

U1 · INTRODUCCIÓN A LA TELEINFORMÁTICA Y A LAS REDES

Con los avances de la electrónica, tanto la digitalización de las comunicaciones como la evolución de la informática llevaron a que, hoy en día, comunicación e informática estén estrechamente relacionadas e integradas: hoy existen las TICs.

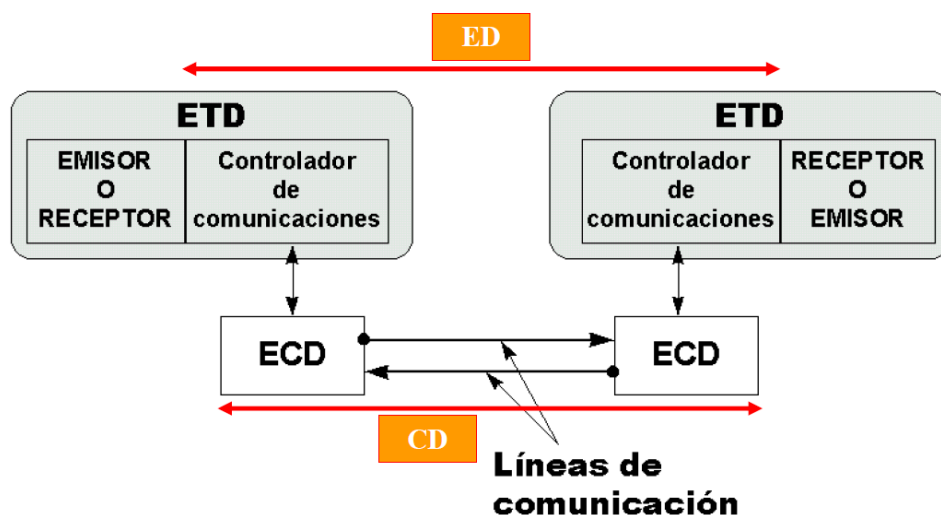
La comunicación es permitir el intercambio de información entre usuarios, es poner información en común.

La comunicación involucra al emisor, al receptor y al medio.

La comunicación debe ser: confiable, sin errores, en tiempo real, flexible y segura.

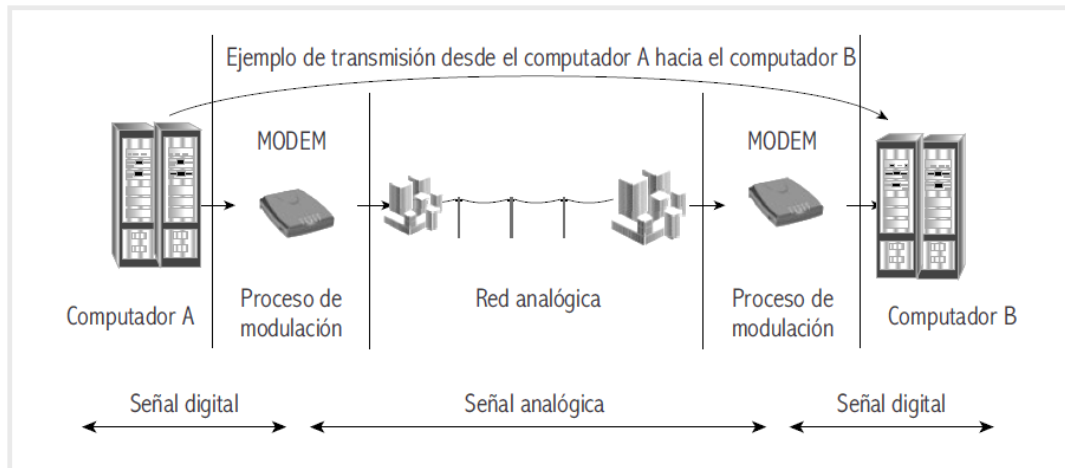
Elementos y componentes de un circuito teleinformático básico:

- **ETD/DTE · Equipo Terminal de Datos o Data Terminal Equipment:**
 - Puede comportarse como emisor o receptor.
 - Tiene internamente un **controlador de comunicaciones** → pequeño procesador que maneja exclusivamente aspectos operativos de las comunicaciones.
- **Interfaces digitales** → vínculos entre el DTE y el DCE.
- **ECD/DCE · Equipo de Comunicación de Datos o Data Communication Equipment:**
 - Dispositivo que adapta la información para que pueda viajar por el medio de comunicaciones.
 - Ejemplos: módems, multiplexores.
- **Medio de comunicaciones** → vínculos entre los DCEs.
 - Ejemplos: cable coaxial, fibra óptica, radio enlace, satélite.
- **Información a transmitirse por todo el circuito:**
 - Ejemplos: texto, voz, video, TV, datos...
- **CD · Circuito de Datos** → apunta a lo físico:
 - Involucra a los DCEs y al medio de comunicación que los conecta.
 - “Circuito” → es bidireccional.
- **ED · Enlace de Datos** → apunta a la información en sí:
 - Incluye al CD, a los DTEs y a las interfaces digitales → es más amplio que el CD.
 - Es bidireccional.

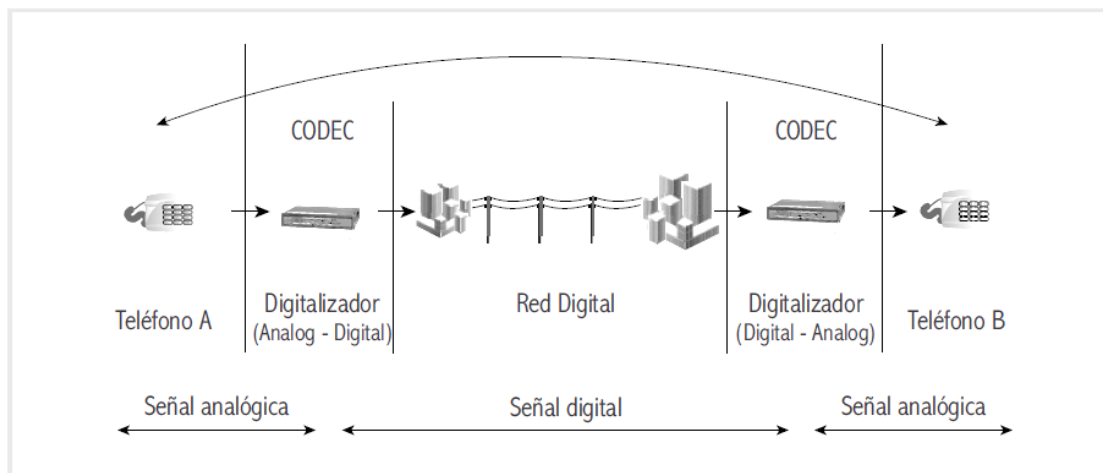


Formas de comunicación → pueden ser tanto analógicas como digitales o combinaciones entre ellas:

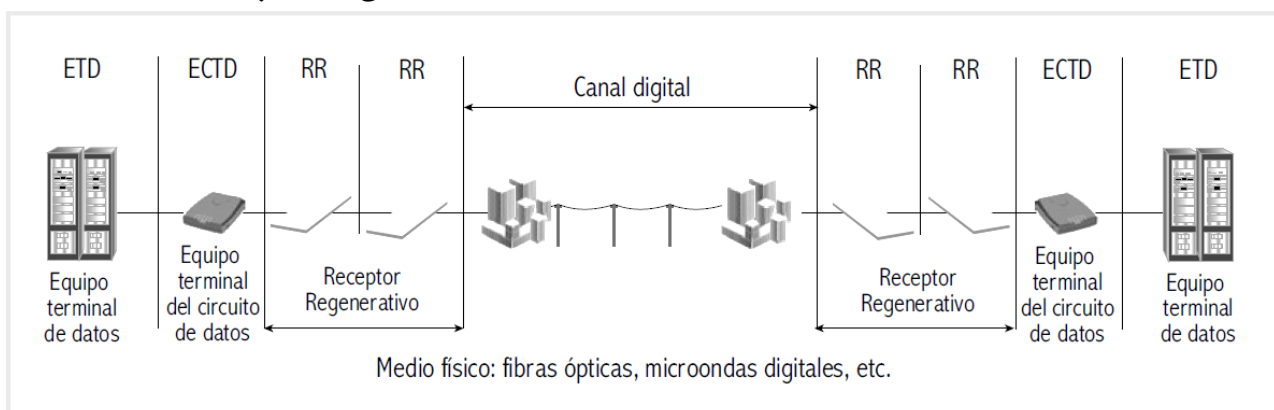
- **Terminales digitales y Red analógica:**



- **Terminales analógicos y Red digital:**



- **Terminales y Red digitales:**



Por ejemplo, una comunicación de teléfono celular a teléfono celular entre dos personas: la voz del ser humano, que es analógica, debe ser digitalizada para que el celular pueda procesarla, luego, cuando sale al espacio, vuelve a ser analógica...

RED → conjunto de recursos de comunicaciones y de informática (que forman un sistema) para el transporte de información → el objetivo principal es compartir recursos.

Antes, eran redes separadas → cada red (de telefonía, de TV por cable y de datos) iba por separado.

Ahora, son redes integradas → **convergencia** entre todas las redes → todos los servicios por la misma red.

La integración de todas las redes en una sola red es posible gracias a la digitalización de las señales.

INTERNET → red internacional formada por un conjunto de redes independientes, operadas en forma autónoma, que están interconectadas por medio de protocolos y procedimientos normalizados, que permiten comunicaciones entre dos equipos terminales que pertenezcan a algunas de las redes que la integran.

IoT · Internet de las cosas → interconexión digital de objetos cotidianos con Internet.

IIoT · Internet de las cosas industrial → IoT llevado al ámbito industrial.

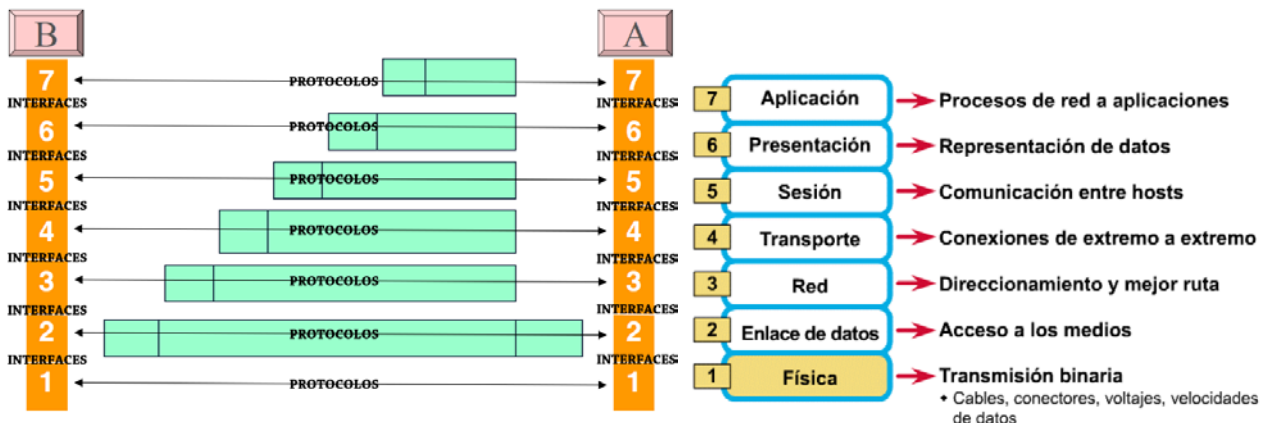
Normalización → actividad que tiene como fin establecer, ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo, en un contexto dado.

- **Estándar o Norma** → documento que establece, por consenso y con la aprobación de un organismo reconocido, reglas y criterios para usos comunes y repetidos. Es decir, establece las condiciones mínimas que debe reunir un producto/servicio para que sirva al uso al que está destinado.

Si no se cumplen las normas, difícilmente podamos integrar.

Modelo OSI → norma ISO que regula la interconexión de sistemas abiertos.

- Es una abstracción, un modelo de referencia basado en capas.
- Cada capa agrupa funciones para permitir la comunicación entre sistemas abiertos y heterogéneos.



- Cada capa provee servicios a la capa superior.
- Cada capa utiliza servicios de la capa inferior.
- La comunicación entre capas de niveles adyacentes dentro de un mismo sistema es vía **interfaces**.
- La comunicación entre capas del mismo nivel de distintos sistemas es vía **protocolos**.
- Las capas 7/6/5 están más próximas al usuario.
- La capa 4 está en el medio.
- Las capas 3/2/1 están más próximas al soporte de comunicaciones, a la electrónica.

# Capa	Servicios	Funciones	Ejemplos
7 Aplicación		<p>Definir un terminal virtual para permitir diálogo entre terminales incompatibles.</p> <p>Proporcionar interfaz de usuario.</p> <p>Autenticidad de datos.</p> <p>Transferencia de archivos.</p>	-
6 Presentación	<p>Codificación de datos.</p> <p>Manejo de abstracciones y conversiones.</p> <p>Compresión y criptografía.</p>	<p>Permite comunicación entre equipos con distintas representaciones.</p> <p>Adecúa sintaxis, pero no necesariamente entiende la semántica.</p>	SSH.
5 Sesión	<p>Gestionar el control del diálogo.</p> <p>Sincronización y administración del token/testigo.</p>	<p>Establecimiento y liberación de conexión.</p> <p>Permitir el establecimiento de sesión para usuarios de distintas máquinas.</p> <p>Mejorar servicios.</p>	-
4 Transporte	<p>Asegurar la conexión sin errores de extremo a extremo.</p> <p>Calidad de funcionamiento.</p>	<p>Ocultar detalles de capas inferiores a las superiores.</p> <p>Multiplexación.</p> <p>Regular el flujo de datos.</p>	TCP, UDP.
3 Red	<p>Brindar servicio orientado a la conexión o sin conexión a la #4.</p>	<p>Encaminamiento de paquetes.</p> <p>Control de congestión (se da en las redes).</p> <p>Interconexión de redes heterogéneas.</p>	IP.
2 Enlace de Datos	<p>Establecer, mantener y liberar conexiones de #3.</p>	<p>Control de errores.</p> <p>Control de flujo de datos (se maneja entre estaciones).</p> <p>Delimitar la secuencia de bits.</p> <p>Resolver problemas de daño, pérdidas y duplicidad de datos.</p>	HDLC.
1 Físico	<p>Realizar la conexión física al medio transmisor.</p>	<p>Definición de las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimientos.</p>	RS-232.

U2 · TRANSMISIÓN DE DATOS

Tanto las señales como los dispositivos, los circuitos y las redes pueden ser analógicos o bien digitales. Es por eso que es importante diferenciar lo analógico de lo digital:

SEÑALES	ANALÓGICAS	DIGITALES
Valores que puede adoptar	Valores <u>infinitos</u> .	Valores <u>finitos</u> , <u>discretos</u> .
La Información está en...	... la <u>forma en que varía la señal</u> (en: amplitud, frecuencia, fase).	... la <u>codificación de los niveles discretos de la señal</u> .
Inmunidad al Ruido	<u>Menos resistentes</u> al ruido.	<u>Más resistentes</u> al ruido.
Cantidad de Errores	El receptor recibe <u>infinitos valores</u> . Los errores son más probables.	El receptor debe decidir entre <u>estados finitos</u> . Los errores pueden llegar a ser eliminados por completo.
Costos	<u>Mayores</u> .	<u>Menores</u> , aunque dependen de la complejidad electrónica para obtener mayor fidelidad.
Medición de la Calidad del Medio de Comunicaciones	SNR · <i>Signal-to-Noise Ratio</i> . <u>Relación Señal/Ruido</u> . $S/N = SNR = \frac{P_{señal}}{P_{ruido}}$ $SNR = ["veces"], [dB]$	BER · <i>Bit Error Rate</i> <u>Tasa Errónea de Bits</u> . $BER = \frac{\text{cant. bits con error}}{\text{cant. bits totales}}$ $BER = []$
Dispositivos que hacen la Conversión A/D o D/A	<u>Módem</u> (DCE). Entrega al medio señal <u>analógica</u> .	<u>Convertor A/D</u> (DCE). Entrega al medio señal <u>digital</u> .
Sincronismo	-	Requieren <u>sincronismo</u> .
Alcance de la Transmisión	Alcance <u>finito</u> , <u>limitado</u> . Para aumentar el alcance, se usan <u>amplificadores</u> (→ ganancia). $G_{amp} = \frac{P_{salida}}{P_{entrada}}$ Si bien amplifican la señal también amplifican el ruido y agregan ruido propio, por lo que la cantidad de amplificadores debe limitarse.	Alcance teóricamente <u>infinito</u> , <u>ilimitado</u> . Para aumentar el alcance se usan <u>repetidores regenerativos</u> , los cuales detectan valores discretos y reconstruyen la señal. Tienen un umbral de detección. Dichos repetidores pueden evitar en gran parte el ruido de la señal.

