



# Tema 7. Nivel físico

Introducción a las redes de ordenadores

Boni García  
Curso 2017/2018

# Índice de contenidos

---

1. Introducción al nivel físico
2. Unidades de información binaria
3. Medios de transmisión

# Índice de contenidos

---

1. Introducción al nivel físico
  - Servicio proporcionado por el nivel físico
  - Ondas electromagnéticas
  - Espectro radioeléctrico
  - Conceptos importantes en transmisión de datos
  - Evolución del ancho de banda digital
2. Unidades de información binaria
3. Medios de transmisión

# 1. Introducción al nivel físico

---

## Servicio proporcionado por el nivel físico

- Envío y recepción de bits entre hosts (transmisión de datos)
  - Modulación (transportar una señal en una determinada frecuencia)
  - Codificación de línea (transmisión digital sin modulación)
  - Sincronización de bits
- Especificación de los medios de transmisión
  - Tipo de cables y conectores
  - Especificación eléctrica/óptica (niveles de señal, impedancia)
  - Definición de la interfaz radio (frecuencia, potencia de señal, ancho de banda)
- Detección de inicio y final de trama
- Detección de portadora y detección de colisión

# 1. Introducción al nivel físico

---

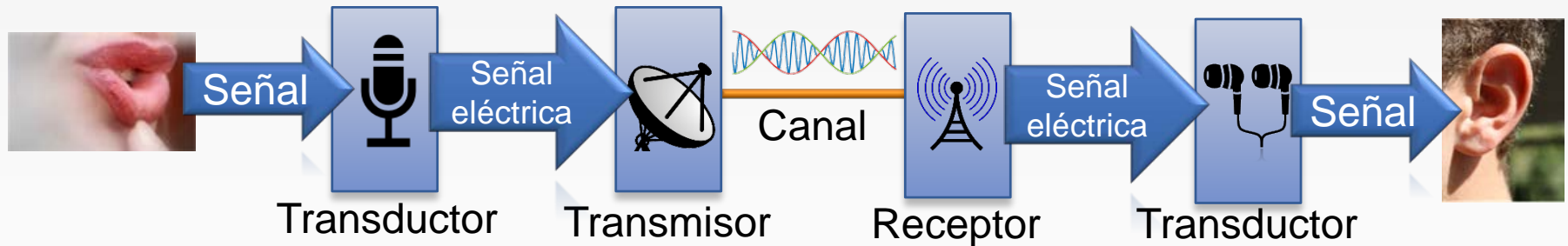
## Servicio proporcionado por el nivel físico

- La **transmisión de datos** consiste en la transferencia física de datos (flujo de bits) por un canal de comunicación punto a punto o punto a multipunto
- Tipos de técnicas de transmisión:
  - Transmisión en **banda base**: las señales se transmiten no sufren ningún proceso de modulación ni desplazamiento en frecuencia
    - Ejemplo: Telefonía fija (la señal eléctrica producida por el transductor se transmite directamente por el cable)
  - Transmisión en **paso banda**: la señales se transmiten moduladas, típicamente sobre una señal portadora sinusoidal
    - Ejemplo: Radio, TV
  - Transmisión en **banda ancha**: se envían simultáneamente varias señales por un mismo medio de transmisión
    - Ejemplo: ADSL

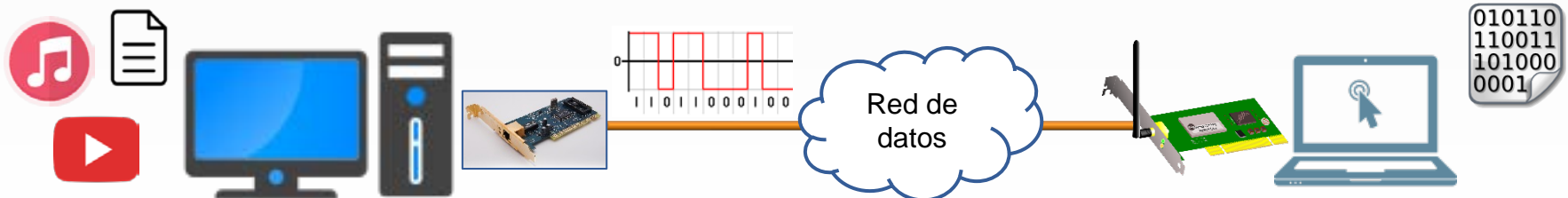
# 1. Introducción al nivel físico

## Ondas electromagnéticas

- Una **señal** es una función que contiene información
- Tipos de señales en función de su valor:
  - Analógicas: Puede tomar cualquier valor



- Digitales: Sólo puede tomar un conjunto de valores



# 1. Introducción al nivel físico

---

## Ondas electromagnéticas

- Para transmisión de señales se usan **ondas electromagnéticas**:
  - Señales de tensión eléctrica
  - Señales de radiofrecuencia, microondas o infrarrojos
  - Pulsos de luz visible
- Una **onda** es la propagación de una perturbación física sin que exista un transporte neto de materia. Los tipos de ondas en función del medio en que se propagan son:
  - **Mecánicas**: Necesitan un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso) para transmitirse. Por ejemplo, el sonido (transmisión de variaciones de presión a través de un medio elástico)
  - **Electromagnéticas**: No necesitan de un medio para transmitirse (pueden transmitirse en el vacío). La radiación electromagnética es una combinación de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que se propagan por el espacio

# 1. Introducción al nivel físico

## Ondas electromagnéticas

- Fundamentos físicos de la ondas electromagnéticas
  - Ecuaciones de Maxwell** (unificación leyes electricidad y magnetismo, 1865)

Ley	Fórmula	Explicación
Ley de Gauss	$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$	“La divergencia del campo eléctrico es igual a la densidad de carga”. El campo eléctrico nace en las cargas positivas y muere en las cargas negativas.
Ley de Gauss para el campo magnético	$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	“La divergencia del campo magnético es cero”. Las líneas de campo magnético no empieza ni acaban, son circulares.
Ley de Faraday-Lenz	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$	“El rotacional del campo eléctrico es igual a la tasa de cambio del campo magnético”. <b>Un campo magnético que varía en el tiempo genera un campo eléctrico.</b>
Ley de Ampère generalizada	$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t}$	“El rotacional del campo magnético es igual a la densidad de corriente más la tasa de cambio del campo eléctrico”. Una corriente crea campo magnético y <b>un campo eléctrico que varía en el tiempo genera un campo magnético.</b>

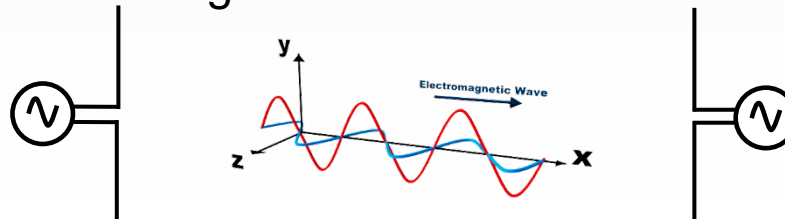
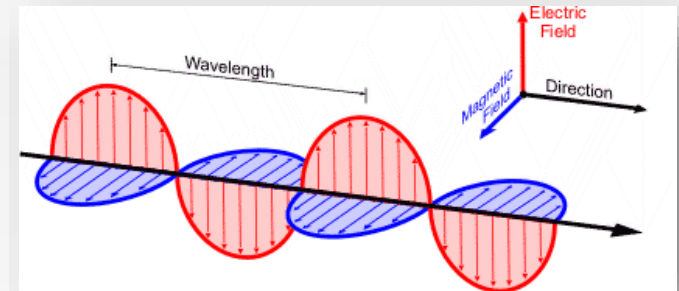


