es negativa. Por ejemplo, si la potencia de salida es 1.5 W para una potencia de entrada de 3 W, se tiene:

$$G = 1.5 \text{ W} / 3 \text{ W} = 0.5$$

y la ganancia de potencia en decibeles será:

$$G' = 10 \log 0.5 = -3.01 \text{ dB}$$

Cuando la ganancia de potencia es de 0.25

$$G' = 10 \log 0.25 = -6.02 \text{ dB}$$

Y la ganancia de potencia es de 0.125, entonces

$$G' = 10 \log 0.125 = -9.03 \text{ dB}$$

También en este caso se redondean estas cantidades a -3 dB, -6 dB y 9 dB. Cada vez que la ganancia disminuye en un factor de 2, la ganancia de potencia en decibeles disminuye en aproximadamente 3 dB. (ver siguiente tabla)

<b>G</b>	<b>G'</b>
1	0 dB
0.5	-3 dB
0.25	-6 dB
0.125	-9 dB
0.0625	-12 dB

---

## 10 dB corresponden a un factor de 10

Supóngase que la ganancia de potencia es 10, la ganancia de potencia en decibeles será

$$G' = 10 \log 10 = 10 \text{ dB}$$

Si la ganancia de potencia fuera 100, entonces

$$G' = 10 \log 100 = 20 \text{ dB}$$

Si la ganancia de potencia fuera de 1000

$$G' = 10 \log 1000 = 30 \text{ dB}$$

En este caso el patrón que se observa es que la potencia en decibeles aumenta en 10 dB cada vez que la ganancia de potencia se incrementa por un factor de 10. (*ver siguiente tabla*). Un resultado similar se obtiene cuando las ganancias de potencia son inferiores a la unidad.

<b>G</b>	<b>G'</b>		<b>G</b>	<b>G'</b>
1	0 dB		1	0 dB
10	10 dB		0.1	-10 dB
100	20 dB		0.01	-20 dB
1000	30 dB		0.001	-30 dB
10000	40 dB		0.0001	-40 dB

### Las ganancias normales se multiplican entre sí

En la siguiente figura (a) se muestran dos etapas de un amplificador. A la primera etapa se le aplica una potencia de entrada de  $P_1$  y sale de ella una potencia  $P_2$ , lo que significa una ganancia de potencia.

$$G_1 = P_2 / P_1$$

La segunda etapa tiene una entrada de potencia  $P_2$  y sale una potencia  $P_3$ , lo que equivale a una ganancia de

$$G_2 = P_3 / P_2$$

La segunda total de potencia de ambas etapas es

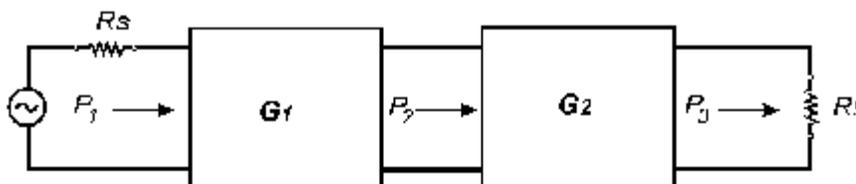
$$G = (P_2 / P_1) * (P_3 / P_2) = P_3 / P_1$$

Es decir, que

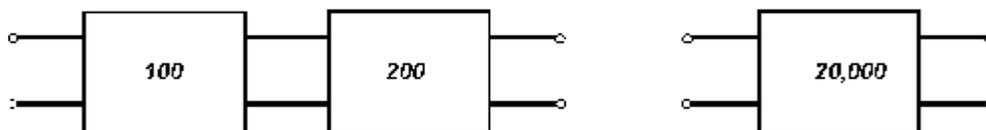
$$G = G_1 G_2$$

Esto demuestra que la ganancia total de potencia de etapas amplificadas en cascada es igual al producto de las ganancias de las etapas. No importa cuantas etapas sean, siempre puede determinarse la ganancia total de potencia multiplicando todas las ganancias individuales entre sí. En la figura del inciso (b), por ejemplo, indica una ganancia de potencia de 100 para la primera etapa y una ganancia de potencia de 200 para la segunda. La ganancia de potencia total será:

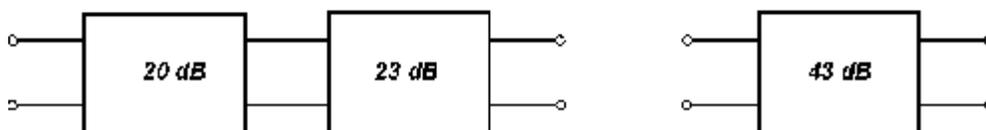
$$G = 100 \times 200 = 20,000$$



(a)



(b)



(c)

figura.- etapas en cascada

## Las ganancias en decibeles se suman

Puesto que la ganancia total de potencia de dos etapas en cascada es de

$$G = G_1 G_2$$

pueden tomarse logaritmos en ambos lados para obtener

$$\log G = \log G_1 G_2 = \log G_1 + \log G_2$$

y, al multiplicar ambos miembros por 10, se tiene

$$10 \log G = 10 \log G_1 + 10 \log G_2$$

lo que también puede escribirse como

$$G' = G'_1 + G'_2$$

donde  $G'$  = ganancia de potencia total en decibeles

$G'_1$  = ganancia de potencia en decibeles de la primera etapa

$$G'_2 = \text{ganancia de potencia en decibeles de la segunda etapa}$$

La ecuación nos dice que la ganancia de potencia total en decibeles de dos etapas en cascada es igual a la suma de las ganancias en decibeles de cada etapa. La misma idea es válida para  $n$  etapas. La figura del inciso ©, por ejemplo nos muestra las mismas dos etapas de la figura (b) con la salvedad de que las ganancias están representadas en este caso en decibeles. La ganancia de potencia total en decibeles es

$$G' = 20 \text{ dB} + 23 \text{ dB} = 43 \text{ dB}$$

La respuesta puede expresarse así o pasarla de nuevo a la forma normal de ganancia de potencia como sigue:

$$G = 10^{G'/10} = \text{antilog}(43/10) = 20,000$$

La respuesta en dB tiene la ventaja de ser más compacta y fácil de escribir.

---

## Referencia de 1 mW

Aunque los decibeles se usan generalmente con la ganancia de potencia, a veces se emplean para indicar el nivel de potencia respecto a 1 mW. En este caso, se usa el símbolo dBm, donde la m significa que la referencia es a un *miliwatt*.

$$P' = 10 \log(P/1\text{mW})$$

donde  $P'$  = potencia en dBm  $P$  = potencia en watts

Por ejemplo, si la potencia es de 0.5 W, entonces

$$P' = 10 \log(0.5 \text{ W} / 1 \text{ mW}) = 10 \log 500 = 27 \text{ dBm}$$

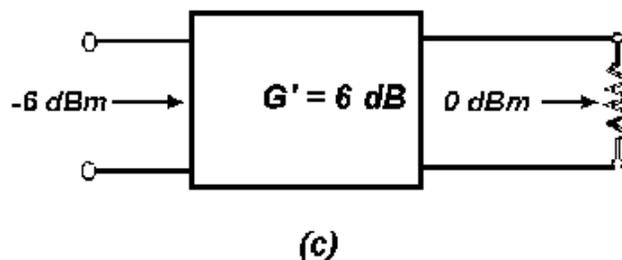
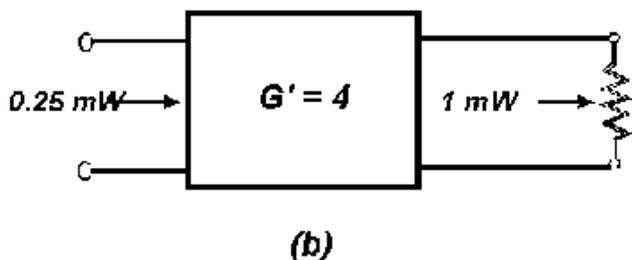
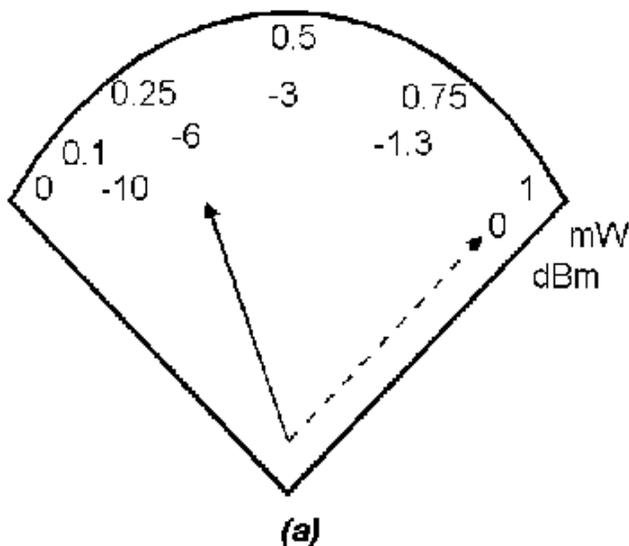
---

## Facilidad de medida

La ventaja de usar dBm es que simplifica la medición de la potencia. Algunos instrumentos, por ejemplo, tienen dos escalas para indicar el nivel de potencia, como se muestra en la siguiente figura inciso (a). La escala superior está graduada en miliwatts. Supóngase que se mide la potencia de entrada y la potencia de salida de la etapa de la figura (b). En la escala superior se lee 0.25 mW (aguja del trazo continuo) para la potencia de entrada y 1 mW (aguja de línea punteada para la de salida)

La escala inferior, en la figura (a), es la escala de dBm. Como se indica en la figura, 0 dBm equivale a 1mW, -3 dBm equivale a 0.5 mW, -6 dBm equivalen a 0.25 mW, etc. Si se usa esta escala para medir las potencias indicadas en la figura (b), se leerá -6 dBm para la potencia de entrada y 0 dBm para la

potencia de salida, como se muestra en la figura ©. Puesto que la aguja se mueve de -6 dBm significa que el amplificador tiene una ganancia de potencia de 6 dB.



**Significado de dBm**

A continuación se da una tabla de conversión de Watts y miliwatts a dBW y a dBm.

Watts	mW	dBW	dBm
0.01	10	-20	10
0.10	100	-10	20
0.63	630	-2	28
0.79	790	-1	29
1	1000	0	30
1.12	-	0.5	30.5
1.26	-	1	31
1.58	-	2	32
2	-	3	33
3.16	-	5	35
4	-	6	36
5.01	-	7	37

10	-	10	40
100	-	20	50
1,000	-	30	60
10,000	-	40	70
100,000	-	50	80
1'000,000	-	60	90

## Conclusión:

La mayoría de los amplificadores usados en electrónica son especificados en decibeles. Por ejemplo: si adquirimos un amplificador con Ganancia de 20 dB, significa que éste amplificará la señal de entrada 100 veces. En cambio un amplificador de 30 dB (10 dB más que el anterior) amplificará 1,000 veces la señal de entrada.

Por último para recalcar, el término *dbm* se emplea más comúnmente cuando nos estamos refiriendo a potencias entre 0 y 1 Watt. (en este caso es más fácil hablar en términos de miliwatts o dBm).

## MEDIOS DE COMUNICACIÓN

### ***PRINCIPIOS DE LA TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN***

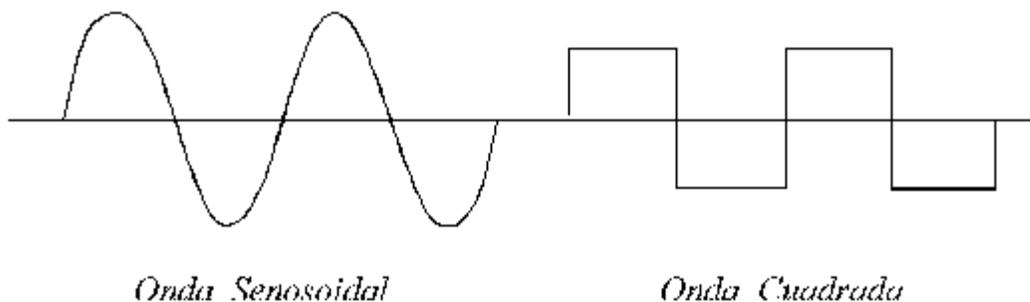
El rol principal de las comunicaciones es mover información de un lugar a otro. Cuando el transmisor y el receptor están físicamente en la misma localidad, es relativamente fácil realizar esa función. Pero cuando el transmisor y el receptor están relativamente lejos uno del otro, y además queremos mover altos volúmenes de información en un periodo corto de tiempo, entonces será necesario emplear una forma de comunicación máquina-máquina.

*El método más adecuado para la comunicación máquina-máquina es vía una señal generada electrónicamente. La razón del uso de la electrónica, es porque una señal puede ser generada, transmitida, y detectada. y por el hecho de que esta puede ser almacenada temporal o permanentemente; también porque pueden ser transmitidos grandes volúmenes de información dentro en un periodo corto de tiempo.*

El concepto básico de la teoría de comunicaciones es que una señal tiene al menos dos estados diferentes que pueden ser detectados. Los dos estados representan un cero o un uno, encendido o apagado, etc. Tan pronto como los dos estados puedan ser detectados, la capacidad de mover información existe. Las combinaciones específicas de estados (las cuales son conocidas como códigos) pueden representar cualquier carácter alfabético o numérico, y podrán ser transmitido en forma pura de información desde las máquinas para interactuar con, o en forma representativa (el código) que permita el reconocimiento de la información por los humanos.

### ***COMUNICACIÓN POR MEDIO DE SEÑALES ELÉCTRICAS***

La forma elemental para la generación de una señal electrónicamente sobre una línea de comunicación de grado de voz es conocida como onda senoidal. La cual también puede ser representada como un onda de tipo cuadrada; ambas señales se muestran en la siguiente figura:



Una onda senosoidal puede representarse matemáticamente por la siguiente ecuación:

$$s(t) = A \sin(\omega t + \phi) \quad \text{donde: } A \text{ es la amplitud } \omega \text{ es la frecuencia angular } t \text{ es el tiempo } \phi \text{ es la fase}$$

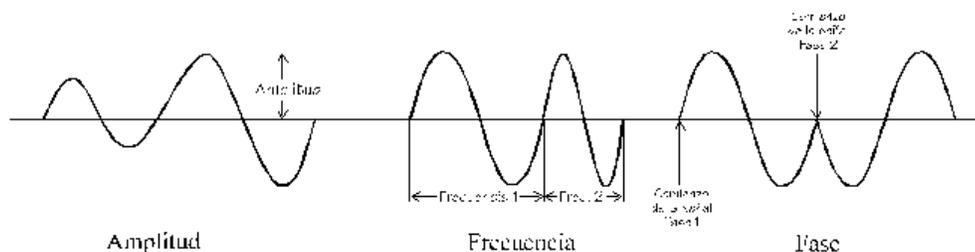
La onda senosoidal a una particular frecuencia (el número completo de ciclos por unidad de tiempo) es aquella que empieza en un nivel cero, y alcanza gradualmente un nivel máximo y va decreciendo hasta llegar al nivel mínimo y continua así hasta completar el ciclo completo. A mayor número de ciclos por unidad de tiempo, mas alta será la frecuencia. La onda cuadrada sigue el mismo proceso que la onda senosoidal, excepto que alcanza el máximo nivel (y el mínimo) en forma instantanea y permanece por un instante de tiempo, después cambia al mínimo nivel y permanece por un instante de tiempo hasta completar el ciclo completo. Este nivel máximo y mínimo representa un cero y uno ( 0 y 1) respectivamente.

Para comunicaciones sobre redes telefónicas por ejemplo en donde se emplean frecuencias en el orden de 300 y 3,330 Hz, no es posible transmitir información empleando directamente ondas senosoidales, debido a que las señales se atenúan muy fácilmente a esas frecuencias. Para contrarrestar esto, existen técnicas para permitir una mejor transmisión de la señal sobre dichas frecuencias.

Existen tres formas en la cual la señal senosoidal puede ser *cambiada* para que la información pueda ser correlacionada con esos cambios individuales:

- variando la **amplitud** o magnitud de la señal.
- variando la **frecuencia** o el número de ciclos completos por unidad de tiempo.
- variando la **fase**, o la posición relativa en que la señal cruza el nivel cero.

Un ejemplo de esos cambios es mostrado en la siguiente figura:



## **MODULACIÓN**

La manipulación de esos cambios de las ondas senosoidales es un proceso conocido como modulación/demodulación. La modulación es la capacidad inherente de tomar la información digital (ondas cuadradas) y modificar las frecuencias específicas de la señal portadora para que la información pueda ser transmitida de un punto a otro sin ningún problema. La demodulación es el proceso de regresar la información a su forma original.

La transmisión electrónica no esta limitada solo a líneas de grado de voz. También puede aplicarse a cualesquier otra frecuencia usando las mismas técnicas de modulación/demodulación sobre diferentes tipos de líneas, o pulsos, estos representan las señales digitales que pueden también ser transmitidos sobre circuitos diseñados específicamente para su propagación.

## **CANAL DE TRANSMISIÓN**

Es el medio que soporta la propagación de señales acústicas, electromagnéticas, de luz u ondas. Los canales de transmisión son típicamente cables metálicos o fibra óptica que acotan (*confinan*) la señal por si mismos, las radio transmisiones, la transmisión por satélite o por microondas por línea de vista.

Los medios físicos que acarrear la información pueden ser de dos Tipos: **confinados** (bounded) o limitados y **no confinados** (unbounded). En un medio confinado, las señales se ven limitadas por el medio y no se salen de él -excepto por algunas pequeñas pérdidas. Los medios no confinados son aquellos donde las señales electromagnéticas originadas por la fuente radian libremente a través del medio y se esparcen por éste -el aire por ejemplo.

## **CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN**

### **MEDIOS CONFINADOS**

- Alambre
- Par Trenzado
- Cable Coaxial
- Fibra Óptica
- Guía de Onda

### **MEDIOS NO CONFINADOS**

- Microondas terrestre
- Satélite
- Ondas de Radio (radio frecuencias)
- Infrarrojo/Laser

## ALAMBRE (open-wired)

Las líneas de alambre abierto (sin aislar) fueron muy usadas en el siglo pasado con la aparición del telégrafo. La composición de los alambres fue al principio de hierro (acero) y después fue desplazado por el cobre, ya que este material es un mejor conductor de las señales eléctricas y soporta mejor los problemas de corrosión causados por la exposición directa a la intemperie. La resistencia al flujo de corriente eléctrica de los alambres abiertos varía grandemente con las condiciones climáticas, y es por esta razón que fue adoptado el cable par trenzado.

Hoy en día los cables vienen protegidos con algún material aislante. El material del conductor puede ser de cobre, aluminio u otros materiales conductores.

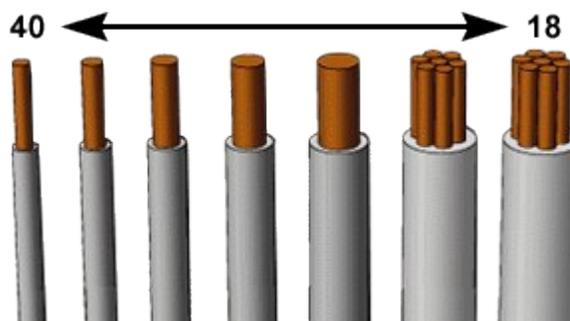
Los grosores de los cables son medidos de diversas maneras, el método predominante en los Estados Unidos sigue siendo el Wire Gauge Standard (AWG). "gauge" significa el diámetro. Es lógico pensar que a mayor diámetro del conductor mayor será la resistencia del mismo.



Los conductores pueden ser de dos tipos **Sólidos** (solid) e **Hilados** (stranded), los conductores sólidos están compuestos por un conductor único de un mismo material, mientras que los conductores hilados están compuestos de varios conductores trenzados. El diámetro de un conductor hilado varía al de un conductor sólido si son del mismo AWG y dependerá del número de hilos que tenga.

Los grosores típicos de los conductores utilizados en cables eléctricos para uso residencial son del 10-14 AWG. Los conductores utilizados en **cables telefónicos** pueden ser del 22, 24 y 26 AWG. Los conductores utilizados en cables para aplicaciones de **REDES** son el 24 y 26 AWG.

A continuación se muestra una tabla de conversión de milímetros y pulgadas a AWG para conductores sólidos.

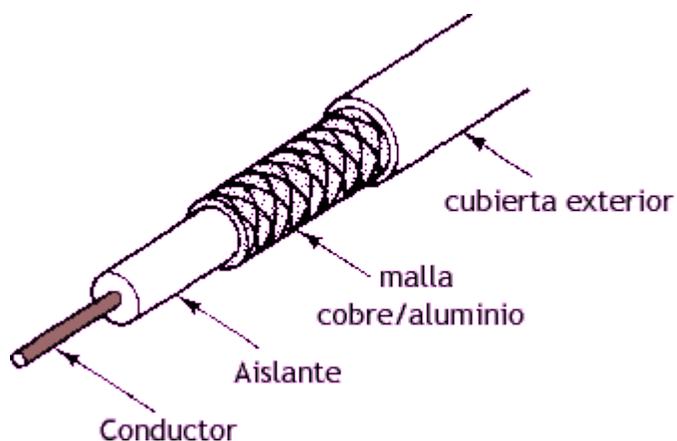


**Tabla de Conversion Milímetros y Pulgadas a AWG**  
(conductores sólidos)

Entre mas grande sea el valor AWG menor será el grosor o diámetro del conductor. El conductor 18 tiene mas grosor que el cable 40, por ejemplo. Los primeros 5 cables [de izquierda a derecha] son sólidos y los últimos dos son hilados o trenzados (stranded).

## CABLE COAXIAL

A frecuencias en el intervalo de VHF (Very High Frequency) y menores es común el uso de cables coaxiales. Dicho cable consiste de un alambre interior que se mantiene fijo en un medio aislante que después lleva una cubierta metálica. La capa exterior evita que las señales de otros cables o que la radiación electromagnética afecte la información conducida por el cable coaxial. En la siguiente figura se muestra un cable coaxial típico.



Estructura genérica de un Cable coaxial



Cable coaxial RG-58 con conector BNC  
(Aplicaciones: LAN)



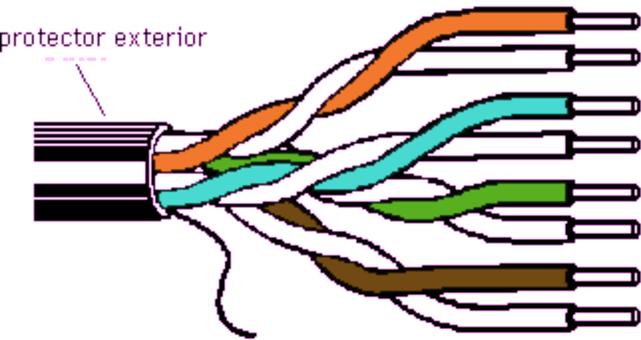
Cable coaxial RG-6 con conector tipo F  
(Aplicaciones: TVCable)

A continuación se describen los tipos de cables coaxial más empleados en redes:

### 10Base5

Conocido también como cable coaxial grueso (Thick coaxial) y sirve como dorsal para una red tipo LAN. Utiliza transceptores (transceivers) y AUI (Attachment Unit interface) para conectar la tarjeta de red con la dorsal de cable coaxial.

Tasa de transmisión: 10 Mbps  
Longitud máxima: 500 metros por segmento  
Impedancia: 50 ohm  
Diámetro del conductor: 2.17 mm



Nodos por segmento: 100 Long. máxima (con repetidores): 1500 metros.

### 10BASE2

Conocido también como cable coaxial delgado (thin coaxial) utilizado para redes tipo LAN. Utiliza conectores tipo BNC para conectar la tarjeta de red con la dorsal.

## Cable UTP (4 pares)

Tasa de transmisión: 10 Mbps

Longitud máxima: 180 metros por segmento

Impedancia: 50 ohm, RG58

Diámetro del conductor: 0.9 mm

Nodos por segmento: 30 Long. máxima (con repetidores): 1500 metros.

---

## PAR TRENZADO (twisted pair)

El cable par trenzado está compuesto de conductores de cobre aislados por papel o plástico y trenzados en pares. Esos pares son después trenzados en grupos llamados unidades, y estas unidades son a su vez trenzadas hasta tener el cable terminado que se cubre por lo general por plástico. El trenzado de los pares de cable y de las unidades disminuyen el ruido de interferencia, mejor conocido como diafonía. Los cables de par trenzado tienen la ventaja de no ser caros, ser flexibles y fáciles de conectar, entre otras. Como medio de comunicación tiene la desventaja de tener que usarse a distancias limitadas ya que la señal se va atenuando y puede llegar a ser imperceptible; es por eso que a determinadas distancias se deben emplear repetidores que regeneren la señal.

Los cables de par trenzado se llaman así porque están trenzados en pares. Este trenzado ayuda a disminuir la diafonía, el ruido y la interferencia. El trenzado es en promedio de tres trenzas por pulgada. Para mejores resultados, el trenzado debe ser variado entre los diferentes pares.

Los cables de par trenzado son usados en las siguientes interfaces (capa física): 10Base-T, 100Base-TX, 100Base-T2, 100Base-T4, and 1000Base-T.

Existen dos tipos de cable par trenzado, el UTP (Unshielded Twisted Pair Cabling), o cable par trenzado sin blindaje y el cable STP (Shielded Twisted Pair Cabling), o cable par trenzado blindado.

### UTP (Unshielded Twisted Pair Cabling)

Como el nombre lo indica, "unshielded twisted pair" (UTP), es un cable que no tiene revestimiento o blindaje entre la cubierta exterior y los cables. El UTP se utiliza comúnmente para aplicaciones de REDES Ethernet, el término UTP generalmente se refiere a los cables categoría 3, 4 y 5 especificados por el estándar TIA/EIA 568-A standard. Las categorías 5e, 6, & 7 también han sido propuestos para soportar velocidades más altas. el cable UTP comúnmente incluye 4 pares de conductores. 10BaseT, 10Base-T, 100Base-TX, y 100Base-T2 sólo utilizan 2 pares de conductores, mientras que 100Base-T4 y 1000Base-T requieren de todos los 4 pares.

A continuación se lista un sumario de los tipos de cable UTP

**Categoría 1** - Voz solamente

**Categoría 2** - Datos 4 Mbps

**Categoría 3** - UTP con impedancia de 100 ohm y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 16 MHz. Definida por la especificación TIA/EIA 568-A specification. Puede ser usado con 10Base-T, 100Base-T4, and 100Base-T2.

**Categoría 4** - UTP con impedancia de 100 ohm y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 20 MHz. Definida por la especificación TIA/EIA 568-A . Puede ser usado con 10Base-T, 100Base-T4, and 100Base-T2.

**Categoría 5** - UTP con 100 ohm de impedancia y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 100 MHz. Definida por la especificación TIA/EIA 568-A specification. Puede ser usado con 10Base-T, 100Base-T4, 100Base-T2, y 100Base-TX.

Puede soportar 1000Base-T, pero el cable debe ser probado para asegurar que cumple con las especificaciones de la categoría 5e (CAT 5 enhanced "mejorada"). CAT 5e es un nuevo estándar que soportará velocidades aún mayores de 100 Mbps y consiste de un cable par trenzado STP con 100 ohm de impedancia y características eléctricas que soportan frecuencias de transmisión de hasta 100 MHz. Sin embargo, tiene especificaciones mejoradas como NETX (Near End Cross Talk), PSELFEXT (Power Sum Equal Level Far End Cross Talk), y atenuación.

**Categorías de Cables UTP**

[Markoa2]

**Sumario -Cable Ethernet**

***STP (Shielded Twisted Pair)***

El cable STP, tiene un blindaje especial que forra a los 4 pares y comúnmente se refiere al cable par trenzado de 150 ohm definido por IBM utilizado en redes Token Ring. El blindaje está diseñado para minimizar la radiación electromagnética (EMI, electromagnetic interference) y la diafonía. Los cables STP de 150 ohm no se usan para Ethernet. Sin embargo, puede ser adaptado a 10Base-T, 100Base-TX, and 100Base-T2 Ethernet instalando un convertidor de impedancias que convierten 100 ohms a 150 ohms de los STPs.

La longitud máxima de los cables de par trenzado están limitadas a 90 metros, ya sea para 10 o 100 Mbps.

## Fibra Óptica (fiber optic)



Para radiación electromagnética de muy alta frecuencia en el intervalo de la luz visible e infrarroja se utiliza un cable de fibra de vidrio que causa muy poca pérdida de energía luminosa a través de largas distancias. El diámetro de la fibra debe ser muy pequeño con el fin de minimizar la transmisión reflectora. La fibra transmisora central es de vidrio de baja pérdida y con índice de refracción relativamente alto. Esta se cubre con vidrio de mayor pérdida, con menor índice de refracción, para soporte y absorción de rayos que puedan escapar de la fibra central. La fuente de luz en el transmisor puede ser un diodo emisor de luz (LED) o un láser. El detector en el otro extremo es un fotodiodo o un fototransistor.



La tecnología de la fibra óptica ha avanzado muy rápidamente. Existen en la actualidad dos métodos básicos -aunque se han desarrollado muchos más- para transmitir a través de un enlace por fibra. La transmisión óptica involucra la modulación de una señal de luz (usualmente apagando, encendiendo y variando la intensidad de la luz) sobre una fibra muy estrecha de vidrio (llamado núcleo).

La otra capa concéntrica de vidrio que rodea el núcleo se llama revestimiento. Después de introducir la luz dentro del núcleo ésta es reflejada por el revestimiento, lo cual hace que siga una trayectoria zigzag a través del núcleo. Por lo tanto las dos formas de transmitir sobre una Fibra son conocida como transmisión en **modo simple** y **multimodo**; las cuales se describen a continuación:

### ***Modo simple (monomodo)***

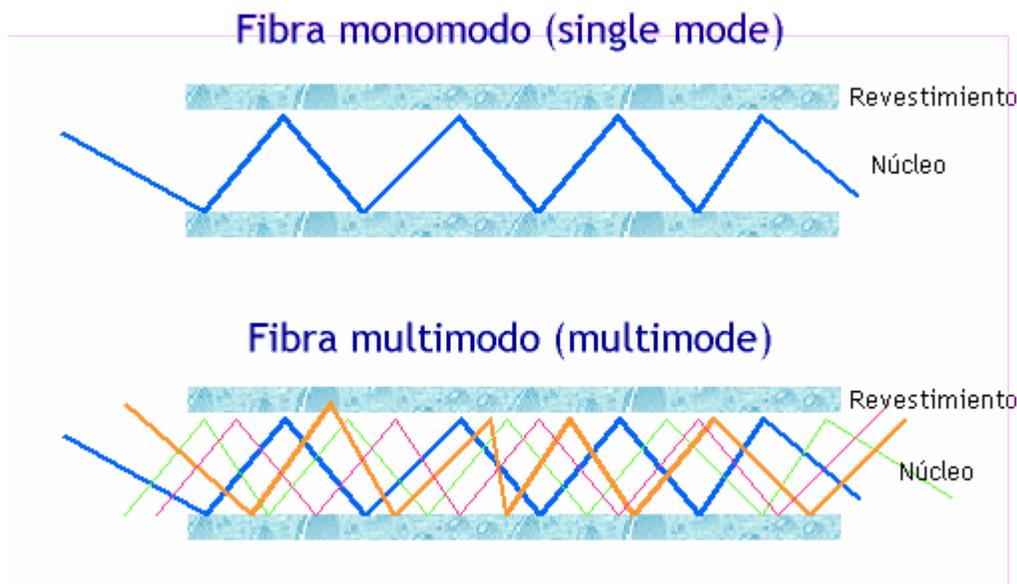
Involucra el uso de una fibra con un diámetro de 5 a 10 micras. Esta fibra tiene muy poca atenuación y por lo tanto se usan muy pocos repetidores para distancias largas. Por esta razón es muy usada para troncales con un ancho de banda aproximadamente de 100 GHz por kilómetro (100 GHz-km).

Una de las aplicaciones más común de las fibras monomodo es para troncales de larga distancia, en donde se emplea para conectar una o mas localidades; las ligas de enlace son conocidas comúnmente como dorsales (backbone).

### ***Multimodo***

Existen dos Tipos para este modo los cuales son Multimodo/Índice fijo y Multimodo/Índice Gradual. El primer tipo es una fibra que tiene un ancho de banda de 10 a 20 MHz y consiste de un núcleo de fibra rodeado por un revestimiento que tiene un índice de refracción de la luz muy bajo, la cual causa una atenuación aproximada de 10 dB/Km. Este tipo de fibra es usado típicamente para distancias cortas

menores de un kilómetro. El cable mismo viene en dos tamaños 62.5/125 micras. Debido a que el diámetro exterior es de 1 mm, lo hace relativamente fácil de instalar y hacer empalmes. El segundo tipo Índice Gradual es un cable donde el índice de refracción cambia gradualmente, esto permite que la atenuación sea menor a 5 dB/km y pueda ser usada para distancias largas. El ancho de banda es de 200 a 1000 MHz, el diámetro del cable es de 50/125 micras. (el primer número es el diámetro del núcleo y el segundo es el diámetro del revestimiento).



Los empalmes utilizados para conectar ambos extremos de las fibras causan también una pérdida de la señal en el rango de 1 dB. Así también los conectores o interfaces incurren también en pérdidas de 1 dB o más. Los haces de luz (LED) son transmitidos en el orden de 150 Mbps. Los láser en cambio transmiten en el orden de Gbps. Los LEDs son típicamente más confiables que los láser, pero los láser en cambio proveen más energía a una mayor distancia. Debido a que los láser tienen una menor dispersión son capaces de transmitir a velocidades muy altas en el modo de transmisión simple. Sin embargo, los láser necesitan estar térmicamente estabilizados y necesitan ser mantenidos por personal más especializado.



### ***Atenuación***

La transmisión de luz en una fibra óptica no es 100% eficiente. La pérdida de luz en la transmisión es llamada atenuación. Varios factores influyen tales como la absorción por materiales dentro de la fibra,

disipación de luz fuera del núcleo de la fibra y pérdidas de luz fuera del núcleo causado por factores ambientales. La atenuación en una fibra es medida al comparar la potencia de salida con la potencia de entrada. La atenuación es medida en decibeles por unidad de longitud. Generalmente esta expresada en decibeles por kilómetro (dB/km).

**Dispersión** La dispersión es la distorsión de la señal, resultante de los distintos modos (simple y multimodo), debido a los diferentes tiempos de desplazamiento de una señal a través de la fibra. En un sistema modulado digitalmente, esto causa que el pulso recibido se ensanche en el tiempo [ver figura]. No hay pérdida de potencia en la dispersión, pero se reduce la potencia pico de la señal. La dispersión aplica tanto a señales analógicas como digitales. La dispersión es normalmente especificada en nanosegundos por kilómetro.



### Dispersión en una fibra óptica

La dispersión de una energía óptica cae en dos categorías: la dispersión modal y la dispersión espectral.

**Dispersión modal:** La luz viaja en trayectorias diferentes para cada modo en una fibra. Cada ruta varía la longitud óptica de la fibra para cada modo. En un cable largo, el estiramiento y sumatoria de todos los modos de la fibra tienen un efecto "de longitud" sobre el pulso óptico.

**Dispersión espectral:** El índice refractivo es inversamente proporcional a la velocidad de la luz que viaja en un medio y su velocidad varía con respecto a su longitud de onda. Sin embargo si dos rayos tienen diferentes longitudes de onda son enviados simultáneamente sobre la misma trayectoria, estos arribarán ligeramente a diferentes tiempos. Esto causa los mismos efectos de la dispersión modal, ensanchando el pulso óptico. La dispersión modal puede ser minimizada reduciendo el ancho del espectro de la fuente óptica.