Las **señales periódicas** SÍ se repiten en el tiempo → NO llevan información.

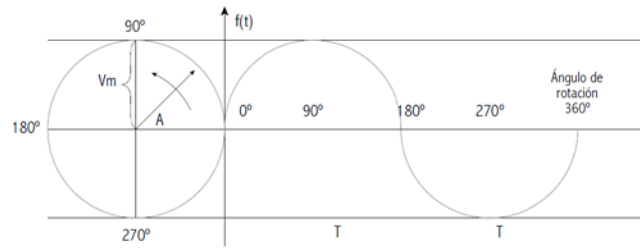
Las **señales NO Periódicas** NO se repiten en el tiempo → SÍ llevan información.

Las señales portadoras (periódicas) se representan con una función seno o coseno $f(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$:

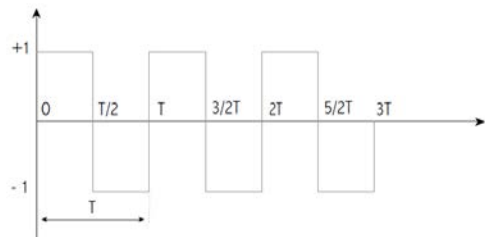
- **Período (T)** → tiempo en el que se repite un ciclo → $T = \frac{1}{f}$ [s].
- **Frecuencia (f)** → cantidad de repeticiones de un ciclo en un determinado tiempo → $f = \frac{1}{T}$ [Hz].
- **Pulsación angular (ω)** → $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$.

Señales periódicas → se usan como portadoras (no llevan información):

- **Señal senoidal armónica simple** → $a(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$, donde $\omega = 2\pi f$.



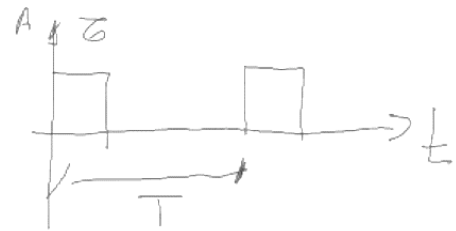
- **Señal onda cuadrada** → se puede expresar como: $f(t) = \begin{cases} +A & \text{si } 0 < t < \frac{T}{2} \\ -A & \text{si } \frac{T}{2} < t < T \end{cases}$.



- **Señal tren de pulsos** → en el dominio del tiempo, el pulso se va repitiendo período tras período.

En el espectro, se pueden ver valores característicos:

- Valor máximo de amplitud → $\frac{A \cdot \tau}{T} \cdot \frac{\sin f}{f}$
- Líneas espectrales → $\frac{n}{T}$
- Punto de corte → $\frac{1}{\tau}$



Parámetros que aparecen:

- t el **tiempo**, que irá variando entre 0 e infinito.
- A la **amplitud**.
- ω la **pulsación angular** o **velocidad angular**, la cual está relacionada con la frecuencia.
- ϕ la **fase inicial**.
- f la **frecuencia**.
- T el **período**.
- τ el **ancho del pulso**.
- FRP la **frecuencia de repetición de pulso** → la "frecuencia" en una señal tren de pulsos.
- λ la **longitud de onda** → distancia que tiene un ciclo de una señal.
 - Siempre depende del medio en que se propague la señal.
 - $\lambda = \frac{c}{f}$, siendo: c la velocidad de la luz en el vacío y f la frecuencia.
 - $\lambda = \frac{v}{f}$, siendo: v la velocidad de la luz en cierto medio y f la frecuencia.
 - $\lambda = [m]$.

Si la abscisa del gráfico es temporal (donde se tiene un tiempo (t)), se trabaja con el período (T).

Si la abscisa del gráfico es espacial (donde se tiene una distancia), se trabaja con la longitud de onda (λ).

Las señales se pueden ver:

- En el **dominio del tiempo**, representadas en función del tiempo $\rightarrow f(t)$.
- En el **dominio de la frecuencia (espectro)**, representadas en función de la frecuencia $\rightarrow F(\omega)$.

Si se trabaja con señales periódicas se usa la **Serie de Fourier**, que sirve para representar una función en el dominio del tiempo como una suma de funciones senoidales o cosenoidales en determinados valores de frecuencia.

Serie de Fourier \rightarrow función en el dominio del tiempo representada así:

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty} a_n \cos(n\omega \cdot t) + b_n \sin(n\omega \cdot t)$$

La Serie de Fourier se puede expresar como sumas trigonométricas o bien como sumas exponenciales.

Se tiene una sumatoria infinita de senos y cosenos, donde $n\omega$ ($n \in \mathbb{N}$ va desde 1 hasta ∞) representa las distintas componentes en frecuencia de esta señal \rightarrow cuando $n = 1$, es la frecuencia fundamental.

Armónica \rightarrow cada una de las componentes de frecuencia.

- Para cada valor de n , $n\omega$ es la n -ésima armónica.

ANCHO DE BANDA \rightarrow parte del espectro (intervalo de frecuencias) donde se concentra la mayor cantidad de energía (potencia) de la señal \rightarrow es la dimensión de las comunicaciones.

$$AB = \Delta f = f_2 - f_1$$

$$AB = [\text{Hz}]$$

Para la señal tren de pulsos, $AB_{\text{adecuado}} = \frac{1}{\tau}$ (primer lóbulo).

La representación más fiel de una señal se logra tomando infinitos valores, pero esto requiere de un AB infinito. Un AB limitado alcanza para representar una señal lo suficientemente fiel.

Tiempo	Espectro	Espectro	Tiempo
Periódica	Discreto	Periódica	Discreto
Aperiódica	Continuo	Aperiódica	Continuo

*Si un gráfico en el [tiempo/espectro] es periódico, el gráfico en el [espectro/tiempo] es discreto. Y viceversa.
Si un gráfico en el [tiempo/espectro] es continuo, el gráfico en el [espectro/tiempo] es aperiódico. Y viceversa.*

Si las señales son periódicas en el tiempo, se utiliza la **Serie de Fourier**.

Si las señales son aperiódicas en el tiempo, se utiliza la **Transformada de Fourier**.

Función onda cuadrada \rightarrow señal periódica en el tiempo, su espectro es discreto.

Función pulso cuadrado (no un tren de pulsos) \rightarrow señal aperiódica en el tiempo, su espectro es continuo.

Osciloscopio \rightarrow dispositivo que, dada una señal, permite ver la señal en el dominio del tiempo.

Analizador de espectro \rightarrow dispositivo que, dada una señal, permite ver la señal en su espectro.

Siempre se busca maximizar la velocidad de transmisión de información.

Siempre se busca minimizar el AB \rightarrow a mayor AB, mayores costos.

Velocidad de Modulación → cantidad de símbolos que se envían por unidad de tiempo.

- En la transmisión de datos, la v_m está relacionada con el ancho de pulso τ .

$$\boxed{v_m = \frac{1}{\tau}} \rightarrow v_m = \left[\text{baudio} = \frac{\text{símbolos}}{s} \right] = s^{-1}$$

con el τ de menor duración (ya que define el AB).

- Pulsos de mayor duración ocupan menor AB, pulsos de menor duración ocupan mayor AB.
- Vinculada al circuito de datos (CD) → es aplicable al medio de comunicaciones.
- Si se trata de un tren de pulsos trabajando en banda base, entonces:

$$\boxed{v_m = \frac{1}{\tau} = AB}$$

- La relación entre velocidad de modulación y AB es directa:
 - A mayor velocidad de modulación → mayor AB.

Velocidad de Transmisión (Velocidad Binaria) → cantidad total de bits (*payload* + información de protocolos) que se envían por unidad de tiempo.

$$\boxed{v_{Tx} = \frac{\text{cantidad total de bits}}{\text{unidad de tiempo}}} \rightarrow v_{Tx} = \left[\text{bps} = \frac{\text{bits}}{s} \right]$$

- Relación entre velocidad de transmisión y velocidad de modulación:

$$\boxed{v_{Tx} = v_m \cdot n}$$

$$\boxed{v_{Tx} = v_m \cdot \log_2(N)}$$

$$\boxed{N = 2^n} \leftrightarrow \boxed{n = \log_2(N)}$$

$$v_{Tx} \geq v_m$$

- $N \rightarrow$ cantidad posible de estados, niveles o símbolos;
depende de la codificación.
- $n \rightarrow$ cantidad de bits usados para representar N estados, niveles o símbolos posibles;
depende de la tecnología utilizada.

Velocidad de Transferencia de Datos (Throughput) → cantidad de bits con información (*payload*) que se envían por unidad de tiempo. No se consideran la información de protocolo.

- Vinculada al enlace de datos (ED).

$$\boxed{v_{TD} = \frac{\text{cantidad de bits con información}}{\text{unidad de tiempo}}} \rightarrow v_{TD} = \left[\text{bps} = \frac{\text{bits}}{s} \right], \left[\text{Bps} = \frac{\text{Byte}}{s} \right]$$

Velocidad Real de Transferencia de Datos → cantidad de bits con información (*payload*) sin errores que se envían por unidad de tiempo. No se consideran ni los bits erróneos ni la información de protocolo.

- Vinculada al enlace de datos (ED).

$$\boxed{v_{RTD} = \frac{\text{cantidad de bits con información sin errores}}{\text{unidad de tiempo}}}$$

$$v_{Tx} > v_{TD} > v_{RTD}$$

Transmisión multinivel → en lugar de transmitir la información en forma binaria, se asignan símbolos a cierta combinación de 0s y 1s (se codifican) permitiendo así transmitir símbolos que tienen más información que 1 bit.

- Permite una mayor velocidad de transmisión que la transmisión binaria, incluso manteniendo la misma velocidad de modulación y, por eso, manteniendo el mismo AB.

Modos de transmisión:

- **Serie** → transmisión símbolo a símbolo (bit a bit cuando el símbolo es binario) en un único canal.
 - Menor velocidad de transmisión.
 - Mayor alcance.
 - Asociada a un protocolo, la transmisión en serie puede ser sincrónica o bien asincrónica:

TRANSMISIÓN	SINCRÓNICA	ASINCRÓNICA
Composición	<u>Encabezado</u> , <u>bloque</u> y <u>cierre</u> .	<u>Arranque</u> , <u>información de carácter</u> y <u>parada</u> .
Transmisión	De <u>conjunto de caracteres</u> , en forma <u>regular</u> .	<u>Carácter por carácter</u> , en forma <u>irregular</u> .
Velocidades de Transmisión	<u>Altas</u> .	<u>Bajas</u> → se debe transmitir carácter por carácter.
Rendimiento/Eficiencia de la Transmisión	<u>Alto</u> . Asociado al <u>tamaño del bloque</u> .	<u>Bajo</u> .
Complejidad de Equipos y Precisión de los Relojes	<u>Mayor complejidad</u> → se requieren <u>relojes más precisos</u> .	<u>Menor complejidad</u> → se requieren <u>relojes menos precisos</u> .
Pérdida de Caracteres ante Errores	<u>Mayores pérdidas</u> . Depende del tamaño del bloque.	<u>Menores pérdidas</u> . Adecuada para canales de alto ruido.
Sincronismo y Operaciones	Tiene: <ul style="list-style-type: none"> • Sincronismo <u>de bit</u>. • Sincronismo <u>de bloque</u>. Pueden operar: <ul style="list-style-type: none"> • Orientados al carácter → en el encabezado/cierre se usan caracteres de ciertos códigos. • Orientados al bit → en el encabezado/cierre se usan patrones de bits. 	Tiene: <ul style="list-style-type: none"> • Sincronismo <u>de carácter</u> → marcado por el <u>arranque</u> y la <u>parada</u>. • Sincronismo <u>de bloque</u>: <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>Arranque</u> → se pasa de un nivel alto a uno bajo → tiene 1 t_{bit}. ○ <u>Información de carácter</u> → pueden tener nivel alto o bajo, según → tiene n t_{bit}, según n bits de datos por carácter. ○ <u>Parada</u> → se pasa a un nivel alto → puede tener 1; 1,42 (Baudot); 1,5; o 2 t_{bit}.

- **Paralelo** → transmisión símbolo a símbolo en varios canales en forma simultánea.
 - A mayor cantidad de canales, mayor velocidad de transmisión.
 - A mayor alcance, mayor retardo en la llegada de información.
 - Mayores velocidades de transmisión.
 - Menor alcance.

Tipos de transmisión:

- **Simplex** → se transmite información en un único canal en un único sentido.
 - Un terminal sólo transmite y el otro terminal sólo recibe.
 - Ejemplo: radios comerciales.
- **Half-Duplex o Semi-Duplex** → los terminales alternan funciones de transmisor y receptor, donde, en cualquier instante dado, un terminal funciona como transmisor y el otro como receptor.
 - La transmisión es a través de un único canal → se comparte el uso del canal.
 - Ejemplo: handy.
- **Full-Duplex** → ambas terminales pueden transmitir y recibir información simultáneamente.
 - La transmisión es a través de dos canales.
 - Ejemplo: teléfono celular.

Sincronismo → las señales digitales requieren del sincronismo, el cual tiene una relación directa con el *clock*.

- **Sincronismo de bit** → sincronismo para identificar cada bit.
 - Está relacionado con el tiempo de bit.
 - Está presente siempre.
- **Sincronismo de carácter** → sincronismo que se establece para cada carácter, para saber cuándo empieza un carácter y cuándo termina.
 - El carácter está encuadrado entre un bit de arranque (para el inicio; de nivel bajo) y un bit de parada (para el fin; de nivel alto).
 - Incluye al sincronismo de bit.
- **Sincronismo de bloque** → sincronismo que reúne bits en bloques y agrega encabezado y cierre.
 - Requiere tener sincronismo de bit.

U3 · UNIDADES DE TRANSMISIÓN

Unidades de Transmisión → relacionan potencias/tensiones y se usan tanto para medir ganancias y atenuaciones en electrónica y telecomunicaciones como para dar o medir valores de potencia o tensiones.

Relación entre Ganancia con Potencias/Tensiones/Corrientes:

$$P = \frac{V^2}{Z} = I^2 \cdot Z \rightarrow G [\text{veces}] = \frac{P_{\text{salida}} [\text{W}]}{P_{\text{entrada}} [\text{W}]} = \frac{V_{\text{salida}}^2 [\text{V}^2]}{V_{\text{entrada}}^2 [\text{V}^2]} = \frac{I_{\text{salida}}^2 [\text{A}]}{I_{\text{entrada}}^2 [\text{A}]}$$

Unidades Lineales y Logarítmicas para Ganancias/Potencias/Tensiones:

	Ganancia	Potencia	Tensión
Unidades Lineales	[veces]	[mW], [W]	[mV], [V]
Unidades Logarítmicas	[dB]	[dBm], [dBW]	[dBmV], [dBV]
	Unidades relativas	Unidades absolutas	

$$[\text{dB}] + [\text{dB}] = [\text{dB}] \leftrightarrow [\text{dBm}] + [\text{dBm}] = [\text{dB}] \leftrightarrow [\text{dB}] + [\text{dBm}] = [\text{dB}]$$

Ganancia de Potencia de un Amplificador Real:

$$P_{\text{salida}} [\text{dBm}] = P_{\text{entrada}} [\text{dBm}] + G [\text{dB}] \leftrightarrow P_{\text{salida}} [\text{W}] = P_{\text{entrada}} [\text{W}] \cdot G [\text{veces}]$$

Relación entre Unidades de Ganancia/Potencia/Tensión – Pasaje de Unidades:

Unidades de Ganancia y Atenuación	$G [\text{veces}] = 10^{\frac{G [\text{dB}]}{10}} \leftrightarrow G [\text{dB}] = 10 \cdot \log_{10}(G [\text{veces}])$ $At [\text{veces}] = \frac{1}{G [\text{veces}]} \leftrightarrow At [\text{dB}] = -G [\text{dB}]$
Unidades de Potencia	$P [\text{mW}] = 10^{\frac{P [\text{dBm}]}{10}} \leftrightarrow P [\text{dBm}] = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P [\text{mW}]}{1 \text{ mW}}\right)$
	$P [\text{W}] = 10^{\frac{P [\text{dBW}]}{10}} \leftrightarrow P [\text{dBW}] = 10 \cdot \log_{10}\left(\frac{P [\text{W}]}{1 \text{ W}}\right)$
	$(P) [\text{W}] = (P \cdot 1000) [\text{mW}]$ $(P) [\text{dBW}] = (P + 30) [\text{dBm}]$
Unidades de Tensión	$V [\text{mV}] = 10^{\frac{V [\text{dBmV}]}{20}} \leftrightarrow V [\text{dBmV}] = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{V [\text{mV}]}{1 \text{ mV}}\right)$
	$V [\text{V}] = 10^{\frac{V [\text{dBV}]}{20}} \leftrightarrow V [\text{dBV}] = 20 \cdot \log_{10}\left(\frac{V [\text{V}]}{1 \text{ V}}\right)$
	$(V) [\text{V}] = (V \cdot 1000) [\text{mV}]$ $(V) [\text{dBV}] = (V + 60) [\text{dBmV}]$

Amplificador → dispositivos que amplifican la señal → $P_{salida} > P_{entrada}$.