# 1. Introducción al nivel físico

## Ondas electromagnéticas

- Fundamentos físicos de la ondas electromagnéticas
  - En base a sus ecuaciones, Maxwell predijo la existencia de las ondas electromagnéticas:
 

*“Si un campo eléctrico produce un campo magnético y un campo magnético produce un campo eléctrico [...] se va a producir ahí una forma de energía en la cual basta con que yo genere un campo eléctrico variable, para que él genere un magnético que a su vez genere un eléctrico, que a su vez genere un magnético, que a su vez ...”*
  - En 1881 Heinrich Hertz consiguió inventar el primer transmisor y receptor usando ondas electromagnéticas → **antenas**



# 1. Introducción al nivel físico

## Ondas electromagnéticas

- Fundamentos físicos de la ondas electromagnéticos
  - **Dualidad onda-corpúsculo** (de Broglie, 1924)
    - Principio de postula que todas las partículas presentan propiedades de onda y partícula
    - La radiación electromagnética se comporta como onda al transmitirse pero se comporta como materia (fotón) al interactuar con la materia

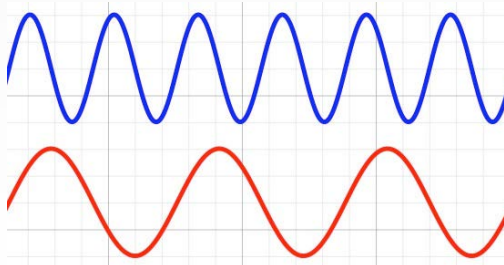
$$E = h\nu \text{ (relación de Plank)}$$

$$h = 6,62606896(33) \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = \lambda\nu$$

$$c = 299.792.458 \text{ ms}^{-1}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \nu = \text{frecuencia } [s^{-1} = \text{Hz}] \\ E = \text{energía } [J] \\ \lambda = \text{longitud de onda } [m] \\ h = \text{constante de Planck } [Js] \\ c = \text{velocidad de la luz } [ms^{-1}] \end{array} \right\}$$



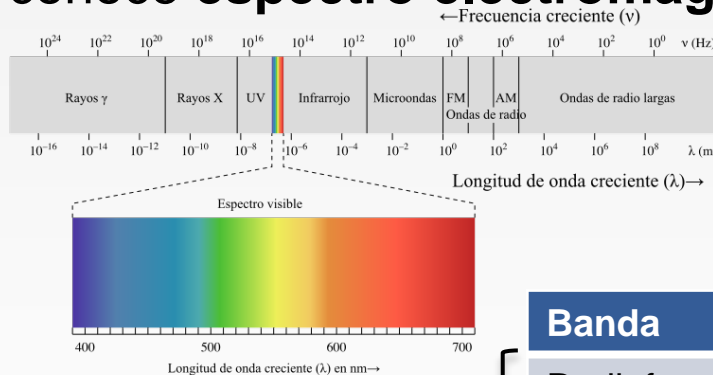
Alta frecuencia  
Alta energía

Baja frecuencia  
Baja energía

# 1. Introducción al nivel físico

## Ondas electromagnéticas

- El conjunto de todas las frecuencias de las ondas electromagnéticas se conoce **espectro electromagnético**



Radiaciones no ionizantes



Radiaciones ionizantes

Banda	$\nu$ mínima	$\nu$ máxima	$\lambda$ máxima	$\lambda$ mínima
Radiofrecuencia	3 Hz	300 GHz	100.000 km	10 mm
Infrarrojo	300 GHz	384 THz	10 mm	780 nm
Visible	384 THz	789 THz	780 nm	380 nm
Ultravioleta	789 THz	1,5 PHz	380 nm	10 nm
Rayos X	1,5 PHz	30 PHz	10 nm	10 pm
Rayos $\gamma$	30 PHz	-	10 pm	-

Óptica

# 1. Introducción al nivel físico

## Espectro radioeléctrico

- El **espectro radioeléctrico** es la porción del espectro electromagnético usado para comunicaciones inalámbricas:

Banda	Denominación	$\nu$ mínima	$\nu$ máxima	$\lambda$ máxima	$\lambda$ mínima
ELF	<i>Extremely low frequency</i>	3 Hz	30 Hz	100.000 km	10.000 km
SLF	<i>Super low frequency</i>	30 Hz	300 Hz	10.000 km	1.000 km
ULF	<i>Ultra low frequency</i>	300 Hz	3 kHz	1.000 km	100 km
VLF	<i>Very low frequency</i>	3 kHz	30 kHz	100 km	10 km
LF	<i>Low frequency</i>	30 kHz	300 kHz	10 km	1 km
MF	<i>Medium frequency</i>	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	<i>High frequency</i>	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	<i>Very high frequency</i>	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	<i>Ultra high frequency</i>	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	<i>Super high frequency</i>	30 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	<i>Extremely high frequency</i>	30 GHz	300 GHz	1 cm	10 mm

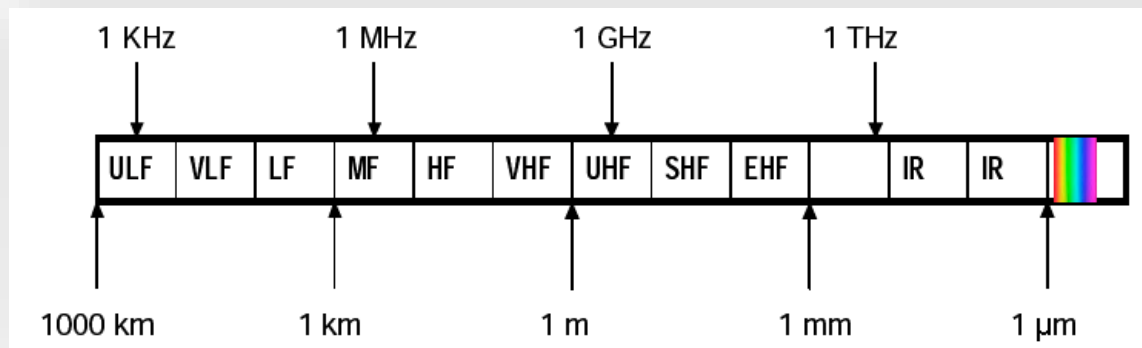
Microondas  
(1-300 GHz)



# 1. Introducción al nivel físico

## Espectro radioeléctrico

- Algunos aplicaciones típicas del espectro radioeléctrico:



**RFID**  
125-148,5 kHz



**Radio AM**  
535-1605 kHz



**NFC**  
13,56 MHz



**Radio FM**  
87-107 MHz



**TV**  
470-790 MHz



**Móvil**  
2G: 900 MHz  
3G: 2,5-2,69 GHz  
4G: 790-862 MHz



**WiFi**  
2,4 ó 5 GHz



**Bluetooth**  
2,4 GHz



**Microondas**  
2,45 GHz



**Telefonía fija inalámbrica**  
2,4 ó 5,8 GHz



**Mandos a distancia**  
~380 THz

# 1. Introducción al nivel físico

---

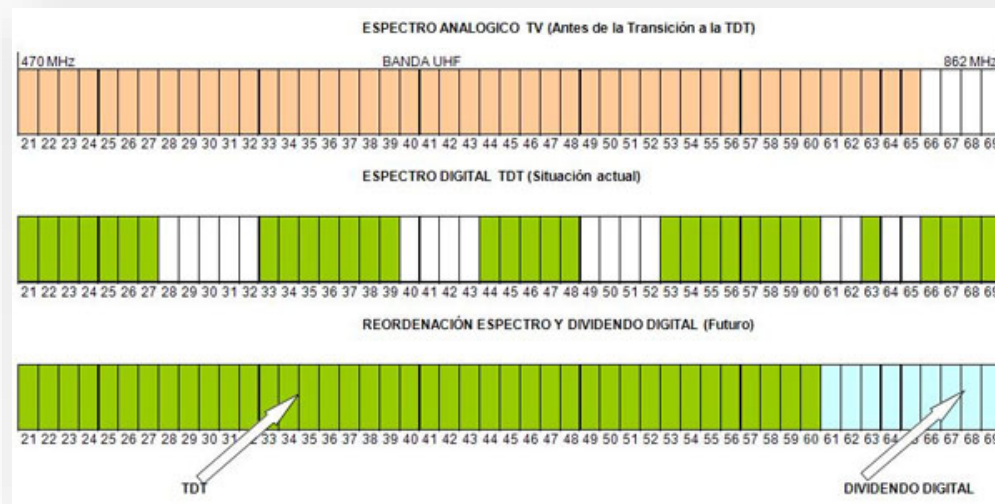
## Espectro radioeléctrico

- Las bandas **ISM** (*Industrial, Scientific and Medical*) son bandas reservadas internacionalmente para uso no comercial de radiofrecuencia
- Fueron definidas por la ITU-R (*International Telecommunications Union, Radio*)
- En la actualidad estas bandas han sido popularizadas por su uso en:
  - Comunicaciones WLAN (Wi-Fi) o WPAN (Bluetooth)
  - Dispositivos domésticos: hornos microondas, teléfonos fijos inalámbricos, monitores de bebés, etc
- La banda **U-NII** (*Unlicensed National Information Infrastructure*) se sitúa en los 5 GHz (5,15-5,825 GHz) y está libre para ser usada para dispositivos inalámbricos (por ejemplo, IEEE 802.11ac)

# 1. Introducción al nivel físico

## Espectro radioeléctrico

- En España, el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) es el organismo legal (dependiente del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España) que administra el espectro radioeléctrico
- La última actuación ha sido la [liberación del Dividendo Digital](#), redistribuyendo los canales 61 hasta 69 de la banda UHF (790-862 MHz) usados por la TDT para su uso en 4G (en [marzo de 2015](#))



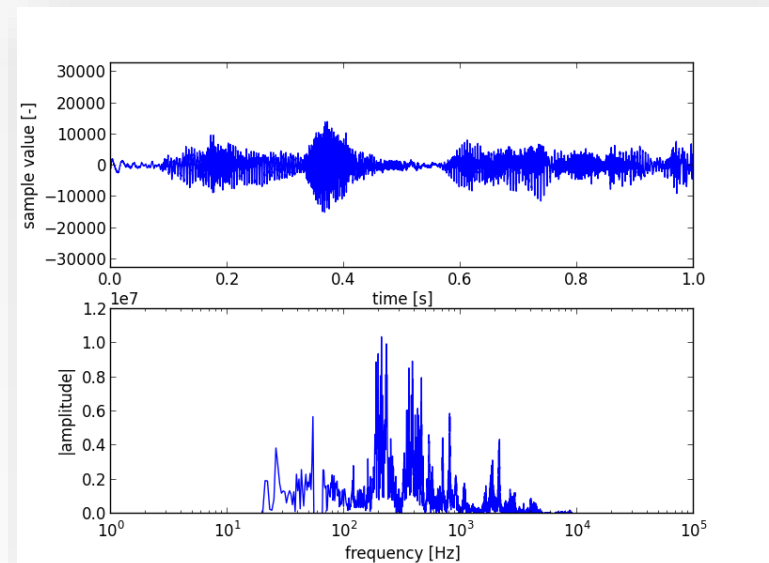
# 1. Introducción al nivel físico

## Conceptos importantes en transmisión de datos

- En transmisión de datos es muy conveniente trabajar con las señales en el dominio de la **frecuencia**
- Para ello se usa la **transformada de Fourier**, que es una herramienta matemática empleada para transformar señales entre el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia

$$F\{g(t)\} = G(f) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t)e^{-2\pi ift} dt$$

A una señal en el dominio de la frecuencia se le conoce como espectro





# 1. Introducción al nivel físico

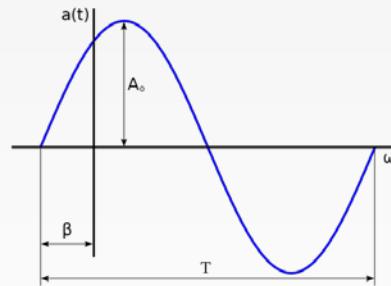
## Conceptos importantes en transmisión de datos

- Las **señales sinusoidales** juegan un papel muy importante en la transmisión de datos (tanto en la generación como en el procesamiento de señales)

$$a(t) = A_o \cdot \sin(2\pi f t + \beta)$$

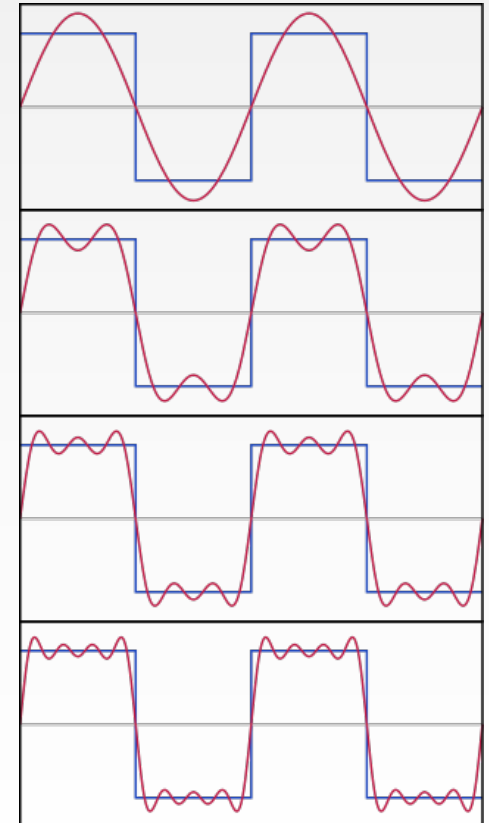
$$\omega = 2\pi f$$

$$T = \frac{1}{f}$$



- Cualquier señal puede ser expresada como una suma de ondas sinusoidales (series de Fourier)

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ a_n \cos \frac{2n\pi}{T} t + b_n \sin \frac{2n\pi}{T} t \right]$$