### Características típicas de los LEDs y los Lasers

Características	LED	Laser
Ancho espectral	20-60 nm	0.5-6 nm
Corriente	50 mA	150 mA
Potencia de salida	5 mW	100 mW
Apertura numérica	0.4	0.25
Velocidad	100 MHz	2 GHz
Tiempo de vida	10,000 hrs.	50,000 hrs.
Costo	\$1.00- \$1500 USD	\$100 - \$10000 USD

### *Demanda de equipos y sistemas de Fibra Óptica en Estados Unidos (millones USD)*

Mercado/año	1996	2001	2006
Telecomunicaciones	3,520 (59%)	4,940 (36%)	7,165 (32%)
Cable TV	895 (15%)	3,430 (25%)	5,825 (26%)
Servicios públicos	595 (10%)	1,845 (13%)	3,985 (18%)

Redes privadas de datos	270 (5%)	1,595 (12%)	2,465 (11%)
Dentro de edificios	120 (2%)	700 (5%)	1,010 (5%)
Milicia/aeroespacio	325 (5%)	630 (5%)	1,120 (5%)
Automotriz	5 (.08%)	20 (.2%)	150 (0.7%)
Otros	236 (4%)	565 (4%)	730 (3%)
<b>Demanda total del mercado</b>	<b>5,966</b>	<b>13,725</b>	<b>22,400</b>

Fuente: The Freedonia Group Inc. (LIGHTWave Magazine, October 2002)

## Guía de Onda (Wave Guide)



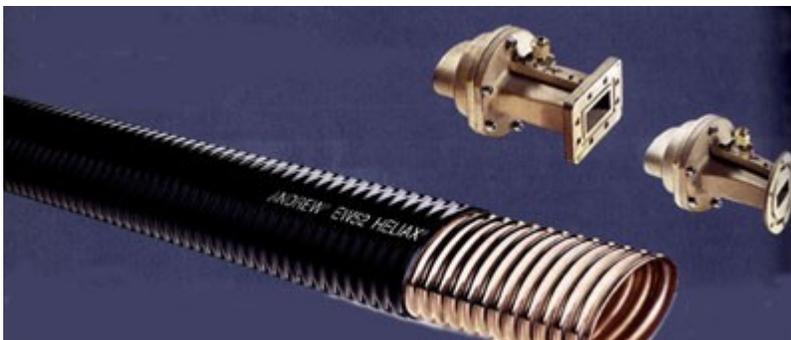
Heliax Waveguide

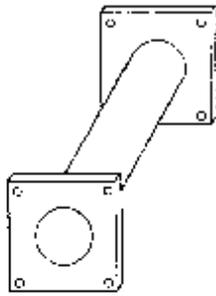
La guía de onda es otro medio de comunicación también muy usado, el cual opera en el rango de las frecuencias comúnmente llamadas como microondas (en el orden de GHz). Su construcción es de material metálico por lo que no se puede decir que sea un cable. El ancho de banda es extremadamente grande y es usada principalmente cuando se requiere bajas pérdidas en la señal bajo condiciones de muy alta potencia como el caso desde una antena de microondas a el receptor/transmisor de radio frecuencia. Las aplicaciones típicas de este medio es en las centrales telefónicas para bajar/subir señales provenientes de antenas de satélite o estaciones terrenas de microondas.



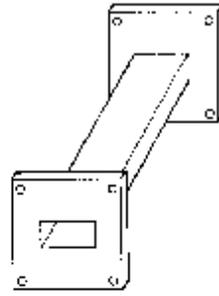
No todas las guías de onda son duras, también existen guías de onda más flexibles, existe un tipo de guía de onda que fabrica una compañía que se llama ANDREW, y a este tipo de guía de onda flexible se le conoce como Heliax.

A continuación se muestran varios tipos de guías de onda.

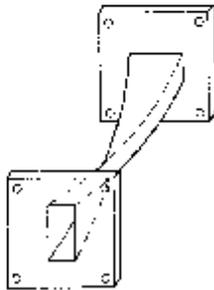




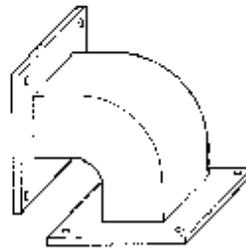
Circular



Rectangular



Torcida



Codo 90°

## Microondas Terrestre (*Radio Relay System*)

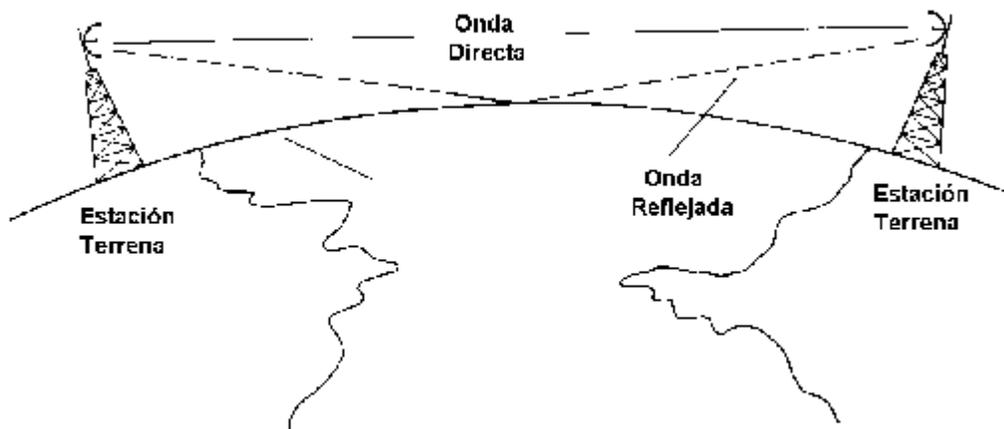


Un radioenlace terrestre o microondas terrestre provee conectividad entre dos sitios (estaciones terrenas) en línea de vista (Line-of-Sight, LOS) usando equipo de radio con frecuencias de portadora por encima de 1 GHz. La forma de onda emitida puede ser analógica (convencionalmente en FM) o digital.

Las principales aplicaciones de un sistema de microondas terrestre son las siguientes:

- Telefonía básica (canales telefónicos)
- Datos
- Telegrafo/Telex/Facsimile
- Canales de Televisión.
- Video
- Telefonía Celular (entre troncales)

Un sistema de microondas consiste de tres componentes principales: una antena con una corta y flexible guía de onda, una unidad externa de RF (Radio Frecuencia) y una unidad interna de RF. Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 12 GHz, 18 y 23 GHz, las cuales son capaces de conectar dos localidades entre 1 y 15 millas de distancia una de la otra. El equipo de microondas que opera entre 2 y 6 GHz puede transmitir a distancias entre 20 y 30 millas.



**Enlace de Microondas de Línea de Vista**

Las licencias o permisos para operar enlaces de microondas pueden resultar un poco difíciles ya que las autoridades (S.C.T. México, FCC Estados Unidos) deben de asegurarse que ambos enlaces no causen interferencia a los enlaces ya existentes.

El clima y el terreno son los mayores factores a considerar antes de instalar un sistema de microondas. Como por ejemplo, no se recomienda instalar sistemas en lugares donde no llueva mucho; en este caso deben usarse radios con frecuencias bajas (es decir menores a 10 GHz). La consideraciones en terreno incluyen la ausencia de montañas o grandes cuerpos de agua las cuales pueden ocasionar reflexiones de multi-trayectorias.

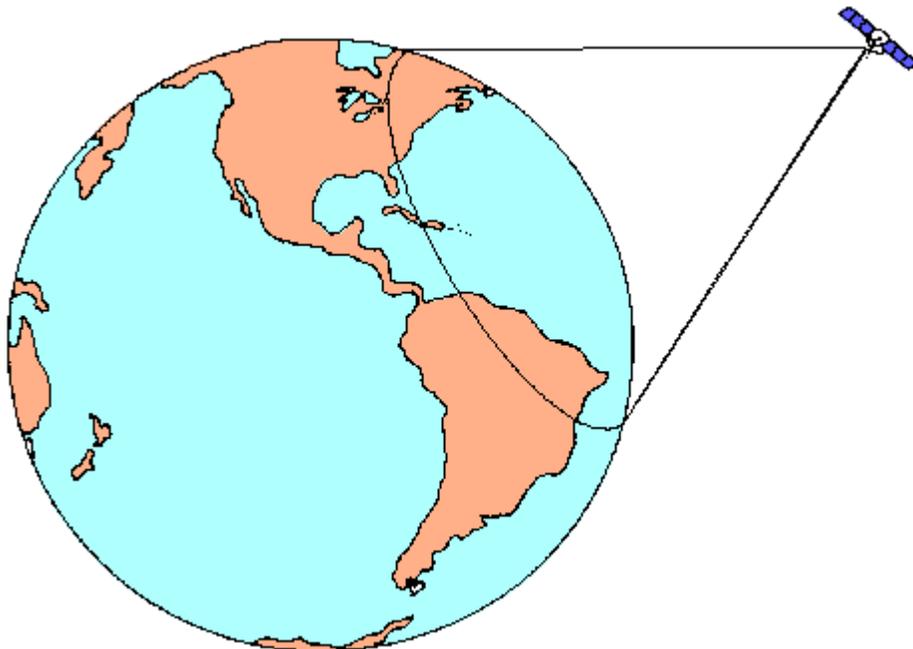
## **Comunicación Vía Satélite**

La idea de comunicación mediante el uso de satélites se debe a Arthur C. Clarke quien se basó en el trabajo matemático y las ecuaciones de Newton y de Kepler, y lo unió con aplicaciones y tecnología existente en esa época (1940's). La propuesta de Clarke en 1945 se basaba en lo siguiente:

- El satélite serviría como repetidor de comunicaciones
- El satélite giraría a 36,000 km de altura sobre el ecuador
- A esa altura estaría en órbita "Geoestacionaria"
- Tres satélites separados a 120° entre sí cubrirían toda la tierra
- Se obtendría energía eléctrica mediante energía solar
- El satélite sería una estación espacial tripulada.

Casi todos estos puntos se llevaron a cabo unos años después, cuando mejoró la tecnología de cohetes, con la excepción del último punto. Este no se cumplió debido al alto costo que implicaba el transporte y mantenimiento de tripulación a bordo de la estación espacial, por cuestiones de seguridad médica y orgánica en los tripulantes, y finalmente por el avance de técnicas de control remoto.

En la siguiente figura se muestra el área de cobertura de un satélite geostacionario:



Un satélite actúa como una estación de relevación (*relay station*) o repetidor. Un transpondedor recibe la señal de un transmisor, luego la amplifica y la retransmite hacia la tierra a una frecuencia diferente. Debe notarse que la estación terrena transmisora envía a un solo satélite. El satélite, sin embargo, envía a cualquiera de las estaciones terrenas receptoras en su área de cobertura o huella (*footprint*).

La transmisión por satélite ofrece muchas ventajas para una compañía. Los precios de renta de espacio satelital es más estable que los que ofrecen las compañías telefónicas. Ya que la transmisión por satélite no es sensitiva a la distancia. Y además existe un gran ancho de banda disponible.

Los beneficios de la comunicación por satélite desde el punto de vista de comunicaciones de datos podrian ser los siguientes:

- Transferencia de información a altas velocidades (Kbps, Mbps)
- Ideal para comunicaciones en puntos distantes y no fácilmente accesibles geográficamente.
- Ideal en servicios de acceso múltiple a un gran número de puntos.
- Permite establecer la comunicación entre dos usuarios distantes con la posibilidad de evitar las redes publicas telefónicas.

Entre las desventajas de la comunicación por satélite estan las siguientes:

- 1/4 de segundo de tiempo de propagación. (retardo)
- Sensitividad a efectos atmosféricos

- Sensibles a eclipses
- Falla del satélite (no es muy común)
- Requieren transmitir a mucha potencia
- Posibilidad de interrupción por cuestiones de estrategia militar.

A pesar de las anteriores limitaciones, la transmisión por satélite sigue siendo muy popular.

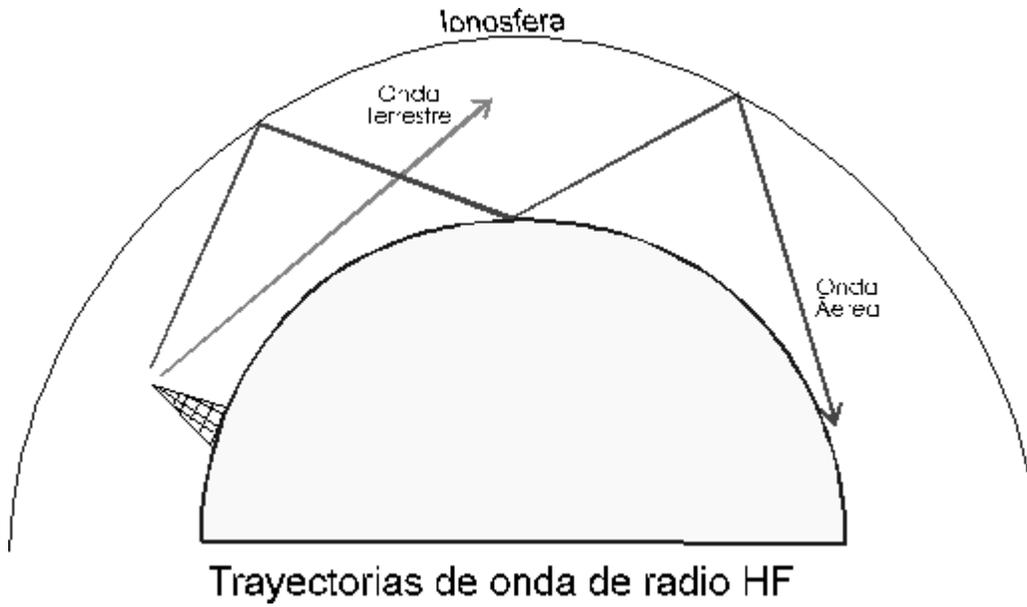
Los satélites de órbita baja (Low Earth Orbit LEO) ofrecen otras alternativas a los satélites geostacionarios (Geosynchronous Earth Orbit GEO), los cuales giran alrededor de la tierra a más de 2,000 millas. Los satélites de este tipo proveen comunicaciones de datos a baja velocidad y no son capaces de manipular voz, señales de video o datos a altas velocidades. Pero tienen las ventajas que los satélites GEO no tienen. Por ejemplo, no existe retardo en las transmisiones, son menos sensibles a factores atmosféricos, y transmiten a muy poca potencia. Estos satélites operan a frecuencias asignadas entre los 1.545 GHz y los 1.645 GHz (Banda L).

## Radio Frecuencia

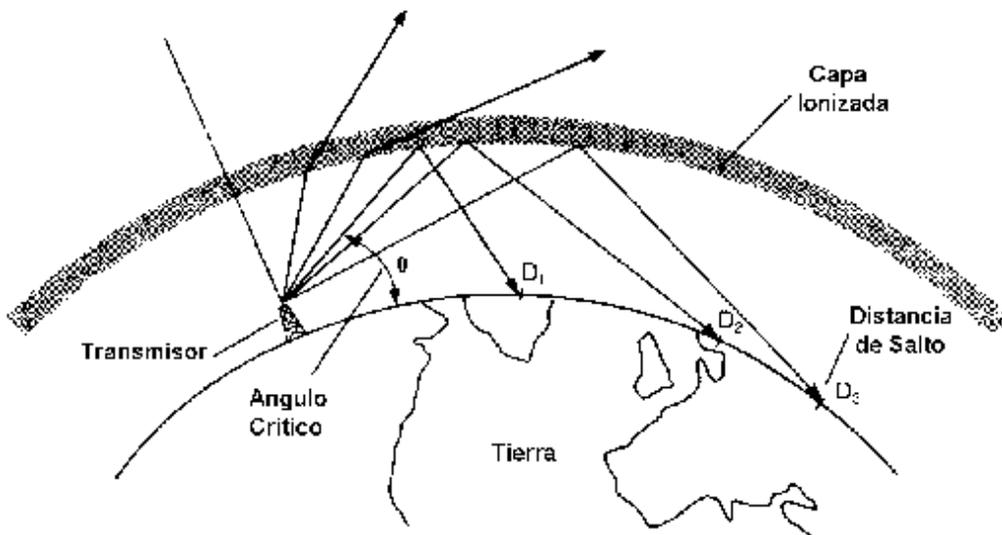
Por convención, la radio transmisión en la banda entre 3 Mhz y 30 Mhz es llamada radio de alta frecuencia (HF) u ondas cortas. Las bandas de frecuencia dentro del espectro de HF son asignadas por tratados internacionales para servicios específicos como móviles (aeronáutico, marítimo y terrestre), radiodifusión, radio amateur, comunicaciones espaciales y radio astronomía. La radio de HF tiene propiedades de propagación que la hacen menos confiable que otras frecuencias; sin embargo, la radio de HF permite comunicaciones a grandes distancias con pequeñas cantidades de potencia radiada. Las ondas de radio de HF transmitidas desde antenas en la tierra siguen dos trayectorias. La onda terrestre (groundwave) sigue la superficie de la tierra y la onda aérea (skywave) rebota de ida y vuelta entre la superficie de la tierra y varias capas de la ionosfera terrestre. La útil para comunicaciones de hasta cerca de 400 millas, y trabaja particularmente bien sobre el agua. La onda aérea propaga señales a distancias de hasta 4,000 millas con una confiabilidad en la trayectoria de 90 %.



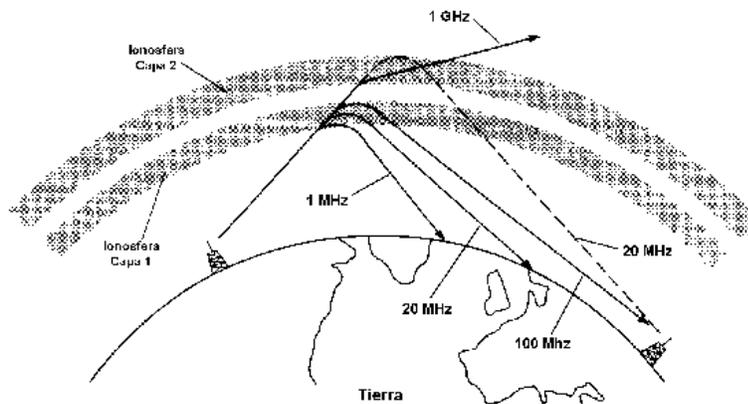
entre 3 Mhz y 30 Mhz es llamada radio de alta frecuencia (HF) u ondas cortas. Las bandas de frecuencia dentro del espectro de HF son asignadas por tratados internacionales para servicios específicos como móviles (aeronáutico, marítimo y terrestre), radiodifusión, radio amateur, comunicaciones espaciales y radio astronomía. La radio de HF tiene propiedades de propagación que la hacen menos confiable que otras frecuencias; sin embargo, la radio de HF permite comunicaciones a grandes distancias con pequeñas cantidades de potencia radiada. Las ondas de radio de HF transmitidas desde antenas en la tierra siguen dos trayectorias. La onda terrestre (groundwave) sigue la superficie de la tierra y la onda aérea (skywave) rebota de ida y vuelta entre la superficie de la tierra y varias capas de la ionosfera terrestre. La útil para comunicaciones de hasta cerca de 400 millas, y trabaja particularmente bien sobre el agua. La onda aérea propaga señales a distancias de hasta 4,000 millas con una confiabilidad en la trayectoria de 90 %.



La trayectoria de propagación de las ondas aereas son afectadas por dos factores El angulo y la frecuencia Si la onda radiada entra en la capa ionizada con un angulo mayor que el (angulo crítico) entonces la onda no es reflejada ; pero si el angulo es menor que la onda será reflejada y regresara a la tierra. Ambos efectos son mostrados en las siguientes figuras.



Efecto del angulo sobre la distancia de Salto  
(todos a la misma frecuencia)



La variación de la Distancia con la Frecuencia

El peso del capa de la ionósfera afectara grandemente la distancia de salto. La distancia tambien varia con la frecuencia de la onda transmitida. Ya que el peso y la densidad de la capas de la ionosfera dependen tambien la radiación solar, hay una significativa diferencia entre la distancia de salto de las transmisiones diurnas y las nocturnas. Las ondas terrestres en cambio tiene un alcance más corto comparadas con las ondas aéreas. Las ondas terrestres tienen tres componentes: la onda directa, la onda de superficie y la onda reflejada. Las ondas terrestres son afectadas por la conductividad y las características de la superficie de la tierra. A más alta conductividad mejor transmisión, así las ondas terrestres viajan mejor sobre al agua del mar, agua dulce, aguas pantanosas, etc. Sobre terreno rocosos y desierto la transmisión es muy pobre, mientras que en zonas selvaticas es practicamente inutilizable. Las condiciones de humedad en el aire cercanas a la tierra afectan grandemente las ondas terrestres. Las características de propagación de la onda terrestre tambien son afectadas por la frecuencia de la onda.



## Infrarrojo/Laser

Las transmisiones de laser de infrarrojo directo envuelven las mismas técnicas empleadas en la transmisión por fibra óptica, excepto que el medio en este caso es el aire libre. El láser tiene un alcance de hasta 10 millas, aunque casi todas las aplicaciones en la actualidad se realizan a distancias menores de una milla. Típicamente, las transmisiones en infrarrojo son utilizadas donde la instalación de cable no es factible entre ambos sitios a conectar. Las velocidades típicas de transmisión a esas distancias son 1.5 Mbps. La ventaja del laser infrarrojo es que no es necesario solicitar permiso ante las autoridades para utilizar esta tecnología. Debe de tenerse mucho cuidado, en la instalación ya que los haces de luz pueden dañar al ojo humano. Por lo que se requiere un lugar adecuado para la instalación del equipo. Ambos sitios deben de tener línea de vista.

Para distancias cortas las transmisiones vía laser/infrarrojo son una excelente opción. Lo cual resulta en poco tiempo mas economico que el empleo de estaciones terrenas de microondas. Se utiliza bastante para conectar LANs localizadas en diferentes edificios. ( ver figura)

*Laser Infrarrojo*



Fabricante: Cablefree Solutions Ltd.  
Modelo: Cablefree 622  
Velocidad: 1 a 622 Mbps en rangos de 200 m, 500m, 1 Km y 2 Km.  
Longitud de Onda de operación: 785nm  
Referencia URL: <http://www.cablefree.co.uk/cfproducts622.htm>



Fabricante: CANON, Inc.  
Modelo: Canobeam III, DT-50 series  
Velocidad: hasta 622Mbps hasta 2 km.  
Redes soportadas: ATM, FDDI, y Fast Ethernet.  
Longitud de Onda de operación: 785±15nm  
Referencia URL: [http://www.usa.canon.com/html/industrial\\_canobeam/canobeamdt50.html](http://www.usa.canon.com/html/industrial_canobeam/canobeamdt50.html)



Fabricante: FSona Optical Wireless  
Modelo: SONAbeam 52-M  
Velocidad: 1.5 a 52 Mbps a 200 a 4250 metros  
Redes soportadas: N x T1/E1, DS3, E3, OC-1/STM-0 y SONET SDH standards.  
Longitud de Onda de operación: 1550 nm  
Referencia URL: <http://www.fsona.com/product.php?sec=52m>

## **Líneas de Conexión**

- Tipos de líneas

- Líneas arrendadas/dedicadas
  - Líneas conmutadas
  - Modos de transmisión
    - Modo simplex
    - Modo half-duplex
    - Modo full-duplex
  - Tipos de transmisión (serie y paralelo)
  - Técnicas de transmisión
    - Transmisión asíncrona
    - Transmisión síncrona
  - Tipos de conexión (punto punto, multipunto)
- 

Existen tres tipos básicos de líneas de conexión para conectar dispositivos de comunicaciones, estas conexiones se hacen por medio de líneas arrendadas, conmutadas y dedicadas.

## **Líneas arrendadas**

Una línea arrendada (*leased line*), también llamada comúnmente *línea privada* o *dedicada*, se obtiene de una compañía de comunicaciones para proveer un medio de comunicación entre dos instalaciones que pueden estar en edificios separados en una misma ciudad o en ciudades distantes. Aparte de un cobro por la instalación o contratación [pago único], la compañía proveedora de servicios (*carrier*) le cobrará al usuario un pago mensual por uso de la línea, el cual se basará en la distancia entre las localidades conectadas.

Este tipo de líneas tienen gran uso cuando se requiere cursar:

- Una cantidad enorme de tráfico y
- Cuando este tráfico es continuo.

Es muy utilizada este tipo de líneas por bancos, industrias, instituciones académicas, etc.

Las ventajas de las líneas arrendadas son:

- Existe un gran ancho de banda disponible (desde 64 Kbps hasta decenas de Mbps)
- Ofrecen mucha privacidad a la información

- La cota mensual es fija, aún cuando está se use sobreutilize.
- La línea es dedicada las 24 hrs.
- No se requiere marcar ningún número telefónico para lograr el acceso.

Las desventajas:

- El costo mensual es relativamente costoso.
- No todas las áreas están cableadas con este tipo de líneas.
- Se necesita una línea privada para cada punto que se requiera interconectar.
- El costo mensual dependerá de la distancia entre cada punto a interconectar.

Este tipo de líneas son proporcionadas por cualquier compañía de comunicaciones; los costos involucrados incluyen un contrato inicial, el costo de los equipos terminales (DTU, Data Terminal Unit) y de una mensualidad fija.

## **Líneas conmutadas**

Una línea conmutada (*switched o dial-up line*) permite la comunicación con todas las partes que tengan acceso a la red telefónica pública conmutada (e.g. TELNOR, TELMEX, Alestra (AT&T), Avantel(MCI), etc). Si el operador de un dispositivo terminal quiere acceso a una computadora, éste debe marcar el número de algún teléfono a través de un modem. Al usar transmisiones por este tipo de líneas, las centrales de conmutación de la compañía telefónica establecen la conexión entre el llamante y la parte marcada para que se lleve a cabo la comunicación entre ambas partes. Una vez que concluye la comunicación, la central desconecta la trayectoria que fue establecida para la conexión y reestablece todas las trayectorias usadas tal que queden libres para otras conexiones.

Este tipo de líneas tienen gran uso cuando se requiere cursar:

- Una cantidad pequeña de tráfico y
- Cuando éste tráfico es esporádico.

Es muy utilizada este tipo de líneas por bancos, industrias, instituciones académicas, y usuarios en general, etc.

Las ventajas de las líneas conmutadas:

- La comunicación con este tipo de líneas es muy amplia debido a que existen mundialmente más de 600 millones de subscriptores.
- El costo de contratación es relativamente barato.
- No se necesita ningún equipo especial, solo un modem y una computadora.

- El costo depende del tiempo que se use (tiempo medido) y de la larga distancia.

Las desventajas:

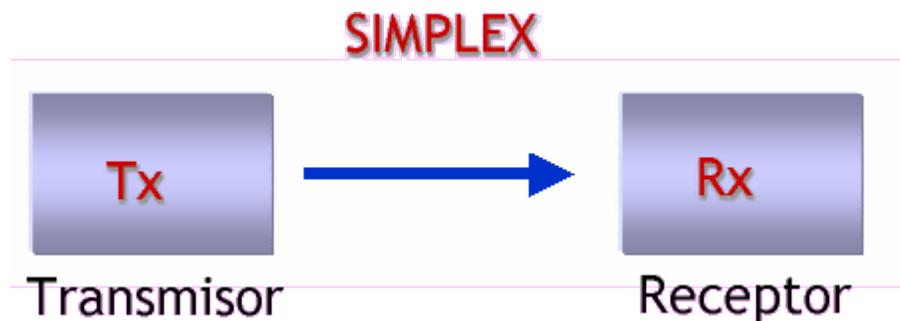
- No ofrecen mucha privacidad a la información.
- Se requiere marcar un número telefónico para lograr el acceso.
- La comunicación se puede interrumpir en cualquier momento.
- El ancho de banda es limitado (en el orden de Kbps)
- La conexión entre ambas depende de que la parte marcada no esté ocupada su línea y también de que el número de circuitos tanto para la comunicación local como nacional sean los suficientes.

Este tipo de líneas también se contrata ante una compañía telefónica, los incluyen una contratación de la línea el costo dependerá si ésta línea es residencial o comercial, una pequeña renta mensual y el servicio medido, más los costos de la larga distancia, en caso de que se utilice.

---

## Modos de Transmisión

Un método de caracterizar líneas, dispositivos terminales, computadoras y modems es por su modo de transmisión o de comunicación. Las tres clases de modos de transmisión son simplex, half-duplex y full-duplex.



### Transmisión simplex

La transmisión simplex (sx) o *unidireccional* es aquella que ocurre en una dirección solamente, deshabilitando al receptor de responder al transmisor. Normalmente la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere interacción humano-máquina. Ejemplos de transmisión simplex son: La radiodifusión (broadcast) de TV y radio, el paging unidireccional, etc.

## HALF DUPLEX



### Transmisión half-duplex

La transmisión half-duplex (hdx) permite transmitir en ambas direcciones; sin embargo, la transmisión puede ocurrir solamente en una dirección a la vez. Tanto transmisor y receptor comparten una sola frecuencia. Un ejemplo típico de half-duplex es el radio de banda civil (CB) donde el operador puede transmitir o recibir, pero no puede realizar ambas funciones simultáneamente por el mismo canal. Cuando el operador ha completado la transmisión, la otra parte debe ser avisada que puede empezar a transmitir (e.g. diciendo "cambio").

## FULL DUPLEX



### Transmisión full-duplex

La transmisión full-duplex (fdx) permite transmitir en ambas direcciones, pero simultáneamente por el mismo canal. Existen dos frecuencias una para transmitir y otra para recibir. Ejemplos de este tipo abundan en el terreno de las telecomunicaciones, el caso más típico es la telefonía, donde el transmisor y el receptor se comunican simultáneamente utilizando el mismo canal, pero usando dos frecuencias.

---

### Tipos de Transmisión

Los dos tipos de transmisión que se pueden considerar son **serie y paralelo**. Para transmisión **serial** los bits que comprenden un carácter son transmitidos secuencialmente sobre una línea; mientras que en la transmisión en **paralelo** los bits que representan el carácter son transmitidos serialmente. Si un carácter consiste de ocho bits, entonces la transmisión en paralelo requerirá de un mínimo de ocho líneas. Aunque la transmisión en paralelo se usa extensamente en transmisiones de computadora a periféricos, no se usa aparte que en transmisiones dedicadas por el costo que implica el uso de circuitos adicionales.

La transmisión serial es más lenta que la paralela puesto que se envía un bit a la vez. Una ventaja significativa de la transmisión serial en relación a la paralela es un menor costo del cableado puesto que se necesita un solo cable se tiene un octavo del costo que se ocuparía para transmisión paralela. Este ahorro en costo se vuelve más significativo conforme sean mayores las distancias requeridas para la comunicación.

Otra ventaja importante de la transmisión serial es la habilidad de transmitir a través de líneas telefónicas convencionales a mucha distancia, mientras que la transmisión en paralelo esta limitada en distancia en un rango de metros.

## Técnicas de transmisión

### *Transmisión asíncrona*

La transmisión asíncrona es aquella que se transmite o se recibe un caracter, bit por bit añadiendole *bits de inicio*, y bits que indican el término de un paquete de datos, para separar así los paquetes que se van enviando/recibiendo para sincronizar el receptor con el transmisor. El bit de inicio le indica al dispositivo receptor que sigue un caracter de datos; similarmente el bit de término indica que el caracter o paquete ha sido completado.

### *Transmisión Síncrona*

Este tipo de transmisión el envío de un grupo de caracteres en un flujo continuo de bits. Para lograr la sincronización de ambos dispositivos (receptor y transmisor) ambos dispositivos proveen una señal de reloj que se usa para establecer la velocidad de transmisión de datos y para habilitar los dispositivos conectados a los modems para identificar los caracteres apropiados mientras estos son transmitidos o recibidos. Antes de iniciar la comunicación ambos dispositivos deben de establecer una sincronización entre ellos. Para esto, antes de enviar los datos se envían un grupo de caracteres especiales de sincronía. Una vez que se logra la sincronía, se pueden empezar a transmitir datos.

Por lo general los dispositivos que transmiten en forma síncrona son más caros que los asíncronos. Debido a que son más sofisticados en el hardware. A nivel mundial son más empleados los dispositivos asíncronos ya que facilitan mejor la comunicación. Otra referencia: Synchronous and Asynchronous line communications

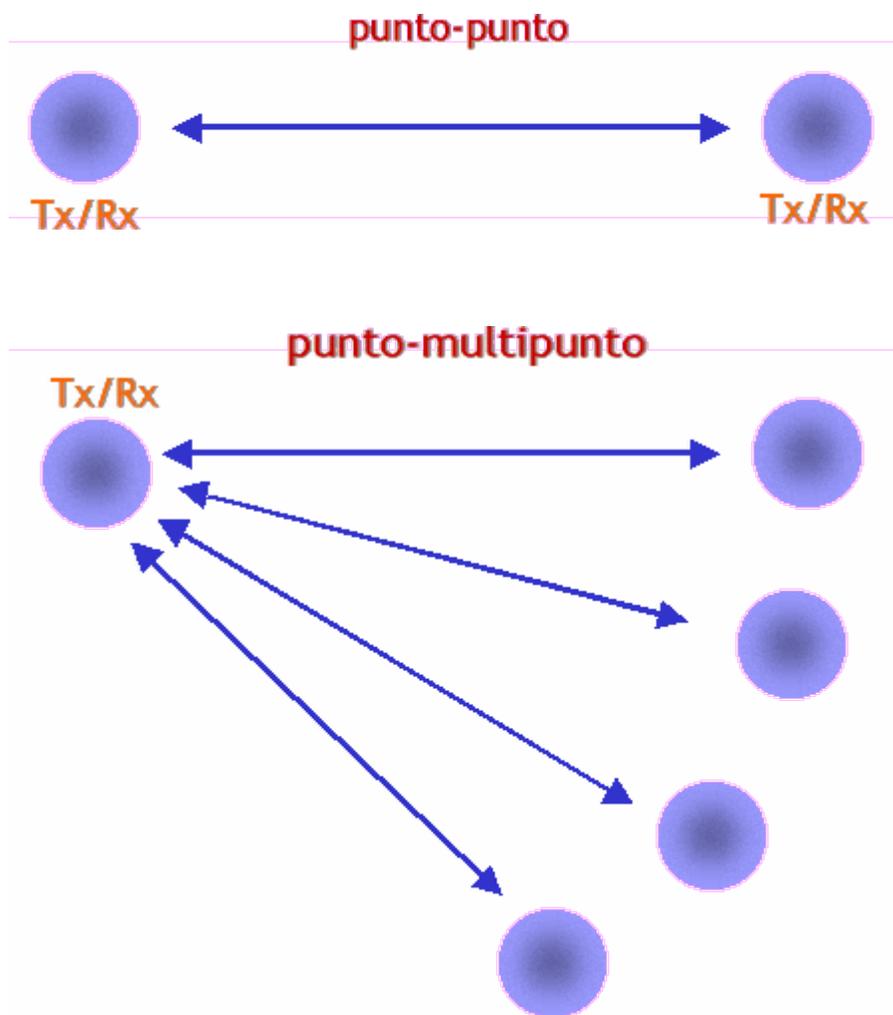
---

## Tipos de conexión

La distribución geográfica de dispositivos terminales y la distancia entre cada dispositivo y el dispositivo al que se transmite son parámetros importantes que deben ser considerados cuando se desarrolla la configuración de una red. Los dos tipos de conexiones utilizados en redes son punto a punto y multipunto.

Las líneas de conexión que solo conectan dos puntos son **punto a punto**. Cuando dos o más localidades terminales comparten porciones de una línea común, la línea es **multipunto**. Aunque no es posible que dos dispositivos en una de estas líneas transmita al mismo tiempo, dos o más dispositivos pueden recibir un mensaje al mismo tiempo. En algunos sistemas una dirección de difusión (broadcast) permite a todos los dispositivos conectados a la misma línea multipunto recibir un mensaje al mismo tiempo. Cuando se emplean líneas multipunto, se pueden reducir los costos globales puesto que porciones comunes de la línea son compartidos para uso de todos los dispositivos conectados a la línea. Para prevenir que los datos transmitidos de un dispositivo interfieran con los datos transmitidos por otro, se debe establecer una disciplina o control sobre el enlace.

Cuando se diseña un red local de datos se pueden mezclar tanto líneas punto a punto como multipunto, y la transmisión se puede efectuar en modo simplex, half-duplex o full-duplex.