Atenuador → dispositivos que atenúan la señal → $P_{salida} < P_{entrada}$.

La **sensibilidad del receptor** es la menor potencia que detecta el receptor.

- El receptor no detecta señales por debajo de dicho valor de sensibilidad.
- La potencia que recibe el receptor debe superar dicho valor de sensibilidad.

Ecuación de Equilibrio – Sensibilidad del Receptor:

$$S_{Rx} [\text{dBm}] \leq P_{Rx}$$

$$S_{Rx} [\text{dBm}] \leq P_{Tx} [\text{dBm}] + G_{amp} [\text{dB}] - At_{totales} [\text{dB}]$$

Atenuaciones en el medio de transmisión:

$$At_{totales} = At_{cable} + At_{conectores} + At_{empalmes} + At_{factor\ de\ diseño}$$

$$At_{cable} = longitud \cdot atenuación$$

$$At_{conectores} = cant_{conectores} \cdot pérdida_{conector}$$

$$At_{empalmes} = cant_{empalmes} \cdot pérdida_{empalme}$$

AB de una línea de transmisión → intervalo de frecuencias para los cuales $At_{línea\ de\ transmisión} < 3\text{ dB}$.

U3 · INTERFACES DIGITALES

Las **interfaces digitales** se tratan entre el DTE y el DCE.

- **Normas para interfaces serie:**
 - V.?? (UIT-T) → pensadas para trabajar sobre redes telefónicas (circuito teleinformático básico → en el medio de transmisión).
 - X.?? (UIT-T) → pensadas para trabajar sobre red digital o analógica
- **Normas para interfaces paralelo** → para distancias cortas, con mayor velocidad.
 - ATA.
 - IEEE 1284.

Niveles de las Interfaces:

- **Nivel Mecánico** → referido al tipo de conector (macho o hembra, cantidad de pines, etc.).
- **Nivel Eléctrico** → referido a:
 - Tensiones y corrientes.
 - Transmisión:
 - Transmisión asimétrica/desbalanceada → varios circuitos tienen el mismo retorno.
 - Transmisión simétrica/balanceada → cada circuito tiene su retorno propio.
- **Nivel Lógico** → referido a la definición de los circuitos que se pueden llegar a necesitar.
Se pueden tener una variedad de circuitos: de datos, para sincronismo, para control, para mantenimiento y de conexión de tierra.

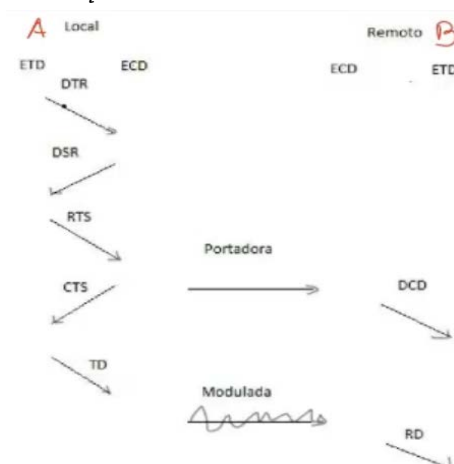
Norma RS-232 (EIA) o su similar Norma V.24 (UIT-T) → interfaz digital serie, entre DTE y DCE.

- Función → conectar módems entre sí.
- Alcance máximo → 15 m.
- Velocidad de transmisión máxima → 20 kbps.
- Tipo de transmisión → permite trabajar *full duplex*, con o sin sincronismo.
- Nivel Mecánico: conector DB-25 (25 pines) y conector DB-9 (9 pines).
- Nivel Eléctrico:
 - Transmisión/Recepción de bits → se prevee la atenuación del medio de transmisión:
 - Si se quiere enviar un 0 → se debe transmitir una señal con tensión mayor a +5 V.
Si se quiere enviar un 1 → se debe transmitir una señal con tensión menor a -5 V.
 - Si se recibe una tensión mayor a +3V → el receptor interpreta un 0
Si se recibe una tensión menor a -3V → el receptor interpreta un 1.
 - Valores máximos y mínimos que se aceptan → +25 V y -25V.
 - Margen (dado por la atenuación) → 2 V.
- Nivel Lógico → señales de: datos, tiempo, control, conexión a tierra.

Señales que se intercambian:

Acrónimo	Función	Sentido de Envío
TD	Datos Transmitidos · Transmisión de Datos	ETD → DCE
RD	Datos Recibidos · Recepción de Datos	ETD ← DCE
RTS	<i>Request To Send</i> · Solicitud de Envío	ETD → DCE
CTS	<i>Clear To Send</i> · Preparado para Envío	ETD ← DCE
DTR	<i>Data-Terminal Ready</i> · Terminal de Datos Encendido	ETD → DCE
DSR	<i>Data-Set Ready</i> · Módem Encendido	ETD ← DCE
GND	<i>Ground</i> · Protección de Tierra (para seguridad)	-----
SIG	<i>Signal</i> (para el cierre del circuito)	-----
DCD	<i>Data Carrier Detect</i> · Aviso de Detección de Portadora de Datos	ETD ← DCE
RI	Detección de Señal de Llamada	ETD ← DCE
	Sincronismo (<i>clock</i>) marcado por el Transmisor	ETD → DCE
	Sincronismo (<i>clock</i>) marcado por el Receptor	ETD ← DCE

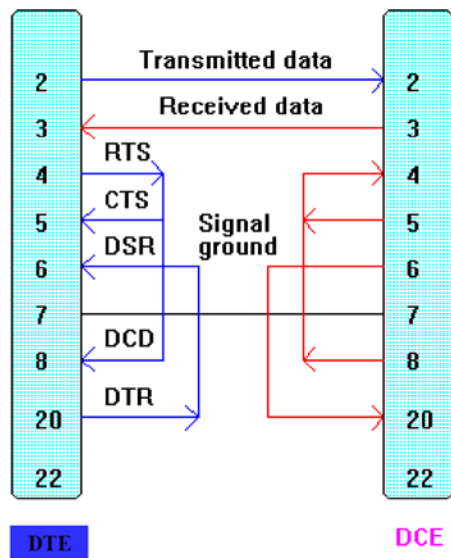
Esquema:



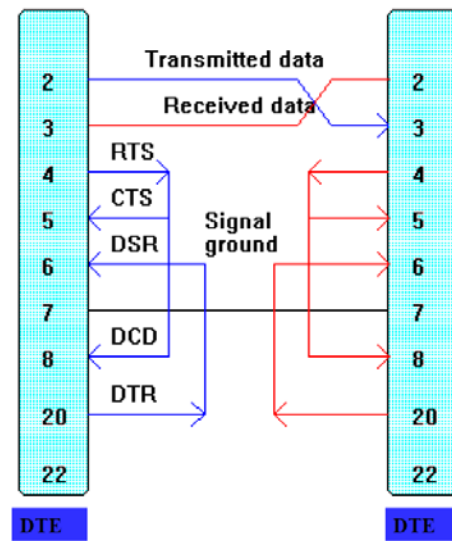
1. En A, se enciende el [DTE] y éste envía al [DCE] un **DTR**.
2. El [DCE] responde con un **DSR**.
3. El [DTE] le envía un **RTS** al [DCE].
4. El [DCE] simultáneamente: (1) aplica la señal portadora en el medio de transmisión y (2) le contesta un **CTS** Al [DTE].
5. En B, el [DCE] envía al [DTE] un **DCD**, avisándole que detecta señal portadora y que debe prepararse.
6. En A, el [DTE] ahora puede transmitir datos con un **TD**.
7. El [DCE] debe modular la señal para transmitirla por el medio de información.
8. En B, cuando llega la señal modulada, el [DCE] envía un **RD** al [DTE].

Cable Módem (Derecho o Directo) vs Cable Null-Módem (Cruzado):

*Cable Módem o Derecho o Directo
(entre un DTE y un DCE)*



*Cable Null-Módem o Cable Cruzado
(entre un DTE y otro DTE)*



U4 · CÓDIGOS DE LÍNEA, SEÑALES EN BANDA BASE

Códigos de Línea o Códigos Banda Base → son **señales en banda base** → señales generadas por una fuente de información que no sufren ningún proceso de modulación o tratamiento a su salida.

- Son señales que trabajan en el espectro de la señal original.
- Son señales cuya frecuencia mínima es 0.
- Transforman símbolos digitales binarios (0s y 1s) a señales eléctricas digitales equivalentes.
- La información puede ir:
 - En los niveles.
 - En las transiciones o fases.
 - En los cambios de estado.
- Tienen como misión fundamental solucionar estos aspectos técnicos:
 - Eliminar o disminuir la **componente continua** de la señal → las señales en banda base se transmiten en líneas de transmisión, los cuales usan acoplamientos o transformadores. Éstos no dejan pasar las frecuencias más bajas (en particular, eliminan la componente continua). Es por esta razón que se busca evitar malgastar potencia en las frecuencias más bajas.
 - Transmitir una señal de sincronismo desde el transmisor hacia el receptor.
 - Permitir detectar la presencia de señal en la línea.

El **módem banda base** o **codificador**:

- Transforma un código fuente (del lado del DTE) en un código de línea (del lado del medio de transmisión), sin modificar ni perder información.
- El módem adapta el AB de la señal al AB del medio de transmisión, el cual debe ser adecuado.
Si $AB_{señal} > AB_{línea\ de\ transmisión}$ → habrá distorsión e interferencia entre símbolos.

La **transmisión banda base** consiste en enviar datos digitales por el canal sin transformarlos en señales analógicas, a lo sumo se los codifican en forma diferente a la original. La **codificación** se realiza con códigos de línea o códigos banda base para solucionar problemas técnicos.

Aspectos generales a considerar al elegir un Código de Línea:

- La importancia de las frecuencias bajas:
 - La idea es reducir las frecuencias más bajas incluyendo la componente continua, ya que se pueden perder en los acoplamientos o transformadores.
- El envío de la señal de sincronismo:
 - Por más que se tenga un *clock* en ambos DCEs de una comunicación, se necesita mantener el sincronismo ya que éste se puede perder en líneas de transmisión de largas distancias.
- El umbral de decisión y la probabilidad de error:
 - Se pueden generar errores si el umbral de decisión del receptor no es el óptimo.
- La dependencia entre símbolos:
 - Si hay dependencia entre símbolos → en caso de haber un error en un símbolo se puede propagar a otros símbolos.
 - Si no hay dependencia entre símbolos → no se tiene dicho problema.
- La potencia transmitida.
- Ancho de pulso y AB.

Clasificación:

- **Según la polaridad:**

- **Unipolares** → las señales tienen dos niveles, donde un nivel siempre es [0]:
 - Unipolar positiva: un nivel [0] y otro nivel [+].
 - Unipolar negativa: un nivel [0] y otro nivel [-].
- **Polares** → códigos cuyas señales tienen dos niveles de diferente polaridad: [+] y [-].
 - Para representar al 0 lógico → nivel [-].
 - Para representar al 1 lógico → nivel [+].
- **Bipolares** → códigos cuyas señales tienen tres niveles de amplitud: [+], [0] y [-].
 - Para representar al 0 lógico → nivel [0].
 - Para representar al 1 lógico → se alterna la polaridad entre nivel [+] y nivel [-].

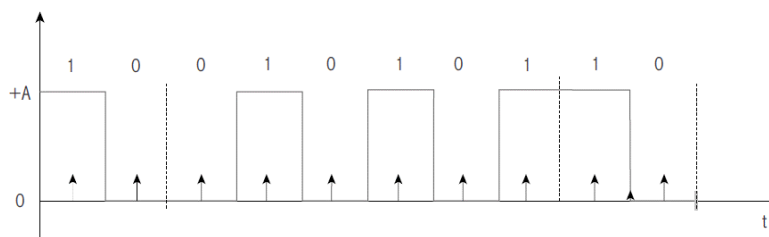
- **Según el ancho de pulso (τ):**

- **NRZ · Sin retorno a cero** → $\tau = I_{\text{símbolo}}$ → los bits se representan por pulsos cuyo ancho es igual a la totalidad del intervalo de símbolo.
 - **Ventaja** → requiere menor AB, ya que usa pulsos de mayor duración.
 - **Desventaja** → se puede perder el sincronismo si se tienen varios 1s seguidos.
- **RZ · Con retorno a cero** → $\tau < I_{\text{símbolo}}$ → los bits se representan por pulsos que ocupan una parte del intervalo del símbolo significativo, para luego volver a nivel [0].
 - **Desventaja** → requiere mayor AB, ya que usa pulsos de menor duración.
 - **Ventaja** → permite mantener el sincronismo gracias a las transiciones.

Códigos de Línea usados para señales en banda base:

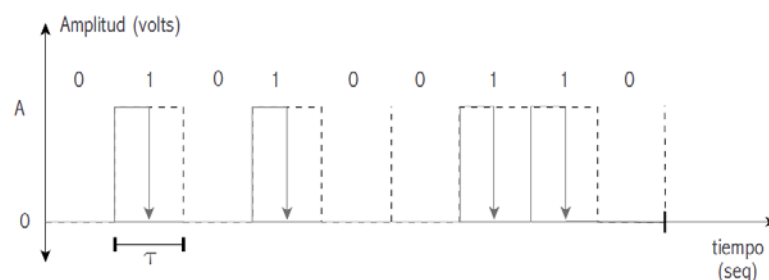
- **Código Unipolar NRZ:**

- 0s → polaridad nula.
- 1s → polaridad siempre positiva o siempre negativa.
- Al no haber ninguna transición entre dos bits consecutivos iguales, se debe usar un muestreo para conocer la presencia de cada bit de información observando la polaridad de la corriente.
- **Desventaja** → tiene componente continua.



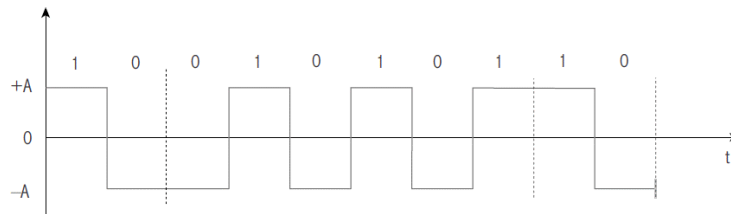
- **Código Unipolar RZ:**

- 0s → polaridad nula.
- 1s → polaridad siempre positiva o siempre negativa.



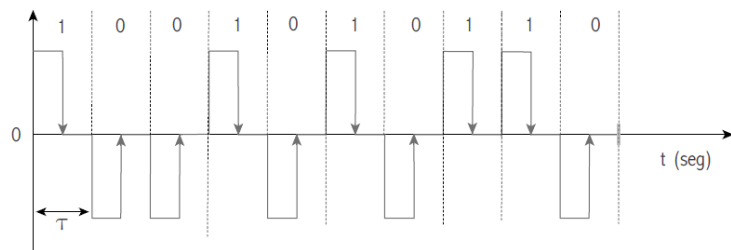
- **Código Polar NRZ:**

- 0s → polaridad negativa.
- 1s → polaridad positiva.
- Una corriente continua positiva y otra negativa determinan el estado de cada bit.
- Al no haber ninguna transición entre dos bits consecutivos iguales, se debe usar un muestreo para conocer la presencia de cada bit de información observando la polaridad de la corriente.



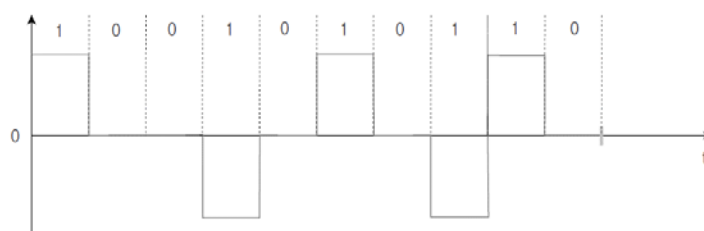
- **Código Polar RZ:**

- 0s → breve corriente negativa, luego retorna a cero.
- 1s → breve corriente positiva, luego retorna a cero.
- **Ventaja** → es una señal **autosincronizante**, ya que el reloj del receptor se sincroniza por los pulsos (tanto positivos como negativos) que llegan desde el transmisor.