# 1. Introducción al nivel físico

---

## Conceptos importantes en transmisión de datos

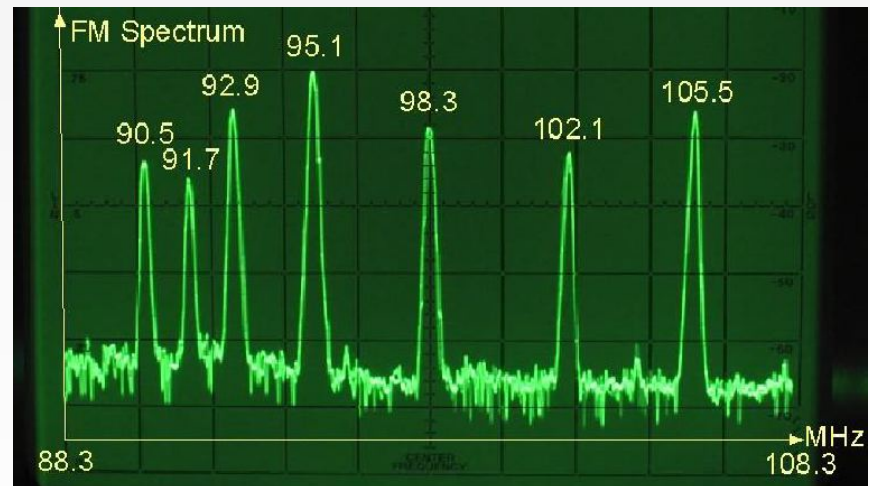
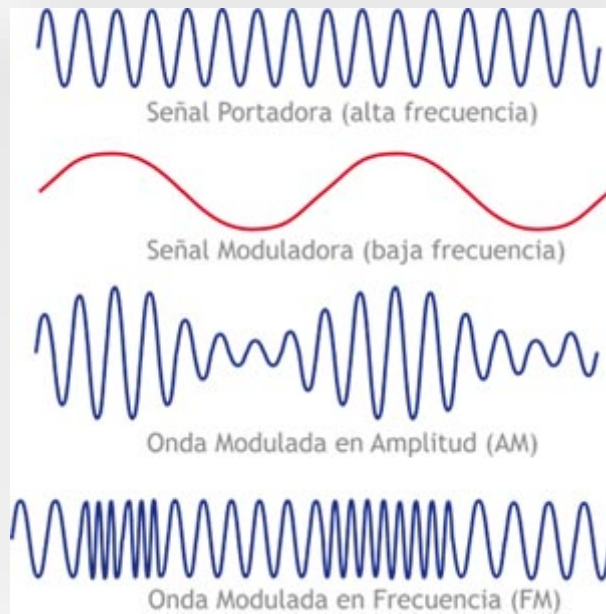
- **Modulación:** conjunto de técnicas que se usan para transportar información (señal moduladora) sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal de una determinada frecuencia
- Según la naturaleza de la señal moduladora, hay 2 tipos de modulación:
  - Modulación analógica: la señal moduladora es analógica
    - AM: Amplitud modulada
    - FM: Frecuencia modulada
    - PM: Modulación por fase
  - Modulación digital: la señal moduladora es digital
    - ASK: Modulación por desplazamiento de amplitud
    - FSK: Modulación por desplazamiento de frecuencia
    - PSK: Modulación por desplazamiento de fase
    - QAM: Modulación de amplitud en cuadratura

} Usadas por ejemplo en redes wifi

# 1. Introducción al nivel físico

Conceptos importantes en transmisión de datos

- Ejemplos de **modulación analógica**:



# 1. Introducción al nivel físico

Conceptos importantes en transmisión de datos

- Ejemplo de **modulación digital**:

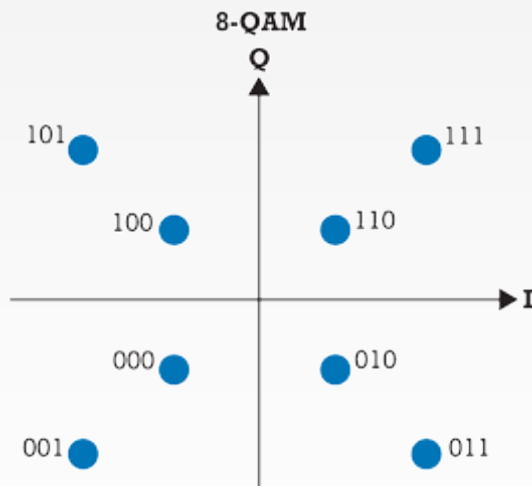
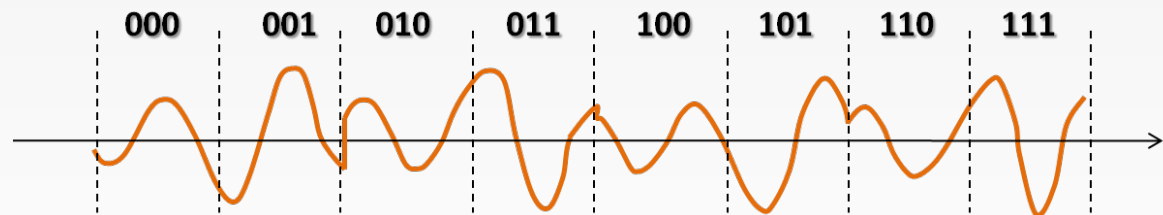


Diagrama de  
constelación

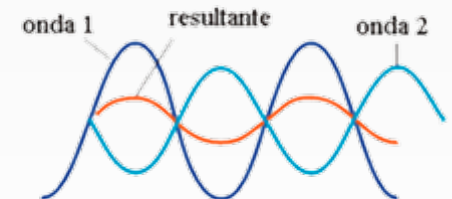
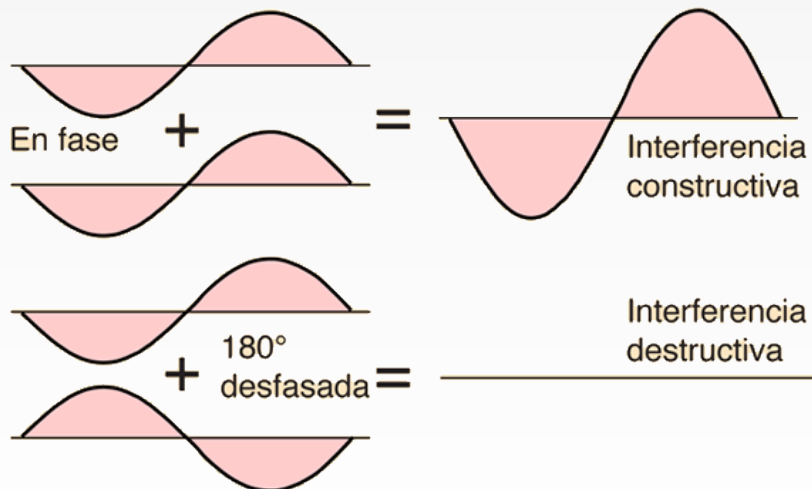


Señal modulada

# 1. Introducción al nivel físico

## Conceptos importantes en transmisión de datos

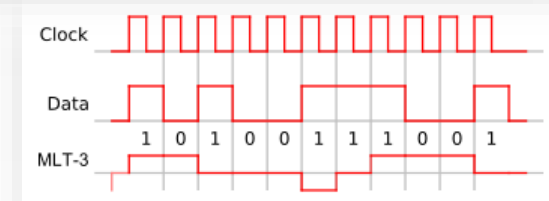
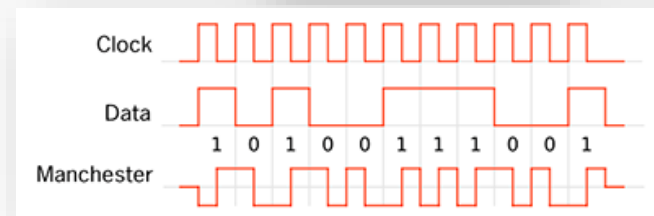
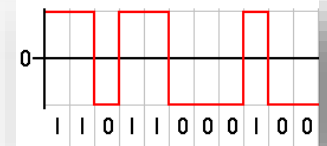
- **Interferencia:** es el fenómeno físico por el cual dos ondas de la misma frecuencia se superponen para formar una onda resultante con la suma de ambas