## ***Fibra óptica vs. vía satélite***

### **Ventajas de la fibra óptica**

- Gran ancho de banda
- Inmunidad a la interferencia y ruido
- Bajo costo inicial en equipo de comunicaciones
- No requiere personal especializado
- No hay costos por el mantenimiento de la línea.
- No usa el espectro radioeléctrico
- No existe retardo

### **Desventajas de la fibra óptica**

- Cobertura limitada (del cableado)
- Alto costo de operación mensual
- Costos dependientes de la distancia
- Requiere contratación de la línea ante una compañía telefónica

### **Ventajas vía satélite**

### **Desventajas vía satélite**

- Costo de operación mensual muy alto.
- Retardo de 1/2 segundo
- Inversión inicial en equipo de comunicaciones muy costoso (estaciones terrenas y demás dispositivos).
- Gran ancho de banda
- Gran cobertura nacional e internacional
- Costo insensible a la distancia
- Muy sensible a factores atmosféricos
- Sensible a la interferencia y ruido
- Sensible a eclipses
- Requiere de personal especializado
- El mantenimiento corre a cargo del usuario
- No recomendable para aplicaciones de voz
- Hace uso del espectro radioeléctrico

A pesar de las desventajas de cada uno de los medios, ambos son ampliamente usados para la transmisión de grandes volúmenes de información.

En nuestro país ambas alternativas tienen un uso muy importante para la comunicación de grandes empresas tanto del sector público, sector privado, sector financiero, Gobierno, y por el sector educativo.

## **MODEMS**

### **TIPOS, CLASIFICACIONES Y ESTÁNDARES**

#### **MODEMS ACÚSTICOS Y MODEMS DE CONEXIÓN DIRECTA**

- MODEMS ACÚSTICOS.



modem acústico

En los primeros tiempos de la tecnología de los modems, estos se conectaban al teléfono insertando la bocina telefónica en una aparato con unos receptáculos de hule. Este tipo de modems se conocen como *modems acústicos* puesto que la señal eléctrica se convierte a ondas de sonido entre la bocina y el módem.

- MODEMS DE CONEXIÓN DIRECTA



Los modems que se conectan directamente a un enchufe telefónico son llamados modems de *conexión directa*. Este tipo de modems pueden enchufarse en vez de, o con el teléfono. Cabe resaltar que los modems de conexión directa proveen transferencias más confiables de datos que los modems de acoplamiento acústico. Sin embargo, aún con un módem de conexión directa, el usuario debe tomar en cuenta la posibilidad de distorsión de datos; por ejemplo, pérdida de caracteres causada por "ruido" en el cable entre el módem y la computadora, o por ruido en el cable entre el módem y la computadora.

De aquí en adelante hablaremos sobre los modems de conexión directa:

## TIPOS DE LÍNEAS: PRIVADAS Y CONMUTADAS

### LÍNEAS PRIVADAS O RENTADAS

- Una línea rentada ó arrendada (*leased line*) llamada comúnmente línea privada, se obtiene de una compañía telefónica para proveer un medio de comunicación entre dos instalaciones que pueden estar en edificios separados, en una ciudad o en ciudades distintas. A parte de un cobro por instalación, la compañía portadora le cobrará al usuario un pago mensual por uso de la línea, el cual se basará en la distancia entre las localidades conectadas.

### LÍNEAS CONMUTADAS

- Una línea conmutada (*switch ó dial-up line*) permite contacto con las partes que tengan acceso a la red telefónica pública conmutada. Si el operador de un dispositivo terminal quiere accesar una computadora, éste debe marcar el número de algún teléfono que esté conectado a la computadora. Al usar transmisores por este tipo de líneas, las centrales de conmutación de la compañía telefónica establecen una conexión entre el emisor y la parte marcada, para que se lleve a cabo la comunicación entre ambas partes. Una vez que se concluye la comunicación, la central desconecta la trayectoria que fue establecida para la conexión y restablece todas las trayectorias usadas de forma tal que quedan libres para otras conexiones.

De aquí en adelante solo por costumbre, les llamaremos a los modems de línea rentada (leased-line) como de línea privada.

## TRANSMISIÓN SÍNCRONA Y ASÍNCRONA

### TRANSMISIÓN SÍNCRONA

La transmisión de datos síncrona involucra una continua y consistente (en tiempo) transferencia de datos. La duración del tiempo entre cada bit ó carácter mandado es preasignado por el sistema receptor y el transmisor. Esto provee un medio para el sistema de recepción para conocer cuando buscar cada carácter ó bien que tanto tiempo tomará transmitir un carácter. Los modems que pueden ser sincronizados de esta manera son llamados *modems síncronos*. Dependiendo del protocolo usado, el tiempo de sincronización es usualmente afectado por una especial señal de información que preceda a una transferencia de datos o por información contenida en un grupo de bytes (llamados BLOQUES). Esta señal habilita los sistemas para sincronizar sus relojes internos y puede venir de la computadora o el módem.

### TRANSMISIÓN ASÍNCRONA

La transmisión asíncrona es un modo de transferencia de datos que notifica al sistema de recepción, cuando cada carácter empieza y termina, acompañado con bits adicionales. Esos extra bits incluyen un bit de comienzo, bit de paridad y un bit de paro. A estos bits junto con el carácter se les conoce como TRAMA. Los modems que operan en modo asíncrono son llamados *modems asíncronos*.

La transmisión síncrona es 20 por ciento más rápida que la asíncrona. Pero la transmisión síncrona requiere de equipo más caro. Mientras tanto el equipo asíncrono no requiere de circuitos de reloj, razón por la cual los modems asíncronos son más baratos. Razón por la cual la mayoría de la microcomputadoras que usan modems usan este tipo de transmisión.

## MODEMS DIGITALES Y ANALÓGICOS

### MODEMS DIGITALES

- Son aquellos modems que operan sobre redes digitales públicas ó privadas.
- Estos no tienen que convertir datos de forma analógica como lo hacen los modems analógicos, en vez de eso transmiten señales binarias puras como lo harían dos computadoras con un cable null-modem.



Un ejemplo de modems digitales son los DTUs, DSU/CSUs, ISDN modems, ADSL modems o modems de cable

## MODEMS ANALÓGICOS

- Son aquellos modems que transmiten y reciben sobre enlaces de comunicaciones en forma analógica.

## MODEMS DE LÍNEA CONMUTADA Y PRIVADA.

### MODEMS DE LÍNEA CONMUTADA (*DIAL-UP MODEMS*).

- Opera dentro del rango de 0 a 33,600 bps en una línea telefónica conmutada.
- Funcionan sobre líneas telefónicas de 2 hilos, en modo Half-Duplex y Full-Duplex.
- Usa los parámetros de comunicaciones (paridad, bits de datos, número de bits de paro, etc) que son compatibles con otros modems de línea conmutada y redes de conmutación de paquetes.
- La mayoría (pero no todos) operan en modo asíncrono. Algunos pueden trabajar en modos síncrono/asíncrono.
- Son más baratos que los de línea privada.

### MODEMS DE LÍNEA PRIVADA (*LEASED-LINE MODEMS*).

- Operan a velocidades de 9,600 bps en adelante, sobre líneas privadas.
- Funcionan sobre líneas telefónicas dedicadas de 2 o 4 hilos, Usualmente en modo Full-Duplex.
- Además operan en otras líneas de conexión directa blindadas en contra de interferencia externa (llamadas comúnmente *líneas Acondicionadas*).

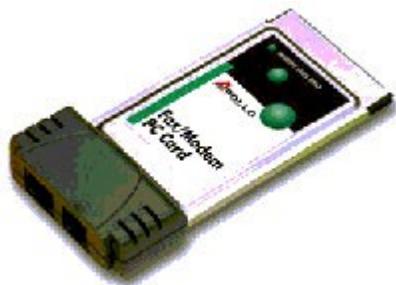
- Operan en modo asíncrono o síncrono (o ambos)
- Útiles en redes de área local (LANs) y en aplicaciones sobre redes privadas (acondicionadas).

## MODEMS INTERNOS Y EXTERNOS

### MODEMS INTERNOS



- Un módem interno es una tarjeta de expansión que ocupa una ranura en una computadora. Como cualquier otra tarjeta, esta toma corriente de la computadora. Los modems internos no requieren de cableado RS-232. Todo lo que necesitan es un cable de teléfono para conectarlo del módem a la línea telefónica.
- Aunque muchas computadoras personales tienen por lo menos un puerto serial (que es usualmente el COM1), la mayoría de los modems internos son mandados de la fábrica configurados como COM2. Si se tiene un puerto serial y está configurado como COM1, entonces solo será necesario instalar la tarjeta de módem en una ranura vacía. Si se tiene un puerto COM2 pero no un COM1, solo hay que cambiar los interruptores (switches) y/o (jumpers) para configurarlo como COM1.



Un modem PCMCIA es otro ejemplo de modem interno

### MODEMS EXTERNOS

- Los modems externos vienen encerrados en cajas de material plástico o metálico. El uso de un módem externo requiere un puerto serial en la PC, cable del puerto al módem, y una fuente de poder, aunque algunos toman su electricidad directamente del puerto RS-232.
- Un módem externo usualmente tiene una hilera de LED's (diodo de emisión de luz) montados en el panel frontal.
- La principal ventaja de los modems externos sobre los internos es el hecho de que los externos pueden ser usados en más de una arquitectura de una computadora.

Existen algunas circunstancias por las cuales es mejor usar un módem interno en vez de uno externo:

- No se tiene un enchufe de corriente a la mano.

- La computadora se encuentra en un lugar público.
- La computadora es movida frecuentemente.
- No se dispone de mucho dinero

Aún con estas circunstancias los modems externos ofrecen mayor ventaja.

- Son más fáciles de instalar, no es necesario abrir la computadora para instalarlo. Otra ventaja importante de los modems externos es que las luces indicadoras de estos nos brindan una gran ayuda, para conocer si están trabajando bien.

## ESTÁNDARES

- Son recomendaciones estándares para la operación de los modems, han sido establecidas por varias organizaciones y corporaciones.
- Los estándares cubren la modulación y técnica de transmisión usados por los modems así como otros elementos de su operación.
- Hasta la mitad de los 80's todos los modems en Estados Unidos usaban técnicas de modulación basados en estándares de los laboratorios Bell con velocidades de 300 hasta 1200 bps. Estos son conocidos como Bell103 y Bell 212A, respectivamente.
- Estos modems trabajan bien dentro de Estados Unidos. Otros países como Europa por instancia, usan diferentes estándares. El estándar internacional es llamado ITU-T, International Telecommunications Union-Telecommunications Sector (antes conocido como CCITT Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía).
- Sumado a los estándares de velocidad, existen también estándares para verificación, errores y compresión de datos.
- A continuación se muestra una lista de los estándares de facto e internacionales con sus características operacionales

Tipo de Módem	Velocidad máxima de Datos	Técnica de Transmisión	Técnica de Modulación	Modo de Transmisión	de Uso de Línea
---------------	---------------------------	------------------------	-----------------------	---------------------	-----------------

### **Bell System**

103A,E	300	Asíncrono	FSK	Half, Full	Conmutada
103F	300	Asíncrono	FSK	Half, Full	Privada
201B	2400	síncrono	PSK	Half, Full	Privada
201C	2400	síncrono	PSK	Half, Full	Conmutada
202C	1200	asíncrono	FSK	Half	Conmutada
202S	1200	asíncrono	FSK	Half	Conmutada

202D/R	1800	asíncrono	FSK	Half, Full	Privada
202T	1800	asíncrono	FSK	Half, Full	Privada
208A	4800	síncrono	PSK	Half, Full	Privada
208B	4800	síncrono	PSK	Half	Conmutada
209A	9600	síncrono	QAM	Full	Privada
212	0-300	asíncrono	FSK	Half, Full	Conmutada
	1200	asíncrono/ síncrono	PSK	Half, Full	Conmutada

Tipo de Módem	de Velocidad máxima Datos	de Técnica Transmisión	de Técnica Modulación	de Modo Transmisión	de Uso de Línea
---------------	---------------------------	------------------------	-----------------------	---------------------	-----------------

**ITU-T (CCITT)**

V.21	300	asíncrono	FSK	Half, Full	Conmutada
V.22	600	asíncrono	PSK	Half, Full	Conmutada/ Privada
	1200	asíncrono/ síncrono	PSK	Half, Full	Conmutada/ Privada
V.22 bis	2400	asíncrono	QAM	Half, Full	Conmutada
V.23	600	asíncrono/ síncrono	FSK	Half, Full	Conmutada
	1200	asíncrono/ síncrono	FSK	Half, Full	Conmutada
V.26	2400	síncrono	PSK	Half, Full	Privada
	1200	síncrono	PSK	Half	Conmutada
V.26 bis	2400	síncrono	PSK	Half	Conmutada
V.26 ter	2400	síncrono	PSK	Half, Full	Conmutada
V.27	4800	síncrono	PSK		
V.29	9600	síncrono	QAM	Half, Full	Privada
V.32	9600	síncrono	TCM/QAM	Half, Full	Conmutada
V.32 bis	14,400	sinchr/asinc	TCM/QAM	Half, Full	Privada
V.42	9,600	sinchr/asinc	TCM/QAM	Half, Full	Privada
V.34	28,800	sinchr/asinc	TCM/QAM	Half, Full	Conmutada
V.90	56,800	sinchr/asinc	----	Half, Full	Conmutada
V.42	Cualquiera	<b>Corrección de error</b>			
V.42bis	Cualquiera	<b>Compresión de Datos</b>			

Algunas velocidades tienen más de un estándar y viceversa. Esto es por el hecho de la ausencia o presencia de verificación de error o características de compresión de datos. Por ejemplo, V.42 designa corrección de error en la forma de protocolos LAPM y MNP 1-4 ( V.42 puede operar en todas las velocidades mayores a 1200 bps).

**PROTOCOLOS DE VERIFICACIÓN DE ERRORES**

**ARQ (Automatic Request for Repeat)**

Este es nombre genérico para cualquier esquema de corrección de errores que imitan la forma de trabajo de algunos protocolos de transferencia de archivos binarios.

### **MNP (Microcom Networking protocol)**

De hecho el protocolo de corrección de errores más conocido. Existen nueve variedades (llamados niveles o clases) en uso común. Cada nivel sucesivo provee las características de sus predecesores, además de las propias. MNP 1 a la 4 están en el dominio publico y son parte de la especificación de control de errores de CCITT V.42.

### **LAPM (Link Access Procedure for Modems)**

Este es un protocolo que provee control de errores entre dos modems que implementan LAPM.

LAPM es parte de la especificación V.42 para modems de 2,400 a 9,600 bps. Cuando un módem V.42 establece un enlace con otro módem intenta primero usar LAPM; si no lo logra intenta MNP 1-4; si tampoco lo logra usa un enlace normal.

### **FACTORES MAS IMPORTANTES PARA SELECCIONAR UN MODEM**

- Velocidad de transmisión.
- Interfase digital entre el módem y la terminal o computadora central (EIA, CCITT, etc).
- Protocolo de línea disponible (Half-Duplex, Full-Duplex, Multidrop).
- Modo de transmisión (síncrono o asíncrono).
- Tipo de línea telefónica donde se instalará el módem (conmutada/privada).
- Estándar (Bell o CCITT).

### **Comandos AT**

#### **COMO EL SOFTWARE SE COMUNICA CON EL MODEM**

Cada módem tiene un conjunto de comandos. El más comúnmente usado es el comando AT, estos comandos fueron originalmente desarrollados por *Hayes Microcomputer Company* cuando ellos empezaron a manufacturar su *Hayes Smartmodems*. Cuando un módem se dice que es "Hayes compatible," significa que soporta alguna parte del conjunto de comandos de Hayes. El programa de comunicaciones debe ser capaz de seleccionar los parámetros necesarios para el correcto funcionamiento con el destino al cual se conecta. Para que el programa de comunicaciones pueda "hablar" con el módem debe haber algún tipo de protocolo, este es objetivo de los comandos AT.

La mayoría de los modems de la actualidad son programables en su totalidad. Usualmente un módem puede funcionar perfectamente recién salido de la fabrica, pero es necesario ajustarle algunos parámetros para un mejor funcionamiento para una determinada aplicación.

La mayoría de los modems actuales son inteligentes, esto es poseen un microprocesador y *registros (S) que* son usados para configurar la operación del módem. Por ejemplo, la asignación de la

velocidad de transmisión, y que tanto esperará para contestar después de que se marque un número telefónico. Los manuales de los modems listan cada uno de los registros y explican su uso.

Para asignar los registros en el módem, se necesita hablar directamente con el módem. Esto usualmente se da por hecho al poner el programa de comunicaciones en modo local, este modo es por lo general automático a la hora de encender el módem y hasta que no se establezca el enlace.

El proceso de dialogo es usualmente transparente. Cuando el programa de comunicaciones le ordena al módem marcar un número de teléfono, este manda tres piezas (cadenas) de información: un prefijo de marcado, el número telefónico, y un sufijo de marcado. Usualmente no se ve que estos datos se están enviando al módem, aunque el software de comunicaciones reportará que se esta estableciendo una llamada.

El prefijo de marcado usualmente contiene el comando actual para marcar. En el caso de un módem se usa el conjunto de comandos AT, este es usualmente *ATDT*. El comando AT obtiene la atención del módem, la D es el comando de marcado, y la T le dice al módem que marque usando tonos. Si se necesita marcar con pulsos (esto es, usar el disco en vez de los botones de presión del teléfono), se debe usar P en vez de T. El número telefónico es el número del módem remoto, y fue avisado cuando se inicializó el software al llamar el módem anfitrión.

Después de que el módem marca, este esperará "oir" la respuesta del otro módem. Después de que los modems se conectan, el software se da cuenta de esto, tu estarás en línea y empezará la comunicación.

## COMANDOS BÁSICOS AT

- Una tabla de los comandos AT más básicos son mostrados a continuación. No todos los modems soportan la totalidad de los comandos, y algunos modems tienen los suyos propios. Todos esos comandos (al menos que se indique lo contrario) son precedidos por las letras AT. Algunos modems responden solo a los AT en minúsculas, otros no.
- Cuando se introduce **AT** en el modo terminal del programa de comunicaciones, el módem deberá responder con OK. Si se le da un comando no soportado nos dará el mensaje de ERROR.
- Antes de experimentar con los comandos AT, teclea **AT**, seguido por la tecla Enter, y asegúrate de que te responda con OK.

COMANDOS	FUNCIÓN / DESCRIPCIÓN
AT	Atención del módem. Permite que el módem sepa que se le están dando comandos. Debe preceder a todos los comandos excepto A/, A> y +++
A/	Reejecuta el último comando dado.
A>	Reejecuta

## LOS COMANDOS QUE SIGUEN DEBEN SER PRECEDIDOS POR AT

COMANDOS	FUNCIONES / DESCRIPCIÓN
A	Pone módem en modo de Autorespuesta.

&C	Control de DATA CARRIER DETEC
&C0	DCD siempre encendida mientras haya DTR
&C1	DCD encendida solo en presencia de datos
&C2	DCD encendida cuando hay DTR; enseguida se apaga por 500 ms antes de desconectar
&D	Control de DATA TERMINAL READY
&D0	Ignorar DTR
&D2	Cuelga, asumir estado de comandos y deshabilitar autocontestado después de transición 1-0.
&D3	Reinicializar en caso de que DTR pase de 1-0
&L	Control de Línea
&M	Control de sincronia/asincronia
&Q	Igual
&Q0	Modo asíncrono
&Q1	Modo síncrono 1: modo síncrono/asíncrono
&Q2	Modo síncrono 2: DTR de 0-1 causa el marcado automático de número almacenado
&R	Opciones de RTS y CTS.
&R0	CTS sigue a RTS
&R1	CTS sigue DTR de DTE
&R2	CTS encendido mientras en módem esta en línea
&S	Control de DSR
&S0	DSR siempre encendido
&S1	DSR opera de acuerdo a especificación RS-232
&S2	A la perdida de portadora, el módem manda al DTE una señal DSR pulsada con CTS siguiendo CD
&T	Comandos de Pruebas
&T0	Termina una prueba en progreso
&T1	Inicia una prueba local analógica de circuito cerrado (Local analog loopback)
&T3	Inicia prueba local digital de circuito cerrado (Local digital loopback test)
&T4	Permite al módem local aceptar requisiciones del módem remoto para hacer una prueba remota digital de circuito cerrado.
&T5	Impide aceptar una requisición de módem remoto para hacer una prueba remota digital de circuito cerrado.
&T6	Inicia una prueba remota digital (Remote digital loopback test)
&T7	Inicia una autopruueba remota digital de circuito cerrado (Remote digital loopback self-test)
&T8	Inicia una autopruueba local analógica de circuito cerrado (local analog loopback self-test)
&V	Ver configuración activa, etc.
&V0	Despliega configuración del módem, pers de usuario y números telefónicos.
&V1	Despliega todos los números telefónicos almacenados
&W	Escribe perfil a memoria
&W0	Escribe perfil 0
&W1	Escribe perfil 1
&X	Temporizado de transmisor
&X0	Selecciona temporizador interno
&X1	Selecciona temporizador externo

&X2	Selecciona temporizado esclavo
&Y	Perfil por falta
&Y0	Perfil 0
&Y1	Perfil 1

## ***TRANSMISIÓN DE FM, AM, interferencia y ruido***

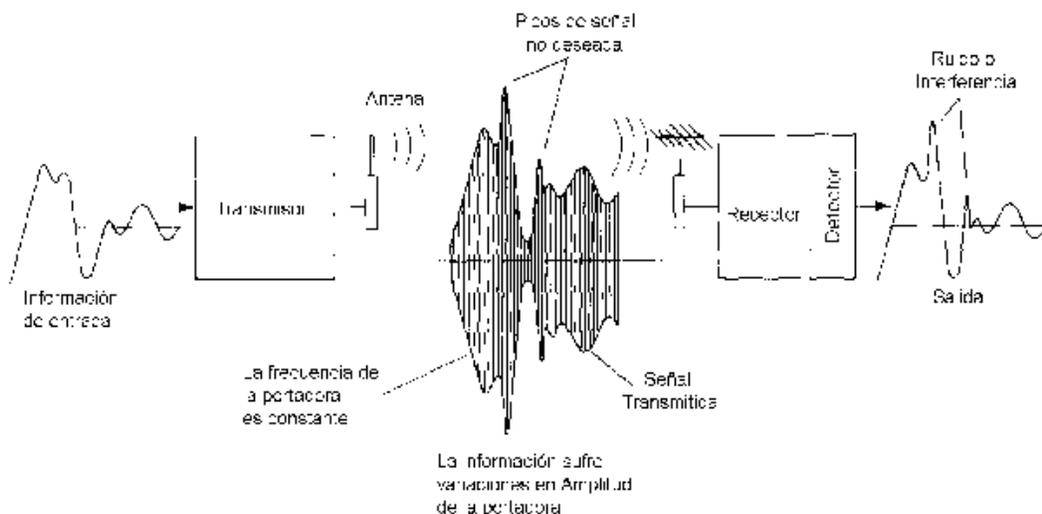
Como se ha visto anteriormente el término relación señal a ruido. La *señal* viene siendo la información deseada en una transmisión, y el *ruido* viene siendo como la información no-deseada. Generalmente las señales no deseadas son clasificadas como ruido. De aquí en adelante vamos a emplear el término ruido para señales no deseadas de fuentes naturales, y el término *interferencia* para señales no deseadas de fuentes *hechas por el hombre*. (aunque existe interferencia también por fuentes naturales).

### **FM CONTRA AM**

Los receptores de FM tienen menor ruido que los receptores de AM. La razón es que existe mayor ruido e interferencia en la señal portadora modulada en amplitud, y los sistemas FM están diseñados para eliminar las señales no deseadas de la portadora en amplitud modulada.

### **MODULACIÓN EN AM**

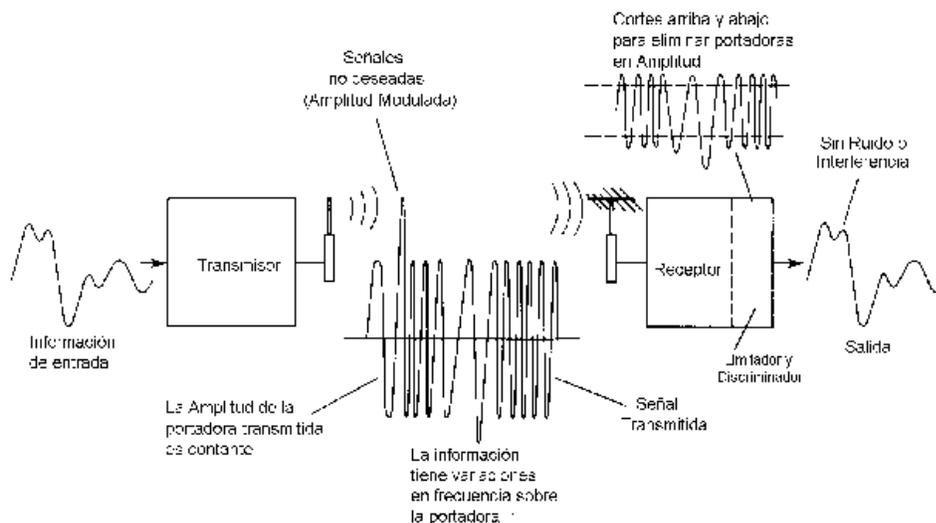
Como se ve en la figura, la información de entrada varía la amplitud de la señal portadora. La frecuencia portadora es mantenida constante. Las señales transmitidas inducen un voltaje en la antena receptora, el receptor amplifica la señal y detecta las variaciones en amplitud en la señal, y reproduce la información transmitida en la salida del receptor. Note que cualquier señal de interferencia que varíe la amplitud de la portadora del receptor se convierte en una señal en la salida del receptor de AM. Es importante notar que en la transmisión de TV, las señales de video (imagen) son moduladas en amplitud la portadora.



## Transmisión y Recepción en AM

### MODULACIÓN EN FM

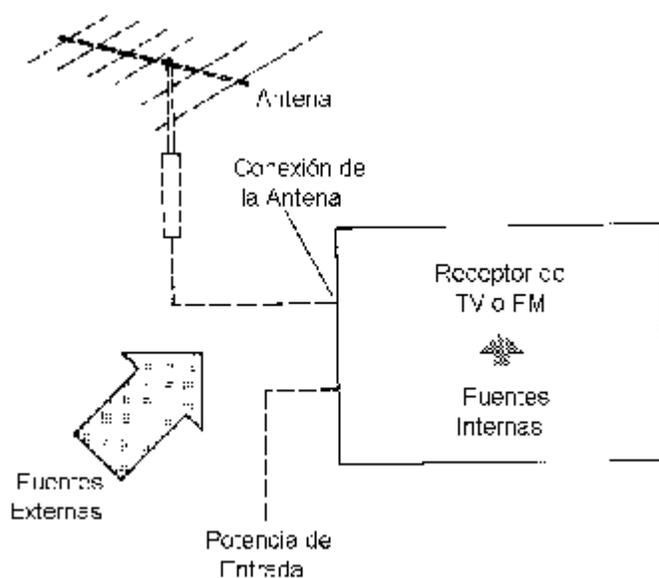
En la siguiente figura se muestra la transmisión y recepción en FM. La entrada de la información varía la frecuencia de una portadora transmitida. La frecuencia de la portadora se mantiene constante. Las señales transmitidas inducen un voltaje en la antena receptora, el receptor amplifica la señal, manda las señales a través de un limitador y discriminador, y reproduce la información transmitida en la salida del receptor. Como se muestra el limitador/discriminador corta las portadoras arriba y abajo para eliminar las variaciones en amplitud. Las señales no deseadas causan una variación en la portadora del receptor en amplitud de la antena receptora. Estas no aparecerán en la salida del receptor ya que están no varían la frecuencia de la portadora recibida. Esto es porque la transmisión en FM es esencialmente libre de interferencia y ruido, con respecto a la portadora modulada en amplitud.



## Transmisión y Recepción en FM

### **FUENTES DE SEÑALES NO DESEADAS**

Como se ve en la figura, las señales pueden ser tanto de fuentes internas como externas. Las fuentes internas usualmente están presentes de un modo u otro existan señal o no, y no cambian abruptamente al menos que suceda algo extraño dentro del equipo o en las interconexiones. Las fuentes externas tienen dos formas para ser introducidas dentro del sistema. Una es a través de la antena y la otra es a través de la potencia de entrada. Las señales no deseadas pueden estar o presentes todas las veces. Estas pueden ocurrir momentáneamente, intermitentemente o periódicamente. Es importante cuando se trata de eliminar las señales no deseadas para conocer si están entrando al sistema de fuentes externas o si están presentes sin cualquier entrada externa.



### **FUENTES DE RUIDO**

#### Ruido térmico (*Thermal Noise*)

Todos los objetos cuya temperatura está por encima del cero absoluto (0 grados Kelvin) generan ruido eléctrico en forma aleatoria debido a la vibración de las moléculas dentro del objeto. Este ruido es llamado ruido térmico. La potencia de ruido generada depende solo de la temperatura del objeto, y no de su composición. Ya que esta es una propiedad fundamental, el ruido frecuentemente definido por su *temperatura equivalente de ruido*. La temperatura de ruido puede darse tanto en grados Kelvin como en decibeles. A continuación se presenta una fórmula para convertir grados Kelvin a dB.

$$T \text{ (dB)} = 10 \cdot \log_{10}(1 + K/120)$$

donde  $T$  es la temperatura equivalente de ruido en dB  $K$  es la temperatura en grados Kelvin

La temperatura de el aire alrededor de nosotros es aproximadamente 300 K (27C ), y la temperatura del sol es muy alta (alrededor de 5,700 K). Es posible construir un amplificador cuya temperatura equivalente de ruido este por debajo de su actual temperatura, y para así agregar el menor ruido posible al receptor.

Los amplificadores de bajo ruido(*Low Noise Amplifier LNA*) de los sistemas de satélite fueron clasificados en temperatura equivalente de ruido para indicar su ruido térmico.

### **Ruido de Choque (Shot Noise)**

Los diodos limitados por la temperatura, los cuales virtualmente incluye a todos los semiconductores, generan ruido de choque cuando la corriente es pasada a través del diodo. El ruido resultante es debido por la corriente que es pasada por en forma de partículas discretas(electrones) y un impulso es generado por el paso de cada partícula. El ruido es proporcional a la corriente. La corriente cero es igual al ruido térmico.

### **Ruido Atmosférico (Atmospheric Noise)**

Existe un ruido que es interceptado por la antena llamado ruido atmosférico. El ruido atmosférico es muy alto para bajas frecuencias, y decrece cuando se incrementa la frecuencia. Esta presente en toda la banda de radiodifusión AM y este no puede ser eliminado con el amplificador y el diseño de la antena. El ruido atmosférico decrece bastante en frecuencias de TV y FM.

### **FUENTES DE INTEFERENCIA**

La interferencia básicamente es hecha por el hombre excepto por condiciones atmosféricas y del clima. La mas notable son las descargas eléctricas (rayos). A continuación se mencionan algunos ejemplos de fuentes de interferencia:

- Sistema de encendido de vehículos,
- Motores eléctricos, líneas de alta tensión,
- Luces de neón y fluorescentes
- Computadoras,
- Otros tipos de transmisión, tales como la radio amateur, CB (Banda Civil), radio de la policía y otros servicios públicos, inclusive otras estaciones de FM o TV.

Generalmente las fuentes que radian señales periódicas e intermitentes son llamadas *fuentes de impulso*. Algunos ejemplos son: interruptores eléctricos, luces de neón destellando, encendido de automóvil, rayos, etc. Los impulsos son de corta duración (microsegundos) y frecuentemente tienen amplitudes mas grandes que la señal que esta siendo recibida. La interferencia puede ser radiada como interferencia electromagnética (*EMI*), o conducida sobre las líneas eléctricas, en el caso del equipo con alimentación de Corriente alterna (*AC*).

## **OTROS TIPOS DE INTERFERENCIA**

### **Interferencia de canales adyacentes**

La interferencia de canales adyacentes es muy común en áreas metropolitanas donde las estaciones (de AM o FM por ejemplo) son asignadas en frecuencias muy cercanas. En esas áreas donde la congestión de canales existe, los efectos pueden ser minimizados (si las estaciones están en diferentes direcciones) usando un rotor para orientar la antena para la mínima interferencia.

### **Efecto de captura**

Los sistemas FM exhiben un fenómeno llamado "efecto de captura", por lo cual la señal más fuerte de dos adyacentes elimina a la más débil. Cuando se trata de sintonizar una señal débil, inmediatamente aparece la señal más fuerte. Reduciendo la amplitud (potencia) de la señal más fuerte afectará menos a la señal débil. Existe una sola forma de cambiar el efecto de captura es moviendo o rotando la antena, o obtener una antena más direccional y apuntarla hacia la estación más débil. En este artículo hemos hablado sobre la eliminación de señales no deseadas, y encontramos que estas pueden entrar al receptor y por la antena misma. La mejor manera para eliminar estas señales es remover la fuente. Si esto no es posible es recomendable proteger (blindar) o hacer uso de filtros.

### **Conceptos básicos de redes**

## **EVOLUCIÓN DE LAS REDES**

- » 1844 Nace la TELEGRAFÍA (Samuel Morse)
- » 1861 Primer Red Telegráfica en EUA
- » 1866 Primer red telegráfica EUA-Inglaterra
- » 1876 Nace la TELEFONÍA (Alexander Graham Bell)
- » 1878 Primer red telefónica local en New Haven, EUA
- » 1892 Primer red telefónica entre New York-Chicago
- » 1897 Primer red telefónica nacional en EUA
- » 1898 Nace la comunicación inalámbrica (Marconi)
- » 1915 Nace la radiodifusión en AM
- » 1918 Primer estación AM (KDKA en Pittsburgh)
- » 1923-1938 Nace la televisión
- » 1937 Primer red de televisión (BBC de Londres)
- » 1941 Primer estación en FM (WKCR en Univ. de Columbia)

- » 1950 Primer red de microondas
- » 1960s Primeras redes vía satélite
- » 1969 Primer red de Supercomputadoras, ARPANET, Advanced Research Project Agency del Departamento de Defensa, se unen 4 universidades, UCLA, UCSB, SRI y la Universidad de UTAH. Los primeros 4 nodos de Internet.
- » 1980s Primeras redes de computadoras personales (Ethernet, Token Ring, Arcnet)
- » 1981 Nacen las primeras redes de telefonía celular
- » 1997 Nacen las primeras redes de DTH (Television Directa al Hogar)

## **REDES**

### **CONCEPTO DE RED**

Una red (en general) es un conjunto de dispositivos (de red) interconectados físicamente (ya sea vía alámbrica o vía inalámbrica) que comparten recursos y que se comunican entre sí a través de reglas (protocolos) de comunicación.

#### **Dispositivos de red**

- Estación de trabajo (Workstation)
- Un servidor (server)
- Impresora (printer)
- Concentrador (Hub)
- Conmutador de paquetes (Switch)
- Enrutador (router)
- Punto de acceso (access point)
- Consola de CDs (Jukebox)
- Modems satelitales
- Modems analógicos
- Estaciones terrenas vía satélite
- Conmutadores telefónicos

- etc, etc.

**Una red debe cumplir con lo siguiente:**

- Un **medio** de comunicación donde transfiera información  
*Existen los medios inalámbricos e inalámbricos*
- Un **recurso** que compartir  
*Discos, impresoras, archivos, scanners, CD-ROMs,....*
- Un **lenguaje o reglas** para comunicarse  
*Existen los protocolos de red: Ethernet, TCP/IP, X.25, IPX,...*

## TIPOS DE REDES

Las redes pueden clasificarse con respecto a la información que es transferida de la siguiente manera:

- Redes de DATOS**  
Compañías de beepers, compañías celulares de datos (SMS), proveedores de Internet, Voz paquetizada (VoIP)
- Redes de VIDEO**  
Compañías de cableTV, Estaciones televisoras
- Redes de VOZ**  
Compañías telefónicas, compañías celulares
- Redes de AUDIO**  
Rockolas digitales, audio por Internet, Música por satélite
- Redes de MULTIMEDIOS**  
Compañías que explotan voz, datos, video simultáneamente

También existen redes de microondas, redes vía satélite, redes de fibra óptica, redes públicas, redes privadas, redes eléctricas, redes ferroviarias, redes de carreteras, etc.