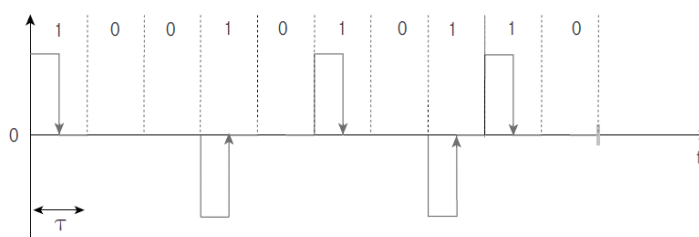
- **Código Bipolar NRZ · Código AMI:**

- 0s → polaridad cero.
- 1s → polaridad alternada [+] y [-].
- **Ventaja** → no tiene componente continua, ni bajas frecuencias.



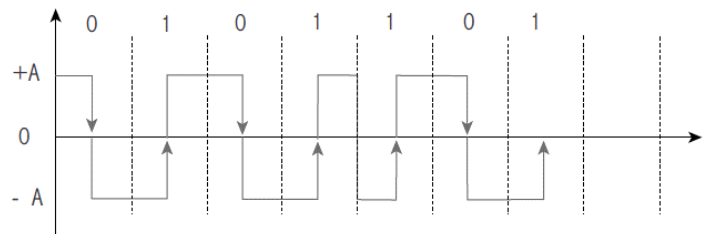
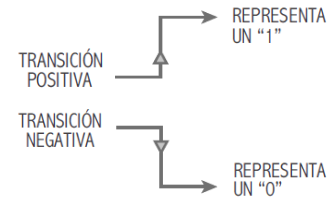
- **Código Bipolar RZ:**

- 0s → polaridad cero.
- 1s → polaridad alternada [+] y [-].
- El retorno a cero (RZ) sólo disminuye la energía transmitida (dado que los pulsos son más angostos), pero no aporta nada a la recuperación de la señal de reloj.



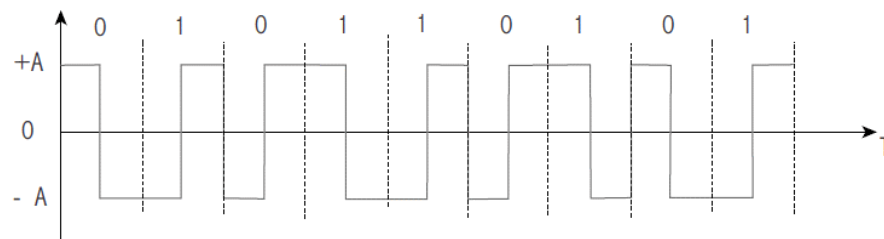
- **Código Manchester NO Diferencial:**

- 0s → transición negativa en la mitad del intervalo del símbolo.
- 1s → transición positiva en la mitad del intervalo del símbolo.
- **Ventaja** → resuelve el problema de la recuperación de la señal del *clock*, al posibilitar al menos una transición por bit.
- **Ventaja** → se puede eliminar la componente continua de la señal siempre que se tomen valores de tensión positivo y negativo para representar los niveles de la señal.



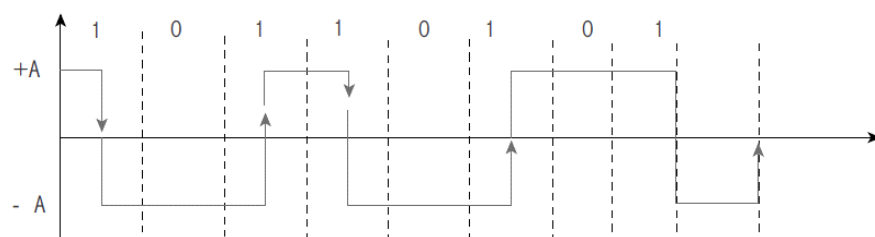
- **Código Manchester Diferencial Bifase:**

- 0s → hay 2 (dos) transiciones: una al inicio del intervalo del símbolo y otra en la mitad.
- 1s → hay 1 única transición en la mitad del intervalo del símbolo; al inicio no hay.
- “Bifase” → la señal en la línea toma valores siempre distintos de cero.
- **Ventaja respecto del Manchester NO Diferencial** → no es necesario identificar la polaridad de la transmisión para cada intervalo del símbolo.



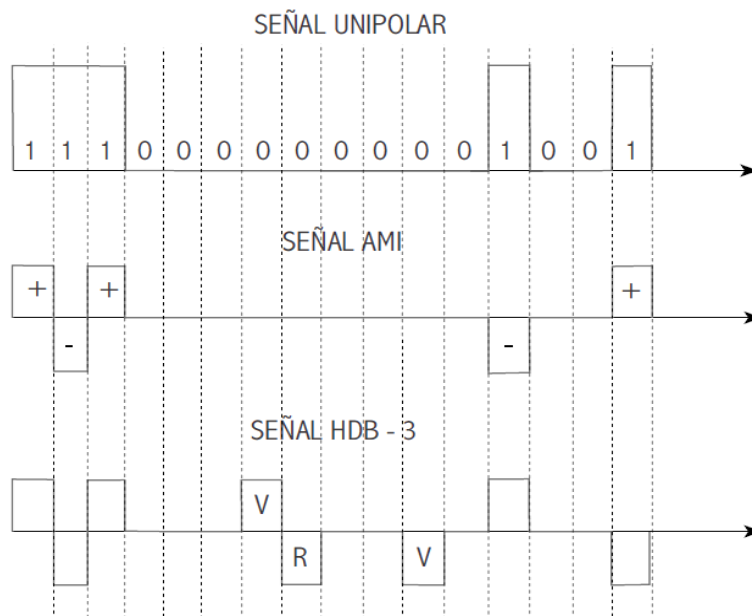
- **Código Miller:**

- 0s → depende del siguiente bit:
 - Si el siguiente bit es un 0 → hay una transición al final del intervalo del símbolo.
 - Si el siguiente bit es un 1 → no hay transición.
- 1s → hay una transición en la mitad del intervalo del símbolo.
- **Ventaja** → reduce considerablemente la contribución de las bajas frecuencias.
- **Ventaja** → hay 1 transición cada dos intervalos del símbolo → se podrá recuperar la señal de *clock*.
- **Ventajas respecto del Código Manchester:**
 - Concentra la potencia de la señal en un AB mucho menor, con lo cual disminuye el requerimiento de AB en el canal de transmisión.
 - La implementación del codificador/decodificador de Miller (conocido también como *modulador por retardo de fase*) resulta más sencillo que el de Manchester.



- **Código HDB-3:**

- Basado el Código AMI (Bipolar NRZ):
 - 0s → polaridad [0], con algunas variaciones que se comentan a continuación.
 - 1s → polaridad alternada entre [+] y [-].
 - Usa menor AB que Código AMI.
 - **Ventaja** → resuelve el problema del sincronismo del Código AMI mediante el concepto de aleatorización → se limitan las secuencias de 0s a un máximo de 3 (tres) 0s consecutivos e inserta como cuarto bit un 1 denominado **bit de violación**.



- El pulso \boxed{V} (que en el primer caso es 1) se denomina **pulso de violación o vulneración**. El pulso \boxed{R} (que siempre tiene igual polaridad que \boxed{V}) se denomina **pulso de relleno**.
- En la figura se puede observar que el **Código HDB-3**, cuando tiene una secuencia de 4 (cuatro) 0s seguidos, reemplaza la secuencia por una nueva que puede ser 000V o bien R00V. Para decidir qué secuencia utilizar, se debe contar la cantidad de 1s que hay entre la última violación y la actual violación:
 - Si la cantidad de 1s es par → R00V.
 - Si la cantidad de 1s es impar → 000V.
- El primer **pulso de violación** de la serie siempre lleva la misma polaridad que el último bit 1 transmitido. Esto sirve para que pueda detectarse en la recepción, dado que si fuera de datos debería tener polaridad inversa.
- Los **pulsos de violación** se transmiten con polaridad alternada entre sí.
- De existir el **pulso de relleno**, llevará la misma polaridad que el **pulso de violación**.
- **Ventaja** → no tiene componente continua.
- Código utilizado en transmisiones en las que se utiliza cable de cobre hasta 34 Mbps, dado que permite disminuir el corrimiento de fase o jitter (fenómeno que se produce en los procesos de regeneración que realizan los repetidores regenerativos y en la entrada a los equipos de recepción, cuando existe una larga secuencia de 0s) de la señal.
- **Código 4B-3T (4 Binario a 3 Ternario):**
 - Reduce la transmisión de 4 bits a 3 niveles, lo cual reduce el AB necesario en cerca de un 25%.
 - Código usado en transmisiones donde se utiliza cable coaxial a una velocidad de 140 Mbps.

Filtros → circuitos o sistemas que presentan características selectivas respecto de las frecuencias.

- Permiten o restringen el paso de señales aplicando **atenuación**.
- Se representan en el espectro → de esa manera se puede ver el comportamiento del circuito o sistema respecto de las frecuencias.
- Se construyen con componentes electrónicos (como inductores o capacitores).
- **Parámetros:**
 - Ancho de banda.
 - Frecuencias de corte → frecuencia de corte y frecuencias de corte inferior y superior.
 - Selectividad → referida a la pendiente en los flancos de las frecuencias de corte:
 - A mayor pendiente del flanco (pendiente más pronunciada), mayor selectividad.
A mayor selectividad, mayores costos.
 - A menor pendiente del flanco (pendiente más tenue), menor selectividad.
A menor selectividad, menores costos.
- **Filtros ideales y reales:**
 - Filtros ideales → tienen flancos con pendientes verticales.
 - Filtros reales → tienen flancos con pendientes no verticales.
- **Tipos de Filtros:**
 - **Filtro pasa bajos** → únicamente pasan las frecuencias menores a la frecuencia de corte.
 - Se restringen las frecuencias mayores a la frecuencia de corte.
 - **Filtro pasa altos** → únicamente pasan las frecuencias mayores a la frecuencia de corte.
 - Se restringen las frecuencias menores a la frecuencia de corte.
 - **Filtro pasa banda** → únicamente pasan las frecuencias ubicadas entre la frecuencia de corte inferior y la frecuencia de corte superior.
 - Se restringen tanto las frecuencias menores a la frecuencia de corte inferior como las frecuencias mayores a la frecuencia de corte superior.
 - **Filtro suprime banda** → pasan tanto las frecuencias menores a la frecuencia de corte inferior como las frecuencias superiores a la frecuencia de corte superior.
 - Se restringen tanto las frecuencias ubicadas entre la frecuencia de corte inferior y la frecuencia de corte superior.

U4 · TEORÍA DE LA INFORMACIÓN

El objetivo de la **teoría de la información** es lograr la mayor eficiencia en la transmisión de la información.

- Ciencia desarrollada por Claude Shannon.

Medida de la Información → relacionada con la probabilidad de ocurrencia de un suceso.

- La fuente tiene la posibilidad de elegir entre varios mensajes a transmitir.
- El usuario receptor tendrá incertidumbre respecto al mensaje que podrá recibir.
- Cada mensaje tiene asociada una probabilidad de ocurrencia:
 - La suma de las probabilidades de todos los sucesos/mensajes posibles debe sumar 1 (o 100%).
 - Sucesos/Mensajes equiprobables o fuente binaria equiprobable → todos los sucesos o mensajes tienen la misma probabilidad de ocurrencia.

Cantidad de Información · $I(x_i)$ → guarda una relación indirecta con la probabilidad de ocurrencia.

- A menor probabilidad de ocurrencia de un suceso, mayor información contiene.
A mayor probabilidad de ocurrencia de un suceso, menor información contiene.

$$I(x_i) = \log_b \left(\frac{1}{P(x_i)} \right) \leftrightarrow I(x_i) = -\log_b(P(x_i))$$

siendo $P(x_i)$ la probabilidad de ocurrencia de un suceso/mensaje x_i .

- Si $b = 2 \rightarrow I(x) = [\text{Shannon}]$.
- Si $b = e \rightarrow I(x) = [\text{Nat}]$.
- Si $b = 10 \rightarrow I(x) = [\text{Hartley}]$.
- Fuente binaria equiprobable → los dos estados tienen la misma probabilidad de ocurrencia.
 - En tal caso, $[1 \text{ Shannon} = 1 \text{ bit}]$.

Entropía de una fuente · H → valor medio de información o incertidumbre que emite una fuente de memoria nula (*fente donde no hay relación entre un mensaje y otro*) → relacionada con la *esperanza matemática*.

$$H = \sum_{k=1}^n I(x_k) \cdot P(x_k) \leftrightarrow H = - \sum_{k=1}^n \log_2(P(x_k)) \cdot P(x_k) \rightarrow H = \left[\frac{\text{Shannon}}{\text{símbolo}} \right]$$

- La **entropía**, en tanto función, tiene continuidad y es optimizable (tiene un mínimo y un máximo):

$$0 \leq H(x) \leq \log_2(N)$$

siendo N la cantidad de símbolos o mensajes de la fuente.

- La mayor entropía es cuando la fuente es equiprobable → $[H(x) = \log_2(N)]$.
- A mayor entropía, mayor información.

Tasa de Información de una fuente · Γ → cantidad de información producida por una fuente en un tiempo determinado.

$$\Gamma = \frac{H(x)}{\tau} \rightarrow \Gamma = \left[\frac{\frac{\text{Shannon}}{\text{símbolo}}}{\frac{s}{\text{símbolo}}} \right] = \left[\frac{\text{Shannon}}{s} \right]$$

siendo $H(x)$ la cantidad promedio de información por símbolo y τ el tiempo de un símbolo o mensaje.

- Si la fuente es binaria y equiprobable → Shannon = bit → $\frac{\text{Shannon}}{s} = \text{bps} \rightarrow [\Gamma = v_{Tx}]$.
 - También, como $v_{mod} = \frac{1}{\tau}$, entonces $[\Gamma = v_{mod} \cdot H(x)]$.

U5 · CANALES DE COMUNICACIONES

Canales de Comunicaciones → vínculo que permite efectivizar la comunicación entre DTEs.

- Tiene por objetivo la transferencia máxima de información con la menor cantidad de errores.
- Un canal de comunicaciones comprende:
 - Canal físico → describe características físicas y eléctricas del medio de transmisión (como: resistencia, inductancia, capacitancia, efectos de atenuación y distorsión y ruido aditivo).
 - Asociado al circuito de datos [CD] del circuito teleinformático → de DCE a DCE.
 - Canal de información → referido a la especificación técnica y lógica en la transmisión de información (técnicas de codificación, redundancia e integridad de la información).
 - Asociado al enlace de datos [ED] del circuito teleinformático → de DTE a DTE.
- Canal ideal → sin ruido, ergo, libre de errores.
Canales reales → con ruido, ergo, con errores.

Capacidad de un Canal → máxima velocidad de transmisión que se puede cursar libre de errores.

- Si una fuente transmite información a una velocidad mayor a la capacidad del canal, habrá errores.

$$C_{canal} = v_{Tx \text{ máx}} \rightarrow C_{canal} = [\text{bps}]$$

Teorema de Nyquist o Teorema de Muestreo → determina la frecuencia de muestreo (cantidad de muestras por unidad de tiempo) mínima necesaria para que se pueda reconstruir una señal en forma unívoca.

- Dicha frecuencia de muestreo mínima se la llama frecuencia de Nyquist.
- Dada una señal limitada en banda (es decir, una señal un AB limitado) con una frecuencia máxima, queda definido un período máximo de muestreo o bien tiempo de muestreo.
- A mayor $f_{muestreo}$, menor tiempo de muestreo → la señal muestreada, tras ser suavizada, representará a la señal original más fielmente.

$$f_{Nyquist} = 2 \cdot f_{máx}$$

Para señales en banda base:

$$f_{Nyquist} = 2 \cdot \Delta f = 2 \cdot AB$$

Para cualquier señal.