# 1. Introducción al nivel físico

## Conceptos importantes en transmisión de datos

- **Código de línea:** código utilizado para representar los dígitos binarios (modulación en **banda base**). Por ejemplo:
  - NRZ (*Non-return-to-zero*):
    - Nivel de tensión no vuelve a cero entre bits consecutivos
    - Usado en 100BASE-FX
  - Manchester:
    - En cada tiempo de bit hay una transición
    - Usado en 10BASE-T
  - MLT-3 (*Multi-Level Transmit*)
    - Varía cíclicamente entre 3 niveles
    - Cambia al siguiente nivel para transmitir 1, permanece si 0
    - Usado en 100BASE-TX



# 1. Introducción al nivel físico

---

## Conceptos importantes en transmisión de datos

- **Atenuación:** La energía de una señal decae con la distancia, con lo que hay que asegurarse que llegue con la suficiente energía como para ser captada en el receptor
  - A mayor frecuencia, mayor atenuación (menor distancia)
- El **ruido** es toda aquella señal que se inserta entre el emisor y receptor
  - El ruido debe ser sensiblemente menor que la señal original
  - Por esta razón en transmisión de datos se usa la relación **señal-ruido**:

$$SNR = \frac{S}{N} = \frac{P_{signal}}{P_{noise}}$$

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right)$$

# 1. Introducción al nivel físico

## Conceptos importantes en transmisión de datos

- El **ancho de banda** indica la cantidad de información que un sistema es capaz de transmitir o recibir por unidad de tiempo. Tipos:
  - **Ancho de banda (analógico)**: Rango de frecuencias (**Hz**) en el que se concentra la mayor parte de la potencia de una señal electromagnética
  - **Ancho de banda (digital)**: También llamado ancho de banda de red. Es la tasa binaria de transferencia (*throughput*) máxima. Se mide en bits por segundo (b/s = **bps**), aunque también se puede expresar en bytes por segundo (B/s = **Bps**)

Teorema de Shannon-Hartley

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{S}{N} \right) \left\{ \begin{array}{l} C = \text{tasa binaria [bps]} \\ B = \text{ancho de banda [Hz]} \\ \frac{S}{N} = \text{relación señal/ruido} \end{array} \right\}$$



# 1. Introducción al nivel físico

## Evolución del ancho de banda digital

WAN	Ethernet	WiFi	Móviles
Años 60-70: <a href="#">Acoplador acústico</a> : 300 baudios	1975: Experimental: 2,94 Mbps	1997: 802.11 2 Mbit/s	1981: 1G - NMT 1200 bps
Años 80: RDSI: 2 canales 64 kbps	1981: 10BASE5 (coaxial cable) 10 Mbps	1999: 802.11b 11 Mbit/s	1991: 2G - GSM 14,4 kbps
Años 90: Módems V.90, 56 kbps down, 33,6 kbps up	1990: 10BASE-T (par de cobre) 10 Mbps	2003: 802.11g 54 Mbit/s	2004: 2.5G - GPRS 296 kbps down, 118,4 kbps up
1998: ADSL, hasta 8Mbps	1995: Fast Ethernet, 100 Mbps	2007: 802.11n 600 Mbit/s	2008: 3G - UMTS HSPA 14,4 Mbps down, 5.76 Mbps up
2003: ADSL2, hasta 12 Mbps	1999: Gigabit Ethernet	2012: 802.11ac 1,3 Gbit/s	2010: 4G - WiMAX 144 Mbps down, 35 Mbps up
2005: ADSL2+, hasta 24 Mbps	2003: 10 Gigabit Ethernet	2018: 802.11ah 100 Gbit/s	2012: 4G - LTE 100 Mbps down, 50 Mbps up
2005: VDSL, hasta 200 Mbps	2010: 100 Gigabit Ethernet		2020: 5G, ~ 10 Gbps

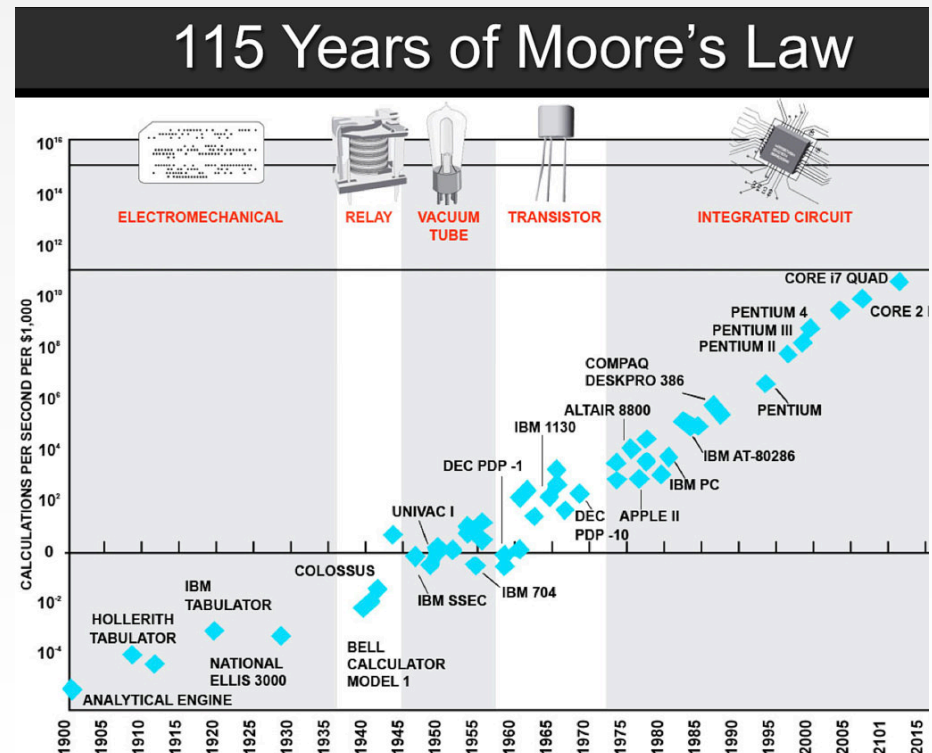
# 1. Introducción al nivel físico

## Evolución del ancho de banda digital

- Ligada a la evolución de la tecnología (en general) nos encontramos la **ley de Moore**
- No es una ley en el sentido científico, sino una observación experimental
- Expresa el crecimiento más o menos lineal que experimenta la capacidad de procesado

*"The number of transistors incorporated in a chip will approximately double every 24 months"*

Gordon Moore, 1975



# Índice de contenidos

---

1. Introducción al nivel físico
2. Unidades de información binaria
3. Medios de transmisión

## 2. Unidades de información binaria

---

- El **sistema binario** es un sistema de numeración en el que los números se representan usando **unos** y **ceros**
- El sistema binario se usa como base matemática de los **sistemas digitales** ya que internamente trabajan con dos niveles de voltaje (encendido=1, apagado=0)
- Los sistemas binarios son sistemas de base 2 (encendido=1, apagado=0)
  - El factor de multiplicación típico en sistemas binarios es:  $2^{10} = 1024$
- Unidades de información binaria:
  - 1 bit = 1 b
  - 1 byte = 1 B = 8 bits
- Ventajas de los sistemas de comunicación digitales:
  - Integración de servicios de datos analógicos (voz, vídeo, etc.) con digitales (texto, etc.)
  - Mejor inmunidad a perturbaciones que sistemas analógicos
  - Señales digitales se pueden regenerar
  - Hardware digital más sencillo, barato, flexible
  - Mensajes digitales pueden ser manejados en grupos (tramas, paquetes, ...)