## PARÁMETROS QUE DEFINEN UNA RED

- Topología:** arreglo físico en el cual el dispositivo de red se conecta al medio
- Medio físico:** cable físico (o frecuencia del espectro electromagnético) para interconectar los dispositivos a la red
- Protocolo de acceso al medio:** Reglas que determinan como los dispositivos se identifican entre sí y como accesan al medio de comunicación para enviar y recibir la información

## **TIPOS DE REDES: basadas en la distancia de cobertura**

Las redes de acuerdo a la cobertura geográfica pueden ser clasificadas en LANs, CANs, MANs, y WANs.

### **LAN: Local Area Network, Red de Area Local**

Una LAN conecta varios dispositivos de red en una area de corta distancia (decenas de metros) delimitadas únicamente por la distancia de propagación del medio de transmisión [coaxial (hasta 500

metros), par trenzado (hasta 90 metros) o fibra óptica [decenas de metros], espectro disperso o infrarrojo [decenas de metros]).

Una LAN podría estar delimitada también por el espacio en un edificio, un salón, una oficina, hogar... pero a su vez podría haber varias LANs en estos mismo espacios. En redes basadas en IP, se puede concebir una LAN como una subred, pero esto no es necesariamente cierto en la práctica.

Las LAN comúnmente utilizan las tecnologías Ethernet, Token Ring, FDDI (Fiber Distributed Data Interface) para conectividad, así como otros protocolos tales como Appletalk, Banyan Vines, DECnet, IPX, etc.

### **CAN: Campus Area Network, Red de Area Campus**

Una CAN es una colección de LANs dispersadas geográficamente dentro de un campus (universitario, oficinas de gobierno, maquilas o industrias) pertenecientes a una misma entidad en una área delimitada en kilómetros.

Una CAN utiliza comúnmente tecnologías tales como FDDI y Gigabit Ethernet para conectividad a través de medios de comunicación tales como fibra óptica y espectro disperso.

### **MAN: Metropolitan Area Network, Red de Area Metropolitana**

Una MAN es una colección de LANs o CANs dispersas en una ciudad (decenas de kilómetros). Una MAN utiliza tecnologías tales como ATM, Frame Relay, xDSL (Digital Subscriber Line), WDM (Wavelength Division Modulation), ISDN, E1/T1, PPP, etc. para conectividad a través de medios de comunicación tales como cobre, fibra óptica, y microondas.

### **WAN: Wide Area Network, Red de Area Local**

Una WAN es una colección de LANs dispersadas geográficamente cientos de kilómetros una de otra. Un dispositivo de red llamado enrutador es capaz de conectar LANs a una WAN.

Las WAN utilizan comúnmente tecnologías ATM (Asynchronous Transfer Mode), Frame Relay, X.25, E1/T1, GSM, TDMA, CDMA, xDSL, PPP, etc. para conectividad a través de medios de comunicación tales como fibra óptica, microondas, celular y vía satélite.

### **WLAN y WPAN**

También existen las redes inalámbricas WLAN y WPAN, las primeras (wireless Local Area Network) están delimitadas por la distancia de propagación del medio y de la tecnología empleada, en interiores hasta 100 metros y en exteriores varios kilómetros.

Las WLAN utilizan tecnologías tales como IEEE 802.11a, 802.11b, 802.15, HiperLAN2, HomeRF, etc. para conectividad a través de espectro disperso (2.4 GHz, 5 GHz).

Las WPANs (Wireless Personal Area Network) están delimitadas en distancia aún más que las WLANs, desde los 30 metros hasta los 100 metros bajo condiciones óptimas en interiores.

Las WPAN utilizan tecnologías tales como IEEE 802.15, Bluetooth, HomeRF, 802.11b para conectividad a través de espectro disperso o con infrarrojo.

## Topologías de RED

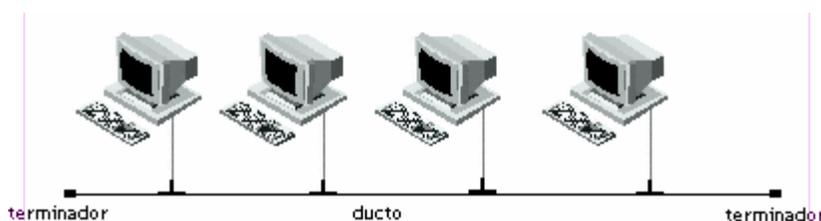
La topología de una red es el arreglo físico en el cual los dispositivos de red (e.g. computadoras, impresoras, servidores, hubs, switches, puentes, etc.) se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación. Existen varias topologías de red básicas (ducto, estrella, anillo y malla), pero también existen redes híbridas que combinan una o más topologías en una misma red.

### Topología de ducto (bus)

Una topología de ducto o bus está caracterizada por una dorsal principal con dispositivos de red interconectados a lo largo de la dorsal. Las redes de ductos son consideradas como topologías pasivas. Las computadoras "escuchan" al ducto. Cuando éstas están listas para transmitir, ellas se aseguran que no haya nadie más transmitiendo en el ducto, y entonces ellas envían sus paquetes de información. Las redes de ducto basadas en contención (ya que cada computadora debe contender por un tiempo de transmisión) típicamente emplean la arquitectura de red ETHERNET.

Las redes de bus comúnmente utilizan cable coaxial como medio de comunicación, las computadoras se conectan al ducto mediante un conector BNC en forma de T. En el extremo de la red se ponía un terminador (si se utilizaba un cable de 50 ohm, se ponía un terminador de 50 ohms también).

Las redes de ducto son fáciles de instalar y de extender. Son muy susceptibles a quebraduras de cable, conectores y cortos en el cable que son muy difíciles de encontrar. Un problema físico en la red, tal como un conector T, puede tumbar toda la red.

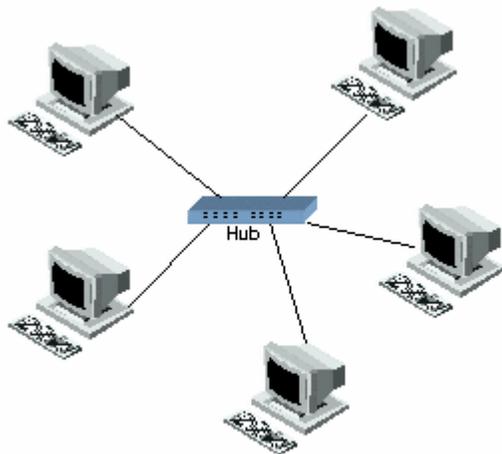


### Topología de ducto

### Topología de estrella (star)

En una topología de estrella, las computadoras en la red se conectan a un dispositivo central conocido como concentrador (hub en inglés) o a un conmutador de paquetes (switch en inglés). Cada computadora se conecta con su propio cable (típicamente par trenzado) a un puerto del hub o switch. Este tipo de red sigue siendo pasiva, utilizando un método basado en contención, las computadoras escuchan el cable y contienden por un tiempo de transmisión.

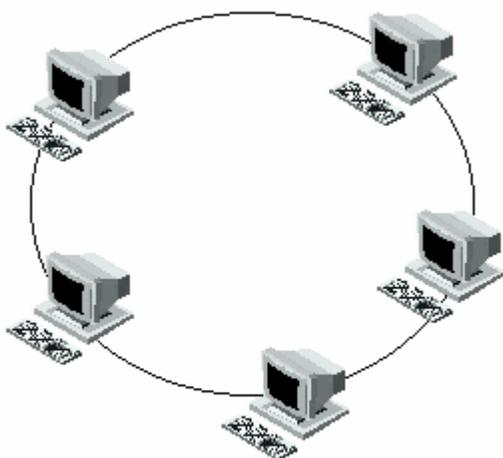
Debido a que la topología estrella utiliza un cable de conexión para cada computadora, es muy fácil de expandir, sólo dependerá del número de puertos disponibles en el hub o switch (aunque se pueden conectar hubs o switches en cadena para así incrementar el número de puertos). La desventaja de esta topología es la centralización de la comunicación, ya que si el hub falla, toda la red se cae.



Topología estrella

### Topología de anillo (ring)

Una topología de anillo conecta los dispositivos de red uno tras otro sobre el cable en un círculo físico. La topología de anillo mueve información sobre el cable en una dirección y es considerada como una topología activa. Las computadoras en la red retransmiten los paquetes que reciben y los envían a la siguiente computadora en la red. El acceso al medio de la red es otorgado a una computadora en particular en la red por un "token". El token circula alrededor del anillo y cuando una computadora desea enviar datos, espera al token y posiciona de él. La computadora entonces envía los datos sobre el cable. La computadora destino envía un mensaje (a la computadora que envió los datos) que de fueron recibidos correctamente. La computadora que transmitio los datos, crea un nuevo token y los envía a la siguiente computadora, empezando el ritual de paso de token o estafeta (token passing) nuevamente.

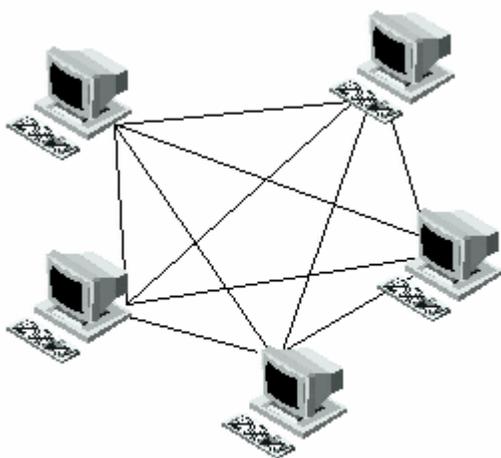


Topología de anillo

## Topología de malla (mesh)

La topología de malla (mesh) utiliza conexiones redundantes entre los dispositivos de la red así como una estrategia de tolerancia a fallas. Cada dispositivo en la red está conectado a todos los demás (todos conectados con todos). Este tipo de tecnología requiere mucho cable (cuando se utiliza el cable como medio, pero puede ser inalámbrico también). Pero debido a la redundancia, la red puede seguir operando si una conexión se rompe.

Las redes de malla, obviamente, son más difíciles y caras para instalar que las otras topologías de red debido al gran número de conexiones requeridas.



Topología de malla

## MÉTODOS DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO

En una red de tipo estrella el nodo controlador central se encarga de reservar el canal de transmisión entre dos nodos en particular de la red quieran establecer una comunicación. ¿Pero que sucede en las redes de *anillo* (ring) y *ducto* (bus) donde sólo hay un camino de transmisión lógico que relaciona todos los dispositivos conectados a la red para asegurar que el medio de transmisión se use en forma equitativa. Existen dos técnicas fundamentales que se han adoptado para este tipo de topologías: el acceso múltiple por detección de portadora con detección de colisiones (CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access) para topologías de bus y el testigo de control para (token passing) para redes tanto de bus como de anillo.

### CSMA/CD

El método CSMA/CD sólo se utiliza en redes cuya topología sea ducto. En esta topología de red, todos los dispositivos están conectados directamente al mismo cable, por el que se transmiten todos los datos entre cualquier par de dispositivos. Para la transmisión de datos, el dispositivo transmisor (Tx) los encapsula en una trama con la dirección del dispositivo receptor (Rx) requerido en su cabecera. Después, la trama es transmitida (difundida) por el cable. Cuando el dispositivo Rx se da cuenta de que la trama que se está transmitiendo lleva su dirección en el encabezado, sigue leyendo los datos contenidos en la trama y responde de acuerdo con el protocolo de enlace definido. La

dirección del dispositivo origen (Tx) está contenida también dentro del mismo encabezado de la trama para que el dispositivo Rx pueda dirigir su respuesta al dispositivo originador (Tx).

Con esta modalidad de funcionamiento, dos dispositivos pueden intentar transmitir una trama al mismo tiempo, lo que da por resultado una *colisión*. A fin de reducir esta posibilidad, el dispositivo origen, antes de transmitir una trama, primero escucha electrónicamente el cable para detectar si se está transmitiendo alguna trama. Si se detecta (*sense*) una señal portadora (*carrier*), el dispositivo aplaza su transmisión hasta que se haya transmitido la trama detectada, y sólo entonces intenta enviar su trama. Aún así, dos dispositivos que desean transmitir una trama pueden determinar simultáneamente que no hay actividad (transmisión) en el ducto y comenzar a transmitir sus tramas al mismo tiempo. Se dice entonces que tiene lugar una colisión, ya que el contenido de una trama chocará con el de la otra y los datos se alterarán.

En conclusión el acceso a un bus mediante CSMA/CD es probabilístico y depende en gran medida del tráfico de la red en ese momento.

### Testigo de Control (token passing)

Otra forma de controlar el acceso a un medio de transmisión compartido es mediante un testigo (*token*). Este testigo se pasa de un dispositivo a otro según un conjunto definido de reglas que obedecen todos los nodos conectados al medio. Un dispositivo sólo puede transmitir una trama si posee el testigo y, después de haber transmitido la trama, entrega el testigo para que otro dispositivo puede tener acceso al medio de transmisión. La secuencia de operación es la siguiente:

- físico, y se crea un único testigo de control.
- dispositivo que desea transmitir una o más tramas.

cual pasa el testigo de control al siguiente dispositivo del anillo lógico. Las funciones de control dentro de los dispositivos activos conectados al medio físico constituyen la base para la iniciación y la recuperación tanto de la conexión del anillo lógico como de la pérdida del testigo. Aunque las funciones de control están replicadas normalmente en todos los dispositivos conectados al medio, sólo un dispositivo a la vez tiene la responsabilidad de efectuar la recuperación y la reiniciación.

No es necesario que el medio físico tenga una topología de anillo; también se puede controlar el acceso a una red de ducto con un testigo.

Los métodos de acceso al medio cuando éste es el aire, se abordan en otro curso; tales casos serían el de las [redes WLAN](#), [telefonía celular](#) y [comunicaciones vía satélite](#).

## **ESTÁNDARES DE CABLEADO (Par trenzado UTP)**

### **Antecedentes**

En el pasado había dos especificaciones principales de terminación de cableado: Los cables de datos y por otro lado, los cables de voz.

En la actualidad, en el mundo de los sistemas de cableado estructurado existen muchos diferentes tipos de servicios (e.g. voz , datos, video, monitoreo, control de dispositivos, etc.) que pueden correr sobre un mismo tipo de cable.

## **Introducción**

El estándar más conocido de cableado estructurado en el mundo está definido por la EIA/TIA [Electronics Industries Association/Telecommunications Industries Association] de Estados Unidos), y especifica el cableado estructurado sobre cable de par trenzado UTP de categoría 5, el estándar 568A. Existe otro estándar producido por AT&T muchos antes de que la EIA/TIA fuera creada en 1985, el 258A, pero ahora conocido bajo el nombre de EIA/TIA 568B.

## **Qué es el 568**

En el mundo de los sistemas de cableado estructurado el número criptico **568** al orden en que los hilos individuales dentro del cable CAT 5 están terminados.

## **Organizaciones de estándares de cableado**

Hay muchas organizaciones involucradas en el cableado estructurado en el mundo. En Estados Unidos es la ANSI, Internacionalmente es la ISO (International Standards Organization). El propósito de las organizaciones de estándares es formular un conjunto de reglas comunes para todos en la industria, en el caso del cableado estructurado para propósitos comerciales es proveer un conjunto estándar de reglas que permitan el soporte de múltiples marcas o fabricantes. Los estándares 568 son actualmente desarrollados por la TIA (Telecommunications Industry Association) and the EIA (Electronics Industry Association) en Estados Unidos. Estos estándares han sido adoptados alrededor del mundo por otras organizaciones.

En 1985 muchas compañías de la industria de las telecomunicaciones estaban desconcertadas por la falta de estándares de cableado. Entonces la EIA se puso a desarrollar un estándar para este propósito. el primer borrador (draft) del estándar no fue liberado sino hasta julio de 1991, y se le fue dado el nombre de EIA/TIA-568. en 1994 el estándar fue renombrado a TIA/EIA 568A, el existente estándar de AT&T 258A fue incluido y referenciado como TIA/EIA-568B. Estos estándares de facto se hicieron populares y ampliamente usados, despues fueron adoptados por organismos internacionales como el ISO/IEC 11801:1995.

Internacionalmente los estandares de cableado estan definidos en ISO/IEC IS 11801, en los Estados Unidos son definidos por la EIA/TIA, en Canadá por la CSA T529 y en otros organismos de otros países.

## **Alcance del estándar TIA/EIA-568A**

- Requerimientos mínimos para el cableado de telecomunicaciones dentro de un ambiente de oficinas.
- Topología recomendada y distancias
- Parámetros del medio de transmisión el cual determina el desempeño
- asignaciones de conectores y guía para asegurar la interoperabilidad

- La vida útil de los sistemas de cableado de telecomunicaciones han estado en desafuero de 10 años.

## Los 6 subsistemas del sistema de cableado estructurado

### 1. Entrada al edificio:

La entrada a los servicios del edificio es el punto en el cual el cableado externo hace interfaz con el cableado de la dorsal dentro del edificio. Este punto consiste en la entrada de los servicios de telecomunicaciones al edificio (acometidas), incluyendo el punto de entrada a través de la pared y hasta el cuarto o espacio de entrada. Los requerimientos de la interface de red están definidos en el estándar TIA/EIA-569A

### 2. Cuarto de equipos

El cuarto de equipos es un espacio centralizado dentro del edificio donde se albergan los equipos de red (enrutadores, switches, mux, dtu), equipos de datos (PBXs,...), video, etc. Los aspectos de diseño del cuarto de equipos está especificado en el estándar TIA/EIA 569A.

### 3. Cableado de la dorsal (backbone)

El cableado de la dorsal permite la interconexión entre los gabinetes de telecomunicaciones, cuartos de telecomunicaciones y los servicios de la entrada. Consiste de cables de dorsalm cross-connects principales y secundarios, terminaciones mecánicas y regletas o *jumpers* usados conexión dorsal-a-dorsal. Esto incluye:

- » Conexión vertical entre pisos (risers)
- » Cables entre un cuarto de equipos y cable de entrada a los servicios del edificio.
- » Cables entre edificios.

### Tipo de cables requeridos para la Dorsal

Tipo de Cable	Distancias máximas de la dorsal
100 ohm UTP (24 or 22 AWG)	800 metros (Voz)
150 ohm STP	90 metros (Datos)
Fibra Multimodo 62.5/125 $\mu$ m	2,000 metros
fibra Monomodo 8.3/125 $\mu$ m	3,000 metros

### 4. Gabinete o rack de Telecomunicaciones

El rack de telecomunicaciones es el area dentro de un edificio que alberga el equipo del sistema de cableado de telecomunicaciones. Este incluye las terminaciones mecánicas y/o cross-conects para el sistema de cableado a la dorsal y horizontal.

### 5. Cableado horizontal

El sistema de cableado horizontal se extiende desde el área de trabajo de telecomunicaciones al rack de telecomunicaciones y consiste de lo siguiente:

- » Cableado horizontal
- » Enchufe de telecomunicaciones
- » Terminaciones de cable (asignaciones de guías del conector modular RJ-45)
- » Conexiones de transición

Tres tipos de medios son reconocidos para el cableado horizontal, cada uno debe de tener una extensión máxima de 90 metros:

- » Cable UTP 100-ohm, 4-pares, (24 AWG solido)
- » Cable 150-ohm STP, 2-pares
- » Fibra óptica 62.5/125- $\mu$ m, 2 fibras

### 6. Area de trabajo

Los componentes del área de trabajo se extienden desde el enchufe de telecomunicaciones a los dispositivos o estaciones de trabajo.

Los componentes del área de trabajo son los siguientes: » Dispositivos: computadoras, terminales, teléfonos, etc.

» Cables de parcheo: cables modulares, cables adaptadores/conversores, jumpers de fibra, etc.

» Adaptadores - deberán ser externos al enchufe de telecomunicaciones.



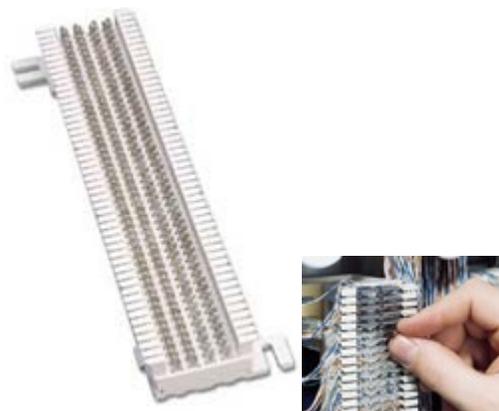
Varios tipos de enchufes (oulets) de pared para telecomunicaciones



Racks o gabinetes de telecomunicaciones



Paneles de parcheo (patch panel)



Tableros de conexión telefónica (s66)

## **Multicanalización**

Un multicanalizador (mux) dispositivo de telecomunicaciones que tiene como entrada muchos canales de información y que los combina (multicanaliza) para transmitirlos sobre en un solo canal de comunicaciones. En el otro extremo debe existir otro mux que realiza el proceso contrario, es decir, desmulticanaliza la entrada en varias salidas. Los canales de entrada pueden ser de diferentes fuentes (voz, datos, video, fax,..).

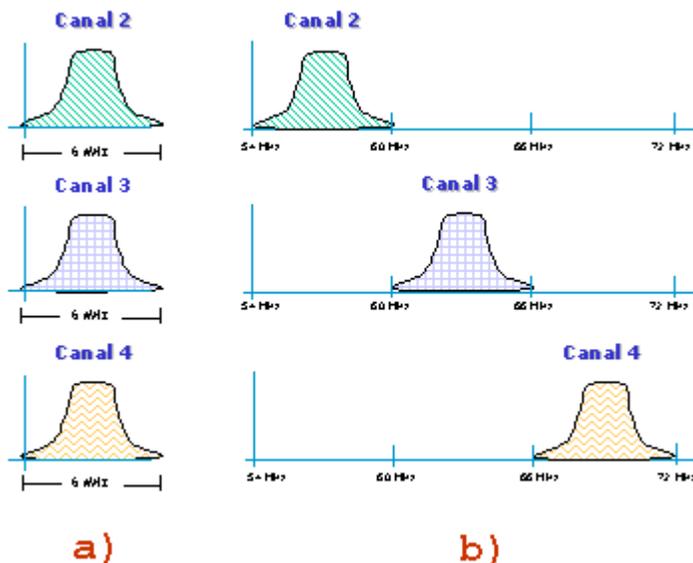
Existen dos técnicas fundamentales de multicanalización:

- FDM Frequency Division Multiplexing:** multicanalización por división de tiempo
- TDM Time Division Multiplexing:** Multicanalización por división de frecuencias

### **FDM**

Los multicanalizadores en FDM tienen como entrada varios canales trabajando en diferentes frecuencias y las combina en un solo ancho de banda. En televisión por cable, una red de cable es usada para contener diferentes canales de televisión los cuales utilizan diferentes frecuencias y cuyo ancho de banda de cada canal es de 6 MHz. Un espectro típico de este tipo de sistemas es de 500 a 800 MHz de ancho de banda, el cual es suficiente para dar cabida a mas de 80 canales de programación. Cada canal funciona separadamente, los cuales al ser sintonizados en el televisor se desmulticanaliza un canal a la vez.

En la figura a) se ven tres canales de televisión de VHF. Canal 2 (54-60 MHz); Canal 3 (60-66 MHz); Canal 4 (66-72 MHz). En la figura b) se muestran los 3 canales espaciados en frecuencia. La figura c) muestra los 3 canales multicanalizados en frecuencia (FDM).



Otra variante de FDM es WDM (Wavelength Division Multiplexing, Multicanalización por División de longitud de Onda). WDM en fibra óptica funciona muy similar a FDM en cable coaxial y en sistemas de microondas. Con esta técnica de multicanalizar haces de luz es posible que sean enviadas simultáneamente más de 160 longitudes de onda por fibra.

Otra tecnología innovadora en las fibras ópticas (una nueva versión de WDM) es DWDM (WDM denso). En la actualidad los sistemas basados en DWDM pueden soportar más de 320 longitudes de onda equivalente a 320 canales de alta velocidad por fibra. Se están haciendo desarrollos para que en un futuro cercano se puedan transmitir más de 15,000 longitudes de onda por fibra con la tecnología conocida como "chirped-pulse WDM" de los laboratorios Bell. Con esta tecnología las fibras ópticas tendrán una capacidad inimaginable, todo gracias a la multicanalización.

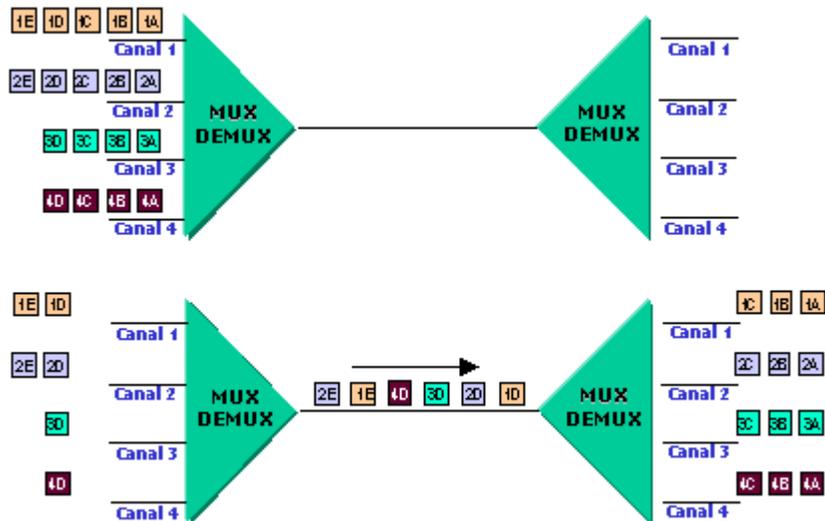
## TDM

TDM fue originalmente desarrollado en la red telefónica pública en los 50s para eliminar los problemas de ruido y filtraje de FDM cuando muchas señales son multicanalizadas en el mismo medio de transmisión. Después, hubo la necesidad de incrementar la eficiencia de multicanalización en los atestados manojos de cables de las grandes ciudades. Esta técnica hizo uso de la tecnología emergente de esa época, electrónica del estado sólido, y fue 100% digital. La información analógica

es primero convertida a formato digital antes de la transmisión. Aunque el costo inicial de esta técnica fue alto, fue menos que el costo de remplazar cables o cavar grandes tuneles. A principios de los 80s, las redes TDM utilizaban multicanalizadores inteligentes y empezaron a aparecer en redes privadas de datos, conformando el método primario para compartir instalaciones costosas de transmisión de datos entre muchos usuarios.

Un multicanalizador basado en TDM empaqueta un conjunto de información (tramas de bits) de diferentes fuentes en un solo canal de comunicación en tiempos (muy cortos) diferentes. En el otro extremo estas tramas son otra vez reensambladas y llevadas a su respectivo canal. Los mux TDM como manejan tramas de bits son capaces además de comprimir la información al eliminar redundancias en los paquetes, muy útil en el caso de aplicaciones de voz.

Una aplicación típica de esta técnica es en los circuitos privados basados en el formato E1. E1 es un estándar de la ITU que soporta una tasa de transmisión de 2.048 Mbps. Cada canal E1 contiene tramas con 32 canales de voz multicanalizados (30 canales son para voz y 2 canales son para la señalización). Esto permite que 30 conversaciones de voz sean transmitidas por un mismo canal simultáneamente multicanalizadas en el tiempo (obviamente, transparente al usuario).



En resumen los multicanalizadores optimizan el canal de comunicaciones y tienen las siguientes características:

- Permiten que varios dispositivos compartan un mismo canal de comunicaciones

>

- 

- 

- 

receptor separa y envia los datos a los apropiados destinos

## **REDES de Conmutación de circuitos y conmutación de paquetes**

### **Conmutación de circuitos (circuit switching)**

La conmutación de circuitos es un tipo de comunicación que establece o crea un canal dedicado (o circuito) durante la duración de una sesión. Después de que es terminada la sesión (e.g. una llamada telefónica) se libera el canal y éste podrá ser usado por otro par de usuarios.

El ejemplo más típico de este tipo de redes es el sistema telefónico la cual enlaza segmentos de cable para crear un circuito o trayectoria única durante la duración de una llamada o sesión. Los sistemas de conmutación de circuitos son ideales para comunicaciones que requieren que los datos/información sean transmitidos en tiempo real.

Existen dos vertientes en la conmutación de paquetes:

» FDM

» TDM

### **Conmutación de paquetes (packet switching)**

En los sistemas basados en conmutación de paquetes, la información/datos a ser transmitida previamente es ensamblada en paquetes. Cada paquete es entonces transmitido individualmente y éste puede seguir diferentes rutas hacia su destino. Una vez que los paquetes llegan a su destino, los paquetes son otra vez re-ensamblados.

Mientras que la conmutación de circuitos asigna un canal único para cada sesión, en los sistemas de conmutación de paquetes el canal es compartido por muchos usuarios simultáneamente. La mayoría de los protocolos de WAN tales como TCP/IP, X.25, Frame Relay, ATM, son basados en conmutación de paquetes.

La conmutación de paquetes es más eficiente y robusto para datos que pueden ser enviados con retardo en la transmisión (no en tiempo real), tales como el correo electrónico, paginas web, archivos, etc.

En el caso de aplicaciones como voz, video o audio la conmutación de paquetes no es muy recomendable a menos que se garantice un ancho de banda adecuado para enviar la información. Pero el canal que se establece no garantiza esto, debido a que puede existir tráfico y nodos caídos durante el recorrido de los paquetes. Estos son factores que ocasionen que los paquetes tomen rutas distintas para llegar a su destino. Por eso se dice que la ruta que toman los paquetes es "probabilística", mientras que en la conmutación de circuitos, esta ruta es "determinística".

Existen dos vertientes en la conmutación de paquetes:

» [Virtual Circuit Packet Switching \(e.g. X.25, Frame Relay\)](#)

§ » [Datagram Switching \(e.g. Internet\)](#)

Una simulación de estas dos vertientes puede ser vista en el sitio de RAD en <http://www.rad.com/networks/1998/packet/sim.htm>

En general puede decirse que ambas técnicas de conmutación pueden emplearse bajo los siguientes criterios:

**Conmutación de circuitos:**

- Tráfico constante
- Retardos fijos
- Sistemas orientados a conexión
- Sensitivos a pérdidas de la conexión
- Orientados a voz u otras aplicaciones en tiempo real

**Conmutación de paquetes:**

- Tráfico en ráfagas
- Retardos variables
- Orientados a no conexión (pero no es una regla)
- Sensitivos a pérdida de datos
- Orientados a aplicaciones de datos

## **TIPOS DE SERVICIOS PROVEIDOS POR LOS CARRIERS**

Las redes requieren diferentes tasas de transmisión, priorización de los datos y niveles de servicio. Estas también tienen diferentes presupuestos disponibles para conexiones en redes de área amplia (WAN). Afortunadamente, existe una gran variedad de servicios disponibles proveídos por lo Carriers o **Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones** (e.g Telmex, Avantel, Axtel, Telcel, SatMex.), los cuales se describen a continuación:

- **Líneas tradicionales analógicas conmutadas** (switched analog lines)
  - Líneas conmutadas
  - Líneas dedicadas
- **Servicios por conmutación de circuitos** (Circuit-switched services)

- Servicio conmutado 56K (switched 56K service)
- Red digital de servicios integrados (ISDN)
  
- Servicio de conmutación de paquetes (packet-switched services)
  - X.25
  - Frame Relay
  
- Servicios de conmutación de celdas (cell-switched services)
  - ATM
  - SMDS
  
- Servicios dedicados digitales (dedicated digital services)
  - T1
  - E1
  - E1/T1 Fraccional
  
- Otros servicios digitales dedicados
  - ADSL
  - HDSL
  - Cable Modems

### **Líneas tradicionales analógicas conmutadas (switched analog lines)**

Este tipo de líneas es disponible ampliamente para servicios de VOZ y además de ser muy baratas y teóricamente pueden soportar DATOS (Internet) a una capacidad de 56,000 bps así

como lo demarca el estándar ITU-T V.90/V.92. Este tipo de servicio es proporcionado las Redes Telefónicas Públicas Conmutadas conocidas en inglés como PSTN (Public Switched Telephone Network). Ejemplos de compañías que ofrecen este servicio en México es: Telmex, Avantel, Axtel, etc. Los servicios de Internet (DATOS) son proveídos por Telmex/Telnor (Prodigy Internet), American Online, Terra, TvAzteca (todito Internet), etc..

Las líneas analógicas vienen en dos sabores.

- Líneas conmutadas
- Líneas dedicadas

**Líneas conmutadas (dial up lines):** En acceso *dial up*, una conexión es establecida sólo cuando existen datos/voz para transmitir. Es esencialmente aplicable este tipo de líneas para poco tráfico que no es sensitivo al retardo, tales como la transferencia de archivos y correo electrónico. Se hace necesario la marcación de un número para tener acceso a este servicio para poder conectarse a un Servidor o un conmutador.

**Líneas dedicadas (dedicated lines):** Este tipos de líneas proveen las mismas tasas de datos (velocidad) que las líneas conmutadas (dial up), excepto que los clientes tienen un contrato con el proveedor del servicio que estipula una tarifa fija ya que la línea siempre estará disponible para el uso inmediato del cliente.

## Servicios por conmutación de circuitos (Circuit-switched services)

Los servicios por conmutación de circuitos son servicios conmutados que establecen una conexión virtual antes de transmitir los datos. Algunos de los servicios más comunes son los siguientes:

**Servicio conmutado 56K (switched 56K service):** Este es un servicio digital de datos que se transmite a 56 Kbps. Debido a que es digital, no requiere de un modem. En vez de eso, se utiliza un DSU/CSU (data service unit/channel service unit) para proveer una interface entre el enrutador y el proveedor de servicios. El servicio 56K conmutado es utilizado más comúnmente como respaldo para los servicios de datos a altas velocidades así como para transmisiones de fax y transferencias de archivos. Este servicio de 56K conmutado fue muy popular en Estados Unidos, pero que no está disponible en México

**Red digital de servicios integrados (ISDN):** ISDN es el primer servicio dial-up totalmente digital. Es un servicio digital de alta velocidad que provee servicios integrados de voz. El servicio básico de ISDN, es llamado BRI (Basic Rate Interface) y tiene 3 canales: 2 proveen dos canales de datos de 64 Kbps (llamados Canales B "Bearer Channels") y un canal de señalización de 16 Kbps (llamado "canal D"). Otro servicio de ISDN es llamado PRI (Primary Rate Interface) el cual provee 23 canales B (64 Kbps c/u) y un canal D (64 Kbps). EL canal D provee monitoreo e inicialización de la llamada, manteniendo a los canales B libres para transmitir datos. En México Telmex/Telnor lo ofrece con el nombre comercial de *Prodigy Turbo*.