Si $f_{muestreo} \geq 2 \cdot f_{máx}$, la señal se puede reconstruir unívocamente en el receptor.

$$f_{Nyquist} = f_{muestreo} = \left[\frac{\text{muestras}}{s} \right]$$

- Los canales de comunicaciones se comportan, en general, como un filtro pasa banda, aunque hay algunos canales que se comportan como filtro pasa bajo.
- La señal original se muestrea por un circuito que mantiene el valor de la señal en el instante muestreado hasta la siguiente muestra. Luego, con una serie de valores muestreados, se reconstruye la señal original.
- **Capacidad de un canal sin ruido de AB finito transmitiendo señales binarias (2 niveles):**

$$C_{canal} = v_{Tx \text{ máx}} = 2 \cdot \Delta f$$

- **Capacidad de un canal ideal con señal multinivel (N niveles) - Hartley:**

- Al trabajar con N niveles, permite incrementar la capacidad del canal

$$C_{canal} = v_{Tx \text{ máx}} = 2 \cdot \Delta f \cdot \log_2(N)$$

siendo N los niveles/estados/mensajes/combinaciones posibles, donde $N = 2^n$,

siendo n la cantidad de bits necesarios para representar N niveles/estados/mensajes/combinaciones.

Teorema de Shannon-Hartley → planteo ante canales reales con ruido aditivo.

- Ese ruido genera un límite en el incremento de la velocidad → cuando hay ruido, hay probabilidad de confusión entre un nivel y otro, no pudiéndose distinguir los distintos niveles como corresponde.
- El ruido limita la cantidad posible de niveles (N), teniendo una cantidad máxima de niveles:

$$N_{\text{máx}} = \sqrt{1 + \frac{S}{N}}$$

- Al limitar la cantidad posible de niveles, también se limita la capacidad del canal real:

$$C_{\text{canal real}} = \Delta f \cdot \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Siendo:

S → potencia media de la señal.

N → potencia media del ruido blanco aditivo.

$\frac{S}{N}$ → relación señal/ruido.

$\frac{S}{N} = [\text{veces}]$.

Δf → AB del canal.

$\Delta f = [\text{Hz}]$

Eficiencia/Rendimiento Espectral → relaciona la velocidad de transmisión (C_{canal}) con el AB.

- Mide el aprovechamiento del espectro para transmitir una cierta cantidad de información.

$$\eta_{\text{espectral}} = \frac{v_{Tx}}{AB} = \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Fenómenos que afectan a los canales de comunicaciones (pudiendo generar errores):

- **Atenuación** → disminución de la intensidad de la señal útil.
 - Generada por la parte resistiva del medio de transmisión (distribuida a lo largo del medio), la cual impacta sobre la corriente, atenuando el nivel de la señal.
 - A mayor frecuencia, mayor atenuación.
 - Una señal atenuada solamente tiene la amplitud disminuida de la señal original.
 - Puede resolverse con amplificadores (aunque si bien amplifican la señal original, también agregan ruido).
 - Medición de la atenuación → relación entre la potencia de la señal recibida en el extremo destino del cable y la potencia transmitida en el extremo origen.

$$At = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{\text{salida}}}{P_{\text{entrada}}} \right) \rightarrow At = [\text{dB}]$$

- La atenuación es siempre negativa cuando $P_{\text{salida}} < P_{\text{entrada}}$.
- Cuanto más negativo sea su valor, peor es.
- Lo peor que puede pasar es que $P_{\text{salida}} = 0$.
- Lo mejor que puede pasar es que $P_{\text{salida}} = P_{\text{entrada}} \rightarrow At = 0$.

- **Ruido** → señal no deseada que se suma a la señal útil.
 - **Ruido Térmico** → se debe a la agitación térmica de los electrones presente en los medios de transmisión y dispositivos electrónicos → por más que al canal se lo blinde/proteja de interferencias/temperaturas exteriores, está presente siempre.
 - A mayor temperatura, mayor ruido térmico.
A mayor AB, mayor ruido térmico.
 - Solución al ruido térmico → controlar la temperatura.
 - **Ruido Blanco o Ruido Gaussiano o Ruido de Johnson** → ruido que tiene la misma potencia para todas las frecuencias de interés en las redes eléctricas convencionales.
 - **Diafonía (Crosstalk)** → se debe al acoplamiento inductivo entre líneas que transportan señales, ya que la circulación de corriente por un conductor induce un campo magnético, el cual induce circulación de corriente en el otro conductor.
 - NEXT (diafonía cercana) → mide la diafonía en el extremo donde se inyecta la señal (en el extremo cercano) → impacta más en la diafonía porque la corriente se genera cerca del transmisor.

$$NEXT = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{\text{ingresada al medio}}}{P_{\text{inducida en un par vecino}}} \right)$$

- FEXT (diafonía lejana) → mide la diafonía en el extremo donde se recibe la señal (en el extremo lejano) → impacta menos porque la corriente llega más atenuada.
 - Lo mejor que puede pasar → $P_{\text{inducida}} = 0 \leftrightarrow NEXT \rightarrow -\infty$ dB.
 - Lo peor que puede pasar → $P_{\text{inducida}} = P_{\text{ingresada}} \leftrightarrow NEXT = 0$ dB.
 - Solución a la diafonía → usar par trenzado (reduce las inducciones, compensando una inducción con otra en sentido contrario) o bien fibra óptica [FO].
- **Ruido Impulsivo** → producido en intervalos irregulares (en forma no continua) con picos de gran amplitud y de corta duración.
 - Puede producirse por descargas eléctricas, por producto de generadores de señales.
 - Solución al ruido impulsivo → fibra óptica [FO].
- **Ruido de Intermodulación o Productos de Intermodulación** → se deben al comportamiento no lineal en el transmisor, en el receptor o en el sistema de transmisión.
 - Las componentes de intermodulación surgidas por la no linealidad pueden estar en el AB útil de la señal → si se trabaja en la zona no lineal, aparecen frecuencias no deseadas en el AB de la señal.
- **Factor de Ruido de Amplificadores (F_r)** → producido por el propio amplificador.

$$\begin{aligned} S_{\text{salida}} &= S_{\text{entrada}} \cdot G \\ N_{\text{salida}} &= N_{\text{entrada}} \cdot G + N_{\text{amplificador}} \end{aligned}$$

$$F_r = \frac{\frac{S_{\text{entrada}}}{N_{\text{entrada}}}}{\frac{S_{\text{salida}}}{N_{\text{salida}}}} = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{entrada}}}{\left(\frac{S}{N}\right)_{\text{salida}}} \leftrightarrow F_r = \frac{N_{\text{salida}}}{G \cdot N_{\text{entrada}}} \geq 1$$

- Lo mejor que puede pasar → $F_r = 1 \leftrightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_{\text{entrada}} = \left(\frac{S}{N}\right)_{\text{salida}}$.
- Lo peor que puede pasar → F_r tendiendo a $+\infty$.

- **Distorsión** → deformación que sufre una señal eléctrica debido a las propiedades físicas del propio medio, como la resistencia, la capacitancia o la inductancia.

La frecuencia impacta en la distorsión:

- Para la frecuencia de resonancia (es única) no hay distorsión, ya que las reactancias inductiva y capacitiva se anulan entre sí.
- Para otra frecuencia, siempre hay distorsión.

La distorsión es más difícil de solucionar que la atenuación.

- **Distorsión por atenuación** → se produce porque se tienen distintas atenuaciones para distintas frecuencias (se tiene una respuesta no plana).
 - Generada por la impedancia (resistencia y reactancia) del medio de transmisión.
 - Solución → usar un ecualizador (en el transmisor), el cual agrega atenuación a ciertas frecuencias para que todas las frecuencias tengan el mismo valor de atenuación (una respuesta plana).
- **Distorsión por retardo de grupo** → se produce porque cada frecuencia se propaga a una velocidad distinta, por lo que cada frecuencia tiene retardos distintos.
 - Generada por la reactancia del medio de transmisión.
 - Esa diferencia de retardo es la que distorsiona la señal.
 - Solución → usar un ecualizador (en el transmisor), el cual agrega un retardo a cada frecuencia de manera que todas las componentes tengan el mismo retardo (una respuesta plana).

U6 · TRATAMIENTO DE ERRORES

Es necesario evitar errores. Pero si aparecen, es preciso tratarlos.

La calidad de los canales (QoS · Quality of Service) digitales se evalúa en función del BER:

$$BER = \frac{\text{cant. bits con error}}{\text{cant. bits totales}}$$

Causas posibles de errores:

- AB pequeños.
- Ruido.
- Pérdida de sincronismo.
- Interferencia intersímbolos → tiene que ver con la distorsión y con el sincronismo.

Control de errores → puede comprender detección de errores o corrección de errores (son cosas distintas):

- Se pueden agregar muchos niveles de detección y/o corrección para minimizar los errores.
- La corrección de errores es más simple en señales binarias, ya que para corregir un bit es suficiente con invertirlo. En una transmisión multinivel, la corrección es más compleja.
- Muchas veces para corregir es necesario detectar primero.
- **Redundancia** → datos adicionales que permiten detectar y/o corregir errores.
 - A mayor redundancia, mayor capacidad para detectar/corregir errores.
 - A mayor redundancia, menor rendimiento/eficiencia de la información:

$$\eta_{Tx} = \frac{\text{cant. de bits con información}}{\text{cant. de bits totales}}$$

- **Tamaño de Bloque** → en una transmisión sincrónica, a mayor tamaño del bloque, mayor eficiencia.
 - Si hay un error, debe retransmitirse todo el bloque completo → menor eficiencia.
 - Si la calidad del canal/medio es mejor, entonces se puede aumentar el tamaño del bloque.
- **Velocidad de transmisión** → a mayor velocidad de transmisión, mayor probabilidad de errores.

Métodos de Detección de Errores → control de paridad, CRC, Checksum:

- **Control de Paridad** → ante cierta secuencia de bits, se agrega un bit de paridad b_p , cuyo significado depende de la paridad acordada previamente por los dos DTEs en la comunicación:

Paridad par → si en la secuencia la cantidad de 1s es par, $b_p = 0$. Si es impar, $b_p = 1$.

Paridad impar → si en la secuencia la cantidad de 1s es par, $b_p = 1$. Si es impar, $b_p = 0$.

Existen otras variantes como paridad vertical, paridad longitudinal, paridad entrelazada (combinación entre ellas), BCC (*carácter de control de bloque*; trabaja con paridad par), paridad cíclica (se agregan más bits de paridad).

Apta para detectar una cantidad impar de errores.

No tiene una buena eficacia:

- Puede que no se sepa exactamente cuál bit es el erróneo.
- Puede que no se detecten errores cuando en realidad sí los hay → falso negativo.

- **CRC · Chequeo de Redundancia Cíclica** → utiliza operaciones de polinomios (un dividendo, un divisor, un cociente y un resto), particularmente un polinomio generador o polinomio característico:
 1. Transmisor y receptor acuerdan usar un polinomio generador.
 2. El transmisor convierte el mensaje en un polinomio y le agrega un corrimiento (el cual depende del grado del polinomio generador).
 3. El transmisor hace la división entre el polinomio mensaje y el polinomio generador, obteniendo el resto de la división.
 4. El transmisor transmite una secuencia de bits que consta del polinomio mensaje concatenado con el resto.
 5. El receptor recibe esa secuencia y la divide entre el polinomio generador.
 Si el resto es 0 → no hubo errores.
 En otro caso → hubo errores.

Es más eficiente que el control de paridad.
 No obstante, es falible → puede que el resto sea 0 y aun así haber errores.

- **Checksum · Suma de Verificación** → utiliza sumas consecutivas entre la información a enviar.
 1. El transmisor suma (mediante *complemento a 1*) la primera secuencia de bits con la segunda. Con ese resultado, aplica la misma operación con la tercera secuencia. Repite este procedimiento hasta sumar la última secuencia, obteniéndose una sumatoria final.
 2. El transmisor transmite la secuencia de bits, agregándole al final los bits correspondientes a esa sumatoria final.
 3. El receptor suma (*complemento a 1*) cada secuencia, en forma similar al transmisor en un inicio, aunque ahora se agrega un sumando más, que es la sumatoria final:
 Si el resto obtenido son todos bits 1s → no hubo errores.
 En otro caso, hubo errores en la transmisión.

Métodos de Corrección de Errores → ARQ, FEC, Código Hamming:

- **ARQ · Requerimiento de Repetición Automática** → técnica de corrección hacia atrás.
 - Para corregir, primero requiere detectar errores (vía paridad, CRC u otros).
 - Es un método de:
 - Detección y Corrección de errores.
 - Control de flujo de datos → a través del uso de ACKs y NAKs.
 - Aplicable únicamente entre 2 estaciones → punto a punto.
 - Parámetros que se utilizan:
 - ACK → confirmación de recepción sin errores.
 - NAK → confirmación de recepción con error.
 - Time-outs → tiempo de espera sin recibir ninguna confirmación de recepción.
 - Ventana → cantidad de paquetes que [A] puede transmitir sin esperar la confirmación de [B].
 - Tiene dos variantes:
 - **ARQ Stop and Wait** → se transmite mensaje por mensaje esperando un ACK o un NAK del lado del receptor → [A] no puede seguir transmitiendo hasta que [B] no conteste.

1. [A] envía paquete #1 a [B].
2. [B] recibe el paquete #1 y hace detección de errores:
3. Si [B]:
 - No encuentra errores → [B] le envía un ACK a [A].
En consecuencia, [A] le envía el paquete #2 a [B].
 - Encuentra errores → [B] le envía un NAK a [A].
En consecuencia, [A] envía nuevamente el paquete #1 a [B].
4. El procedimiento se repite hasta concluir el envío de todos los paquetes.
5. Si tras cierto tiempo transcurrido desde que [A] envía un paquete (*time-out*) [A] no recibe ningún ACK ni ningún NAK, entonces [A] asume que se recibió un NAK → [A] envía nuevamente el mismo paquete.

La operación es *half-duplex* → no requiere comunicación simultánea.

Es ineficiente en altas velocidades y en grandes distancias.

- **ARQ Sliding Windows** → permite al emisor transmitir múltiples mensajes de información antes de comenzar la espera para que el receptor le envíe un ACK. Esa validación contiene el número de la siguiente trama que espera recibir el receptor, o bien, el número de la última trama recibida con éxito → utiliza el concepto de **ventana**.

Recibir un ACK permite liberar el *buffer* del transmisor y deslizar la ventana.

Se pueden trabajar con un tamaño de ventana fijo o variable.

La operación es *full-duplex* → se requiere comunicación simultánea.

A mayor tamaño de ventana, mayor velocidad de transmisión.

A mayor tamaño de ventana, se necesita un mayor tamaño de *buffer* del transmisor.

Piggyback → se transmite al mismo tiempo: información y recepción de ACK/NAK.

- **FEC · Control de Error hacia Adelante** → técnica de corrección hacia adelante.
 - Para corregir, primero requiere detectar errores (vía paridad, CRC u otros).
 - Aplicable entre 2 estaciones o más → punto a multipunto.
 - Se envía el mismo mensaje dos veces, pero con una diferencia de tiempo → esto permite al receptor evaluar si hubo o no errores:
 - Si ambos mensajes llegan sin errores → el receptor se queda con cualquiera de ellos.
 - Si un mensaje llega sin errores y el otro con errores → el receptor se queda con el que no tiene errores.
 - Si ambos mensajes llegan con errores → el receptor no puede corregir el error.
- **Código Hamming** → código autocorrector de errores.
 - Distancia Hamming · d_H → cantidad de bits diferentes entre dos secuencias de bits.
 - Distancia Hamming mínima · d_{Hmin} → menor d_H en un código, alfabeto o lenguaje.
 - Sirve para conocer la capacidad de autocorrección.
 - Dado un código, alfabeto o lenguaje, en función de la d_{Hmin} se puede calcular cuántos errores se pueden detectar y cuántos errores se pueden corregir:

$$\boxed{\#_{\text{errores detectables}} = d_{Hmin} - 1} \leftrightarrow \boxed{\#_{\text{errores corregibles}} \leq \frac{d_{Hmin} - 1}{2}}$$

U7 · MEDIOS DE COMUNICACIONES

Los **medios de comunicaciones** comprenden el enlace entre los dos DCEs.

Ondas electromagnéticas (OEM) → surgen de variaciones de campo eléctrico y de campo magnético.

- En ellas se transmite información.
- Se representan como señales senoidales, donde se tienen varios parámetros como la amplitud, la frecuencia y la fase.
- Se propagan de distinta manera de acuerdo al medio (cable coaxil, par trenzado, FO, etc.).
- **Longitud de onda (λ)** → distancia que la OEM recorre en un ciclo.
 - Siempre depende del medio en que se propague la señal.
 - $\lambda = \frac{c}{f}$, siendo: c la velocidad de la luz en el vacío y f la frecuencia.
 - $\lambda = \frac{v}{f}$, siendo: v la velocidad de la luz en un determinado medio y f la frecuencia.
 - $\lambda = [\text{m}]$.
- Se propagan en el espacio y en el tiempo:
 - En la distancia se ven → longitudes de onda, velocidades de propagación, etc.
 - En el tiempo se ven → períodos, frecuencias.