## 2. Unidades de información binaria

---

- En la industria de la informática y las telecomunicaciones **no hay un consenso** en el uso de los prefijos en las unidades de información:
  - Para memoria RAM se suelen usar potencias de 2 referidas a byte:  
→  $1 \text{ GB} = 2^{10} \text{ MB} = 1024 \text{ MB} = 1024 \times 1024 \times 1024 \text{ B} = 2^{30} \text{ bytes}$
  - Para dispositivos de almacenamiento (discos duros, memorias flash, etc) se suelen usar potencias de 10 referidas a byte:  
→  $1 \text{ GB} = 10^3 \text{ MB} = 1000 \text{ GB}$
  - En telecomunicaciones se suelen usar potencias de 10 referidas a bit:  
→  $1 \text{ kbps} = 10^3 \text{ bps} = 1000 \text{ b/s}$
  - Algunos sistemas operativos usan potencias de 10 referidos a byte  
→  $1 \text{ kBps} = 10^3 \text{ Bps} = 1000 \text{ B/s}$

## 2. Unidades de información binaria

- En un intento de acabar con la confusión en febrero de 1999 se crea estándar IEC 60027-2, incorporado posteriormente al estándar internacional ISO/IEC 80000-13

Sistema Internacional (decimal)		ISO/IEC 80000-13 (binario)	
Kilobyte (kB)	$10^3$	Kibibyte (KiB)	$2^{10}$
Megabyte (MB)	$10^6$	Mebibyte (MiB)	$2^{20}$
Gigabyte (GB)	$10^9$	Gibibyte (GiB)	$2^{30}$
Terabyte (TB)	$10^{12}$	Tebibyte (TiB)	$2^{40}$
Petabyte (PB)	$10^{15}$	Pebibyte (PiB)	$2^{50}$
Exabyte (EB)	$10^{18}$	Exbibyte (EiB)	$2^{60}$
Zettabyte (ZB)	$10^{21}$	Zebibyte (ZiB)	$2^{70}$
Yottabyte (YB)	$10^{24}$	Yobibyte (YiB)	$2^{80}$

## 2. Unidades de información binaria

- Ejemplo (todos los pantallazos corresponden al mismo sistema):

The collage consists of four screenshots from a single system:

- Windows 10 System Information:** Shows system details for an Acer Aspire F5-573G. The 'Memoria instalada (RAM)' is listed as 16.0 GB (15.9 GB utilizable), circled in red.
- Ubuntu 16.04 LTS Details:** Shows the system overview. The 'Memory' is listed as 15.5 GiB, circled in red.
- Windows 10 System Information (Command Prompt):** Shows the output of the 'wmic meminfo' command. The 'Total Memory' is listed as 16384 MB, circled in red.
- Ubuntu 16.04 LTS Terminal:** Shows the output of the 'lshw -class memory' command. The 'size' for the system memory is listed as 16 GiB, circled in red.

# Índice de contenidos

---

1. Introducción al nivel físico
2. Unidades de información binaria
3. Medios de transmisión
  - Par de cobre
  - Cable coaxial
  - Fibra óptica
  - Canales de radio terrestre
  - Canales de radio vía satélite



## 3. Medios de transmisión

- En cada par transmisor-receptor, el bit se envía mediante ondas electromagnéticas o pulsos ópticos a lo largo de un medio físico
- Clasificación de medios de transmisión físicos:
  - Guiados. Ondas se transportan a través de un medio sólido
  - No guiados. Ondas se propagan por la atmósfera y el espacio exterior

### Guiados



Par de cobre



Cable coaxial



Fibra óptica

### No guiados



Canales de radio terrestre



Canales de radio vía satélite

## 3. Medios de transmisión

---

### Par de cobre

- Es el sistema tradicional para enviar electricidad y consiste en dos hilos de cobre recubiertos de un aislante
- Pueden ser paralelos o trenzados (para evitar acoplamientos de señal)



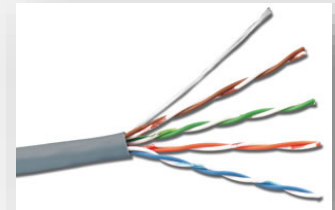
- Usos principales:
  - Bucle de abonado (cableado entre la central telefónica y el usuario final)
  - LANs

## 3. Medios de transmisión

---

### Par de cobre

- Los pares trenzados pueden ser de varios tipos
  - UTP (*Unshielded twisted pair*) par trenzado sin blindaje. Bajo coste y fácil uso. Impedancia de 100 Ohm
  - STP (*Shielded twisted pair*) par trenzado blindado. Cada pareja de cables va cubierta por material conductor. Más caro que UTP pero mejora inmunidad al ruido. Impedancia de 150 Ohm
  - FTP (*Foiled twisted pair*) par trenzado con blindaje global. Cubierta protectora de material conductor en forma trenzada. Proporciona protección frente a interferencias. Impedancia de 120 ohmios



## 3. Medios de transmisión

---

### Par de cobre

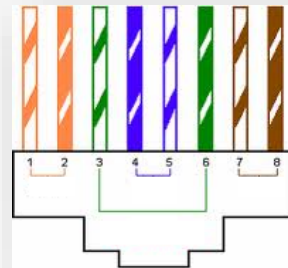
- Los cables UTP son los más utilizados en redes Ethernet
- Se clasifican en **categorías**:

Categoría	Ancho de banda	Usos
UTP Cat 3	16 MHz	10BASE-T, 100BASE-T4
UTP Cat 5	100 MHz	100BASE-TX, 1000BASE-T
UTP Cat 5e	100 MHz	100BASE-TX, 1000BASE-T
UTP Cat 6	250 MHz	10GBASE-T
UTP Cat 6A	500 MHz	10GBASE-T

## 3. Medios de transmisión

### Par de cobre

- Conector para cable UTP: **RJ-45** (8 pares de cobre trenzado)
  - Tiene 8 pines (conexiones eléctricas)



- Conector para cable telefónico: **RJ-11** (1 par de cobre paralelo)
  - Tiene 4 pines (conexiones eléctricas) de los que normalmente se usan dos