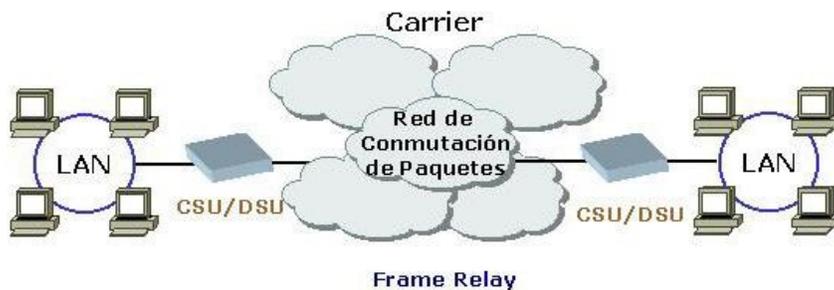
### Servicio de conmutación de paquetes (packet-switched services):

En este tipo de servicio, cada paquete es transmitido separadamente, cada uno puede llevar una trayectoria diferente a través de las rutas de la malla de la red. Este tipo de servicio no es recomendable para tráfico sensible al tiempo, los servicios de conmutación de paquetes manipulan mejor el tráfico en ráfagas. Los servicios mas populares de conmutación de paquetes son los siguientes:

**X.25** Las redes X.25 han estado en funcionamiento desde 1976, eran usadas para proveer conexiones remotas de terminales hacia mainframes. Estas realizan verificación de error extensivo para asegurar un envío seguro. Sin embargo, las redes X.25 no son recomendables para la mayoría del tráfico LAN a LAN debido al tiempo y al ancho de banda consumido por su extensivo corrección de error. X.25 opera a velocidades de hasta 2 Mbps, el cual tiene mas capacidad que los servicios descritos anteriormente. Para lograr la interconexión se requiere de un equipo conocido como PAD (Paquet Assembler Desassembler), que se encarga de ensamblar y desensanblar paquetes en la red



**Frame Relay:** Frame Relay, provee servicios similares a X.25, pero es mas rápido y mas eficiente. Frame Relay es un sistema punto a punto que utiliza Circuitos Privados Virtuales (PVC, Private Virtual Circuit) para transmitir tramas de longitud variable en el nivel de Enlace de Datos (capa 2). Debido a que los enlaces de hoy en día son menos ruidosos y de más calidad, Frame Relay no emplea la verificación de error intensiva que utiliza X.25. La interconexión se hace a través de un CSU/DSU o a través de un FRAD (Frame Relay Access Device).



### Servicios de conmutación de celdas (cell-switched services):

En los servicios de conmutación de celdas, la unidad mínima de datos conmutados es una "celda" de tamaño fijo, en vez de un paquete de longitud variable. La tecnología basada en celdas permite que la conmutación sea realizada en hardware sin la complejidad y el consumo de tiempo de cálculo frame por frame. Esto hace que la conmutación por medio de celdas más rápida y barata. Los servicios más conocidos son los siguientes:

**ATM (Asynchronous Transfer Mode):** ATM es un método de transmisión de celdas de tamaño fijo (53 bytes) utilizada en redes de banda ancha. ATM puede transferir datos a tasas desde 25 Mbps hasta 622 Mbps y tiene el potencial de transferir datos a velocidades de datos medidas en Gigabits por segundo. Muchos proveedores de servicios ofrecen servicios ATM, pero la gran mayoría lo tienen planeado para un futuro muy cercano ya que su implementación es muy cara.

El equipamiento de la red puede conmutar, enrutar y desplazar tramas de tamaño uniforme más rápidamente que cuando se utilizan tramas de tamaño variable. La celda consistente y de tamaño estándar utiliza, de forma eficiente, búferes y reduce el trabajo necesario relativo al procesamiento de los datos de llegada. El tamaño uniforme de la celda también ayuda en la planificación del ancho de banda para las aplicaciones.

La interconexión en una red ATM se hace por medio de Conmutadores ATM (ATM switches). Un switch ATM es un dispositivo multipuerto que pueden actuar como un hub para enviar datos de una computadora a otra dentro de una LAN. También puede actuar de manera similar a un enrutador para enviar datos a alta velocidad a redes remotas. Los switches ATM también puede actuar como multicanalizadores permitiendo múltiples entradas de información (datos, voz, video, multimedia,..).

**SMDS (Switched Multimegabit Data Service):** Como ATM, SMDS es otro servicio basado en celdas de longitud fija proveído por algunos carriers en Estados Unidos pero que no está disponible en México. SMDS usa conmutación de celdas y provee servicios tales como tarificación basada en uso y administración de red. El rango de las velocidades de transmisión van desde 1 Mbps hasta los 34 Mbps con una conectividad de muchos a muchos.

SMDS es compatible con el estándar MAN IEEE 802.6 así como con B-ISDN (ISDN de Banda Ancha), pero los servicios de administración y facturación que SMDS proporciona, no están especificados en el estándar 802.6.

## Servicios dedicados digitales (dedicated digital services)

Las líneas digitales dedicadas son frecuentemente usados para transportar voz, datos y video. Los servicios digitales proveen velocidades de datos hasta 45 Mbps. En la actualidad, las líneas digitales son hechas posible al "acondicionar" líneas normales (cobre) con equipos especiales para transportar altas velocidades.



**T1:** T1 provee transmisiones de datos a velocidades de 1.544 Mbps y pueden llevar tanto voz como datos. Un T1 está dividido en 24 canales de 64 Kbps cada uno. Esto es debido a que cada circuito de voz requiere de 64 Kbps de ancho de banda, así cuando los T1 son divididos en canales de 64 Kbps, voz y datos pueden ser llevados sobre el mismo servicio T1.

**E1:** E1 posee casi las mismas características que un E1 excepto que este tipo de servicio tiene más capacidad. Un E1 tiene 2.044 Mbps dividido en 30 canales de 64 Kbps. El E1 es servicio estándar reconocido por la ITU-T usado en todo el mundo, mientras el T1 es solo usado dentro de Estados Unidos.

**T1 fraccional/E1 fraccional.** A veces no se requiere de un E1 o T1 completo, por lo que los proveedores de servicios ofrecen fracciones de un E1 o T1 en múltiplos de 64 Kbps. Un canal de 64 Kbps es conocido comúnmente como un E0 (E cero) en el estándar E1, mientras que un canal de 64 Kbps en el estándar T1, es conocido como DS0.

**T3.** Un T3 es equivalente a 28 líneas T1, es decir 45 Mbps o 672 DS0s o 672 canales de 64 Kbps.

**E2:** es una línea que transporta señales E1 multicanalizadas a una velocidad de 8.448 Mbps.

**E3:** transporta 16 E1s con una tasa de 34.368 Mbps.

**E4:** Transporta 4 E3s con una tasa de 139.264 Mbps

**E5:** Transporta 4 E4s con una tasa de 565.148 Mbps.

La mayoría de los servicios mencionados anteriormente se pueden ofrecer o transportar también por medios inalámbricos, tales como: vía satélite, vía microondas, etc. Por ejemplo Frame Relay por satélite/microondas, E1 por satélite, ATM por satélite/microondas, X.25 por satélite/microondas, ATM sobre ADSL, etc.

## Otros servicios digitales dedicados

**ADSL (Asymmetric Digital Subscribe line):** ADSL es una tecnología para transmitir información digital a altos anchos de banda sobre las líneas existentes de cobre para proveer servicios a altas velocidades empresas y hogares. ADSL es asimétrico ya que utiliza la mayor parte del canal para transmitir del carrier hacia el usuario y solo una pequeña parte para recibir información del usuario. ADSL simultáneamente acomoda información analógica (voz) en la misma línea. ADSL ofrece velocidades desde 512 Kbps hasta 6 Mbps.

**HDSL (High bit rate Digital Subscribe line):** HDSL al igual que ADSL es una tecnología para transmitir información digital a altos anchos de banda sobre las líneas existentes de cobre para proveer servicios a altas velocidades empresas y hogares. Las principales características de HDSL es que es simétrica, es decir un igual monto de ancho de banda esta disponible en ambas direcciones. Por esta razón, la velocidad máxima es menor que ADSL. HDSL puede enviar información sobre una simple línea de cobre es de 2 Mbps.

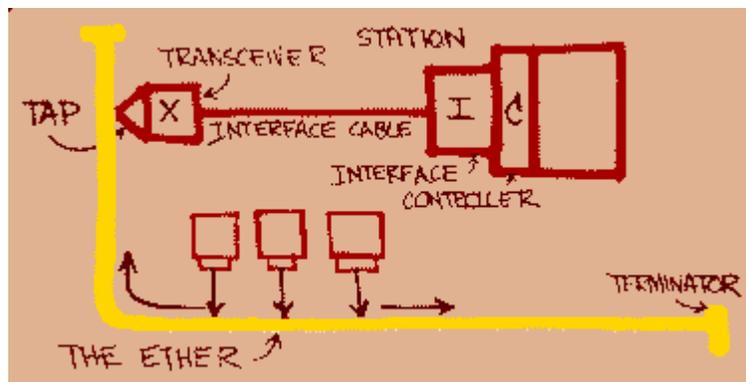
**Cable módems:** Los cable módems, son sólo eso, módems que conectan una computadora o LAN a la compañía que ofrece el servicio de televisión por cable. Los modems permiten velocidades de hasta 40 Mbps.

## Arquitectura de red *ETHERNET*

Las arquitecturas de red proveen diferentes medios para resolver un problema común (mover datos rápida y eficientemente sobre el medio de la red). La arquitectura de red en particular que se esté usando (e.g. Ethernet), no sólo define la topología de la red, sino también define como el medio de comunicación es accesado por los nodos. Existen varias arquitecturas de red disponibles, tales como **Ethernet** (Xerox, Intel y DEC), **Token Ring** (IBM), **FDDI**, **AppleTalk** (Apple computers), ; todas con una estrategia diferente para mover la información en la red. A continuación describiremos la arquitectura más popular en la actualidad, *ETHERNET*.

El termino "**Ethernet**" se refiere a la familia de implementaciones de Redes de Área Local (LAN, Local Area Network) que incluye tres principales categorías:

- **10 Mbps Ethernet e IEEE 802.3:** Especificaciones LAN que operan a 10 Mbps sobre cable coaxial
- **100 Mbps Ethernet:** Especificación LAN, también conocida como "FAST ETHERNET", que opera a 100 Mbps sobre cable par trenzado.
- **1000 Mbps Ethernet:** Especificación LAN, también conocida como Gigabit Ethernet, que opera a 1000 Mbps (1 Gbps) sobre fibra óptica y cable par trenzado



El diagrama fue dibujado por el Dr. Robert M. Metcalfe en 1976

Ethernet ha sobrevivido con respecto a otras tecnologías [e.g. Token Ring] debido su flexibilidad y su relativa simplicidad para implementar y entender.

Una parte importante del diseño e instalación de una red es la selección del medio Ethernet apropiado. Existen 4 tipos de medios utilizados hoy en día: Cable coaxial grueso en 10Base5, cable coaxial en 10Base2, UTP en 10BaseT y fibra óptica en 10BaseFL (Fiber Optic Inter-Repeater Link)

Los esquemas más populares son 10BaseT y 100BaseTx, los cuales utilizan cable par trenzado UTP. Este es similar al cable telefónico y viene en una variedad de grados o categorías. La mayor categoría ofrece el mejor desempeño. el nivel 5 es la categoría mas alta.

Para aplicaciones especializadas, la fibra óptica 10BaseFL, es el medio ideal. La fibra óptica es más cara, pero permite más inmunidad a la interferencia y al ruido. La fibra óptica es utilizada comúnmente en aplicaciones entre-edificios para aislar el equipo de red del daño eléctrico causado por los rayos. Debido a que no conduce electricidad, el cable de fibra puede ser útil en áreas donde grandes cantidades de interferencia electromagnetica esta presente, tal como el el piso de una fabrica. El estándar Ethernet le permite a la fibra óptica alcanzar hasta 2 kilometros de cobertura, haciendo a la fibra óptica el medio Ethernet perfecto para conectar nodos y edificios, en donde se podría mediante el cobre.



### Protocolo Ethernet/802.3



## 10 Mbps Ethernet e IEEE 802.3

Ethernet es una especificación LAN de "banda base" inventada por Bob Metcalfe [fundador de 3com] y David Boggs en 1973 mientras trabajaban en Xerox PARC (Palo Alto Research Center) que opera a 10 Mbps utilizando un protocolo de acceso múltiple al medio conocido como CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detect) sobre un cable coaxial. Ethernet fue creado en Xerox en los 70s, pero el término es usualmente referido para todas las LAN CSMA/CD. Ethernet fue diseñado para satisfacer los requerimientos de redes con alto tráfico ocasional y esporádico. La especificación IEEE 802.3 fue desarrollada en 1980 basada sobre la tecnología original Ethernet. La versión 2.0 de Ethernet fue desarrollada conjuntamente por DEC (Digital Equipment Corporation), Intel, y Xerox y es compatible con el estándar IEEE 802.3.

El estándar IEEE 802.3 provee una gran variedad de opciones de cableado, una de las cuales es una especificación referida como 10Base5. Esta especificación es la más cercana a Ethernet. El cable de conexión es referido como una *unidad de interface de conexión* o simplemente como AUI (Attachment Unit Interface), y el *dispositivo de conexión de red* es llamado como unidad de interconexión al medio (MAU, Media Attachment Unit), en vez de un transceptor (transceiver).

---

## 100 Mbps Ethernet

100 Mbps Ethernet (conocido comúnmente como Fast Ethernet) es una tecnología LAN de alta velocidad que ofrece más ancho de banda a los usuarios y dispositivos de la red, especificado en el estándar IEEE 802.3u.

**Existen tres tipos de Fast Ethernet:**

8) 100BaseTX usado con cable CAT 5 UTP

100BaseT4 el cual utiliza dos cables extras para usarse con cable UTP CAT 3.

---

## 1000 Mbps Ethernet

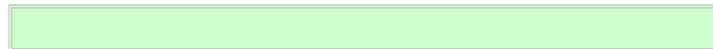
Gigabit Ethernet (1000 Mbps Ethernet) es una extensión del estándar IEEE 802.3. Gigabit Ethernet está construido sobre el mismo protocolo de Fast Ethernet pero incrementa la velocidad en 10 veces sobre Fast Ethernet.

En 1999, la IEEE probó la especificación 802.3ab, también conocida como 1000BaseT, que define Gigabit Ethernet (GE) corriendo sobre cable de cobre, es decir Gigabit Ethernet puede correr sobre el cable de cobre categoría 5, pero también corre sobre fibra óptica monomodo y multimodo.

También GE es más fácil de implementar y mucho más es mucho más rápido que otras tecnologías como ATM (hasta 622 Mbps) o FDDI (100 Mbps).

Un nuevo estándar de GE acaba de ser aprobado por la IEEE, el IEEE 802.3ae opera a 10 Gigabits. Este estándar es una actualización directa de las dorsales de GE, es especificado sólo para fibra óptica y es full duplex. Las interfaces ópticas proveen opciones para fibras monomodo de hasta 40 Km y para fibras multimodo a distancias máximas de 300 metros. Este nuevo estándar utiliza la misma arquitectura de los anteriores estándares Ethernet (arquitectura, software y cableado).

Sumario -Cable Ethernet



## Convenciones utilizadas en los estándares Ethernet

Existe una convención utilizada en los estándares Ethernet, y está denotada por tres partes. Por ejemplo, 10BaseT, **10** se refiere a la velocidad en Mbps; **Base**, debido a que se transmite en bandabase (sin modular) y **T** se refiere la medio, en este caso par trenzado.

- Velocidades: 10, 100, 1000 Mbps
- Medios: 2,5 = coaxial; T = par trenzado y F = fibra óptica

### Ejemplos:

Ñ 10Base5 = 10 Mbps, bandabase, coaxial grueso (thick) a 500 metros

>

Y 100BaseTX = 100 Mbps, bandabase, par trenzado UTP

3 100BaseFX = 100 Mbps, bandabase, par de fibra óptica

1000BaseCX = 1000 Mbps, bandabase, par trenzado STP a 25 metros

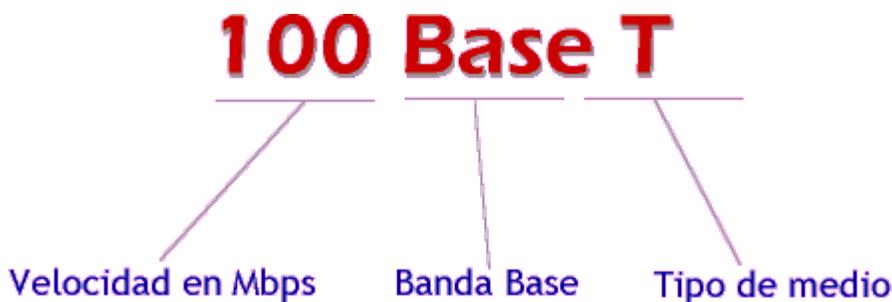
□

,

Wavelength fiber)

□

Wavelength fiber)



Toda la información que se transporta a través de una LAN se hace en BANDABASE, es decir las señales no se modulan. Como NO se modulan, la propagación de las señales a través de una LAN se ve limitada en cobertura, menos de 100 metros. Si se modularan las señales en una LAN, la cobertura sería mucho mayor.....pero los dispositivos de interfaz de red [e.g. una tarjeta de red] saldrían mas caros, debido a que tienen que implementar un modulador y demodulador. Por este motivo, se decidió que la información a través de una LAN fuera en banda base, y gracias a esto los dispositivos son mas económicos. Una tarjeta de red Ethernet OEM llega a costar en el mercado menos de 10 dólares.

### **Modelo de referencia OSI**

Las capas de la OSI (Open Systems Interconnect) fueron creadas por la ISO (International Organization for Standardization) en 1974 con el propósito de abrir la comunicación entre diferentes sistemas sin recurrir a cambios a la lógica y fundamentos del hardware y software. El modelo de referencia OSI no es un protocolo, es un modelo para entender el diseño de una arquitectura de red que sea flexible, robusta y interoperable.

El modelo OSI está construido en 7 capas:

- » Capa **física** (capa 1)
  - » Capa de **enlace de datos** (capa 2)
  - » Capa de **red** (Capa 3)
  - » Capa de **transporte** (capa 4)
  - » Capa de **sesión** (capa 5)
  - » Capa de **presentación** (capa 6)
  - » Capa de **aplicación** (capa 7)
- [Markoa5]

### **Capa física**

El nivel de CAPA FÍSICA se ocupa de la transmisión de bits a través de un canal de comunicación, así como también define sus características (del canal). Regula aspectos de la comunicación como el tipo de señal (analógica, digital,...), el esquema de codificación, sincronización de los bits, tipo de modulación, tipo de enlace (punto-punto, punto-multipunto), el modo de comunicación (dúplex, half-dúplex o simplex), tasa de bits (número de bits por segundo), topología empleada, y, en general, todas las cuestiones eléctricas, mecánicas, señalización y de procedimiento en la interfaz física (cables, conectores, enchufes,...) entre los dispositivos que se comunican.

Ejemplos de interfaces físicas: RS-232 (V.24), X.21, RS-449/RS-422, V.35, RS-530, USB, FireWire (IEEE 1394), SCSI, RJ11, RJ45/RJ48,...

Ejemplos de cables: RG-59, RG-6, 10BaseCX, 100BaseTX, 100BaseFX,...

## Capa de Enlace de Datos

La capa de enlaces de datos ensambla los bits de la capa física en grupos de tramas (protocolos de red) y asegura su correcto envío. También es la encargada de la verificación y corrección de errores de la capa física, en caso de que ocurra un error en los bits se encarga de avisarle al transmisor de que efectue una re-transmisión y por lo tanto la capa de enlace se encarga también del control de flujo de los datos.

La capa de enlace de datos se divide en dos subcapas:

° » LLC (Logical Link Control): define como los datos son transferidos sobre el cable y provee servicios de enlace de datos a las capas superiores.

» MAC (Medium Access Control): define quien puede usar la red cuando múltiples dispositivos están intentando acceder simultáneamente (e.g. token passing, Ethernet CSMA/CD,...).

Ejemplos de protocolos de enlace de datos: IEEE 802.3 (CSMA/CD), IEEE 802.5 (token passing), FDDI token passing, IEEE 802.6 MAN DQDB, VLANs, ATM Adaptation Layer, ISDN, Frame Relay, PPP, SMDS, SDLC, LAP-A,...

## Capa de Red

Es la responsable del envío *fuentes a destino* de los paquetes, es decir, se asegura que cada paquete llegue desde su punto inicial hasta su punto final.

Si dos sistemas están conectados en el mismo enlace, no existe la necesidad de la capa de red (e.g. una LAN). Sin embargo, si dos sistemas están en diferentes redes (enlaces) será necesaria una capa de red para culminar la entrega *fuentes a destino* del paquete. Especificas responsabilidades de la capa de red incluyen:

Direccionamiento lógico: El direccionamiento físico implementado en la cada de enlace de datos manipula el problema del direccionamiento localmente. Pero si un paquete pasa de la frontera de la red, se necesita otro sistema de direccionamiento para ayudar a distinguir los sistemas fuente y destino. La capa de red agrega un encabezado al paquete que llega de la capa superior, que entre otras cosas, incluye la dirección lógica del origen y del destino.

Enrutamiento: Cuando redes independientes o enlaces son conectados juntos para crear una interred (e.g. una red de redes como Internet) o una red grande, los dispositivos (llamados enrutadores) enrutan los paquetes a su destino final. Una de las funciones de la capa de red es la de proveer este mecanismo.

Ejemplos de protocolos de capa de red: SLIP, ARP, OSPF, IGRP, GGP, EGP, BGP, RIP, ICMP, IPX (novell), X.25,...

## Capa de Transporte

Es la responsable del envío fuente a destino (extremo-extremo) del mensaje entero. Mientras que la capa de red supervisa el envío extremo-extremo de paquetes individuales, no reconoce cualquier

relación entre esos paquetes. Trata cada uno independientemente, sin embargo cada pieza pertenece a un mensaje separado. Por otro lado, la capa de transporte, asegura que el entero mensaje arribe intacto y en orden, supervisando el control de flujo y control de error al nivel de la fuente-destino.

—La capa de transporte asegura un servicio confiable

—Rompe el mensaje (de la capa de sesión) en pequeños paquetes, asigna número de secuencia y los envía.

Ejemplos de protocolos de la capa de transporte: TCP, UDP, SPX (Novell), NetBEUI..

## Capa de Sesión

Los servicios proveídos por las primeras tres capas (física, enlace de datos y red) no son suficientes para algunos procesos. La capa de sesión es controladora de diálogos de la red. Establece, mantiene y sincroniza la interacción entre los sistemas.

—Es una versión mejorada de la capa de transporte

— (Solo teoría) muy pocas aplicaciones la usan

— — Facilita la sincronización y el control del dialogo

— Ejemplo de protocolos de Capa de sesión: DAP (Lighweight directory Access)

## Capa de Presentación

La capa de presentación se encarga de la sintaxis y la semántica de la información intercambiada entre dos sistemas. Dentro de las tareas específicas se encuentran:

—Traslación (de códigos)

—Encriptación

—Compresión

Ejemplos de protocolos de presentación: LPP, XDR, NetBIOS (Novell), NCP (Novell), X.25 PAD,...

## Capa de Aplicación

La capa de aplicación le permite al usuario acceder la red. Provee de las interfaces de usuario y soporte para servicios tales como correo electrónico, transferencia de archivos, administración de bases de datos compartidas y otros tipos de servicios distribuidos.

Ejemplos: HTTP, FTP, Telnet, SMTP, DNS, SNMP, X Windows, DHCP, BOOTP, NTP, TFTP, NDS (Novell)

## **TCP/IP vs. OSI**

La suite de protocolos de TCP/IP no corresponde exactamente a las capas del modelo OSI. La suite de protocolos TCP/IP está hecha de 4 capas:

- » Capa de **Interface de red** (capa física y enlace de datos)

Esta capa se centra en el envío de datos hacia otros dispositivos. Se debe conocer la parte física de la red para formatear los datos correctamente y conocer sus desventajas y requerimientos.

- » Capa de **Internet** (capa de red): IP, ICMP, IGMP, ARP, RARP,...

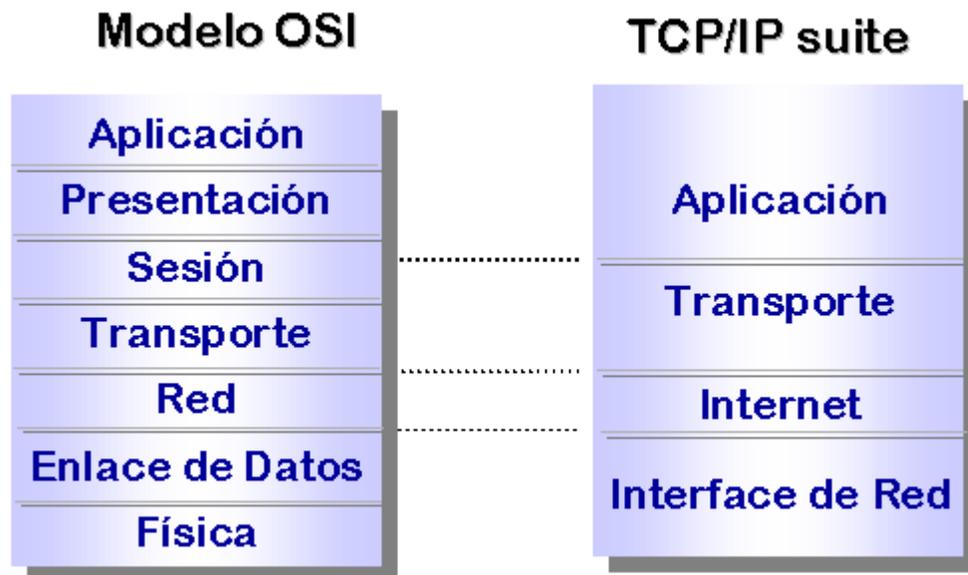
Esta capa provee la funcionalidad para las comunicaciones entre redes a través de *gateways*. Para realizar esto la capa de Internet depende del Protocolo de Internet (IP), el protocolo más importante de la suite TCP/IP.

- » Capa de **Transporte**: TCP, UDP

Esta capa es responsable de las comunicaciones extremo-extremo de la red. Esta capa utiliza dos protocolos para realizar esta tarea: TCP (Transmission Control Protocol) y UDP (User Datagram Protocol).

- » Capa de **Aplicación**: SMTP, FTP, TELNET, NDS, SNMP, NFS, TFTP,...

Esta capa incluye todas las aplicaciones que hacen uso de la capa de transporte para enviar y recibir datos tales como RSH (remote Shell), REXEC (Remote Execute), TELNET, FTP, rlogin, DNS, NFS, etc.



## **Protocolos de comunicaciones**

Un protocolo es un conjunto de reglas de comunicaciones entre dispositivos (e.g. computadoras, teléfonos, enrutadores, switchs, etc). Los protocolos gobiernan el **formato**, **sincronización**, **secuencia** y **control de errores**. Sin estas reglas, los dispositivos no podrían detectar la llegada de bits.

Pero los protocolos van más allá que sólo una comunicación básica. Suponga que deseas enviar un archivo de una computadora a otra. Tu podrías enviar todo el archivo de una sola vez. Desafortunadamente, quien podría detener a los otros usuarios que están usando la LAN durante el tiempo que toma enviar dicho archivo. Adicionalmente, si un error ocurre durante la transmisión, todo el archivo tendría que enviarse de nuevo. Para resolver estos problemas, el archivo es partido en piezas pequeñas llamados "**paquetes**" agrupados de cierta manera. Esto significa que cierta información debe ser agregada al paquete para decirle al receptor donde pertenece cada grupo en relación con los otros, pero éste es un asunto menor. Para mejorar la confiabilidad de la información, información de sincronización y corrección deberá ser agregada al famoso paquete. A la información útil (es decir el mensaje), junto con la información adicional se le conoce como protocolo.

Debido a su complejidad, la comunicación entre dispositivos es separada en pasos. Cada paso tiene sus propias reglas de operación y, consecuentemente, su propio protocolo. Esos pasos deben de ejecutarse en un cierto orden, de arriba hacia abajo en la transmisión y de abajo hacia arriba en la recepción. Debido al arreglo jerárquico de los protocolos, el término "pila de protocolos"(protocol Stack) es comúnmente usado para describir esos pasos. Una pila de protocolos, por lo tanto, es un conjunto de reglas de comunicación, y cada paso en la secuencia tiene su propio subconjunto de reglas.

### **¿Qué es un protocolo, realmente?**

Es software que reside en la memoria de una computadora o en la memoria de un dispositivo de transmisión, como una tarjeta de red. Cuando los datos están listos para transmitirse, este software es ejecutado. EL software prepara los datos para la transmisión y configura la transmisión en movimiento. En la parte receptora, el software toma los datos y los prepara para la computadora, desechando toda la información agregada, y tomando sólo la información útil.

Existen un montón de protocolos, y con frecuencia esto nos confunde más. Una red tipo Novell se comunica a través de sus propias reglas (su propio protocolo llamado IPX/SPX), Microsoft lo hace a su manera (NetBEUI), DEC también lo hace a su manera (DECnet), así como IBM (NetBIOS) y así cada sistema de cómputo tiene sus propios protocolos y sus propias reglas para comunicarse. Debido a que el transmisor y el receptor tienen que "hablar" el mismo protocolo, estos cuatro sistemas no pueden hablarse ni entenderse uno al otro.

### **¿Qué es un protocolo estándar?**

Un protocolo estándar es un conjunto de reglas que han sido ampliamente usados e implementados por diversos fabricantes, usuarios, y organismos oficiales (e.g. IEEE, ISO, ITU). Idealmente, un protocolo estándar debe permitir a las computadoras o dispositivos comunicarse entre sí, aún cuando estos sean de diferentes fabricantes. Las computadoras o dispositivos no tienen que usar un protocolo estándar para comunicarse, pero si estos utilizan un protocolo propietario entonces ellos pueden sólo comunicarse con equipo de su mismo tipo.

Existen muchos protocolos estándares, ninguno de ellos puede ser universal, pero los que son exitosos se están moviendo para cumplir con el modelo de referencia OSI. Los estándares y protocolos asociados con el modelo de referencia OSI están bajo el concepto de Sistemas Abiertos para enlazar literalmente a decenas de computadoras distintas encontradas en oficinas a través del mundo.

### ***Funciones básicas de un protocolo***

#### **CONTROL DE LLAMADA**

Establecimiento de conexión entre fuente y destino, esta función lleva a cabo el mantenimiento y monitoreo de la conexión y los procedimientos de conexión y desconexión de una llamada, transferencia de datos, videoconferencia, etc.

#### **CONTROL DE ERROR**

Verificación y control de errores durante la transmisión a través de algoritmos de verificación y control de error tales VRC, LRC, Checksum, CRC, etc.

#### **CONTROL DE FLUJO**

- » Manejo de contención de bloques
- » Regulación del tráfico
- » Retransmisión de bloques
- » Convenciones para direccionamiento
- » Control por pasos y de extremo a extremo (el error puede verificarse en cada paso o al final del enlace depende del algoritmo de control de error)



Cómo funciona un protocolo

## ¿CÓMO FUNCIONA UN PROTOCOLO?

En la figura anterior se muestra una comunicación entre dos entidades [Transmisor(Tx) y receptor (Rx)]. En el **paso 1**, el Tx envía un bloque de datos (A) hacia Rx. Rx recibe el bloque de datos correctamente y envía un ACK (Acknowledge, reconocimiento) indicándole que se recibió con éxito el paquete de información [ver **paso 2**]. Tx recibe el ACK y envía el siguiente bloque de datos [**paso 3**]. Rx recibe el bloque de datos y detecta un error. Rx envía un NACK (No Acknowledge, No reconocimiento) a Tx indicándole que existió un error y que vuelva a transmitir el paquete [**paso 4**]. Tx retransmite el bloque de datos nuevamente a Rx [**paso 5**]. Rx recibe el bloque de datos retransmitido, y en esta ocasión no detecta error y le envía a Tx un ACK diciéndole que recibió el paquete con éxito [**paso 6**].

Antes del paso 1, tanto Tx como Rx se pusieron de acuerdo antes de enviar información útil. Después del paso 6 Tx deberá indicarle a Rx que terminó de transmitir los bloques, y así terminar con la comunicación [control de llamada].

## PROTOCOLOS ORIENTADOS A CONEXIÓN Y NO-CONEXIÓN

Los protocolos pueden ser orientados a conexión y orientados a no-conexión. Los orientados a conexión, las entidades correspondientes mantienen la información del *estatus* acerca del *diálogo* que están manteniendo.

Esta información del estado de la conexión soporta control de error, secuencia y control de flujo entre las correspondientes entidades. Es decir, la entidad receptora le avisa a la entidad transmisora si la información útil llegó correctamente, si no es así también le avisa que vuelva a retransmitir.

El control de error se refiere a una combinación de detección de error (y corrección) y reconocimiento (acknowledgment). El control de secuencia se refiere a la habilidad de cada entidad para reconstruir una serie de mensajes recibidos en el orden apropiado. El control de flujo se refiere a la habilidad para que ambas partes en un diálogo eviten el sobreflujo de mensajes entre sí.

**Los protocolos orientados a conexión operan en tres fases.** La primera fase es la fase de **configuración de la conexión**, durante la cual las entidades correspondientes establecen la conexión y negocian los parámetros que definen la conexión. La segunda fase es la **fase de transferencia de datos**, durante la cual las entidades correspondientes intercambian mensajes (información útil) bajo el amparo de la conexión. Finalmente, la última fase, **fase de liberación de la conexión**, en la cual ambas entidades se ponen de acuerdo para terminar la conexión.

Un ejemplo de la vida diaria de un protocolo orientado a conexión es una llamada telefónica. La parte originadora (el que llama) deberá primero "marcar" el número del teléfono usuario (abonado) destino. La infraestructura telefónica deberá asignar el circuito extremo-extremo, entonces hace timbrar el teléfono del usuario destino. Al momento que éste levanta el teléfono se establece la llamada o conexión y ambos empiezan a conversar. En algún momento, alguno de los dos cuelga, y la conexión de termina y se libera el circuito. Entonces se termina la llamada.

Los protocolos orientados a no-conexión difieren bastante a los orientados a conexión, ya que estos (los de no-conexión) no proveen capacidad de control de error, secuencia y control de flujo. **Los**

protocolos orientados a no-conexión, están siempre en la fase de transferencia de datos, y no les interesa las fases restantes de configuración y liberación de una conexión.

Los protocolos orientados a no-conexión se emplean en aplicaciones donde no se requiera mucha precisión. Tal es el caso de la voz, música o el video. Pero en cambio en aplicaciones donde se requiera mucha precisión [e.g. transacciones electrónicas bancarias, archivos de datos, comercio electrónico, etc] se utilizarían los protocolos orientados a conexión.

## Protocolos ORIENTADOS A BITS y ORIENTADOS A BYTE (caracter)

### BYTE oriented protocols

En cualquier sesión de comunicación entre dispositivos, códigos de control son usados para controlar otro dispositivo o proveer información acerca del estatus de la sesión. Los protocolos orientados a byte o caracter utilizan bytes completos para representar códigos de control establecidos tales como los definidos por el código ASCII (American Standard Code for Information Interchange) o código EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code). En contraste, los protocolos orientados a bits confían en bits individuales para códigos de control. Los protocolos orientados a Byte transmiten los datos como si fueran cadenas de caracteres. El método de transmisión es asíncrono. Cada caracter es separado de un *bit de inicio* y un *bit de paro* o termino, y no es necesario un mecanismo de reloj.

Ejemplos de caracteres usados: SYN (synchronize), SOH (start of header), STX (start of text), ETX (end of text)

### BIT oriented protocols

En una transmisión orientada a bit, los datos son transmitidos como constantes ráfagas de bits. Antes de que la transmisión de datos empiece, caracteres especiales de sincronía son transmitidos por el transmisor, así el receptor puede sincronizarse a sí mismo con la ráfaga de bits. Este patrón de bits es comunmente representado en una cadena de 8 bits.

SDLC (Synchronous Data Link Control) de IBM es un protocolo orientado a bits. Su caracter de sincronía (sync) es la cadena de bits 01111110, y esto es seguido por una dirección de 8 bits, un campo de control y por los datos (información útil). Una vez que el sistema receptor recibe esas tramas iniciales, empieza a leer 8 bits a la vez (1 byte) desde la cadena de bits hasta que aparezca un error o una bandera de término.

Los protocolos SDLC y HDLC (High-level Data Link Control) de IBM son orientados a bit. HDLC es usado comunmente en las redes de conmutación de paquetes X.25, SDLC es un subconjunto de HDLC.

Los protocolos orientados a bits son los usados comunmente en la transmisión en las redes de datos LAN y WAN.