Espectro Electromagnético → se definen bandas o intervalos de frecuencias:

- En cada banda se tienen distintos canales de comunicaciones.

Nombre · Acrónimo	Frecuencia	Longitud de Onda
Extra High Frequency EHF	30 GHz – 300 GHz	10 mm – 1 mm
Super High Frequency SHF	3 GHz – 30 GHz	100 mm – 10 mm
Ultra High Frequency UHF	300 MHz – 3000 MHz	1 m – 100 mm
Very High Frequency VHF	30 MHz – 300 MHz	10 m – 1 m
High Frequency HF	3 MHz – 30 MHz	100 m – 10 m
Medium Frequency MF	300 KHz – 3000 KHz	1 m – 100 m
Low Frequency LF	30 KHz – 300 KHz	10 km – 1 km
Very Low Frequency VLF	3 KHz – 30 KHz	100 km – 10 km
Ultra Low Frequency ULF	300 Hz – 3000 Hz	1 Mm – 100 km
Super Low Frequency SLF	30 Hz – 300 Hz	10 Mm – 1 Mm
Extra Low Frequency ELF	3 Hz – 30 Hz	100 Mm – 10 Mm

- Además, cada banda está dividida en sub-bandas...

Características fundamentales de los medios de comunicaciones:

- AB, velocidad de modulación, velocidad de transmisión.
- Costos.
- Parámetros físicos → masa, protección ...
- Atenuación y Distorsión.
- Inmunidad frente al ruido y la interferencia.
- Confiabilidad.
- Facilidad para la instalación y estética.
- Flexibilidad.

En toda la extensión del medio de comunicaciones aparecen distribuidas varias características eléctricas como resistencias, conductancias, inductancias y capacitancias.

Impedancia característica (Z_0) → impedancia tal que la OEM transmitida es absorbida completamente evitando reflexión de la OEM → impedancia tal donde el medio “tiene” una longitud infinita.

- Todo medio de comunicación tiene una impedancia característica.
- Z_0 depende de R, L, C, G y ω :

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \rightarrow \text{Si } \begin{cases} R \rightarrow 0 \\ G \rightarrow 0 \\ f \rightarrow +\infty \end{cases} \Rightarrow Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

- Si una línea de comunicaciones no es infinita, se tiene reflexión (es decir, las OEM vuelven en sentido contrario) → se tiene ruido.
- Para que una línea de comunicaciones real se comporte como una línea de comunicaciones ideal (de longitud infinita), se debe colocar una carga con una impedancia igual a la impedancia característica del medio. Así, la OEM se absorbe por completo y no se refleja, evitando ruido.
- Si la impedancia elegida está más cerca de Z_0 , mejor.

Efecto pelicular en conductores → los electrones tienden a situarse en la superficie exterior (en la periferia) del conductor a medida que la frecuencia de operación aumenta.

- Referido a la profundidad de penetración que tiene la OEM cuando se propaga por el medio.
- A mayor frecuencia, menor profundidad de penetración.

$$\delta = \sqrt{\frac{2}{\omega \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

Siendo:

- ω → frecuencia de operación
- μ → permeabilidad magnética.
- σ → conductividad eléctrica.

- Al trabajar con frecuencias altas, no conviene trabajar con conductores macizos sino con conductores huecos.

Medios de Comunicaciones – Clasificación según cómo se propagan las OEM:

- Transmisión por espacio libre:
 - Radiocomunicaciones → HF, VHF, UHF, microondas, satélite.
 - Láser.
- Transmisión guiada (confinada dentro de un medio):
 - Cable Coaxil.
 - Cobre desnudo.
 - Cable telefónico
 - Cable trenzado.
 - Fibra Óptica.
 - Guía de Onda.

Pares Telefónicos:

- El AB telefónico va de 300 Hz a 3.400 kHz.
- Trabaja en frecuencias bajas → la diafonía no afecta tanto → no va trenzado.
- Pares de conductores no trenzados, aislados entre sí y con protección exterior.
- Puede haber cables para interior y cables para exterior.

Par Trenzado:

- El trenzado de los cables permite reducir la diafonía.
- Pueden ser UTP (sin blindar) o STP (con blindaje).
 - Son 4 pares de conductores, aislados entre sí y con protección exterior.
 - Cada categoría del UTP tiene sus propios tipos de conectores, frecuencias, velocidades de transmisión, alcances, etc.
 - La EIA/TIA 568 establece 2 modos de conexión: cable derecho y cable cruzado.
- Los cables para exteriores pueden tener además un mensajero, que es un cable de acero para evitar la torsión y la tracción.
- A menor longitud de trenzado → mayores costos.
A menor longitud de trenzado → menor diafonía y mejor calidad.

Cable Coaxil:

- Compuesto por un par de conductores: un conductor central, un aislante, una mallla conductora y una cubierta exterior.
- La disposición de los conductores lo hace más adecuado para la propagación de las OEM:
 - La corriente eléctrica circula por el conductor central y retorna por la mallla.
 - Las OEM viajan por el aislante, confinadas por la mallla.
- Los cables para exteriores pueden tener además un mensajero, que es un cable de acero para evitar la torsión y la tracción.
- Cada cable coaxil tiene sus propias impedancias, capacidades, velocidades de propagación, tensiones máximas, atenuaciones de acuerdo a frecuencias, etc.
Impedancias características (Z_0) más usadas → 75 Ω (para TV y video) y 50 Ω (para datos y radio).

Comunicaciones por Radio – Radioenlace:

- Son punto a punto.
- **Componentes** → transmisor/receptor, antena y línea de transmisión.
 - Transmisor/Receptor.
 - **Antena** → elemento que libera/capta OEM para que viajen en el espacio libre.
 - La oscilación de la corriente alterna (vinculada a la longitud de la antena) genera una propagación de OEM.
 - Tienen ganancia → se miden en [dBi] (la “i” viene de radiación isotrópica).
 - Tipos de antenas de acuerdo a su directividad:
 - Isotrópica → ideal → un punto que emite en todas las direcciones.
 - Unidireccional → distribuye su energía en una dirección.
 - Bidireccional → distribuye su energía en dos direcciones.
 - Multidireccional → distribuye su energía en varias direcciones.

- Polarización de la antena → refiere a la circulación de la corriente eléctrica respecto del plano de la tierra.
 - Puede ser horizontal, vertical, circular, elíptica.
 - Si entre el transmisor y el receptor hay diferente polarización, habrá atenuación.
 - Longitud de la antena → se diseña en función de la longitud de onda:

$$l_{antena}[\text{m}] = \frac{300}{f [\text{MHz}]}$$

 - $\frac{1}{4}$ de longitud de onda para las antenas monopolo.
 - $\frac{1}{2}$ de longitud de onda para las antenas dipolo.
 - Antena de radioenlace sólida → se usan para longitud de onda menores.
 - Antena de radioenlace enrejada → usadas para longitud de onda mayores.
 - Línea de transmisión → normalmente, cable coaxil.
- Bandas de operación → HF, VHF, UHF, SHF.
 - Para cada banda, se tendrán distintas frecuencias → distintas atenuaciones, distintos AB y distintas capacidades.
 - Al incrementar la banda, se tendrá una mayor disponibilidad de canales, por lo que el AB podrá ser mayor.
 - A menores frecuencias, mayores ruidos externos.
A mayores frecuencias, mayores ruidos internos (blanco o gaussiano).
La banda que menos se ve afectada por el ruido es la VHF.
 - A mayor frecuencia, menor potencia se requiere para transmitir (la línea de vista es menor).
- **Modos de Propagación de las OEM de radio** → al irradiar aparecen todas las OEM, pero, según la antena y las frecuencia y potencia de operación, siempre prevalece un modo de propagación:
 - **Modo Ionosférico o por Onda Ionosférica/Satelital** → las OEM se propagan por la ionósfera (entre 60 km y 350 km) → las OEM ingresan a ella y se refractan.
 - La ionósfera es una capa donde las moléculas de gas están ionizadas (cargadas eléctricamente), lo cual permite que las OEM se refracten sucesivamente.
La densidad de ionización depende de factores como la altitud, la hora del día, la estación del año y la ubicación geográfica. Esta densidad afecta la frecuencia de corte de la capa ionosférica.
La frecuencia de operación (de las OEM) debe ser menor a la frecuencia de corte (de la capa ionosférica). De no ser así, las OEM atraviesan la ionósfera.
 - Prevalece en HF → permite tener mayores alcances, aunque depende de circunstancias climáticas.
 - **Modo Terrestre o por Ondas Terrestres:**
 - Onda Terrestre Directa → la OEM viaja en forma directa, requiriendo una línea de vista, entre antena transmisora y antena receptora:
 - Cualquier obstáculo dentro de la línea de vista atenúa la señal.
 - La altura de la antena determina la distancia al horizonte (línea de vista):
Considerando la curvatura de la Tierra → $d [\text{km}] = 3,61 \cdot \sqrt{H_{antena} [\text{m}]}$.
Considerando el fenómeno de difracción (capacidad de la luz de bordear los obstáculos) hay mayor alcance → $d [\text{km}] = 4,14 \cdot \sqrt{H_{antena} [\text{m}]}$

- Cálculo de enlace:

$$S_{Rx} = P_{Tx} - At_{lTx} + G_{aTx} - P_{fs} + G_{aRx} - At_{lRx} - FD$$

$$P_{Rx} = S_{Rx} + FD$$

$$P_{fs} \text{ [dB]} = 32,4 + 20 \cdot \log_{10}(d \text{ [km]}) + 20 \cdot \log_{10}(f \text{ [MHz]})$$

Siendo:

S_{Rx} → sensibilidad del receptor.

P_{Tx} → potencia del transmisor.

P_{Rx} → potencia que recibe el receptor.

At_{lTx} → atenuación de la línea de transmisión.

G_{aTx} → ganancia de la antena transmisora.

P_{fs} → pérdida en el espacio libre.

G_{aRx} → ganancia de la antena receptora.

At_{lRx} → atenuación de la línea de recepción.

FD → factor de diseño.

- Prevalece en VHF y UHF → el alcance no supera los 50 km.
- Onda Terrestre Reflejada → la OEM se refleja en la superficie terrestre, que es una superficie conductora.
- Onda Terrestre de Superficie → la OEM viaja pegada a la superficie terrestre.
 - Prevalece en MF, apareciendo en menor medida en HF.
- **Modo Espacial o por Onda Satelital** → las OEM se propagan atravesando la atmósfera y llegando a los satélites.
 - Prevalece en SHF y EHF.
- **Modo Troposférico o por Onda Troposférica** → las OEM se propagan por la tropósfera.

Comunicaciones Satelitales:

- El uso de satélites permite aumentar considerablemente el alcance de las comunicaciones.
- Se dan en frecuencias muy altas → SHF y EHF.
- Su capacidad de comunicaciones está dada por los transponders (transmisores/receptores), los cuales reciben la señal de la Tierra, la amplifican y la retransmiten.
 - Cada *transponder* tiene un AB.
- Componentes → dos estaciones terrestres, el satélite en sí, dos enlaces y una estación de comando.
 - Una estación terrestre transmisora y una estación terrestre receptora.
 - Un repetidor espacial → el satélite.
 - Un enlace ascendente (uplink) y un enlace descendente (downlink).

Respecto de las frecuencias de los enlaces ascendente (f_{asc}) y descendente (f_{desc}), se debe cumplir lo siguiente:

- $f_{asc} \neq f_{desc}$ → para evitar que se generen interferencias mutuas.
- $f_{asc} > f_{desc}$ → siendo los enlaces ascendente y descendente de igual longitud, al usarse una señal de mayor frecuencia, se tendrá mayor atenuación, por lo que para sortearla se debe transmitir a una mayor potencia → la idea es minimizar la energía usada en la transmisión del satélite (y, así, la frecuencia del enlace descendente) dado que su energía es escasa.
- Una estación terrestre de comando, telemetría y control del satélite.

- **Tipos de Satélites:**

	LEO de Órbita Baja	MEO de Órbita Media	GEO Geoestacionarios
Altitud sobre la Tierra	150 km – 450 km.	9.000 km – 18.000 km.	36.000 km.
Período de Rotación	~ 1,5 horas.	5 horas – 12 horas.	24 horas.
Latencia (ida y vuelta)	1 ms – 7ms.	35 ms – 85 ms.	270 ms.
Satélites Necesarios para cubrir toda la Tierra	50.	10.	3.

- **Otras características:**

- Bandas de Operación → C, Ku, Ka.
- Tamaño de antena → a mayores antenas, mayor ganancia.
- Cobertura o “Pisada” → área de cobertura terrestre.
- Retardos → a mayor altitud, mayores retardos.
- Sensibilidad a eclipses → principalmente los geoestacionarios.
- Sensibilidad a lluvias → atenúan la señal.

FO · Fibra Óptica:

- Tiene un gran AB.
- Es inmune al ruido → al ser luz, los ruidos eléctricos (diafonía y ruido impulsivo) no molestan.
- Trabaja en el espectro infrarrojo, aunque también puede trabajarse en la luz visible.
- Materiales → FO de vidrio o FO de material plástico transparente.
- El AB (expresado en [GHz · km]) disminuye conforme nos alejamos de la fuente.
- La fibra es económica.
Los transmisores no son económicos, ya que deben resolver el problema del cono de aceptación.
- Uso de la FO:
 - *Backbones* de las redes.
 - Cables submarinos.
 - FTTH, FTTC, FTTB, FTTO.
- Componentes → núcleo, recubrimiento y protección de polietileno.
 - Núcleo → vidrio o material transparente (plástico) por donde viaja la información.
 - Recubrimiento o Revestimiento:
 - El núcleo tiene mayor índice de refracción que el recubrimiento:

$$n_{\text{núcleo}} > n_{\text{recubrimiento}}, n \geq 1 \rightarrow n = \frac{c}{v_p}$$

$$\text{Ley de Snell} \rightarrow n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

Si $n_1 > n_2$, entonces existe un ángulo crítico $\theta_1 = \theta_c$ para el cual $\theta_2 = 90^\circ$. Para cualquier $\theta_1 > \theta_c$, hay reflexión total interna, por lo que la OEM se refleja completamente en el núcleo, sin refractarse en el recubrimiento.

El rayo de luz (OEM) incidente debe estar dentro del cono de aceptación para que se refleje completamente → la idea es que no se refracte en el recubrimiento, y, así, evitar pérdidas de OEM.

- Protección de polietileno.

- **Tipos de FO:**

	Monomodo	Multimodo	
La OEM se propaga en la FO en...	Un único camino.	Infinitos caminos.	
Sección Transversal del Núcleo	Pequeña.	Grande.	
Uso	Distancias largas (red nacional de FO).	Distancias cortas (edificio).	
Pérdida por Dispersión Modal	No hay.	Multimodo Escalón La señal entrante llega <u>más dispersa</u> (en el tiempo).	Multimodo Gradual La señal entrante llega <u>menos dispersa</u> (en el tiempo).
AB	$AB = \frac{10 \text{ GHz} \cdot \text{km}}{\text{long}_{\text{cable}} [\text{km}]}$	A mayor longitud del cable, mayor dispersión. A mayor dispersión, menor AB.	
		Multimodo Escalón $AB = \frac{50 \text{ MHz} \cdot \text{km}}{\text{long}_{\text{cable}} [\text{km}]}$	Multimodo Gradual $AB = \frac{100 \sim 1000 \text{ MHz} \cdot \text{km}}{\text{long}_{\text{cable}} [\text{km}]}$
Costos	\$ \$ \$ \$ \$	Multimodo Escalón \$	Multimodo Escalón \$ \$ \$

- Precisiones sobre FO Multimodo:

- **FO Multimodo Escalón** → el cambio entre los índices de refracción del núcleo y el recubrimiento es más abrupto, da un salto.
 - Los haces de luz rebotan contra el recubrimiento.
- **FO Multimodo Gradual** → el cambio entre los índices de refracción del núcleo y el recubrimiento es más suave.
 - Los haces de luz se curvan cuando el índice de refracción decrece gradualmente.