RJ-45 →

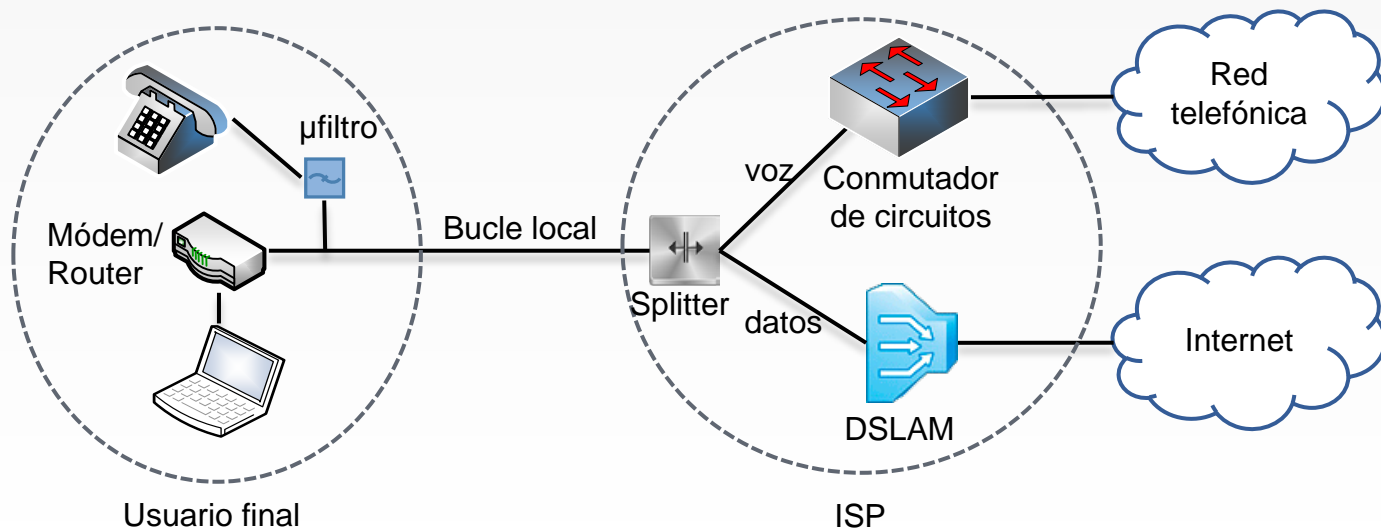
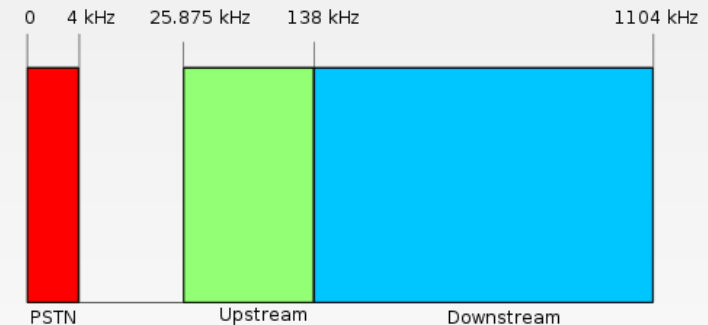
RJ-11 →



## 3. Medios de transmisión

### Par de cobre

- La línea de abonado digital (**DSL**, *Digital Subscriber Line*) es una familia de tecnologías que permite el acceso a Internet mediante la transmisión de datos digitales a través del bucle local



## 3. Medios de transmisión

Par de cobre

- Tecnologías DSL:

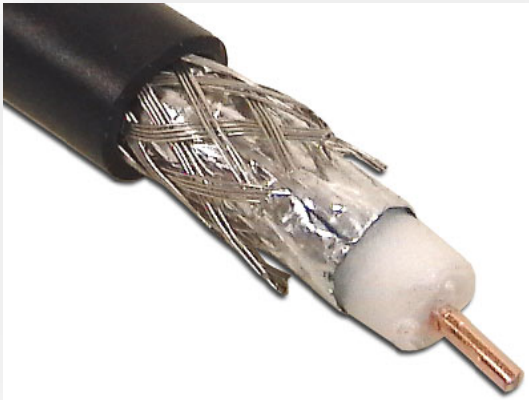
Nombre	Descripción	Bajada Máxima	Subida Máxima
ADSL	DSL Asimétrico	8 Mbps	1 Mbps
ADSL2	Evolución de ADSL	12 Mbps	1 Mbps
ADSL2+	Evolución de ADSL2	24 Mbps	1 Mbps
VDSL	<i>Very-high-bit-rate</i> DSL	56 Mbps (asimétrico) 26 Mbps (simétrico)	12 Mbps (asimétrico) 26 Mbps (simétrico)
VDSL2	Evolución de VDSL	100 Mbps* (simétrico)	100 Mbps* (simétrico)

\* = pueden distribuirse de modo asimétrico

## 3. Medios de transmisión

### Cable coaxial

- Dos conductores de cobre concéntricos, uno central (llamado vivo), encargado de llevar la información, y uno exterior (malla o blindaje), que sirve como referencia de tierra
- Entre ambos se conductores encuentra una capa aislante llamada dieléctrico
- El dieléctrico a veces está recubierto de una pantalla de aluminio o cobre



Belling-Lee



BNC





## 3. Medios de transmisión

---

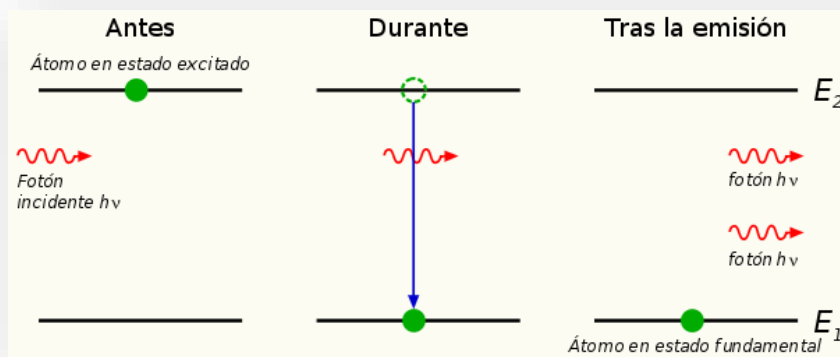
### Cable coaxial

- Usos típicos
  - En las primeras (y obsoletas) redes Ethernet (10BASE-5, 10BASE-2)
  - Cable de TV analógica/digital
  - En redes HFC (*Hybrid Fiber Coaxial*) para acceso a Internet o TV por cable
    - Fibra en el núcleo de red, coaxial en el último tramo (usuario final)
- El cable coaxial respecto a par de cobre:
  - Tiene mayor ancho de banda
  - Más caro y más difícil de manejar
  - Ambos están obsoletos a larga distancia (en su lugar se usará fibra óptica) e incluso en el bucle de abonado local (las operadoras lo irán sustituyendo progresivamente)

## 3. Medios de transmisión

### Fibra óptica

- Las primeras fibras ópticas surgieron en 1977 para aprovechar las capacidades de comunicación que ofrece un dispositivo **láser** (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*)
- Los láser funcionan debido a un efecto cuántico de la luz llamado “emisión estimulada” (predicho por Einstein en 1917, llevado a cabo en la década de los 60)



→ Un laser consiste es un dispositivo que emite luz **coherente** (monocromática y direccionable)