## **Estándares de Telecomunicaciones**

"Los estándares hacen que la vida sea más simple, permitiendo mayor fiabilidad y efectividad en los bienes y servicios que usamos"

## INTRODUCCIÓN

¿ Alguna vez usted se ha preguntado por qué su tarjeta de crédito puede insertarse en cualquier cajero automático del mundo ? Es porque los fabricantes del plástico de las tarjetas se basan en un estándar conocido como ISO 7810 en donde se definen las dimensiones del plástico (85mm de largo, 54mm ancho y 0.8mm de grosor); en otro estándar, el ISO 7811, se definen las características del grabado y de la banda magnética.

Este es sólo un ejemplo de los miles de estándares que existen hoy en día, los cuales rigen nuestras actividades diarias, pues regulan los bienes y servicios que empleamos, permitiendo olvidarnos de marcas o de algún fabricante en especial. Por ejemplo, cuando vamos a comprar un módem, nos deberíamos de olvidar en primer término de la marca o modelo, debe de interesarnos en primera instancia que cumple con el estándar ITU-T V.90 cuando se trata de un módem de 56 Kbps o V.34 cuando se trata de uno de 28.8 Kbps.

La estandarización evita las arquitecturas cerradas, los monopolios y los esquemas propietarios. Cuando compramos equipos de telecomunicaciones con estándares propietarios no está garantizado que vayan a comunicarse con los demás equipos de la red. Tenemos que comprar el mismo dispositivo de la misma marca y la mayoría de las veces hasta del mismo modelo, para que exista comunicación de extremo a extremo. Los estándares son la esencia de la interconexión de redes de comunicaciones, de muchas maneras, ellos son la interconexión. Así mismo, los estándares son la base de los productos y típicamente son los que marcan la diferencia entre la comunicación y la incompatibilidad.

## LA HISTORIA DE LA ESTANDARIZACIÓN

A principios del siglo XIX Europa vivía en un estado de agitación; los efectos de la revolución industrial se hacían evidentes en cualquier parte del continente. La revolución de la transportación dio inicio con la aparición de la máquina de vapor y el ferrocarril. Los rieles por los que los trenes se desplazaban fue el primer problema de estandarización entre los países; éstos tenían que ponerse de acuerdo en las dimensiones, material y las demás características de las vías por donde pasaría el tren. Tal situación de entendimiento fue la ideal para la introducción del telégrafo. Al ponerse en funcionamiento este nuevo medio de comunicación, inmediatamente se hicieron evidentes sus beneficios al acercar aún más a las empresas e industrias que existían en ese tiempo y quienes tenían una imperiosa necesidad de difundir noticias y mensajes de manera rápida y eficiente. Tanto el ferrocarril como el telégrafo transformaron de manera notable a la Europa del Siglo XIX.

Con el propósito de buscar una estructura y un método de funcionamiento que permitieran conocer los problemas planteados por las nuevas tecnologías de comunicación, así como también las demandas de los usuarios, en 1865 se fundó la Unión Internacional de Telegrafía (ITU, por sus siglas en inglés). La ITU fue la primer organización intergubernamental e internacional que se creó. Sin lugar a duda, la ITU fue el primer esfuerzo para estandarizar las comunicaciones en varios países.

Años más tarde, en 1884 al otro lado del Atlántico, en Estados Unidos se funda la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), organismo encargado hoy en día de la promulgación de estándares para redes de comunicaciones. En 1906, en Europa se funda la IEC (International Electrotechnical Commission), organismo que define y promulga estándares para ingeniería eléctrica y electrónica. En 1918 se funda la ANSI (American National Standards Institute), otro organismo de gran importancia en la estandarización estadounidense y mundial.

En 1932, al fusionarse dos entidades de la antigua ITU, se crea la Unión Internacional de Telecomunicaciones, entidad de gran importancia hoy en día encargada de promulgar y adoptar estándares de telecomunicaciones. Por otra parte, en 1947 pasada la segunda guerra mundial, es fundada la ISO (International Organization for Standardization), entidad que engloba en un ámbito más amplio estándares de varias áreas del conocimiento. Actualmente existe una gran cantidad de organizaciones y entidades que definen estándares.

## **¿QUÉ ES UN ESTÁNDAR?**

Un estándar, tal como lo define la ISO "son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito". Por lo tanto un estándar de telecomunicaciones "es un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión en los sistemas de comunicaciones". Queda bien claro que los estándares deberán estar documentados, es decir escritos en papel, con objeto que sean difundidos y captados de igual manera por las entidades o personas que los vayan a utilizar.

## **TIPOS DE ESTÁNDARES**

Existen tres tipos de estándares: de facto, de jure y los propietarios. Los estándares de facto son aquellos que tienen una alta penetración y aceptación en el mercado, pero aún no son oficiales.

Un estándar de jure u oficial, en cambio, es definido por grupos u organizaciones oficiales tales como la ITU, ISO, ANSI, entre otras.

La principal diferencia en cómo se generan los estándares de jure y facto, es que los estándares de jure son promulgados por grupos de gente de diferentes áreas del conocimiento que contribuyen con ideas, recursos y otros elementos para ayudar en el desarrollo y definición de un estándar específico. En cambio los estándares de facto son promulgados por comités "guiados" de una entidad o compañía que quiere sacar al mercado un producto o servicio; si tiene éxito es muy probable que una Organización Oficial lo adopte y se convierta en un estándar de jure.

Por otra parte, también existen los "estándares" propietarios que son propiedad absoluta de una corporación u entidad y su uso todavía no logra una alta penetración en el mercado. Cabe aclarar que existen muchas compañías que trabajan con este esquema sólo para ganar clientes y de alguna manera "atarlos" a los productos que fabrica. Si un estándar propietario tiene éxito, al lograr más penetración en el mercado, puede convertirse en un estándar de facto e inclusive convertirse en un estándar de jure al ser adoptado por un organismo oficial.

Un ejemplo clásico del éxito de un estándar propietario es el conector RS-232, concebido en los años 60's por la EIA (Electronics Industries Association) en Estados Unidos. La amplia utilización de la interfase EIA-232 dio como resultado su adopción por la ITU, quien describió las características eléctricas y funcionales de la interfase en las recomendaciones V.28 y V.24 respectivamente. Por otra parte las características mecánicas se describen en la recomendación 2110 de la ISO, conocido comúnmente como ISO 2110.



## TIPOS DE ORGANIZACIONES DE ESTÁNDARES

Básicamente, existen dos tipos de organizaciones que definen estándares: Las organizaciones oficiales y los consorcios de fabricantes.

El primer tipo de organismo está integrado por consultores independientes, integrantes de departamentos o secretarías de estado de diferentes países u otros individuos. Ejemplos de este tipo de organizaciones son la ITU, ISO, ANSI, IEEE, IETF, IEC, entre otras.

Los consorcios de fabricantes están integrados por compañías fabricantes de equipo de comunicaciones o desarrolladores de software que conjuntamente definen estándares para que sus productos entren al mercado de las telecomunicaciones y redes (e.g. ATM Forum, Frame Relay Forum, Gigabit Ethernet Alliance, ADSL Forum, etc). Una ventaja de los consorcios es que pueden llevar más rápidamente los beneficios de los estándares promulgados al usuario final, mientras que las organizaciones oficiales tardan más tiempo en liberarlos.

Un ejemplo característico es la especificación 100 Mbps (Fast Ethernet 100Base-T). La mayoría de las especificaciones fueron definidas por la Fast Ethernet Alliance, quién transfirió sus recomendaciones a la IEEE. La totalidad de las especificaciones fueron liberadas en dos años y medio. En contraste, a la ANSI le llevó más de 10 años liberar las especificaciones para FDDI (Fiber Distributed Data Interface).

Otro aspecto muy importante de los consorcios de fabricantes es que éstos tienen un contacto más cercano con el mundo real - y productos reales. Esto reduce el riesgo de crear especificaciones que son demasiado ambiciosas, complicadas, y costosas de implementar. El modelo de capas OSI (Open Systems Interconnect) de la organización ISO es el ejemplo clásico de este problema. La ISO empezó a diseñarlas a partir de una hoja de papel en blanco tratando de diseñar estándares para un mundo ideal sin existir un impulso comercial para definirlos. En cambio, los protocolos del conjunto TCP/IP fueron desarrollados por personas que tenían la imperiosa necesidad de comunicarse... ese fue su éxito. Los consorcios de fabricantes promueven la interoperatividad teniendo un amplio conocimiento del mercado.

### ¿ CUANDO ES OFICIAL UN ORGANISMO?

En Estados Unidos, donde se aglutinan la mayoría de las organizaciones, la mejor manera para saber si una organización de estándares es oficial consiste en conocer si la organización está avalada por la ISO. La ANSI, IEEE y IETF, todas ellas están reconocidas por la ISO y por lo tanto son organismos oficiales. En el resto del mundo, aquellas organizaciones avaladas por la ITU o ISO son organizaciones oficiales.

A continuación se describirán brevemente algunas de las organizaciones de estándares más importantes.

### La Unión Internacional de Telecomunicaciones

La ITU es el organismo oficial más importante en materia de estándares en telecomunicaciones y está integrado por tres sectores o comités: el primero de ellos es la ITU-T (antes conocido como CCITT,

Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía), cuya función principal es desarrollar bosquejos técnicos y estándares para telefonía, telegrafía, interfases, redes y otros aspectos de las telecomunicaciones. La ITU-T envía sus bosquejos a la ITU y ésta se encarga de aceptar o rechazar los estándares propuestos. El segundo comité es la ITU-R (antes conocido como CCIR, Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones), encargado de la promulgación de estándares de comunicaciones que utilizan el espectro electromagnético, como la radio, televisión UHF/VHF, comunicaciones por satélite, microondas, etc. El tercer comité ITU-D, es el sector de desarrollo, encargado de la organización, coordinación técnica y actividades de asistencia.

## La IEEE

Fundada en 1884, la IEEE es una sociedad establecida en los Estados Unidos que desarrolla estándares para las industrias eléctricas y electrónicas, particularmente en el área de redes de datos. Los profesionales de redes están particularmente interesados en el trabajo de los comités 802 de la IEEE. El comité 802 (80 porque fue fundado en el año de 1980 y 2 porque fue en el mes de febrero) enfoca sus esfuerzos en desarrollar protocolos de estándares para la interfase física de las conexiones de las redes locales de datos, las cuales funcionan en la capa física y enlace de datos del modelo de referencia OSI. Estas especificaciones definen la manera en que se establecen las conexiones de datos entre los dispositivos de red, su control y terminación, así como las conexiones físicas como cableado y conectores.

## La Organización Internacional de Estándares (ISO)

La ISO es una organización no-gubernamental establecida en 1947, tiene representantes de organizaciones importantes de estándares alrededor del mundo y actualmente conglomerada más de 100 países. La misión de la ISO es "promover el desarrollo de la estandarización y actividades relacionadas con el propósito de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios y para desarrollar la cooperación en la esfera de la actividad intelectual, científica, tecnológica y económica". Los resultados del trabajo de la ISO son acuerdos internacionales publicados como estándares internacionales. Tanto la ISO como la ITU tienen su sede en Suiza.

## Conclusión

Día con día las organizaciones oficiales y los consorcios de fabricantes están gestando estándares con el fin de optimizar la vida diaria. En la industria global de redes, los fabricantes que puedan adoptar los estándares a sus tecnologías serán los que predominen en el mercado. Los fabricantes tienen dos grandes razones para invertir en estándares. Primero, los estándares crean un nicho de mercado; segundo, los fabricantes que puedan estandarizar sus propias tecnologías podrán entrar más rápido a la competencia. Antes de comprar algún equipo de telecomunicaciones y redes, acuérdesese de los estándares y elija aquellos que han sido adoptados en su país. *"Un mundo sin estándares sería un tremendo caos"*

## ALGUNAS ORGANIZACIONES DE ESTÁNDARES

**ORGANISMO SIGNIFICADO**

**ENFOQUE**

**URL**

ADSL Forum	Asymmetric Digital Subscriber Line	Tecnología ADSL	www.adsl.com
ANSI	American National Standards Institute	LANs y WANs	www.ansi.org
ATM Forum	Asynchronous Transfer Mode	Tecnología ATM	www.adsl.com
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Telecomunicaciones	www.etsi.org
FR Forum	Frame Relay	Frame Relay	www.frforum.com
GEA	Gigabit Ethernet Alliance	Tecnología Ethernet	Gigabit www.gigabit-ethernet.org
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	LANs y WANs	www.ieee.org
IETF	Internet Engineering Task Force	Internet	www.ietf.org
IMTC	International Teleconferencing Consortium	Multimedia Tele-videoconferencia	www.imtc.org
ISO	International Organization for Standardization	Tecnologías de la Información	www.iso.ch
ITU	International Telecommunications Union	Telecomunicaciones	www.itu.ch
NTIA	National Telecommunications Industry Association	Telecomunicaciones	www.ntia.ch
PCIA	Personal Communications Association	Industry PCS	www.pcia.com
SANS	System Administration Security	Network Seguridad en redes	www.sans.org
TIA	Telecommunications Association	Industry Telecomunicaciones	www.industry.net/tia
W3C	World Wide Web Consortium	Tecnologías Web	www.w3c.org

## ***La evolución de la telefonía móvil (La guerra de los celulares)***

### **INTRODUCCIÓN**

Las tecnologías inalámbricas están teniendo mucho auge y desarrollo en estos últimos años, una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular, desde sus inicios a finales de los 70s ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios, las hace sentir más segura y las hace más productivas.

A pesar que la telefonía celular fue concebida para la voz únicamente, debido a las limitaciones tecnológicas de esa época, la tecnología celular de hoy en día es capaz de brindar otro tipo de servicios tales como datos, audio y video con algunas limitaciones, pero la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho banda.

### **BREVE HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR**

Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono en 1973 en los Estados Unidos mientras trabajaba para

Motorola; pero no fue hasta 1979 en que aparece el primer sistema comercial en Tokio Japón por la compañía NTT (Nippon Telegraph & Telephone Corp.)

En 1981 en los países Nórdicos se introduce un sistema celular similar a AMPS (Advanced Mobile Phone System). Por otro lado, en los Estados Unidos gracias a que la entidad reguladora de ese país adopta reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en octubre de 1983 se pone en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago. A partir de entonces en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional alámbrica. La tecnología inalámbrica tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio, por lo que hubo la imperiosa necesidad de desarrollar e implementar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales para darle cabida a más usuarios. Para separar una etapa de la otra, a la telefonía celular se ha categorizado por generaciones. A continuación se describen cada una de ellas.

## **LAS GENERACIONES DE LA TELEFONÍA INALÁMBRICA**

### **La primer generación 1G**

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad [2400 bauds], la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad [basadas en FDMA, Frequency Divison Multiple Access] y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

### **La segunda generación 2G**

La 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información mas altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS [Short Message Service]. La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communications Services).

### **La generación 2.5G**

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (carriers) se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizar a 3G.

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B,

entre otros. Los carriers europeos y de Estados Unidos se moverán a 2.5G en el 2001. Mientras que Japón ira directo de 2G a 3G también en el 2001.

### **La tercer generación 3G**

La 3G es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan más altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos. Se espera que las redes 3G empiecen a operar en el 2001 en Japón por NTT DoCoMo, en Europa y parte de Asia en el 2002, posteriormente en Estados Unidos y otros países.

Los sistemas 3G alcanzaran velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), cdma2000, IMT-2000, ARIB[3GPP], UWC-136, entre otras.

El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyando por la ITU (International Telecommunications Union) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (International Mobile Telephone).

### **La cuarta generación 4G**

La cuarta generación es un proyecto a largo plazo que será 50 veces más rápida en velocidad que la tercer generación. Se planean hacer pruebas de esta tecnología hasta el 2005 y se espera que se empiecen a comercializar la mayoría de los servicios hasta el 2010.

## **EL ESTATUS ACTUAL DE LA TELEFONÍA MÓVIL**

Existen hoy en día tres tecnologías de telefonía celular predominantes en el mundo: IS-136, IS-95 y GSM.

IS-136 (Interim Standard 136) fue la primer tecnología digital de telefonía celular (D-AMPS, versión la versión digital de AMPS) desarrollada en Estados Unidos, IS-136 esta basada en TDMA (Time Division Multiple Access), una técnica de acceso múltiple la cual divide los canales de radio en tres ranuras de tiempo, cada usuario recibe en una ranura diferente. Este método permite a tres usuarios en cada canal de radio comunicarse sin interferirse uno con el otro. D-AMPS (IS-54) es utilizado principalmente en Norteamérica, Latinoamérica, Australia, partes de Rusia y Asia.

Por otro lado, CDMA, tecnología desarrollada por Qualcomm, utiliza la tecnología de espectro disperso en la cual muchos usuarios comparten simultáneamente el mismo canal pero cada uno con diferente código. Lo anterior permite una mayor capacidad en usuarios por celda. A CDMA de segunda generación se le conoce como cdmaOne. Hasta diciembre del 2000 existen más de 27 millones de usuarios en más de 35 países alrededor del mundo utilizando cdmaOne.

GSM (siglas derivadas originalmente de Groupe Spéciale Mobile) es tecnología celular desarrollada en Europa considerada como la tecnología celular más madura, con más de 200 millones de usuarios en más de 100 países alrededor del mundo. GSM es un servicio de voz y datos basado en conmutación de circuitos de alta velocidad la cual combina hasta 4 ranuras de tiempo en cada canal de radio.

A continuación se muestra una tabla donde se especifican los diferentes servicios ofrecidos por cada una de estas tres tecnologías:

**Las tres principales vertientes en la telefonía móvil**

<b>Tecnología</b>	<b>Servicio</b>	<b>Capacidad de datos</b>	<b>Inicio de operación esperada*</b>
<b>GSM</b>	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar GSM 07.07	9.6 Kbps a 14.4 Kbps	Disponible actualmente a nivel mundial
	HSCSD	28.8 a 56 Kbps	Disponible actualmente, operación limitada.
	GPRS	IP y comunicaciones X.25 en el orden de Kbps	Disponible en el 2001
	EDGE	Comunicaciones IP a 384 Kbps. Posible compatibilidad con las redes IS-136	Periodo de pruebas en el 2001, lanzamiento del servicio en el 2002
	W-CDMA	Similar a EDGE pero son posibles velocidades a 2 Mbps en interiores.	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003
<b>IS-136</b>	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-135	9.6 Kbps	Algunos carriers ofrecen el servicio, pero no se ha extendido como se esperaba debido a que los principales carriers ya ofrecen CDPD (Cellular Digital Packet Data)

	EDGE	Comunicaciones IP a 384 Kbps. Posible compatibilidad con las redes GSM	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003
	WCDMA (o Wideband TDMA, WTDMA)	Similar a EDGE pero incorpora velocidades a 2 Mbps en interiores	No hay planes de lanzamiento todavía definidos
<b>CDMA</b>	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-707	9.6 Kbps a 14.4 Kbps	Disponible actualmente por algunos carriers
	IS-95B	Comunicaciones IP a 64 Kbps	Lanzado en el mercado japonés a principios del 2000
	CDMA2000 – 1XRTT	Comunicaciones IP a 144 Kbps	Periodo de pruebas en el 2001, lanzamiento del servicio en el 2002
	CDMA2000 – 3XRTT	Comunicaciones IP a 384 Kbps en exteriores y 2 Mbps en interiores	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003

\* Rysavy Research

## LA BATALLA POR LA SUPREMACIA CELULAR

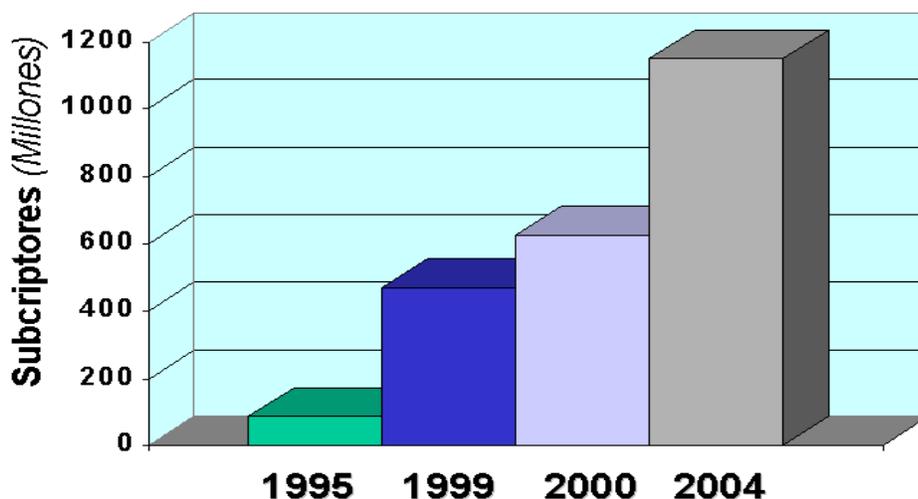
La industria de la telefonía celular se está preparando para la batalla de la década entre los estándares IS-95/CDMA2000 y GSM/W-CDMA, dos tecnologías consideradas como las más importantes en el ramo de la telefonía inalámbrica. Existen varias consideraciones entre ambas tecnologías contrincantes como las siguientes: W-CDMA construida bajo los protocolos de la red de GSM, les será más fácil a los proveedores de servicios de GSM emigrar a W-CDMA que a CDMA2000. Por otro lado a los proveedores de servicios de IS-95 les será más fácil emigrar a CDMA2000. Otra consideración de mayor importancia son los derechos de propiedad intelectual. La compañía Qualcomm, quién es dueña de muchas patentes de CDMA, tiene la más fuerte posición con respecto a la propiedad intelectual con CDMA2000 que con W-CDMA. De hecho, la industria celular europea inventó W-CDMA en parte para trabajar con las patentes de Qualcomm.

En los Estados Unidos se verán ambas tecnologías compitiendo en el mercado, pero muchos de los países del resto del mundo se inclinan más por el uso de W-CDMA. La dominación potencial de W-CDMA en el mundo pondría a dudar a algunos operadores de IS-95 en países como Japón y Corea para aceptar W-CDMA, en vez de arriesgarse a tener sistemas que no son compatibles con los sistemas celulares de los países vecinos.

Independientemente de cual tecnología se imponga, ambas tecnologías ofrecen alta velocidad con soporte de IP, los clientes fácilmente podrán transferir aplicaciones de una red a otra y dispositivos multimodo en un futuro próximo podrán hacer posible la intercomunicación entre ambas tecnologías.

Qué es UMTS UMTS (Universal Mobile Telephone Service) es un sistema móvil de tercera generación que está siendo desarrollado por el organismo ETSI (European Telecommunications Standards Institute) junto el IMT-2000 de la ITU. UMTS es sistema europeo que está intentando combinar la telefonía celular, teléfonos inalámbricos, redes locales de datos, radios móviles privados y sistemas de radiolocalización (paging). Va a proveer velocidades de hasta 2 Mbps haciendo los videoteléfonos una realidad. Las licencias de UMTS están atrayendo gran interés entre los carriers del continente europeo debido a que representa una oportunidad única para crear un mercado en masa para el acceso a la información, altamente personalizado y amigable para la sociedad. UMTS busca cimentar y extender el potencial de las tecnologías móviles, inalámbricas y satelitales de hoy en día.

## Usuarios de teléfonos celulares en el mundo



Fuente: The Yankee Group

## EL FUTURO DE LA TELEFONÍA MÓVIL

Lo que sigue en este momento es esperar a que los carriers ofrezcan los servicios de 3G. Por ejemplo, en Japón ya están operando con las tecnologías de 3G. El servicio con más éxito es i-mode de NTT DoCoMo que utiliza una red basada en paquetes conocida como PDC-P, aunque es una tecnología propietaria tiene actualmente más de 17 millones de suscriptores. NTT DoCoMo también piensa incursionar con W-CDMA y sus contendientes en ese país para servicios 3G son DDI y J-Phone. En Estados Unidos, compañías como Qualcomm y Sprint PCS ya empezaron a realizar pruebas del servicio 3G.

La batalla por las licencias de 3G de UMTS es otro asunto de gran importancia y varias son las compañías las involucradas en obtener las valiosas licencias de telefonía móvil de tercera generación, tales como: Telecom Italia (Italia); Vodafone, Orange y BT Cellnet (Inglaterra); T-Mobile (Alemania), France Telecom (Francia); KPN Telecom (Holanda), NTTDoCoMo (Japón), etc. Las compañías que dominan mercados pequeños deberán aliarse con los grupos grandes.

A parte de las cantidades enormes de dinero que cuestan las licencias, hay que tomar en cuenta que las redes telefónicas de estos carriers son redes grandes y complejas, por lo que les tomará tiempo y grandes inversiones de capital para implementar la tecnología. Pero muchas de las ventajas de esas redes son que varias de ellas ya están ofreciendo servicios de datos, y prevalecerán aquellas empresas de telecomunicaciones que tengan la mayor experiencia en tecnologías inalámbricas y tomen ventaja de ello para las nuevas redes del futuro.

En relación en predicciones en cuanto a usuarios móviles, The Yankee Group anticipa que en el 2004 habrá más de 1150 Millones de usuarios móviles en el mundo, comparados con los 700 millones que hubo en el 2000. Por otra parte Ericsson predice que habrá 1000 millones de usuarios en el 2002. Dichas cifras nos anticipan un gran numero de capital involucrado en la telefonía inalámbrica, lo que con más razón las compañías fabricantes de tecnología, así como los proveedores de servicios de telecomunicaciones estarán dispuestos a invertir su capital en esta nueva aventura llamada 3G.

Independientemente de cual tecnología en telefonía inalámbrica predomine, lo único que le interesa al usuario final es la calidad de voz, que no se bloqueen las llamadas y que en realidad se ofrezcan las velocidades prometidas. El tiempo y las fuerzas del mercado nos darán la razón.

### Algunas referencias en telefonía móvil

		Significado	Third Generation Partnership Project	
		European Telecommunications Standards Institute	URL	<a href="http://www.3gpp.org/">http://www.3gpp.org/</a>
Organismo	3GPP	GPRS	Application Alliance	<a href="http://www.etsi.org/">http://www.etsi.org/</a>
ETSI	GAA	Global System for Mobile Communications		<a href="http://www.gprsworld.com/">http://www.gprsworld.com/</a>
GSM	IMT-2000	Association		<a href="http://www.gsmworld.com/">http://www.gsmworld.com/</a>
ITU	NTT	DoComo	International Mobile Telephone Standard 2000	<a href="http://www.itu.int/imt/">http://www.itu.int/imt/</a>
UMTS	Forum	DoCoMo	International Telecommunications Union	<a href="http://www.itu.int/">http://www.itu.int/</a>
UWCC	WDF	Universal Mobile Telecommunications System	Forum	<a href="http://www.nttdocomo.net/">http://www.nttdocomo.net/</a>
		Forum		<a href="http://www.umts-forum.org/">http://www.umts-forum.org/</a>
		Universal Wireless Communications Consortium		<a href="http://www.uwcc.org/">http://www.uwcc.org/</a>
		Wireless Data Forum		<a href="http://www.wirelessdata.org/">http://www.wirelessdata.org/</a>

## El ABC de CDMA (parte 1)

### INTRODUCCIÓN

Uno de los puntos más importantes en un sistema móvil, como la telefonía celular, es la forma en como se accesa al medio de comunicación. A estas técnicas se le conocen como "acceso múltiple". Múltiple significa que muchos usuarios pueden estar conversando simultáneamente. Es decir, una gran cantidad de suscriptores en un servicio móvil comparten un conjunto de canales de radio y cualquier usuario puede contender para acceder cualquiera de los canales disponibles. Un canal puede ser visto como una porción del espectro radioeléctrico, el cual es asignado temporalmente para un propósito específico, tal como una llamada telefónica. Una técnica de acceso múltiple define como se divide el espectro de frecuencias en canales y como los canales son asignados a los múltiples usuarios en el sistema. Visto de otra manera, el seleccionar una técnica eficiente de acceso múltiple significa que los operadores telefónicos (carriers) obtendrán más ganancias al acomodar más usuarios en sus redes inalámbricas.

Las técnicas de acceso múltiple son utilizadas en el ambiente de las comunicaciones para que varios dispositivos [computadoras, teléfonos, radios, etc.] puedan acceder al medio o canal de comunicación de manera ordenada. Sin las técnicas de acceso múltiple, las comunicaciones entre dispositivos sería un caos. Las técnicas de acceso múltiple nos permiten compartir un mismo canal de comunicación para varios usuarios.

Existen tres tipos de técnicas de acceso básicas: FDMA (frequency division multiple access), TDMA (time division multiple access) y CDMA (code division multiple access).

La primer generación (1G) de telefonía celular empleó la técnica FDMA. Esta técnica asigna a cada usuario una frecuencia de 30 KHz de ancho de banda en el sistema analógico AMPS (Advanced Mobile Phone System). Como el espectro es limitado, solo se podían acomodar un número fijo de usuarios. Por lo que al ingresar más usuarios al sistema, se empezaron a bloquear los canales.

La segunda generación (2G) se caracterizó por ser digital y emplear la técnica TDMA. TDMA es un sistema de acceso múltiple divide el canal de 30 KHz en 3 ranuras de tiempo. TDMA, técnica conocida también como IS-54, fue adoptada en 1991 en Estados Unidos (EUA) por la TIA (Telephone Industry Association) bajo la presión de fabricantes europeos que intentaban vender sus equipos al mercado estadounidense. TDMA vino a triplicar en magnitud de 3 el número de usuarios en comparación con el sistema analógico AMPS de la primer generación de celulares. Al incrementarse el número de usuarios, esta técnica de acceso múltiple también es ineficiente.

La tercer técnica conocida como CDMA, asigna códigos a todos los usuarios compartiendo un mismo espectro de frecuencias. Con esta técnica se incrementa considerablemente el número de usuarios por radio base.

En este artículo explicaremos más al detalle las bondades de esta tecnología que fue seleccionada por gran parte de los operadores para ofrecer los servicios de tercera generación (3G).

## **QUÉ ES CDMA**

CDMA es un termino genérico que define una interface de aire inalámbrica basada en la tecnología de espectro extendido (spread spectrum). Para telefonía celular, CDMA es una técnica de acceso múltiple especificada por la TIA (Telecommunications Industry Association) como IS-95. En marzo de 1992, la TIA estableció el subcomité TR 45.5 con la finalidad de desarrollar un estándar de telefonía celular digital con espectro extendido. En julio de 1993, la TIA dió su aprobación al estándar CDMA IS-95.

Los sistemas IS-95 dividen el espectro en portadoras de 1.25 MHz. Unos de los aspectos únicos de CDMA es que apesar de que existe un número fijo de llamadas telefónicas que pueden ser manipuladas por un proveedor de servicios de telefonía (carrier), éste no es un número fijo. La capacidad del sistema va a depender de muchos factores.

Cada dispositivo que utiliza CDMA está programado con un pseudocódigo, el cual es usado para extender una señal de baja potencia sobre un espectro de frecuencia amplio. La estación base utiliza el mismo código en forma invertida (todos los ceros son unos y los unos ceros) para des-extender y reconstruir la señal original. Todos los otros códigos permanecen extendidos, indistinguibles del ruido de fondo.

Hoy en día existen muchas variantes, pero el CDMA original es conocido como *cdmaOne* bajo una marca registrada de Qualcomm. A CDMA se le caracteriza por su alta capacidad y celdas de radio pequeño, que emplea espectro extendido y un esquema de codificación especial y lo mejor de todo es muy eficiente en potencia.

## ALGUNAS VENTAJAS Y BENEFICIOS DE CDMA

A continuación se listan algunas ventajas y beneficios de la tecnología de CDMA, que la ponen muy por encima de su competidor TDMA.

### *Información paquetizada*

Las redes basadas en CDMA están contruídas bajo protocolos basados en IP. En otro tipo de redes, el añadir equipo que soporte paquetes de datos es costoso y requerirá también equipo terminal que lo soporte. El estándar *cdmaOne* ya incorpora en sus terminales los protocolos TCP/IP (Transfer Control Protocol/Internet Protocol) y PPP (point to point protocol).

### *Seguridad y privacidad*

La técnica de espectro extendido es muy utilizada para aplicaciones militares donde la seguridad de las conversaciones y protección de los datos es importante. En un ambiente de negocios también es vital los aspectos de seguridad y privacidad. Diseñado con alrededor de 4.4 trillones de códigos, CDMA virtualmente elimina la clonación de dispositivos y es muy difícil capturar y descifrar una señal.

### *Control del nivel de potencia*

El control de la potencia es otro beneficio de los sistemas de CDMA. Empleando técnicas de procesamiento de señales, corrección de error, etc., CDMA supera el problema de la potencia con una serie de ciclos de retroalimentación. Con un control automático de la ganancia en las terminales y una supervisión constante del nivel de señal a ruido y tasas de error en la radio base, picos en el nivel de potencia son regulados con circuitería electrónica que ajusta la potencia a una razón de 800 veces en un segundo. Esto tiene gran repercusión en *el ajuste dinámico del tamaño de las celdas*. En una celda congestionada, la potencia de todas las terminales se elevaría creando interferencia mutua. En el margen, las transmisiones a alta potencia inundarían a las celdas vecinas donde estas podrían ser tomadas por la radio base adyacente. En una celda con poca densidad, la potencia es tan baja que la celda se reduce efectivamente, transmitiendo sin interferencia hacia las celdas vecinas mejorando el desempeño de las mismas. Este tipo de ajustamiento dinámico en el tamaño de las celdas es imposible en TDMA, donde las celdas adyacentes utilizan diferentes frecuencias. Se ha comprobado en diversos estudios, que CDMA es ciento de veces más eficiente en potencia que TDMA.

### *Bajo consumo de potencia y baterías más duraderas en las terminales*

Debido al sistema de retroalimentación de CDMA que mantiene la potencia al más bajo nivel permisible, las terminales consumen menos potencia y son más pequeñas y las baterías de CDMA duran mas tiempo que las de TDMA.

#### *Amplia cobertura con pocas celdas*

La señal de espectro extendido de CDMA provee gran cobertura en la industria inalámbrica, permitiendo a los *carriers* la instalación de menos celdas para cubrir un área más extensa. Pocas celdas significan para los *carriers* mucho ahorro en infraestructura de radio bases. Dependiendo de la carga del sistema y de la interferencia, la reducción de celdas es 50% menor en CDMA que en sistemas como GSM basado en TDMA. Es preciso notar que la reducción de celdas sólo es válida para operadores que empezaron desde un principio con CDMA. Operadores que utilizan sistemas analógicos o basados en otras tecnologías deberán redistribuir las celdas CDMA con las celdas ya existentes.

#### *Pocas llamadas caídas*

La transferencia de celdas (handoff) de CDMA, método para transferir llamadas entre celdas reduce inteligentemente el riesgo de interrumpirlas durante una transferencia. El proceso conocido como transferencia suave o transparente (soft handoff) entre celdas conduce a pocas llamadas caídas ya que 2 o 3 celdas están monitoreando la llamada todo el tiempo. La transferencia entre celdas es transparente al usuario debido a que como todos los usuarios están utilizando el mismo espectro, es más fácil moverse de una celda a otra sin que el subscriber sé de cuenta.

#### *Resistencia a la interferencia, ruido del ambiente y multitrayectorias*

Las multitrayectorias en CDMA en vez de ocasionar problemas con la señal, la fortalece más. Esto conduce a una casi eliminación de la interferencia y desvanecimiento. Ambos, el ruido eléctrico de fondo y ruido acústico de fondo son filtrados al usar ancho de banda angosta que corresponde a la frecuencia de la voz humana. Esto mantiene al ruido de fondo fuera de las conversaciones. En TDMA por el contrario, por ser basada en el tiempo, las multitrayectorias son un problema. Señales que vienen de distintas trayectorias a desfasadas en el tiempo ocasionan que están interfieran a las ranuras adyacentes haciendo que se interfieran las llamadas y se caigan.

#### *Implantación más rápida*

Los sistemas CDMA pueden ser implantados y expandidos más rápidamente debido a que requieren de menos celdas. Pocas celdas significa para los operadores menor gasto de inversión y operación.