- **Ventanas de operación de la FO en el espectro:**

	1^{ra} Ventana	2^{da} Ventana	3^{ra} Ventana
Longitud de Onda	850 nm, cercana al rojo.	1.300 nm.	1.550 nm.
Frecuencia	60 THz	28 THz.	20 THz.
Usos – Tipos de FO	Multimodo.	Multimodo, monomodo.	Monomodo.
Atenuación	$\sim 1 \left[\frac{\text{dB}}{\text{km}} \right]$	$\sim 0,3 \left[\frac{\text{dB}}{\text{km}} \right]$	$\sim 0,2 \left[\frac{\text{dB}}{\text{km}} \right]$
Alcance	*	***	*****
Costos	\$	\$ \$ \$	\$ \$ \$ \$ \$

- **Pérdidas en la FO:**

- Por Dispersión Modal → debida la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz, ya que cada uno toma distintos caminos, ergo, llegan en instantes diferentes.
 - La más importante.
 - Presente en las FO multimodo.
- Por Dispersión Cromática → producida cuando el emisor no genera luz monocromática.
- Por Absorción y Radiación → debida a impurezas del dióxido de silicio.
- Por Acoplamiento → debida a desacoplamientos entre las distintas partes que componen el circuito óptico (transmisor-fibra; fibra-fibra; fibra-receptor).
- Por Dispersión de Rayleigh → debida a irregularidades microscópicas al solidificarse el vidrio o material plástico de la FO.

Guía de Onda → la OEM viaja en el aire confinada dentro de una guía de onda:

- Usa frecuencias SHF y EHF.
- Se usa en sistemas satelitales.

Láser → se transmite información a través de un haz de luz coherente, convenientemente modulado:

- Ventaja → tiene un enorme AB.
- Desventaja → cualquier obstáculo (como la lluvia o la niebla) atenúa la señal.

Medios de Comunicaciones – Cuadro Comparativo:

	Par Metálico	Cable Coaxil	Fibra Óptica
Atenuación	–	– –	– – – – –
AB (Orden)	+ (KHz, MHz)	+ + (MHz)	+ + + (GHz)
Costos	\$ \$	\$ \$ \$	\$
Costos de los dispositivos	\$	\$ \$	\$ \$ \$

U8 · MODULACIÓN

MODULACIÓN → proceso que consiste en transformar una señal (que tiene información) en otro tipo de señal adecuada para ser transmitida por un medio de comunicación, sin modificar sustancialmente la información que representa.

- La señal portadora determina la posición en el espectro electromagnético de la señal modulada.
- La señal moduladora determina el AB en el espectro electromagnético de la señal modulada.

Mediante un modulador (DCE), la señal moduladora transforma la señal portadora en señal modulada.

- Señal portadora → señal sin información.
- Señal moduladora → señal que tiene la información nativa (lo que se desea transmitir).
- Señal modulada → señal con información preparada para ser transmitida por el medio.

La señal portadora puede ser analógica (como un seno o coseno) o bien digital (como un tren de pulsos).

Tipos de Modulación:

Tipo de Modulación	Señal Portadora	Señal Moduladora	Señal Modulada	Nombre de la Modulación
<u>POR ONDA CONTINUA</u> Analógica	<u>Analógica</u>	Analógica	Analógica	AM. FM. PM.
<u>POR ONDA CONTINUA</u> Digital		Digital	Analógica	ASK. FSK. PSK, DPSK. M-PSK, M-QAM.
<u>POR PULSOS</u> Analógica	<u>Digital</u>	Analógica	Analógica	PAM. PDM. PPM.
<u>POR PULSOS</u> Digital		Digital	Digital	PCM. DPCM. Delta. Delta Adaptativa.

- Señal portadora analógica ↔ modulación por onda continua.
- Señal portadora digital ↔ modulación por pulsos.

Según el tipo de modulación por onda continua, se modificará una variable (amplitud, fase y/o frecuencia) de la señal portadora en base a la amplitud de la señal moduladora, generando así la señal modulada.

Modulación POR ONDA CONTINUA analógica → portadora ANALÓGICA, moduladora analógica:

- **AM · Modulación de Amplitud** → la información viaja en la **amplitud** de la señal modulada:
 - Para generar la señal modulada, se hace variar la **amplitud** de la señal portadora.
 - A mayor amplitud de la señal moduladora → mayor amplitud en la señal modulada.
 - En el espectro, se generan dos bandas → banda lateral inferior y banda lateral superior.
 - AB para banda lateral única (BLU) → $AB_{BLU} = AB_{moduladora}$
AB para doble banda lateral (DBL) → $AB_{DBL} = 2 \cdot AB_{moduladora}$ → se usa el doble de AB.

- **FM · Modulación de Frecuencia** → la información viaja en la **frecuencia** de la señal modulada:
 - Para generar la señal modulada, se hace variar la **frecuencia** de la señal portadora.
 - A mayor amplitud de la señal moduladora → mayor **frecuencia** en la señal modulada.
 - AB para FM banda angosta → $AB_{B\text{angosta}} = 2 \cdot AB_{\text{moduladora}}$.
 - AB para FM banda ancha → $AB_{B\text{ancha}} = 2 \cdot (AB_{\text{moduladora}} + \Delta f_{\text{máx}})$ → se usa mayor AB.
- **PM · Modulación de Fase** → la información viaja en la **fase** de la señal modulada.
 - Para generar la señal modulada, se hace variar la **fase** de la señal portadora.
 - A mayor amplitud de la señal moduladora → mayor corrimiento de fase en la señal modulada.

Modulación POR ONDA CONTINUA digital → portadora ANALÓGICA, moduladora digital:

- **ASK · Amplitude Shift Keying** → la información viaja en la **amplitud** de la señal modulada:
 - Para generar la señal modulada, se hace variar la **amplitud** de la señal portadora.
 - Equivalente a AM, pero la señal moduladora es digital.
 - Tiene dos variantes:
 - ASK por Variación de Nivel → se modifica la amplitud de la señal portadora.
 - Tiene varias variantes → M-ASK, siendo M la cantidad de posibles amplitudes que representan tantos estados/niveles:
 - B-ASK o 2-ASK → 2 posibles amplitudes → 2 posibles estados/niveles.
 - Q-ASK o 4-ASK → 4 posibles amplitudes → 4 posibles estados/niveles.
 - 8-ASK → 8 posibles amplitudes → 8 posibles estados/niveles.
 - ASK por Supresión de Nivel (OOK) → se elimina la amplitud de la señal portadora, interrumpiendo la señal.
 - A mayor cantidad de bits ($n = \log_2(M)$), mayor velocidad de transmisión.
- **FSK · Frequency Shift Keying** → la información viaja en la **frecuencia** de la señal modulada:
 - Para generar la señal modulada, se hace variar la **frecuencia** de la señal portadora.
 - Equivalente a FM, pero la señal moduladora es digital.
 - Tiene varias variantes → M-FSK, siendo M la cantidad de posibles frecuencias que representan tantos estados/niveles.
 - A mayor cantidad de bits ($n = \log_2(M)$), mayor velocidad de transmisión.
- **PSK · Phase Shift Keying** → la información viaja en la **fase** de la señal modulada:
 - Para generar la señal modulada, se hace variar la **fase** de la señal portadora.
 - Tiene varias variantes:
 - M-PSK, siendo M la cantidad de posibles fases que representan tantos estados/niveles:
 - B-PSK o 2-PSK → 2 posibles fases → 2 posibles estados/niveles.
 - Q-PSK o 4-PSK → 4 posibles fases → 4 posibles estados/niveles.
 - 8-PSK → 8 posibles fases → 8 posibles estados/niveles.
 - OQ-PSK → evita fluctuaciones de gran amplitud en los saltos de 180°.
 - D-PSK → la información va en el salto de fase sin referencia de fase absoluta → la referencia que se toma es la del último símbolo recibido.
 - A mayor cantidad de bits ($n = \log_2(M)$), mayor velocidad de transmisión.

- **QAM · Quadrature Amplitude Modulation** → la “combinación” entre PSK y ASK → la información viaja en la **fase** y en la **amplitud** de la señal modulada:
 - Para generar la señal modulada, se hacen variar la **fase** y la **amplitud** de la señal portadora.
 - Tiene varias variantes → M-QAM, siendo M la cantidad de posibles fases que representan tantos estados o niveles:
 - 8-QAM → 8 posibles combinaciones de fases y amplitudes → 8 posibles estados/niveles.
 - 16-QAM → 16 posibles combinaciones de fases y amplitudes → 8 posibles estados/niveles.
 - 32-QAM → 32 posibles combinaciones de fases y amplitudes → 8 posibles estados/niveles.
 - 64-QAM → 64 posibles combinaciones de fases y amplitudes → 8 posibles estados/niveles.
 - A mayor cantidad de bits ($n = \log_2(M)$), mayor velocidad de transmisión.

Modulación POR PULSOS analógica → portadora digital, moduladora analógica:

- **PAM · Pulse Amplitude Modulation · Modulación por Amplitud del Pulso** → la información viaja en la **amplitud** del pulso de la señal modulada.
- **PDM · Pulse Density Modulation · Modulación por Duración del Pulso** → la información viaja en la **duración** del pulso de la señal modulada.
- **PPM · Pulse Position Modulation · Modulación por Posición del Pulso** → la información viaja en la **posición** del pulso (respecto a la señal de *clock*) de la señal modulada.

Digitalización de una señal analógica – Pasos para la Conversión:

1. **Muestreo** → se toman muestras de una señal a una frecuencia mayor a la frecuencia de Nyquist (la cual garantiza un muestreo correcto), de manera que se pueda reconstruir, a partir de la señal muestreada (que es analógica), la señal original.
2. **Cuantificación** → los valores de las muestras se aproximan a niveles discretos preestablecidos (cuantificados) → es donde se hace la conversión *per se* analógica–digital.
En este paso se producen errores de cuantificación, los cuales resultan de la diferencia entre la señal muestreada y la señal cuantificada.

La cuantificación puede ser:

- Uniforme o Lineal → los niveles son equidistantes.
- NO Uniforme o NO Lineal → los niveles no son equidistantes.
 - Se aplica compansión (compresión–expansión) → se usan más cantidad de niveles en donde la señal tiene menor probabilidad de ocurrencia, que es donde más información hay → el transmisor comprime los niveles; el receptor los expande.
 - Para la compansión existen dos **leyes de cuantificación** o distribución de niveles:

Ley	μ	A
Usada en...	EEUU.	Argentina, Europa.
Cantidad de Segmentos	15.	13.
Bits por Muestra	7.	8.
Niveles por Muestra	128.	256.
Velocidad de transmisión típica	56 kbps.	64 kbps.

3. **Codificación** → a cada nivel cuantificado se le asigna un código binario.

Modulación POR PULSOS digital → portadora digital, moduladora digital:

- **PCM · Pulse Code Modulation · Modulación por Codificación de Pulso** → la información viaja en la codificación del pulso de la señal modulada.

$$v_{Tx} = f_{\text{muestreo}} \left[\frac{\text{muestra}}{s} \right] \cdot n \left[\frac{\text{bits}}{\text{muestra}} \right]$$

$$t_{\text{muestreo}} = \frac{1}{f_{\text{muestreo}} \left[\frac{\text{muestra}}{s} \right]}$$

$$v_{Tx} = \frac{n \left[\frac{\text{bit}}{\text{muestra}} \right]}{t_{\text{muestreo}} [s]}$$

- **Delta** → usa “escalones”, donde siempre sube o siempre baja un escalón por vez.
 - Compara el último valor de salida con el valor actual de la señal y luego envía un valor de dos posibles:
 - Si es mayor, baja un escalón → envía un valor.
 - Si es menor, sube un escalón → envía el otro valor.
 - Presenta varios problemas:
 - En el arranque → desde que se inicia hasta que los valores son cercanos
 - En la persecución → cuando la señal es constante o bien cuando la señal varía menos de un escalón, la salida oscila entre los dos valores más cercanos (un escalón por encima o un escalón por debajo).
 - En la sobrecarga de la pendiente → cuando la señal crece o decrece más rápidamente de lo que pueden alcanzar los escalones.
- **Delta Adaptativa** → similar a la modulación Delta, pero los valores de los saltos son variables para acompañar a la señal original:
 - Si la señal recibida se mantiene constante o oscilando → los saltos de los escalones son cada vez de menor amplitud.
Si la señal recibida se mantiene creciendo o decreciendo → los saltos de los escalones son cada vez de mayor amplitud.
 - Resuelve los problemas de la modulación Delta:
 - En el arranque → al darle mayor amplitud.
 - En la persecución → al darle menor amplitud.
 - En la sobrecarga de pendiente → al darle mayor amplitud.
- **D-PCM · Differential Pulse Code Modulation · Modulación PCM Diferencial** → combina parte de la modulación PCM con la modulación Delta.
 - Reemplaza el modulador de pulsos por un dispositivo muestreador-cuantificador.

U8 · MULTIPLEXACIÓN

MULTIPLEXACIÓN → técnica para transmitir, de manera simultánea, varias comunicaciones sin que se interfieran, por un único medio de comunicaciones (FO, cable coaxil, par de cobre, radio, etc.).

Se busca:

- Aprovechar al máximo el AB disponible en el medio.
- Reducir costos → si bien hay un costo inicial del multiplexor y demultiplexor, a la larga se reducen los costos de comunicación.
- Transparencia en el uso → no afectar la QoS.

Multiplexor/Demultiplexor · MUX/DEMUX → considerados DCEs:

- Trabajan de a pares.
- Operan en Capa 2 (Enlace de Datos) del Modelo OSI → deben asegurar el enlace de comunicaciones.

Técnicas de Multiplexación:

- **FDM · Multiplexación por División de Frecuencia** → el recurso que se divide es la frecuencia.
 - Divide el AB disponible de un medio en ABs para canales independientes.
 - Es una técnica analógica.
 - Puede multiplexar tanto señales analógicas como señales digitales.
 - Procedimiento – 3 pasos:
 1. Modulación → cada señal se corre en el espectro hacia una determinada nueva frecuencia que le corresponde a dicho canal.
 2. Filtrado pasa banda → elimina el ruido de frecuencias ajenas al canal modulado.
 3. Suma de todas las señales y posibles ruidos de cada una.
 - Existe una banda de seguridad → AB entre canales consecutivos que evita la vulneración de la transparencia y, así, la calidad.
 - Jerarquía FDM – Órdenes de multiplexación: → varios canales se agrupan en un grupo primario, varios grupos primarios se agrupan conformando un grupo secundario y sucesivamente con los grupos terciario, cuaternario y de órdenes mayores.
- **TDM · Multiplexación por División de Tiempo** → el recurso que se divide es el tiempo.
 - Divide el tiempo de transmisión en ranuras de tiempo (*time slots*) → cada canal tiene su ranura de tiempo reservada y no puede ser ocupada por otro canal.
 - Es una técnica digital.
 - Multiplexa señales digitales → si la información es analógica, primero se debe digitalizar (muestreo, cuantificación y codificación).
 - Debe respetarse tanto el orden como el sincronismo.
 - Paquete de información → “trama TDM”:
 - El armado de tramas puede ser: de a 1 bit a la vez o de a varios bits a la vez.
 - Se muestrea a una velocidad de 8.000 muestras por segundo → el número se debe al canal de voz [AB = 4 kHz] en relación a la frecuencia de Nyquist.
 - Cada canal digital en PCM se integrará a una trama TDM → cada canal está en la misma posición en todas las tramas.
 - En el primer orden (de jerarquía), el armado de la trama TDM responde a dos leyes:

Ley	μ Norma G.733 (UIT)	A Norma G.732 (UIT)
Nombre de Trama	Trama T1 o PCM-24.	Trama E1 o PCM-30.
Usada en...	EEUU, Japón.	Argentina, Europa.
Bits por Trama	193.	256.
Composición de la Trama	<u>192 bits</u> de información y señalización: <ul style="list-style-type: none"> • 24 canales de información. • 8 bits por canal: <ul style="list-style-type: none"> ○ 7 bits de información. ○ 1 bit de señalización. <u>1 bit</u> para sincronismo.	<u>256 bits</u> por trama. <ul style="list-style-type: none"> • 32 canales en total: <ul style="list-style-type: none"> ○ 30 canales de información. ○ 1 canal de sincronismo. ○ 1 canal de señalización. • 8 bits por canal.
Intervalo de Muestreo o Duración de cada Trama	125 μs.	125 μs.
Velocidad de Transmisión de cada Trama	1,544 Mbps.	2,048 Mbps.