#### *Ancho de banda en demanda*

El canal de 1.25 MHz de CDMA provee un recurso común a todas las terminales en un sistema de acuerdo a sus propias necesidades, como podría ser voz, fax, datos u otras aplicaciones. En un tiempo dado, la porción de este ancho de banda que no sea usada por una terminal, estará disponible para otro usuario. Debido a que CDMA utiliza una porción grande de espectro repartida entre varios usuarios, provee flexibilidad en el ancho de banda para permitir servicios en demanda. Bajo TDMA donde los canales son fijos y pequeños, esto no es posible. En forma general, está comprobado que CDMA es de 3 a 6 veces más eficiente en ancho de banda que TDMA.

Compatibilidad hacia adelante y hacia atrás

Las terminales que funcionan bajo CDMA son compatibles con su versión antecesora. Una terminal de tercera generación, cdma2000 por ejemplo, es compatible con cdmaOne de segunda generación. La compatibilidad hacia adelante se realiza sustituyendo un simple chip en la terminal. Una terminal con cdmaOne puede actualizarse a cdma2000, sustituyendo el únicamente el chip principal. Esto evita la compra de una nueva terminal para acceder a los nuevos servicios.

*Calidad de voz mejorada*

Sofisticados esquemas de control y corrección de error hace que las tramas de información sean interpretadas correctamente. Por otro lado, sofisticados codificadores de voz (vocoders) la codifican a altas velocidades y reducen el ruido de fondo. La transferencia suave entre celdas es otro factor que eleva la calidad de la voz en una conversación. El control

preciso de los niveles de potencia asegura que todas las terminales cercanas al nivel óptimo provean la calidad de voz más alta posible.

*Tecnología ampliamente reconocida*

Existen más de 75 fabricantes de tecnología CDMA en el mundo, además existen hoy en día más de 80 millones de usuarios que utilizan la tecnología de CDMA.

<b>CDMA en México</b>		
<b>Operador</b>	<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Fabricante de la infraestructura</b>
Movistar	Celular	Motorola
Movistar	Celular	Motorola
Grupo Iusacell	PCS	Lucent
Grupo Iusacell	Celular	Lucent
Movistar	Celular	Motorola
Pegaso	WLL y móvil	Alcatel, Qualcomm y Ericsson

Pegaso	PCS	Alcatel y Qualcomm
Movistar	Celular	Motorola
Unefon	PCS	Nortel Networks
Grupo PCS: WLL: Fuente: <a href="http://www.cdg.org/">http://www.cdg.org/</a>	Iusacel: Comcel, Personal Wireless	Portatel, Telecom, Communication Local Services Loop

## Las tecnologías basadas en CDMA

A nivel mundial existen muchas propuestas para proveer servicios de banda ancha basadas en la tecnología CDMA. Por ejemplo Qualcomm (EUA) está promoviendo cdma2000, Ericsson (Europa) y NTT DoCoMo (Japón) con WCDMA (Wideband CDMA). En Corea, por su parte están promoviendo WCDMA TTA I y TTA II para servicios de 3G.

## Conclusión

Hemos visto muchas de las ventajas y beneficios de la tecnología CDMA. Que podemos decir de una tecnología que es eficiente tanto en espectro como en potencia. No por otra cosa, varios operadores de GSM y TDMA, han escogido irse con CDMA como su tecnología para brindar servicios de tercera generación. La misión de los operadores será captar el mayor número de usuarios posibles. La ITU (International Telecommunications Union) ha aceptado también las tecnologías 3G basadas en CDMA como parte del IMT-2000 (International Mobile Telephone). Claramente CDMA ha emergido como la tecnología para la próxima generación de servicios.

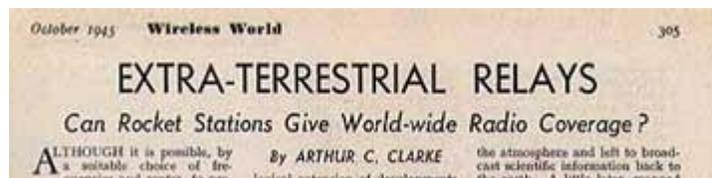
## COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

### HISTORIA

En 1945 el escritor británico de ciencia ficción *Arthur C. Clark* en octubre de 1945 publicó en la revista británica *Wireless World* el artículo titulado *"Extra-Terrestrial Relays"*, en el cual incluía la propuesta de un sistema de comunicación global utilizando estaciones espaciales hechas por el hombre.



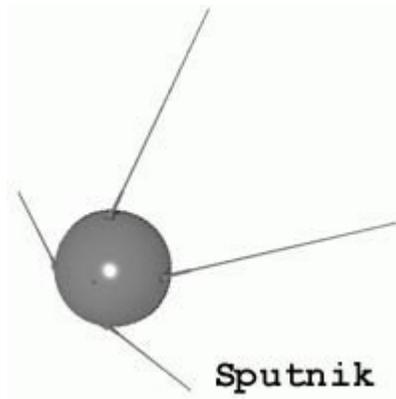
*"Un satélite artificial a la apropiada de la tierra una revolución cada 24 es, podría parecer sobre un punto de la*



*distancia puede hacer horas, esto estacionario superficie*

de la Tierra, y tendría un rango óptico de casi la mitad de la superficie terrestre. Tres estaciones repetidoras, con una separación de 120 entre sí, pueden dar cobertura de señales de radio y microondas a todo el planeta".

Este sueño comenzó a transformarse en realidad con el desarrollo del primer satélite artificial: el SPUTNIK (satélite o *compañero de viaje* en ruso), el cual fue lanzado en octubre de 1957 en una órbita elíptica de baja altura. Este satélite sólo emitía un tono intermitente, y estuvo en funcionamiento durante 21 días, marcando así el inicio de la era de las comunicaciones vía satélite.



Probablemente el primer satélite repetidor totalmente activo fue el COURIER, lanzado por el Departamento de Defensa de los E.U. en octubre de 1960. Este transmitía conversaciones y telegrafía, y aunque solo duró 70 días fue el primer satélite que usó celdas solares.

El SYNCOM 3 fue el primer satélite de órbita geostacionaria, lanzado por la NASA en febrero de 1963 desde los E.U. Entre otras aplicaciones, se utilizó para transmitir los Juegos Olímpicos de 1964.



El INTELSAT I mejor conocido Pájaro madrugador o Early Bird fue el primer satélite internacional de órbita geosíncrona, lanzado por el consorcio internacional INTELSAT desde los E.U. en abril de 1965, y colocado sobre el Océano Atlántico.

El sistema MOLNIYA relámpago en ruso fue la primera red satelital doméstica, y fue lanzado en 1967 por la Unión Soviética, consistía en una serie de 4 satélites en órbitas elípticas con una cobertura de 6 horas por satélite.

Eso fue solo el principio....

### < FRECUENCIAS DE BANDAS >

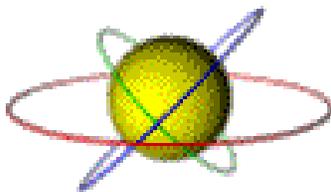
BANDAS DE FRECUENCIAS DE SATÉLITE			
Banda	Rango de Frecuencias (GHz)	Servicio	Usos
VHF	30-300 MHz	Fijo	Telemetría
UHF	300-1000 MHz	Móvil	Navegación, Militar
L	1 - 2	Móvil	Emisión de audio, radiolocalización.
S	2 - 4	Móvil	Navegación
C	4 - 8	Fijo	Voz, datos, video, Emisión de video
X	8 - 12	Fijo	Militar

Ku	12 - 18	Fijo	Voz, datos , video, Emisión de video
K	18 - 27	Fijo	Emisión de video, com. intersatélite
Ka	27 - 40	Fijo	Emisión de video, com. intersatélite

**BANDAS DE FRECUENCIAS DE LOS SATÉLITES MEXICANOS (Solidaridad I y II)**

BANDA	Rango de Frecuencias Tx (GHz)	Rango de Frecuencias Rx (GHz)
L	1.6265 - 1.6605	1.525 - 1.559
C	5.925 - 6.425	3.700 - 4.300
Ku	14.00 - 14.50	11.70 - 12.2

**ÓRBITAS**

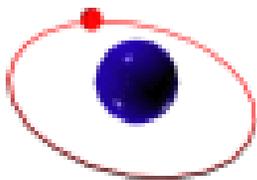


Aproximadamente tres cuartas partes del costo de un satélite está asociado a su lanzamiento y a su mantenimiento en órbita.

La mecánica orbital, es aplicada a los satélites artificiales, la cual está basada en la mecánica celeste, una rama de la física clásica, la cual comenzó con dos gigantes de la física: *Kepler* y *Newton* durante el siglo diecisiete. *Lagrange*, *Laplace*, *Gauss*, *Hamilton*, y muchos otros, también contribuyeron al refinamiento matemático de la teoría, empezando con las nociones básicas de la gravitación universal, las leyes de Newton del movimiento, y los principios de conservación de la energía y el *momentum*.

Las 3 leyes de Kepler y las leyes de gravitación universal y del movimiento se describen brevemente a continuación:

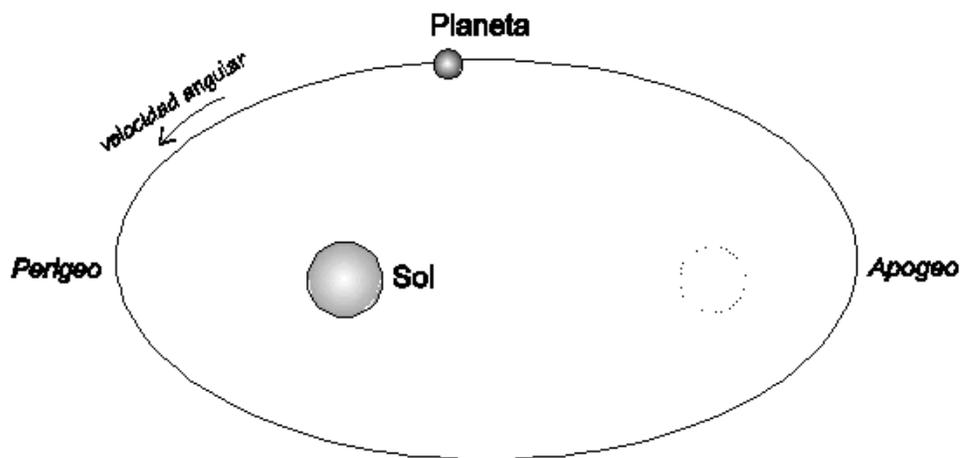
**Leyes de Kepler**



Las propiedades fundamentales de las órbitas son resumidas por las tres leyes del movimiento planetario de Kepler. Kepler descubrió esas tres leyes empíricamente, basadas en conclusiones de notas de extensas observaciones de Marte por *Tycho Brahe*. A través de estas leyes se estableció el movimiento planetario con respecto al sol; éstas son igualmente aplicables a los satélites con respecto a la tierra y son un buen punto de partida.

1. La órbita de cada planeta (satélite) es una elipse con el sol (tierra) en uno de sus focos. El punto de la órbita en el cual el planeta está más cerca del sol se denomina *perigeo*, y el punto donde está más lejos del sol se le denomina *apogeo*.
2. La línea que une al sol (tierra) a el planeta (satélite) barre áreas iguales en tiempos iguales.
3. El cuadrado del periodo de revolución es proporcional al cubo de su eje mayor.

Las primeras dos leyes fueron publicadas en 1609 y la tercera en 1619.



Apogeo y perigeo de una trayectoria orbital celeste

### Leyes de Newton

Las leyes fundamentales de la física de la teoría de la mecánica orbital esta basada en la Ley de la gravitación universal y la segunda ley del movimiento de Newton. La ley de la gravitación universal establece que la fuerza de atracción entre dos cuerpos varía de acuerdo al producto de sus masas  $M$  y  $m$  e inversamente al cuadrado de la distancia  $r$  entre ellas y es dirigida a lo largo de una línea que conecta sus centros. Así:

$$F = - GMm/r^2$$

Donde  $G$  es la constante de gravitación universal. La segunda ley de Newton nos dice que la aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza que actúa en ella e inversamente proporcional a sus masas,

$$F = ma = m \, dv/dt$$

*Donde  $a = dv/dt$  es la aceleración,  $v$  es la velocidad, y  $t$  es el tiempo. Estas leyes fueron publicadas en 1687.*

Dos satélites en la misma órbita no pueden tener diferentes velocidades. Para las órbitas circulares, la velocidad es inversamente proporcional a la raíz cuadrada de su radio. Si un satélite, inicialmente en una órbita circular sobre la tierra, se le es incrementada su velocidad por un impulso, no podrá moverse mas rápido en esa órbita. En vez de eso, la órbita se convertirá en elíptica, con el perigeo en el punto donde ocurra el impulso.

## TIPOS DE ÓRBITAS SATELITALES



Existen varios tipos de órbitas de los satélites artificiales los cuales se clasifican de acuerdo a:

1. Su distancia de la Tierra (*geostacionaria, geosíncrona, de baja altura, de media altura y excéntricas*).
2. Su plano orbital con respecto al Ecuador (*ecuatorial, inclinada y polar*).
3. La trayectoria orbital que describen (*circular y elíptica*).
4. *Órbita Geosíncrona*: Es una órbita circular con un periodo de un día sideral. Para tener este periodo la órbita debe tener un radio de 42,164.2 km. (desde el centro de la tierra).
5. *Órbita Geoestacionaria (GEO)*: Este tipo de órbita posee las mismas propiedades que la geosíncrona, pero debe de tener una inclinación de cero grados respecto al ecuador y viajar en la misma dirección en la cual rota la tierra. Un satélite geoestacionario aparenta estar en la misma posición relativa a algún punto sobre la superficie de la Tierra, lo que lo hace muy atractivo para las comunicaciones a gran distancia.
6. *Órbita de Baja Altura (LEO)*: Estas órbitas se encuentran en el rango de 640 km a 1,600 km entre las llamadas región de densidad atmosférica constante y la región de los cinturones de Van Allen. Los satélites de órbita baja circular son muy usados en sistemas de comunicaciones móviles.
7. *Órbitas de Media Altura*: Son las que van desde 9,600 km hasta la altura de los satélites geosíncronos. Los satélites de órbita media son muy usados también en las comunicaciones móviles.

8. *Órbita Ecuatorial*: En este tipo de órbita la trayectoria del satélite sigue un plano paralelo al ecuador, es decir tiene una inclinación de 0.
9. *Órbitas Inclinada*: En este curso la trayectoria del satélite sigue un plano con un cierto ángulo de inclinación respecto al ecuador.
10. *Órbitas Polar*: En esta órbita el satélite sigue un plano paralelo al eje de rotación de la tierra pasando sobre los polos y perpendicular la ecuador.
11. *Órbitas circulares*: Se dice que un satélite posee una órbita circular si su movimiento alrededor de la tierra es precisamente una trayectoria circular. Este tipo de órbita es la que usan los satélites geosíncronos.
12. *Órbitas elípticas (Monlniya)*: Se dice que un satélite posee una órbita elíptica si su movimiento alrededor de la tierra es precisamente una trayectoria elíptica. Este tipo de órbita poseen un perigeo y un apogeo.

PARÁMETROS DE UNA ÓRBITA GEOESTACIONARIA IDEAL	
Periodo del satélite (T)	23 hr, 56 min, 4 seg
Radio de la Tierra (r)	6,377 Km
Altitud del satélite (h)	35,779 Km
Radio de la Órbita (d = r+h)	42,157 Km
Inclinación (respecto al ecuador)	0
Velocidad tangencial del satélite (v)	3.074 km/seg
Excentricidad de la órbita	0

PRINCIPALES PERTURBACIONES DE UNA ÓRBITA GEOESTACIONARIA	
CAUSA	EFEECTO
Atracciones de la luna y el sol.	Cambio en la inclinación de la órbita (0.75 a 0.95)
Asimetría del campo gravitacional terrestre (triaxialidad)	Cambios en la posición de longitud del satélite ("deriva", movimiento este-oeste), al alterar su velocidad.
Presión de la radiación solar	Acelera al satélite, cambio en la excentricidad de la órbita (la cual se manifiesta como una variación en longitud), ocasiona giros si la resultante no incide en el centro de la masa.
Estructura no homogénea	Giros alrededor de su centro de masa.
Campo magnético terrestre	Giros, pero menos significativos.
Impacto de meteoritos	Modificación de posición y orientación, posibles daños a la estructura.
Movimientos internos del satélites, (antenas, arreglos solares, combustible), etc.	Pares mecánicos variación del centro de masa

## **ESTACIONES TERRENAS**

Una estación terrena satelital es un conjunto de equipo de comunicaciones y de cómputo que puede ser terrestre (fijo y móvil), marítimo o aeronáutico. Las estaciones terrenas pueden ser usadas en forma general para transmitir y recibir del satélite. Pero en aplicaciones especiales solo pueden recibir o solo pueden transmitir. A continuación se enumeran cada uno de los subsistemas básicos que integran una estación terrena satelital.

13. **Plato Reflector** (antena):

14. **Amplificador de Potencia** [HPA, High Power Amplifier]

15. Al Amplificador de Alta Potencia [HPA] también se le conoce como Transmisor o Transceptor [Transceiver] ya que está en la parte Transmisora. Existen varias versiones de HPAs, dependiendo de la potencia radiada y de otros factores. Los hay de estado sólido, los SSPA (Solid State Power Amplifier) o SSHPA, los hay analógicos de Tubos de Vacío, los TWTs (Travelling Wave Tube), los KPA (Klystron Power Amplifiers). Los SSPAs generalmente se usan para potencias bajas, los TWTs y los Klystron se utilizan para potencias muy altas.

16. **Amplificador de Bajo Ruido** (Receptor), LNA: Low Noise Amplifier:

17. **Convertor de subida/bajada** (Up/down converter):

18. Un convertor de subida y bajada, se puede conseguir a parte, y generalmente convierten frecuencias de IF (Frecuencia Intermedia) a RF (Radio Frecuencia) cuando es UpConverter y de RF a If cuando es DownConverter. Las frecuencias de IF son generalmente de 70 MHz, 140 MHz y la más común es la Banda L (950-1550 MHz aprox). La RF puede ser Banda C, Ku, Ka, etc.

19. El convertor de subida/bajada también puede estar integrado junto con el LNA. Cuando es así, se le conoce como LNB (Low Noise Block): entonces un LNB = LNA + Up/Down Converter

20. **Modem satelital** (modulador, demodulador):

21. Multicanalizador:

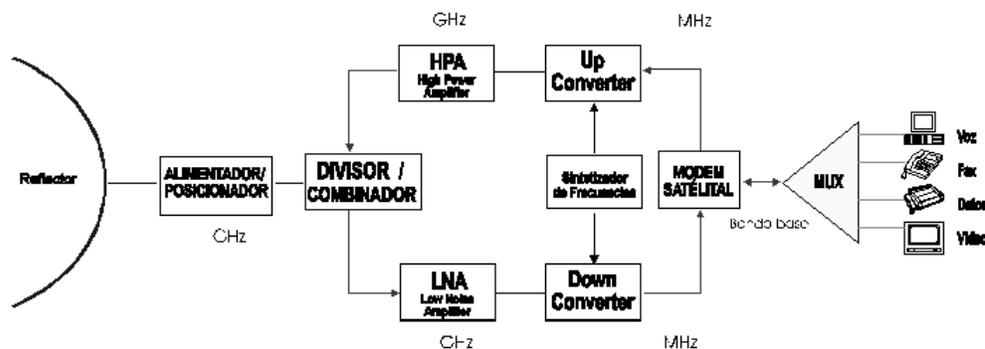
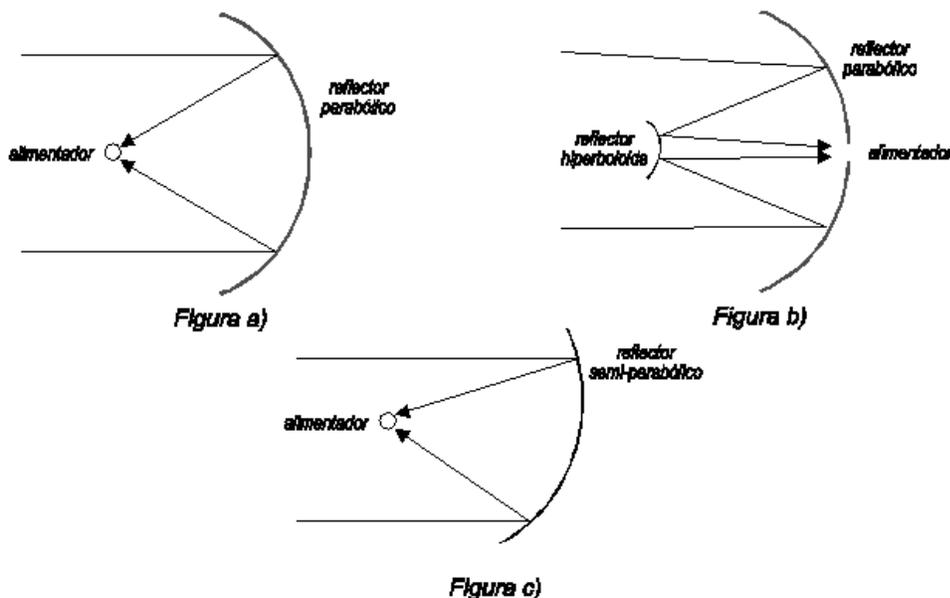


Diagrama genérico de una estación terrena transmisora/receptora

### ANTENAS (Reflectores parabólicos)

Los reflectores parabólicos (comúnmente llamados por error o por costumbre *antenas*) han sido el símbolo de las estaciones terrenas para comunicaciones por satélite. Existen además de los **reflectores paraboloideos o Prime Focus** [figura a] otros tipos de antenas muy ampliamente usados en campo de las comunicaciones, tales como los reflectores **Fuera de foco** (off-set) (figura c), **Cassegrain** (figura b) y los platos tipos **Gregorianos**.



Tipos básicos de antenas: figura a) Paraboloide figura b) Cassegrain figura c) off-set (fuera de foco)



Channel Master 0.75 cm Offset Receive Only



RCA 0.60 cm Offset Only - DTH



Receive Patriot 2.8 metros Receive Only C/Ku Prime Focus



Andrew 3.7 metros Transportable



Tx/Rx Vertex 11.1 metros Cassegrain



Tx/Rx Andrew 4.6 metros Gregorian



Vertex 3.8 metros Dual Offset Banda C



Patriot 4.5 metros C/Ku Prime Focus



Antena Simulsat, recibe señal de 25 satélites simultáneamente

Fotos cortesía de Bitcentral.com

---

## Enlace Satelital

Componentes:

- Estación Terrena transmisora
- Transpondedor satelital [Satélite]
- Estación terrena receptora
- Espacio (atmósfera)

La estación terrena transmisora se caracteriza por el P.I.R.E (Potencia Isotrópica Radiada Efectiva). Esto de hecho esta relacionado a la potencia del transmisor y la ganancia de la antena en la frecuencia de transmisión.

La estación terrena receptora se caracteriza por una figura de mérito (G/T) y la Frecuencia Intermedia (IF) de banda ancha.

Cada elemento en la cadena de recepción puede ser asignada a una temperatura de ruido, la cual es una medida de potencia de ruido contribuida por el elemento por unidad de ancho de banda. Esas contribuciones son combinadas para reflejar la potencia de ruido por la distribución de la ganancia a través de la cadena. En general, la temperatura de ruido de el sistema es determinado primariamente por la antena, al amplificador de bajo ruido (LNA) y los componentes de acople de esos elementos. La suma de pequeñas pérdidas, tales como la atenuación en el cable, entre el LNA y la antena puede resultar en degradación significativa de la figura de mérito G/T.

El transponder también juega un papel bien importante en un enlace satelital, éste se encuentra dentro del satélite y cuyas funciones básicas son las siguientes:

- Amplificación de la señal
- Aislamiento de canales adyacentes
- Traslación de frecuencias

Por último, también el ambiente determina en gran medida el éxito o el fracaso de un enlace satelital y es aquí donde se generan las mayores pérdidas, ocasionadas por el largo trayecto de la señal propagada desde un satélite en el caso más extremo 36,000 kms de distancia.

Los principales factores que ocasionan la degradación de la señal se encuentran la lluvia, la nieve, la absorción atmosférica, las pérdidas por el espacio libre, entre otras.

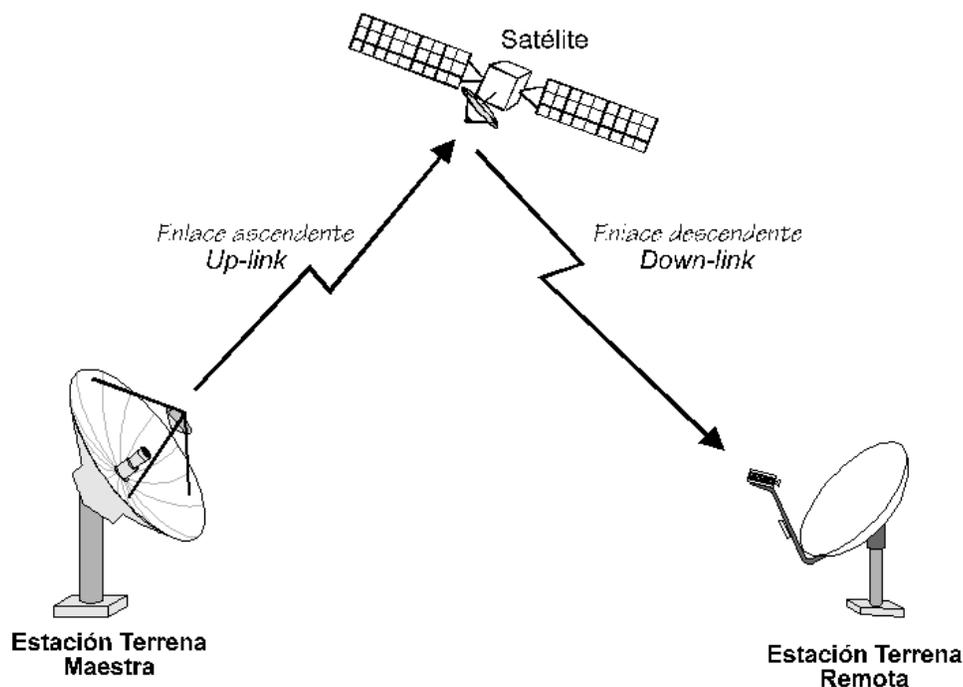
**ENLACE SATELITAL** Para medir o cuantificar un buen enlace satelital se debe tomar muy en cuenta la relación Portadora a ruido (C/N, Carrier to Noise) que se genera al hacer unos cálculos con los parámetros del enlace.

Primero se debe calcular la relación portadora a ruido del enlace de subida ( $C/N_{up}$ ), después se deberá calcular la relación portadora a ruido pero ahora del enlace de bajada ( $C/N_{down}$ ). La relación portadora total del enlace se determinara por la siguiente ecuación:

$$C/N_{total} = 1 / ( (C/N_{up})^{-1} + (C/N_{down})^{-1} ) = (C/N_{up})(C/N_{down}) / (C/N_{up} + C/N_{down}) \text{ dB}$$

así por ejemplo si  $C/N_{up} = 10$  dB y  $C/N_{down} = 2$  dB Entonces  $C/N_{total} = (10)(2)/(10+2) = 1.66$  dB donde  $C/N_{up} = PIRE_{ET} + G/T_{SAT} - k - P_{el} - P_{ll} - P_{apun} - P_{atm} - P_{pol}$   $PIRE_{ET}$  = PIRE de la estación terrena transmisora (dB)

$G/T_{SAT}$  = figura de mérito de la antena del satélite (dB)  $k$  = constante de Boltzman (228.6 dB)  $P_{el}$  = pérdidas pro espacio libre  $P_{ll}$  = pérdidas por lluvia  $P_{apun}$  = pérdidas por apuntamiento  $P_{atm}$  = pérdidas atmosféricas  $P_{pol}$  = pérdidas por polarización donde  $C/N_{down} = PIRE_{SAT} + G/T_{ETR} - k - P_{el} - P_{ll} - P_{misc}$   $PIRE_{SAT}$  = PIRE en saturación del satélite (dB)  $G/T_{ETR}$  =  $G/T$  de la estación terrena receptora (dB)  $k$  = constante de Boltzman (228.6 dB)  $P_{el}$  = pérdidas pro espacio libre  $P_{ll}$  = pérdidas por lluvia  $P_{misc}$  = pérdidas misceláneas



---

## MÉTODOS DE MÚLTIPLE ACCESO AL SATÉLITE

Múltiple acceso está definido como una técnica donde más de un par de estaciones terrenas pueden simultáneamente usar un transponder del satélite.

La mayoría de las aplicaciones de comunicaciones por satélite involucran un número grande de estaciones terrenas comunicándose una con la otra a través de un canal satelital (de voz, datos o video). El concepto de múltiple acceso involucra sistemas que hacen posible que múltiples estaciones terrenas interconecten sus enlaces de comunicaciones a través de un simple transponder. Esas portadoras pueden ser moduladas por canales simples o múltiples que incluyen señales de voz, datos o video.

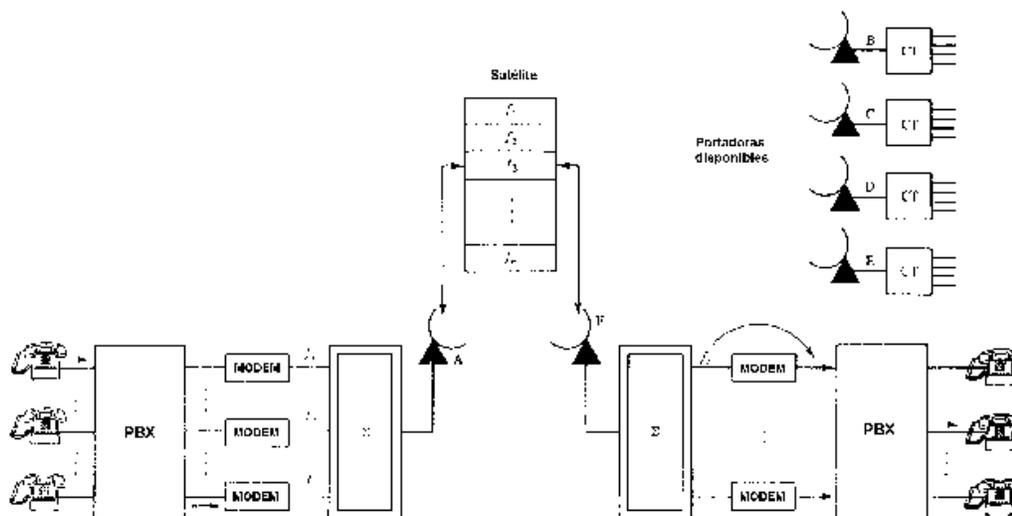
Existen muchas implementaciones específicas de sistemas de múltiple acceso, pero existen solo tres tipos de sistemas fundamentales:

- *Frequency-division multiple access (FDMA)*: Acceso múltiple por división de frecuencias. Este tipo de sistemas canalizan el transpondedor usando múltiples portadoras, donde a cada portadora le asigna un par de frecuencias. El ancho de banda total utilizado dependerá del número total de portadoras. Existen dos variantes de esta técnica: SCPC (Single Channel Per Carrier) y MCPC (Multiple Channel Per Carrier)
- *Time-division multiple access (TDMA)*: El Acceso múltiple por división de tiempo esta caracterizado por el uso de ranuras de tiempo asignadas a cada portadora. Existen otras variantes a este método, el más conocido es DAMA (Demand Access Multiple Access, el cual asigna ranuras de tiempo de acuerdo a la demanda del canal.
- *Code-division multiple access (CDMA)*: El Acceso múltiple por división de código mejor conocido como Spread Spectrum (Espectro esparcido) es una técnica de modulación que convierten la señal en banda base en una señal modulada con un espectro de ancho de banda que cubre o se esparce sobre una banda de magnitud mas grande que la que normalmente se necesita para transmitir la señal en banda base por si misma. Es una técnica muy robusta en contra de la interferencia en el espectro común de radio y ha sido usado muy ampliamente en aplicaciones militares. Esta técnica se aplica en comunicaciones vía satélite particularmente para transmisión de datos a bajas velocidades.

### COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ACCESO MÚLTIPLE

MÉTODO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FDMA	Asignación de Frecuencias, acceso continuo y controlado del canal. Se recomienda cuando existen pocos nodos con mucho tráfico, con poco ancho de banda a velocidades bajas (menores que 128 Kbps).  SCPC/FDMA tiene una capacidad del 100% (cero retardos)	-Disponibilidad fija del canal -No se requiere control centralizado -Terminales de bajo costo. -Usuarios con diferentes capacidades pueden ser acomodados.	-Requiere backoff de intermodulación (bandas de guarda), esto reduce el caudal eficaz del transponder. -Sistema muy rígido, cambios en la red hace difícil el reasignamiento. -El ancho de banda se incrementa conforme el numero de nodos aumenta.
TDMA	Asignación de ranuras de tiempo. Cada portadora ocupa diferente ranura. Se recomienda para muchos nodos con trafico moderado. DAMA se recomienda para muchos nodos con poco tráfico. TDMA tiene una capacidad del 60% al 80%.	-Optimización del ancho de banda -La potencia y ancho de banda del transpondedor es totalmente utilizado.	-Tiempos de guarda y encabezados reducen el caudal eficaz. -Requiere de sincronización centralizada. -Terminales de alto costo

CDMA	Asignación de códigos a cada usuario. CDMA Capacidad del canal del 10%.	-Se trasmite a baja potencia -Control no centralizado, canales fijos. -Inmune a la interferencia.	- Requiere de gran ancho de banda. - Existe un número limitado de códigos ortogonales. - Trabajan solo eficientemente con velocidades preseleccionadas.
------	---	---	---



### Flujo de datos en un sistema SCPC

### Interconectividad (internetworking)

La Interconectividad (Internetworking) puede ser definida como:

*"Comunicación entre dos o más redes"...IBM*

*"Proceso de comunicación el cual ocurre entre dos o más redes que están conectadas entre sí de alguna manera".*

#### ¿Porqué es importante la interconectividad de redes?

v

...  Insensibilidad a la distancia física y a la limitación en el número de nodos

Administración centralizada de la red

j

#### ¿Qué retos existen? El reto de la interconectividad

- Reducción de presupuestos (tiempo, dinero)
- 
- Y  Capacidad de planeación, administración y soporte
- Y  Retos técnicos y retos de administración de redes

### ¿Que retos técnicos existen?

y

m

### ¿Que retos de administración de redes existen?

- configuración

j

- Confiabilidad

j

j

- Ú  Planeación hacia el futuro

"El verdadero reto de la interconectividad es la conectividad del transporte de información entre LAN dispersas geográficamente"

### ¿Cómo se interconectan las redes?

Las redes se conectan mediante equipos de telecomunicaciones conocidos como **equipos de interconexión**.

## ***Equipos de Interconexión***

Dos o más redes separadas están conectadas para intercambiar datos o recursos forman una interred (internetwork). Enlazar LANs en una interred requiere de equipos que realicen ese propósito. Estos dispositivos están diseñados para sobrellevar los obstáculos para la interconexión sin interrumpir el funcionamiento de las redes. A estos dispositivos que realizan esa tarea se les llama equipos de Interconexión.

Existen equipos de Interconexión a nivel de:

» **LAN:** Hub, switch, repetidor, gateway, puente, access points.

» **MAN:** Repetidor, switch capa 3, enrutador, multicanalizador, wireless bridges, puente, modem analógico, modem ADSL, modem CABLE, DSU/CSU.

» **WAN:** Enrutador, multicanalizador, modem analógico, DSU/CSU, modem satelital.

### REPETIDOR

Un repetidor (o generador) es un dispositivo electrónico que opera sólo en la **Capa Física** del modelo OSI (capa 1). Un repetidor permite sólo extender la cobertura física de una red, pero no cambia la funcionalidad de la misma. Un repetidor regenera una señal a niveles más óptimos. Es decir, cuando un repetidor recibe una señal muy débil o corrompida, crea una copia bit por bit de la señal original. La posición de un repetidor es vital, éste debe ponerse antes de que la señal se debilite. En el caso de una red local (LAN) la cobertura máxima del cable UTP es 100 metros; pues el repetidor debe ponerse unos metros antes de esta distancia y poner extender la distancia otros 100 metros o más.

[Markoa6] [Markoa7]

Existen también regeneradores ópticos conocidos como EDFA (Erbium-Doped Fiber Amplifier) los cuales permiten extender la distancia de un haz de luz sobre una fibra óptica hasta 125 millas.



Repetidor fibra óptica  
Omnitron Systems Technology, Inc.  
2 Puertos GIGABIT SM SC

### CONCENTRADOR (HUB)

El concentrador o hub es un dispositivo de capa física que interconecta físicamente otros dispositivos (e.g. computadoras, impresoras, servidores, switches, etc) en topología estrella o ducto.

Existen hubs pasivos o hubs activos. Los pasivos sólo interconectan dispositivos, mientras que los hubs activos además regeneran las señales recibidas, como si fuera un repetidor. Un hub activo entonces, puede ser llamado como un repetidor multiuertos.

[Markoa8] [Markoa9]



Hub marca 3Com modelo Superstack II 24 puertos

### PUENTE

(BRIDGE)

Los puentes operan tanto en la Capa Física como en la de **Enlace de Datos** del modelo de referencia OSI.

Los puentes pueden dividir una red muy grande en pequeños segmentos. Pero también pueden unir dos redes separadas. Los puentes pueden hacer filtraje para controlar el tráfico en una red.

Como un puente opera en la capa de enlace de datos, dá acceso a todas las direcciones físicas a todas las estaciones conectadas a él. Cuando una trama entra a un puente, el puente no sólo regenera la señal, sino también verifica la dirección del nodo destino y la reenvía la nueva copia sólo al segmento al cual la dirección pertenece. En cuanto un puente encuentra un paquete, lee las direcciones contenidas en la trama y compara esa dirección con una tabla de todas las direcciones de todas las estaciones en ambos segmentos. Cuando encuentra una correspondencia, descubre a que segmento la estación pertenece y envía el paquete sólo a ese segmento.

Un puente también es capaz de conectar dos LANs que usan diferente protocolo (e.g. Ethernet y Token Ring). Esto es posible haciendo conversión de protocolos de un formato a otro.



Puente entre TCP/IP, AppleTalk, DecNet, NetBeui y Ethernet Interfaces 10/100BaseT Ethernet y RS-232/422/485

[Markoa  
10] [Markoa11]

## CONMUTADOR DE PAQUETES (SWITCH)

Los switches son otro dispositivo de interconexión de capa 2 que puede ser usado para preservar el ancho de banda en la red al utilizar la segmentación. Los switches son usados para reenviar paquetes a un segmento particular utilizando el direccionamiento de hardware MAC (como los puentes). Debido a que los switches son basados en hardware, estos pueden conmutar paquetes más rápido que un puente.

Los switch pueden ser clasificados en como ellos renvian los paquetes al segmento apropiado. Están los *store-and-forward* y los *cut-through*.

[Markoa1  
2] [Markoa13]

Los conmutadores que emplean la técnica **store-and-forward** completamente procesan el paquete incluyendo el campo del algoritmo CRC y la determinación del direccionamiento del paquete. Esto requiere que el paquete sea almacenado temporalmente antes de que sea enviado al apropiado segmento. Este tipo de técnica elimina el número de paquetes dañados que son enviados a la red.

Los conmutadores que usan la técnica **cut-through** son más rápidos debido a que estos envían los paquetes tan pronto la dirección MAC es leída. Por otra parte, también existe en el mercado conmutadores de paquetes de capa 3 y 4. Es decir hacen las funciones que los de capa 2, pero además realizan funciones de enrutamiento (capa 3) y conmutación de voz (capa 4).



Switch marca Cisco modelo Catalyst 3500 XL

## ENRUTADOR (ROUTER)

Los enrutadores operan en la capa de **red** (así como Enlace de Datos y capa física) del modelo OSI. Los enrutadores organizan una red grande en términos de segmentos lógicos. Cada segmento de red es asignado a una dirección así que cada paquete tiene tanto *dirección destino* como *dirección fuente*.

Los enrutadores son más inteligentes que los puentes, no sólo construyen tablas de enrutamiento, sino que además utilizan algoritmos para determinar la mejor ruta posible para una transmisión en particular.

Los protocolos usados para enviar datos a través de un enrutador deben ser específicamente diseñados para soportar funciones de enrutamiento. IP (Arpanet), IPX (Novell) y DDP (Appletalk Network layer protocol) son protocolos de transporte enrutables. NetBEUI no es un protocolo enrutable por ejemplo.

Los enrutadores pueden ser de dos tipos:

» **Enrutadores estáticos:** estos enrutadores no determinan rutas. En vez de eso, se debe de configurar la tabla de enrutamiento, especificando las rutas potenciales para los paquetes.

» **Enrutadores dinámicos:** Estos enrutadores tienen la capacidad de determinar rutas (y encontrar la ruta más óptima) basados en la información de los paquetes y en la información obtenida de los otros enrutadores.

[Markoa14] [Markoa15]



Enrutador marca Cisco 2500 series

### **PASARELA (GATEWAY o PROXY SERVERS)**

Los gateways, pasarelas o proxy servers son computadoras que están corriendo una aplicación o software. Los gateways trabajan en las capas superiores del modelo OSI (transporte, sesión, presentación y aplicación).

[Markoa16  
] [Markoa17]

Este software es capaz de realizar una infinidad de tareas: conversión de protocolos para proveer la comunicación de dos plataformas distintas (e.g SNA de IBM con una LAN de PCs). También los gateways suelen ser servidores que corren software de seguridad como firewall; correo electrónico (SNMP, POP3); servidores de web (HTTP/1.1); servidores de dominios de nombre (DNS), etc.

### **PUNTO DE ACCESO (ACCESS POINT)**

Un punto de acceso es un dispositivo inalámbrico que funciona en la capa de enlace de datos del modelo OSI. Es parecido a un switch (pero inalámbrico) que le da acceso a todos los nodos conectados a él. El medio de comunicación es el aire en las bandas de frecuencia del espectro disperso (2.4 GHz y 5 GHz).

[Markoa1  
8] [Markoa19]

Existen varias tecnologías, pero las mas importantes son las IEEE 802.11, IEEE 802.11b (Wi-Fi) y la IEEE 802.11a.



Access Point marca Linksys



[Markoa21]

### **DSU/CSU (modem digital)**

El DSU/CSU (Data Service Unit/Channel Service Unit) o mejor conocido como DTU (Data Terminal Unit) es un equipo de interconexión que opera en la capa de Enlace de Datos. Un DSU/CSU es básicamente un modem digital que enlaza dos o más redes que tengan servicios digitales tales como E0s, E1/T1s, Frame Relay, etc. Un CSU provee además acondicionamiento y equalización de la línea, así como pruebas de loopback. Un DSU (el cual puede contener las características de un CSU) convierte las señales de datos de un equipo DTE [Data Terminal Equipment] (e.g una computadora) en señales digitales bipolares requeridas en la red digital, realiza la sincronización de relojes y regenera la señal.



DSU/CSU marca ADTRAN

## ***El ABC de las redes inalámbricas [WLANs]***

### **Introducción**

En los últimos años las redes inalámbricas (WLAN, Wireless Local Area Network) han ganado muchos adeptos y popularidad en mercados verticales tales como hospitales, fabricas, bodegas, tiendas de autoservicio, tiendas departamentales, pequeños negocios y áreas académicas. Las redes inalámbricas permiten a los usuarios acceder información y recursos en tiempo real sin necesidad de estar físicamente en un sólo lugar. Con WLANs la red por sí misma es móvil y elimina la necesidad de usar cables y establece nuevas aplicaciones añadiendo flexibilidad a la red y lo más importante incrementa la productividad y eficiencia en las actividades diarias de la empresa. Un usuario dentro de una red inalámbrica puede transmitir y recibir voz, datos y video dentro de edificios, entre edificios o campus universitarios e inclusive sobre áreas metropolitanas a velocidades de hasta 11 Mbps.

Muchos de los fabricantes de computadoras y equipos de comunicaciones como PDAs (Personal Digital Assistants), módems, microprocesadores inalámbricos, lectores de punto de venta y otros dispositivos están introduciendo aplicaciones en soporte a las comunicaciones inalámbricas. Las nuevas posibilidades que ofrecen las WLANs son permitir una fácil incorporación de nuevos usuarios a la red, ofrecen una alternativa de bajo costo a los sistemas cableados, además de la posibilidad *ubícua* para acceder cualquier base de datos o cualquier aplicación localizada dentro de la red. A continuación se resumen algunas de estas ventajas de las WLANs, concernientes a productividad, conveniencia y costo, en comparación con las redes inalámbricas

#### Ventajas de WLANs sobre las redes alámbricas

- **Movilidad:** Las redes inalámbricas pueden proveer a los usuarios de una LAN acceso a la información en tiempo real en cualquier lugar dentro de la organización. Esta movilidad incluye oportunidades de productividad y servicio que no es posible con una red alámbrica.

- Simplicidad y rapidez en la instalación: La instalación de una red inalámbrica puede ser tan rápida y fácil y además que puede eliminar la posibilidad de tirar cable a través de paredes y techos.
- Flexibilidad en la instalación: La tecnología inalámbrica permite a la red ir donde la alámbrica no puede ir.
- Costo de propiedad reducido: Mientras que la inversión inicial requerida para una red inalámbrica puede ser más alta que el costo en *hardware* de una LAN alámbrica, la inversión de toda la instalación y el costo del ciclo de vida puede ser significativamente inferior. Los beneficios y costos a largo plazo son superiores en ambientes dinámicos que requieren acciones y movimientos frecuentes.
- Escalabilidad: Los sistemas de WLANs pueden ser configurados en una variedad de topologías para satisfacer las necesidades de las instalaciones y aplicaciones específicas. Las configuraciones son muy fáciles de cambiar y además es muy fácil la incorporación de nuevos usuarios a la red.

## Tecnologías

Existen varias tecnologías utilizadas en redes inalámbricas. El empleo de cada una de ellas depende mucho de la aplicación. Cada tecnología tiene sus ventajas y desventajas. A continuación se listan las más importantes en este género.

- Infrarrojo (Infrared)
- Banda Angosta (Narrowband)
- Espectro Extendido (Spread Spectrum)

### ***Infrarrojo***

Los sistemas de comunicación por infrarrojo utilizan muy altas frecuencias, justo abajo del espectro de la luz visible para transportar datos. Como la luz, el infrarrojo no puede penetrar objetos opacos, ya sea directamente (línea de vista) o indirectamente (tecnología difundida/reflectiva). El alto desempeño del infrarrojo directo es impráctico para usuarios móviles pero su uso es prácticamente para conectar dos redes fijas. La tecnología reflectiva no requiere línea de vista pero está limitada a cuartos individuales en zonas relativamente cercanas.

### ***Banda Angosta***

Un sistema de radio de banda angosta transmite y recibe información en una radio frecuencia específica. La banda amplia mantiene la frecuencia de la señal de radio tan angostamente posible para pasar la información. El cruzamiento no deseado entre canales es evitado al coordinar cuidadosamente diferentes usuarios en diferente canal de frecuencia. En un sistema de radio la privacidad y la no-interferencia se incrementa por el uso de frecuencias separadas de radio. El radio receptor filtra todas aquellas frecuencias que no son de su competencia. La desventaja de esta tecnología es el uso amplio de frecuencias, uno para cada usuario, lo cual es impráctico si se tienen muchos.

**Espectro extendido** La gran mayoría de los sistemas inalámbricos emplean la tecnología de Espectro Extendido (Spread Spectrum), una tecnología de banda amplia desarrollada por los militares estadounidenses que provee comunicaciones seguras, confiables y de misión crítica. La tecnología de Espectro Extendido está diseñada para intercambiar eficiencia en ancho de banda por confiabilidad, integridad y seguridad. Es decir, más ancho de banda es consumida con respecto al caso de la transmisión en banda angosta, pero el 'trueque' [ancho de banda/potencia] produce una señal que es en efecto más fuerte y así más fácil de detectar por el receptor que conoce los parámetros de la señal de espectro extendido que está siendo difundida. Si el receptor no está sintonizado a la frecuencia correcta, una señal de espectro extendido se miraría como ruido en el fondo. Otra característica del espectro disperso es la *reducción de interferencia* entre la señal procesada y otras señales no esenciales o ajenas al sistema de comunicación.

## Qué no es espectro extendido

Conviene tener presente que existen equipos que utilizan estas mismas frecuencias y que producen una energía de radiofrecuencia, pero que no transmiten información. Estos equipos tienen aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas (ICM) y en particular dichos equipos operan en otras bandas de frecuencia [902-908 MHz; 2,400-2,500 MHz y 5,525-5,875 MHz]. Ejemplos de estos equipos son: limpiadores domésticos de joyería, humidificadores ultrasónicos, calefacción industrial, hornos de microondas, etc.

Existen dos tipos de señales de Espectro Extendido: Salto en Frecuencia (Frequency Hopping, FH) y Secuencia Directa (Direct Sequence, DS).

Espectro extendido con salto en frecuencia (FHSS)

FHSS utiliza una portadora de banda angosta que cambia la frecuencia en un patrón conocido tanto por el transmisor como por el receptor. Tanto receptor como receptor están debidamente sincronizados comunicándose por un canal que está cambiado a cada momento en frecuencia. FHSS es utilizado para distancias cortas, en aplicaciones por lo general punto a multipunto, donde se tienen una cantidad de receptores diseminados en un área relativamente cercana al punto de acceso.

Espectro extendido en secuencia directa (DSSS)

DSSS genera un patrón de bits redundante para cada bit que sea transmitido. Este patrón de bit es llamado código chip. Entre más grande sea este chip, es más grande la probabilidad de que los datos originales puedan ser recuperados (pero, por supuesto se requerirá más ancho de banda). Más sin embargo si uno o mas bits son dañados durante la transmisión, técnicas estadísticas embebidas dentro del radio transmisor podrán recuperar la señal original sin necesidad de retransmisión. DSSS se utilizará comúnmente en aplicaciones punto a punto.

## Distintas especificaciones de WLANs

Especificación	Estatus	Máxima tasa de bits	Frecuencia de operación
IEEE 802.11	Utilizado por la mayoría de fabricantes de WLANs	2 Mbps	2.4 GHz
IEEE 802.11b	Especificación reciente	11 Mbps	2.4 GHz

IEEE 802.11a	En desarrollo	24 – 54 Mbps	5.0 GHz
HiperLAN	Desarrollado por ETSI	24 Mbps	5.0 GHz
Bluetooth	Promovido por 3Com, Ericson, IBM, Intel Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba.	1 Mbps	2.4 GHz
<p>IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineers                  ETSI: European Telecommunications Standards Institute</p>			

## Organismos

Debido al gran crecimiento de las redes inalámbricas han surgido nuevas organizaciones en esta industria tales como alianzas, consorcios y forums, las cuales se encargan de proponer estándares y definir nuevas tecnologías. Se pueden dividir estas organizaciones en tres categorías: alianzas de tecnología, organizaciones de estándares y asociaciones de la industria.



*Alianzas de tecnología:* Típicamente, una alianza de tecnología está formada para introducir al mercado una tecnología o protocolo específico y proveer interoperabilidad y certificación de productos de diferentes compañías que utilizan esa tecnología o protocolo. Ejemplos de este tipo de organizaciones están las siguientes:

- Bluetooth SIG: basado en la especificación *Bluetooth™* especificación que utiliza la tecnología de radio para proveer conectividad a Internet a bajo costo a computadoras portátiles, teléfonos móviles o otros dispositivos portátiles.
- HiperLAN1, HiperLAN Alliance e HiperLAN2 Global Forum: organizaciones europeas que utilizan enlaces de radio de alto desempeño a frecuencias en el rango de 5 GHz.
- HomeRF: Basada en una especificación para comunicaciones inalámbricas en hogares conocida por sus siglas en inglés SWAP (shared wireless access protocol). El HRFWG (homeRF Working Group) fue fundado para proveer los cimientos para un amplio rango de dispositivos al establecer una especificación abierta a la industria para comunicaciones digitales inalámbricas entre PCs y dispositivos domésticos alrededor de los hogares.
- OFDM: Esta organización está basada básicamente en una tecnología patentada conocida como W-OFDM (Wide-band orthogonal frequency división multiplexing)

- WLI forum: WLIF estableció un estándar interoperable en 1996 conocido como OpenAir, el estándar está disponible a cualquier compañía que se une al Forum. OpenAir es una tecnología de espectro extendido con salto en frecuencia a 2.4 GHz
- WECA: La misión de la WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance) es certificar la interoperabilidad del estándar conocido como Wi-Fi™ que es una versión de alta velocidad del estándar 802.11b de la IEEE.

*Organizaciones de estándares:* Este tipo de organizaciones crean, definen y proponen estándares internacionales oficiales abiertos a la industria a través de un proceso abierto a todas las compañías. Ejemplos de estas organizaciones:

- La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y
- La ETSI (European Telecommunications Standards Institute)

*Asociaciones de la industria:* estas organizaciones son creadas para promover el crecimiento de la industria a través de educación y promoción, proveyendo información objetiva sobre la industria en general, tecnologías, tendencias, organizaciones, oportunidades independientemente de la tecnología. La organización más importante en esta categoría es la WLANA (Wireless LAN Association) cuya misión es ayudar y fomentar el crecimiento de la industria a través de la educación que puede ser caracterizada por asociaciones industriales y comerciales.

Organizaciones como estas promueven la competencia y avances tecnológicos lo cual significa mejores soluciones para los usuarios de redes inalámbricas e incrementar el crecimiento de la industria. La fuerza del mercado decidirá el valor de cada organización

## El Futuro de las redes inalámbricas

Los fabricantes de WLANs migraron de la banda de 900 MHz a la banda de 2.4 GHz para mejorar la velocidad de información. Este patrón continua al abrirse el estándar IEEE 802.11a en la banda de 5.7 GHz operando con una velocidad de datos de hasta 54 Mbps, actualmente en desarrollo; y se espera que sea introducida en el 2001. Esta banda de 5.7 GHz promete otras mejoras en velocidad permitiendo quizá algún día romper la barrera de los 100 Mbps; esperemos.

Otras tecnologías para redes inalámbricas también han emergido paralelamente a las definidas por la IEEE 802.11x, tales como bluetooth, HomeRF, LMDS (Local Multipoint Distribution Service), WLL (Wireless Local Loop), también la entrada de nuevos protocolos, lenguajes y esquemas de seguridad ha sido de gran importancia en el avance de las redes inalámbricas tales como WAP (Wireless Application Protocol), WML (Wireless Markup Language), WEP (Wired Equivalent Privacy), entre otros.

Hoy en día las WLANs han redefinido lo que significa estar conectado. Han extendido los límites de las LANs. Hacen infraestructuras tan dinámicas de acuerdo a las necesidades. Con los estándares y productos inalámbricos interoperables, las LANs pueden alcanzar escalas inimaginables con una infraestructura alámbrica. Las WLANs realizan interconexiones de alta velocidad por una fracción del costo de las tecnologías tradicionales de área amplia.

Con relación al costo los equipos de WLANs han abierto nuevos mercados. Para esta tecnología, la demanda continua incrementándose, la reducción del costo en la ingeniería y eficiencia en la fabricación permitirán la reducción mas de los costos, hasta que llegue un día en que un adaptador de

un cliente inalámbrico cueste lo mismo que un adaptador alámbrico. Si tomamos en cuenta el cableado y el costo de mano de obra que involucra instalar una red alámbrica, esta diferencia será muy poca entre ambas tecnologías.

Referencias	
Organización	URL
IEEE	<a href="http://www.ieee.org/">http://www.ieee.org/</a>
WLANA	<a href="http://www.wlana.org/">http://www.wlana.org/</a>
WECA	<a href="http://www.wirelessethernet.org/">http://www.wirelessethernet.org/</a>
HomeRF	<a href="http://www.homerf.org/">http://www.homerf.org/</a>
HiperLAN/2	<a href="http://www.hiperlan2.com/">http://www.hiperlan2.com/</a>
Bluetooth	<a href="http://www.bluetooth.com/">http://www.bluetooth.com/</a>

## **Estándares WLAN**

### **Introducción**

Muchas de las promesas de las tecnologías inalámbricas no han sido cumplidas satisfactoriamente hoy en día. Tecnologías móviles como Bluetooth o todo aquello relacionado con la tercer generación (3G) se han quedado como simples promesas con vagas expectativas. El arribo de tales tecnologías ha sido lento o han arribado fuera de tiempo o ambas.

En el terreno de la computación, la historia es diferente, lo inalámbrico ha tenido un gran auge en el mundo de las redes. Las redes inalámbricas (WLANs Wireless Local Area Network) se han extendido rápidamente y ampliamente a pesar de la recesión en la economía de las telecomunicaciones en el mundo.

En sus inicios, las aplicaciones de las redes inalámbricas fueron confinadas a industrias y grandes almacenes. Hoy en día, las redes WLANs son instaladas en universidades, oficinas, hogares y hasta en espacios públicos. Las WLANs típicamente consisten de computadoras portátiles [o de escritorio] que se conectan a dispositivos fijos llamados "puntos de acceso" (access points) vía señales de radio o infrarrojo. Las implementaciones de las WLANs abarca todas las modalidades posibles desde las PANs (Personal Area Networks), MANs (Metropolitan Area Network)... hasta las WANs (Wide Area Networks). Las PANs son redes inalámbricas de corto alcance, generalmente para uso en interiores a pocos metros. Mientras que las redes inalámbricas tipo WAN y MAN consisten de torres y antenas que transmiten ondas de radio o usan tecnología de microondas para conectar redes de área local, utilizando enlaces punto-punto y punto-multipunto.

Expertos en el campo siguen haciendo énfasis en los problemas inherentes de las tecnologías inalámbricas, tales como las limitaciones de ancho de banda disponible, problemas con interferencia y seguridad de la información transmitida. Sin embargo, muchas de esas barreras que han inhibido el crecimiento de la tecnología inalámbrica están siendo resueltos. Se están superando las cuestiones que giraron alrededor de la estandarización y un número creciente de compañías están ofreciendo una variedad de soluciones de hardware y software.

Los precios de los productos de WLANs han bajado dramáticamente. Por ejemplo, las tarjetas PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) que se utilizan en las laptops finalmente rompieron la barrera de los \$100 dólares, comparados con los \$500 dólares por tarjeta varios años atrás. Los Puntos de Acceso que costaban \$1,500 dólares, hoy en día son más pequeños y además muchos incluyen funciones de enrutamiento y seguridad (firewall) y pueden comprarse hasta por \$200 dólares. Si se desean funciones de administración, soporte de "roaming", seguridad más avanzada, más alcance, sólo hay que invertir unos cuantos dólares más.

Otra atracción importante de los productos WLAN es la interoperabilidad. Gracias al desarrollo de estándares, pueden mezclarse dispositivos inalámbricos de diversos fabricantes haciendo un acceso más directo y transparente con la tecnología.

## Los estándares de WLAN

Los estándares son desarrollados por organismos reconocidos internacionalmente, tal es el caso de la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) y la ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Una vez desarrollados se convierten en la base de los fabricantes para desarrollar sus productos.

Entre los principales estándares se encuentran:

- o **IEEE 802.11**: El estándar original de WLANs que soporta velocidades entre 1 y 2 Mbps.
- o **IEEE 802.11a**: El estándar de alta velocidad que soporta velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- o **IEEE 802.11b**: El estándar dominante de WLAN (conocido también como Wi-Fi) que soporta velocidades de hasta 11 Mbps en la banda de 2.4 GHz.
- o **HiperLAN2**: Estándar que compite con IEEE 802.11a al soportar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 5 GHz.
- o **HomeRF**: Estándar que compite con el IEEE 802.11b que soporta velocidades de hasta 10 Mbps en la banda de 2.4 GHz.

**Tabla 1 Principales estándares WLAN**

Estándar	Velocidad máxima	Interface aire	de Ancho de canal	de banda de	Frecuencia Disponibilidad
<b>802.11b</b>	11 Mbps	DSSS	25 MHz		2.4 GHz Ahora
<b>802.11a</b>	54 Mbps	OFDM	25 MHz		5.0 GHz Ahora
<b>802.11g</b>	54 Mbps	OFDM/DSSS	25 MHz		2.4 GHz Finales 2002
<b>HomeRF2</b>	10 Mbps	FHSS	5 MHz		2.4 GHz Ahora
<b>HiperLAN2</b>	54 Mbps	OFDM	25 MHz		5.0 GHz 2003
<b>5-UP</b>	108 Mbps	OFDM	50 MHz		5.0 GHz 2003

DSSS: Direct Sequence Spread Spectrum

OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing

FHSS: Frequency Hopping Spread Spectrum

5-UP: 5-GHz Unified Protocol (5-UP), Protocolo Unificado de 5 GHz propuesto por Atheros Communications

El gran éxito de las WLANs es que utilizan frecuencias de uso libre, es decir no es necesario pedir autorización o algún permiso para utilizarlas. Aunque hay que tener en mente, que la normatividad acerca de la administración del espectro varía de país a país. La desventaja de utilizar este tipo de bandas de frecuencias es que las comunicaciones son propensas a interferencias y errores de transmisión. Estos errores ocasionan que sean reenviados una y otra vez los paquetes de información. Una razón de error del 50% ocasiona que se reduzca el caudal eficaz real (throughput) dos terceras partes aproximadamente. Por eso la velocidad máxima especificada teóricamente no es tal en la realidad. Si la especificación IEEE 802.11b nos dice que la velocidad máxima es 11 Mbps, entonces el máximo caudal eficaz será aproximadamente 6 Mbps y menos.

Para reducir errores, el 802.11a y el 802.11b automáticamente reducen la velocidad de información de la capa física. Así por ejemplo, el 802.11b tiene tres velocidades de información (5.5, 2 y 1 Mbps) y el 802.11a tiene 7 (48, 36, 24, 18, 12, 9 y 6 Mbps). La velocidad máxima permisible [ver tabla 1] sólo es disponible en un ambiente libre de interferencia y a muy corta distancia.

La transmisión a mayor velocidad del 802.11a no es la única ventaja con respecto al 802.11b. También utiliza un intervalo de frecuencia más alto de 5 GHz. Esta banda es más ancha y menos atestada que la banda de 2.4 GHz que el 802.11b comparte con teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, dispositivos Bluetooth, etc. Una banda más ancha significa que más canales de radio pueden coexistir sin interferencia.

Sin bien, la banda de 5 GHz tiene muchas ventajas, también tiene sus problemas. Las diferentes frecuencias que utilizan ambos sistemas significa que los productos basados en 802.11a son no interoperables con los 802.11b. Esto significa que aunque no se interfieran entre sí, por estar en diferentes bandas de frecuencias, los dispositivos no pueden comunicarse entre ellos. Para evitar esto, la IEEE desarrolló un nuevo estándar conocido como 802.11g, el cual extenderá la velocidad y el intervalo de frecuencias del 802.11b para así hacerlo totalmente compatible con los sistemas anteriores. Sin embargo, no será más rápido que el estándar 802.11a y según políticas de los fabricantes han retardado el estándar 802.11g y se espera que sea ratificado hasta finales del 2002. La demora en la ratificación del 802.11g ha obligado a muchos fabricantes irse directamente por el 802.11a donde existe una gran variedad de fabricantes de chips [circuitos integrados] tales como Atheros, National Semiconductor, Resonext, Envara, inclusive Cisco Systems quien adquirió a Radiata, la primer compañía en desarrollar un prototipo en 802.11a en el 2000.

Como otro intento de permitir la interoperabilidad entre los dispositivos de bajas y altas velocidades, la compañía Atheros Communications, Inc. (<http://www.atheros.com/>) propuso unas mejoras a los estándares de WLANs de la IEEE y la ETSI. Este nuevo estándar conocido como 5-UP (5 GHz Unified Protocol) permitirá la comunicación entre dispositivos mediante un protocolo unificado a velocidades de hasta 108 Mbps.

Ambas especificaciones, la 802.11a (IEEE) y la HiperLAN2 (ETSI) son para WLANs de alta velocidad que operan en el intervalo de frecuencias de 5.15 a 5.35 GHz. Hasta el momento, no hay productos que se estén vendiendo bajo esas nuevas especificaciones. La propuesta de Atheros es para mejorar esos protocolos y proveer compatibilidad hacia atrás para productos que cumplan con las especificaciones existentes, además de permitir nuevas capacidades. El radioespectro asignado para el 802.11a y el HiperLAN2 es dividido en 8 segmentos o canales de 20 MHz cada uno. Cada canal soporta un cierto número de dispositivos; dispositivos individuales pueden transitar a través de segmentos de red como si fueran teléfonos móviles de una estación a otra. Este espectro de 20 MHz para un segmento de red soporta 54 Mbps de caudal eficaz compartido entre los dispositivos en el segmento en un tiempo dado.

## La velocidad no es como la pintan

Como se había visto anteriormente, la velocidad real en las WLANs está muy abajo que la especificada por las normas, ya que esta depende de diversos factores tales como el ambiente de interferencia, la distancia o área de cobertura, la potencia de transmisión, el tipo de modulación empleada, etc. La mayoría de las redes 802.11b pueden alcanzar oficialmente distancias hasta 100 metros en interiores. Con una mayor potencia se puede extender esa longitud, aunque en interiores al limitarse la potencia de transmisión, paredes y otros objetos pueden interferir la señal. En la realidad una WLAN en ambientes exteriores en comunicación punto a punto pueden alcanzar varios kilómetros, mientras exista línea de vista y libre de interferencia. Bajo este esquema se utiliza el método conocido como DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) para transmitir datos entre los dos puntos. La comunicación se establece conectando en un lado un equipo conocido como Wireless Bridge [puente inalámbrico] y en el otro extremo un Access Point [punto de acceso], ambos equipos conectados directamente a una antena de espectro disperso. La salida de estos equipos hacia la red local viene en ETHERNET con interface RJ45 por lo que se puede conectar directamente un concentrador [hub] o un conmutador de paquetes [switch], en donde se conectarán las computadoras de nuestra red.

## HomeRF, otra tecnología más de WLANs

HomeRF es otra organización que ha desarrollado sus propios estándares para entrar de lleno al mundo de las redes inalámbricas. HomeRF ha sido desarrollado por el grupo de trabajo Home Radio Frequency, el cual está conformado por más de 50 compañías líderes en el ámbito mundial en las áreas de redes, periféricos, comunicaciones, software, semiconductores, etc. Este grupo fue fundado en marzo de 1988 para promover de manera masiva dispositivos de voz, datos y video alrededor de los hogares de manera inalámbrica. En el otoño del 2001, se anunció la formación un grupo de trabajo europeo de HomeRF enfocado hacia el mercado europeo. HomeRF es la tecnología que compite directamente con los productos de la IEEE 802.11b y Bluetooth en la banda de 2.4 GHz. La velocidad máxima de HomeRF es 10 Mbps, ideal para las aplicaciones caseras, aunque se manejan otras velocidades de 5, 1.6 y 0.8 Mbps. Según el grupo de trabajo, HomeRF es más ofrece más seguridad, los dispositivos consumen menos potencia que los productos de las tecnologías contrincantes, además de permitir aplicaciones para telefonía y video.

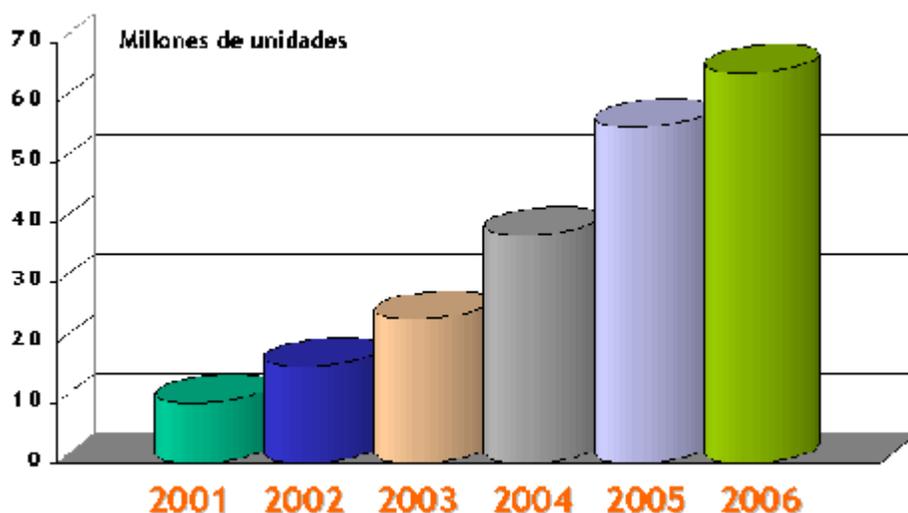
## IEEE finalmente aprueba Bluetooth

Durante la ultima semana del mes de marzo del 2002 la IEEE aprobó finalmente el estándar IEEE 802.15.1 compatible totalmente con la tecnología Bluetooth v1.1. En este estándar se definen las especificaciones de la capa física y MAC (medium access control) para las redes WPANs (Wireless PAN). Bluetooth (<http://www.bluetooth.com/>) es una tecnología inalámbrica que permite comunicaciones entre computadoras portátiles, PDAs (Personal Digital Assistants), teléfonos celulares y otros dispositivos portátiles en un área relativamente pequeña. Bluetooth SIG (Special Interest Group) esta formado por un grupo de compañías de diferentes áreas de la industria (e.g. telecomunicaciones, redes, computación) entre las que se encuentran 3Com, Ericsson, IBM, Intel, Agere, Microsoft, Motorola, Nokia, Toshiba, así como más de 100 asociados y otras compañías promotoras de la tecnología. El nuevo estándar permitirá una mayor validez y soporte en el mercado de las especificaciones de Bluetooth, además es un recurso adicional para aquellos que implementen dispositivos basados en esta tecnología. Anteriormente a la estandarización, dispositivos Bluetooth no

podían coexistir con los dispositivos basados en IEEE 802.11b debido a que ambos se interferían entre sí.

## Un futuro prometedor para los chips de WLAN

A pesar de la crisis económica que atraviesa el mundo, los envíos de chips de WLAN continuarán incrementándose en los próximos años, según un estudio reciente de la compañía consultora In-Stat/MDR (<http://www.instat.com/>). Según este estudio, en el 2001 se vendieron mundialmente 8 millones de chips resultando ganancias en el orden de \$217 millones de dólares. El número de unidades vendidas se incrementará 14 millones proyectándose \$324.5 millones de dólares de ganancias a finales del 2002, casi el 50% de incremento que el año anterior. De la misma manera se predice que las cifras se irán incrementando en los próximos años. Según In-Stat/MDR, en el 2006 se venderán más de 13 millones de chips basados en el estándar 802.11a en el mercado residencial. Las tecnologías más demandantes serán la IEEE 802.11a y la 802.11g las cuales ofrecen velocidades de hasta 54 Mbps y cuyos productos estarán disponibles muy pronto. El reporte de In-Stat/MDR da un punto de vista de 22 compañías que fabrican chips de WLAN y productos asociados tanto para hogares como para empresas, haciendo un análisis de su lugar en el mercado.



Fuente: In StatMDR [www.instat.com](http://www.instat.com)

## Conclusión

Las soluciones a las redes inalámbricas están disponibles hoy en día y es sólo el principio de una tendencia creciente. El estándar 802.11a, HiperLAN2 así como el 802.11g prometen un gran ancho de banda para permitir un sinfín de nuevas aplicaciones. Aunque todavía existen varios obstáculos que hay que vencer como la seguridad e interferencia, las WLANs ofrecen por lo pronto una comunicación eficiente tanto en interiores como exteriores. Los precios de los productos WLAN han estado reduciendo enormemente, y estos precios continuarán bajando conforme se alcance el consumo masivo del software y hardware basados en tecnologías inalámbricas. Cuando se evalúa una solución inalámbrica que satisfaga nuestras necesidades de comunicación es muy importante tener en cuenta los estándares y tecnologías de más penetración. Esta sabia decisión ahorrará dinero, tiempo y problemas de incompatibilidad y nos brindará comunicación rápida, eficiente y transparente.