- Jerarquía TDM – Órdenes superiores → usadas para agrupar tramas de menor orden en tramas de mayor orden:
 - **PDH · Jerarquía Digital Plesiócrona** → **E2/T2, E3/T3, E4/T4, E5/T5.**
 - “Plesio” = “casi igual a lo sincrónico”.
 - La duración de la trama varía según el nivel.
 - Los relojes del mismo orden son iguales; pero los relojes de distinto orden son independientes entre sí.
 - Poca flexibilidad.
 - Baja capacidad de control y mantenimiento.
 - Juntando varias tramas E1, se obtiene una trama E2... Juntando varias tramas E2, se obtiene una trama E3. Y así sucesivamente con más órdenes...
 - Se agrega información del siguiente nivel para mantener sincronismo.
 - **SDH · Jerarquía Digital Sincrónica** → **STM1/OC1, ..., STM5/OC5.**
 - Todas las tramas de todos los niveles tienen la misma duración → 125 μs.
 - Todos los niveles usan el mismo reloj → se tiene un único sincronismo.
 - Alta flexibilidad.
 - Capacidad de control, gestión, mantenimiento, etc.
 - Un contenedor virtual SDH permite transportar señales SDH y PDH.
Equipos *Add-Drop* → pueden bajar información sin tener que demultiplexar.
Equipos *Cross-Connect* → pueden comunicar una SDH con una PDH.
 - SDH (Europa) y SONET (EEUU) → las señales eléctricas se multiplexan y luego se convierten en señales ópticas (de luz).
- **STDM · Multiplexación por División de Tiempo Estadístico** → el recurso que se divide es el tiempo, pero haciendo una asignación dinámica.
 - En lugar de tener ranuras fijas de tiempo para cada canal, las ranuras de tiempo se asignan en forma dinámica.
 - Más eficiente que TDM → aprovecha mejor el tiempo de trama.

- **WDM · Multiplexación por División de Longitud de onda** → el recurso que se divide es la longitud de onda.
 - A cada canal se le asigna un rango de longitudes de onda distinto.
 - Se transmiten en forma simultánea varios rangos de longitudes de onda.
 - Todas las señales llegan al mismo tiempo.
 - Usada únicamente en FO monomodo.
 - Altas velocidades de transmisión → 2,5 Gbps a 40 Gbps.
 - Diferencia con SDH/SONET → en WDM las señales que se multiplexan ya son señales ópticas.
 - **DWDM · Multiplexación por División de Longitud de Onda Densa:**
 - Divide el espectro en partes más grandes → el espectro está concentrado.
 - Permite amplificar las longitudes de onda simultáneamente sin convertirlas en señales eléctricas.
 - Puede ser unidireccional y bidireccional.
 - **CWDM · Multiplexación por División de Longitud de Onda Gruesa:**
 - Divide el espectro en partes más chicas → el espectro está distribuido.
 - Es unidireccional.
- **CDM · Multiplexación por División de Código** → el recurso que se asigna es un código pseudoaleatorio.
 - El AB original de la señal se ensancha por medio de un código pseudoaleatorio → se asigna un código distinto para cada usuario.
 - El transmisor utiliza cierto código pseudoaleatorio, el cual es necesario para que el receptor pueda recibir la información transmitida.

A cada técnica de multiplexación se la asocia a un **método de acceso múltiple**.

Métodos de Acceso Múltiple → técnicas para compartir el acceso de forma ordenada y organizada a una red o un sistema determinado:

- **FDMA · Acceso Múltiple por División de Frecuencia** → usa FDM:
 - A cada usuario se le asigna una frecuencia distinta.
- **TDMA · Acceso Múltiple por División de Tiempo** → usa TDM:
 - Varios usuarios usan el mismo canal de frecuencia en forma secuencial.
 - Las ranuras de tiempo se repiten.
- **CDMA · Acceso Múltiple por División de Frecuencia** → usa CDM:
 - A cada usuario se le asigna un código único.
 - Varios usuarios usan la misma banda al mismo tiempo.
 - Cada canal se esparce sobre la banda de frecuencia disponible.
- **SDMA · Acceso Múltiple por División de Espacio**.
- **DAMA · Acceso Múltiple por Asignación a Demanda**.

U8 · MÓDEMS

MÓDEM → DCEs que adaptan las señales para que puedan ser transmitidas por medios de comunicaciones.

- Opera en Capa 2 (Enlace de Datos) del Modelo OSI → aseguran el enlace, la transferencia de datos.
- El uso es de a pares.
- Composición:
 - Un codificador → codifica/decodifica → ubicado del lado del DTE.
 - Un modulador → modula/demodula → ubicado del lado del medio de comunicación.
 - El módem banda base no realiza modulación.
- Modulan/demodulan y codifican/decodifican.
- Otras funciones (complementarias y especiales):
 - Control de flujo de datos → dar avisos cuando la capacidad de buffer está siendo superado.
 - Señalización → toda la información que se intercambia para establecer una comunicación.
 - Ecualización del canal → la ecualización reduce la distorsión.
 - Detección y Corrección de errores.
 - Discado y Recepción automática de llamadas.
 - Almacenamiento y Procesamiento de la información.
 - Compresión de datos → la idea es usar con mayor eficiencia el canal telefónico.
 - Autodiagnóstico → para comprobar problemas en el puerto de salida, en la línea, etc.
 - Multiplexado de canales → FDM, por ejemplo.

Módem de Rango Vocal → transmite datos por el canal telefónico, en el canal de la voz (AB = 4 kHz):

- Serie de la comunicación de datos por la red telefónica → normas V.24 y V.28.
- Aspectos técnicos y operativos → tensión de alimentación, frecuencia de alimentación, sistema de portadora, requerimientos del canal, banda pasante, distorsión, relación señal/ruido, etc.

Módem Banda Base → hace la conversión entre un código fuente y un código banda base.

- No modula, sino que solamente codifica → trabaja en la banda base.
- Puede trabajar con:
 - Línea de 2 hilos → le llega al abonado → no se pueden usar amplificadores.
 - Línea de 4 hilos → líneas usadas para poder usar amplificadores.
- Velocidad de transmisión → hasta 2 Mbps.

Módem X-DSL → con “DSL” se refiere a la línea de abonado digital:

- Buscan aprovechar al máximo la capacidad del cable de cobre.
- “X” → indica la forma de trabajo del módem:
 - ADSL → línea de velocidad asimétrica → modula en DMT.
 - VDSL → línea de muy alta velocidad asimétrica, comparada con ADSL.
 - HDSL → línea de alta velocidad simétrica ($v_{subida} = v_{bajada}$).
 - SDSL → línea de mayor velocidad simétrica ($v_{subida} = v_{bajada}$), comparada con HDSL.

Cable Módem → permite la conexión a Internet y, con ello, la transferencia de datos:

- Aprovecha el cable coaxial → se tienen mayores velocidades de transmisión.
- Puede tener varias funciones → *router, switch, access point, firewall*, etc.
- Modula en QAM.

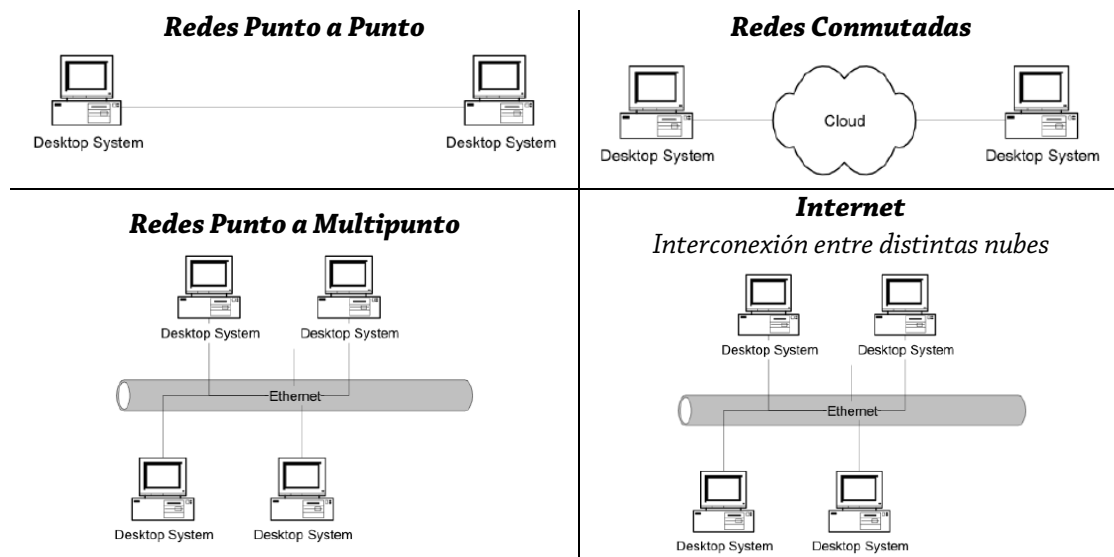
U9 · INTRODUCCIÓN A LAS REDES DE TELECOMUNICACIONES

RED → conjunto de recursos de comunicaciones e informática que forman un sistema para transportar información → el objetivo principal es compartir recursos.

Composición de las Redes:

- Equipos terminales (DTEs) → empleados por los usuarios que requieren disponer de esa red.
- Nodos de red → dispositivos que permiten el transporte de información.
- Enlaces de comunicaciones → vinculan equipos terminales con nodos de red.

Tipos de Redes:



Clasificación de los Tipos de Enlaces:

- Según los puntos que une:
 - Punto a Punto → ejemplos: ARQ, FEC.
 - Punto a Multipunto → ejemplo: FEC.
- Según las características:
 - **Dedicados** → el medio no se comparte
 - No hay intermediarios entre transmisor y receptor.
 - **Conmutados** → el medio se comparte.
 - Hay intermediarios entre transmisor y receptor.
 - **Conmutación de Circuitos** → cada conmutador establece una conexión y, de esa manera, queda definido un camino:
 - Hay monopolio de recursos → el recurso de conmutación no se comparte, sino que queda reservado solamente para la comunicación entre [A] y [B].
 - Es con conexión → se establece una conexión entre [A] y [B], la cual luego debe ser mantenida y liberada.
 - **Conmutación de Paquetes** → entre paquete y paquete quedan espacios/tiempos que pueden ser aprovechados por otros paquetes de otras comunicaciones:
 - No hay monopolio de recursos → se comparten tanto los recursos de conmutación como los enlaces.
 - Tiene dos modos de operación → **circuitos virtuales** o **datagramas**.

Conmutación de <u>CIRCUITOS</u>	Conmutación de <u>PAQUETES</u> <u>Circuitos Virtuales</u>	Conmutación de <u>PAQUETES</u> <u>Datagramas</u>
Con conexión física.	Con conexión virtual.	Sin conexión virtual.
Ruta dedicada.	Ruta no dedicada.	No hay ruta.
La ruta se establece para toda la transmisión.		Cada paquete tiene su propio encaminamiento.
Encaminamiento más rígido, ya que siempre es un único camino.	El encaminamiento es por la ruta menos costosa en retardos y cantidad de saltos.	
Los datos transmitidos llegan en orden.		Los datos transmitidos no llegan en orden.
Transmisión en forma continua.	Transmisión paquetizada.	
Uso eficiente para voz. Uso ineficiente para datos.	Uso eficiente para datos. Menos eficiente para voz.	
Se cobra por tiempo y distancia.	Se cobra por cantidad de paquetes y tiempo. La distancia, en general, no influye.	
Puede haber retardo en el establecimiento de la conexión.		Puede haber retardo durante la transmisión de paquetes.
La congestión bloquea el establecimiento de la conexión.		La congestión aumenta el retardo de la transmisión de paquetes.

Servicios que brindan los protocolos	Servicios CON conexión (orientados a la conexión)	Servicios SIN conexión (orientados a la no conexión)
<i>Monopolio de recursos</i>	CON y SIN.	SIN.
<i>Orden de llegada</i>	CON orden de llegada.	SIN orden de llegada.
<i>Encaminamiento</i>	Un único camino.	Independiente por cada PDU.
<i>Transferencia</i>	Transferencia libre de errores.	Enfoque: mejor intento.
<i>Modo de operación</i>	CIRCUITO VIRTUAL.	DATAGRAMA.

Siempre que se trabaje con servicios con conexión (orientados a la conexión) es necesario:

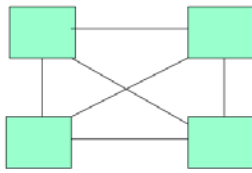
Establecer la comunicación → Mantener la comunicación → Liberar la comunicación.

Tipos de Conmutación

		Monopolio de Recursos	Conexión
<i>Conmutación de Circuitos</i>		CON	CON
<i>Conmutación de Paquetes</i>	<i>Modo Circuitos Virtuales</i>	SIN	CON
	<i>Modo Datagramas</i>	SIN	SIN

Topología de las Redes → se manejan en Capa Física (1).

Malla

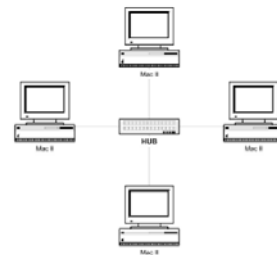


- Más común con pocos nodos.
- La cantidad de enlaces queda determinada por la cantidad de nodos:

$$N_{enlaces} = \frac{n_{nodos} \cdot (n_{nodos} - 1)}{2}$$

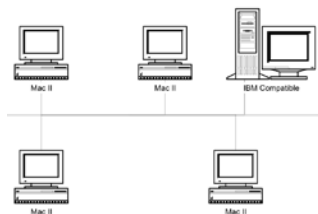
- Tiene mayores costos (debido a los enlaces).

Estrella

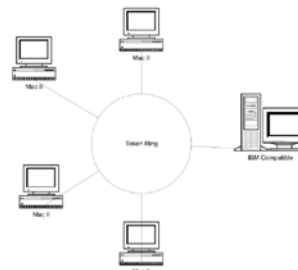


- Más común con muchos nodos → la poca confiabilidad se resuelve agregando redundancia.
- Hay tantos enlaces como terminales.
- Un SWITCH en el medio.

Bus o Lineal



Ring o Anillo



Híbridas

combinación de dos o más de las anteriores.

	Malla	Estrella	Bus/Lineal	Ring/Anillo
Cantidad de Nodos	★★★★★	★★	★★★★	★★★★
Cantidad de Enlaces Necesarios	★★★★★	★★★★★	★	★
Confiabilidad	★★★	★★★	★★★	★
Facilidad de Reconfiguración de la Red	★★★★★	★	★★★★★	★
Facilidad de Localización de las Fallas	★	★★★★★	★	★★★★★

Referencias:

★★★★★ → Alto

★★★★ → Medio-Alto.

★★★ → Medio.

★★ → Bajo/Medio.

★ → Bajo.

Una **red telefónica** se puede dividir en distintos **niveles** y la topología utilizada es según conveniencia.

Cada uno de esos **niveles** se distribuyen geográficamente:

- Primario – Última milla o Lazo de abonado o Acometida → el primer nodo, donde interviene el cliente.
 - Circuitos híbridos → basado en el fenómeno de la inducción, la calidad de la comunicación no se ve afectada.
- Plano urbano.
- Plano interurbano.
- Plano internacional.

Señalización → refiere a toda la información intercambiada para el establecimiento, el mantenimiento y la liberación de una comunicación.

- **SAC · Señalización Asociada al Canal** → cada canal tiene su señalización (un pequeño AB).
 - Se trabaja en forma analógica.
 - Ejemplo: FDM.
- **SCC · Señalización por Canal Común** → en el mismo canal va la señalización de los otros canales.
 - Se trabaja en forma digital.
 - Ejemplo: PCM-30.

La **ingeniería de tráfico** es un análisis necesario para dimensionar el uso de una red.

Tráfico Telefónico – Flujo de Tráfico – Volumen de Tráfico (→ datos):

$$A = C \cdot TR$$

Siendo:

A el flujo de tráfico o el volumen de tráfico. $A = [Erlang] = [E]$.
 C la intensidad de tráfico. $C = \left[\frac{\text{cantidad de llamadas}}{\text{unidad de tiempo}} \right]$.
 TR tiempo de retención o duración de llamada. $TR = [\text{unidad de tiempo}]$.

ISDN (RDSI · Red Digital de Servicios Integrados) → red totalmente digital.

- Consiste en llevar información digital (a través de enlaces de comunicaciones digitales), desde la central al domicilio del usuario, a varios dispositivos en forma simultánea.
- Capa 1 (Capa Física) del Modelo OSI.
- Se trabaja con modulación PCM → PCM-30 y PCM-24.
- Aplica multiplexación TDM → la multiplexación es de orden superior.
- Sobre ISDN se tienen redes como x.25, *Frame Relay* y ATM.

Interfaz	Canales	$v_{\text{útil}}$	$v_{\text{total}} = v_{\text{útil}} + v_{\text{sincronismo}}$
Acceso BRI <i>Interfaz de Velocidad Básica</i>	2B+D.	144 kpbs.	160 kpbs.
PRI – EEUU <i>Interfaz Primaria</i>	23B + D	1.536 kpbs.	1.544 kbps.
PRI – Europa <i>Interfaz primaria</i>	31B + D	2.048 kpbs.	2.048 kbps.

Donde:

“B” → Canal B → canal de información de usuario → 64 kbps.

“D” → Canal D → canal de datos de señalización → si es BRI, 16 kbps; si es PRI, 64 kbps.