## 3. Medios de transmisión

---

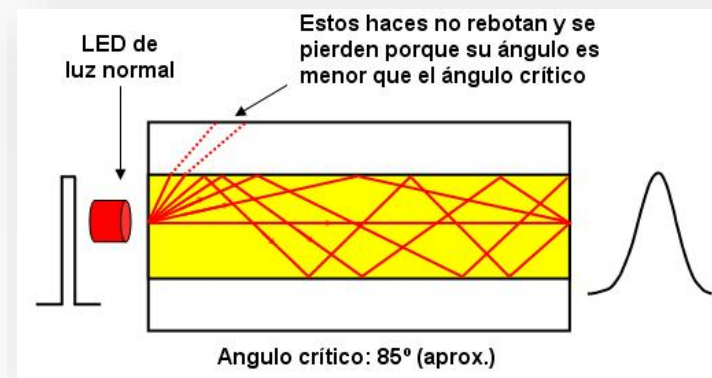
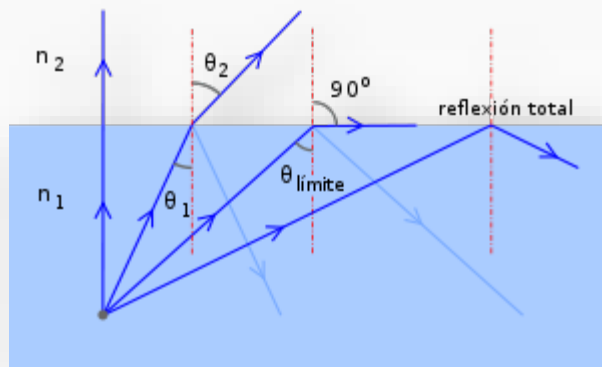
### Fibra óptica

- Características fibra óptica:
  - Proporciona un gran ancho de banda, y por lo tanto velocidades binarias altas
  - Pocas pérdidas (enlaces de decenas de km sin necesidad de amplificación)
  - Es inmune a las interferencias electromagnéticas, logrando así tasas de error muy bajas
  - Transmisión segura, debido a que no radia energía al exterior (es muy difícil que alguien pueda llevar a cabo un “pinchazo” en una de estas líneas)
  - Tamaño y peso de las fibras ópticas es pequeño, disminuyendo el coste de instalación y mantenimiento

## 3. Medios de transmisión

### Fibra óptica

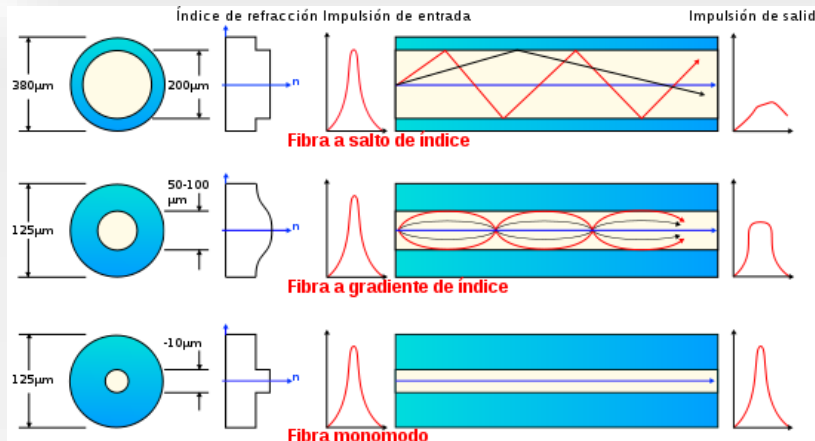
- Un hilo muy fino de material transparente, por el que se envían pulsos de luz que representan los datos a transmitir
- El haz de luz queda completamente confinado y se propaga por el interior de la fibra en función de la **ley de Snell**:



## 3. Medios de transmisión

### Fibra óptica

- Las diferentes trayectorias que puede seguir un haz de luz en el interior de una fibra se denominan **modos de propagación**
- Según el modo de propagación hay 2 tipos de fibra:
  - Multimodo. Haces de luz circula por más de un camino. Hay 2 tipos de fibras multimodo: índice escalonado y gradual
  - Monomodo. Haces de luz siguen el mismo camino



Longitud de onda	Tipo de Fibra (núcleo/revestimiento)	distancia máxima
850 nm	100/140 µm 85/125 µm 62.5/125 µm 50/125 µm	multimodo
1330 nm	50/125 µm	monomodo
	9/125 µm	
1550 nm	9/125 µm	monomodo

## 3. Medios de transmisión

---

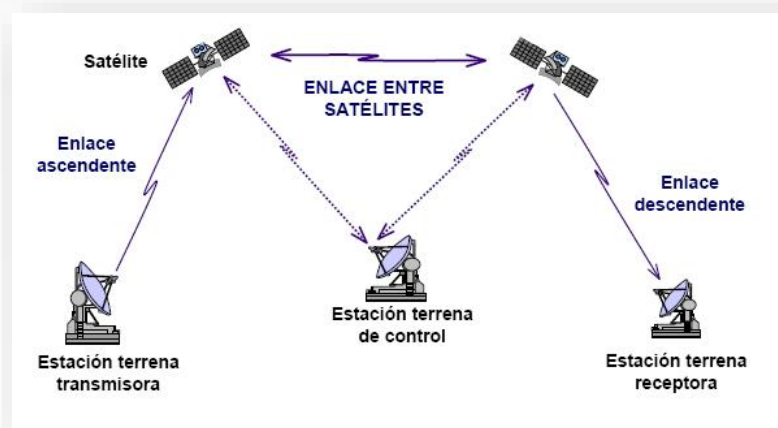
### Canales de radio terrestre

- Los canales de radio terrestre transportan señales en el espectro radioeléctrico
- Las canales de radio terrestre pueden clasificarse en dos grupos:
  - Aquéllos que operan en áreas locales, normalmente con un alcance entre diez (WPAN, como Bluetooth) hasta decenas o centenas de metros (WLAN, como WiFi)
  - Los que operan en un área extensa, con alcances de decenas o centenas de kilómetros, como la radio, TV, o telefonía móvil

## 3. Medios de transmisión

### Canales de radio vía satélite

- Las comunicaciones por satélite enlazan dos o más transmisores/receptores de microondas (antenas parabólicas) con base en la Tierra (estación terrena)
- Un satélite actúa como un repetidor situado en el espacio: recibe las señales enviadas desde la estación terrestre y las reemite a otro satélite o de vuelta a los receptores terrestres



## 3. Medios de transmisión

---

### Canales de radio vía satélite

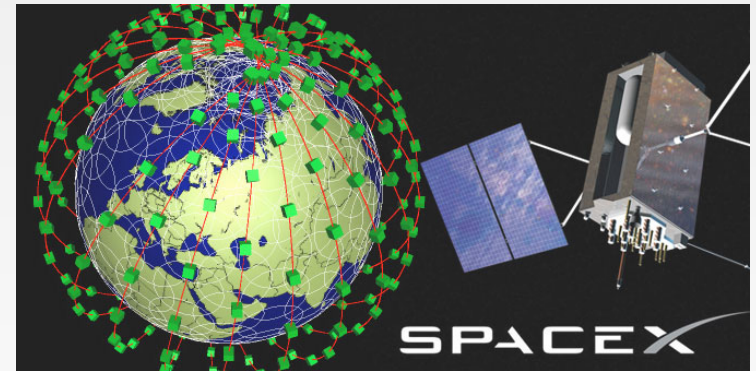
- Tipos de satélites:
  - Satélites geosíncronos (**GEO**)
    - Orbitan a unos 36.000 km sobre el plano del ecuador terrestre
    - A esa altura, su período de rotación es de 24 horas, con lo que parece estar siempre en el mismo lugar de la superficie de la Tierra
    - Ejemplo: HISPASAT
  - Satélites de la órbita terrestre media (**MEO**, *Medium Earth Orbiting*)
    - Orbitan entre los 10.000 y 20.000 km
    - Su posición relativa respecto a la superficie no es fija
    - Se necesita un número de satélites superior que en GEO para obtener una cobertura mundial, pero su latencia se reduce
    - Ejemplo: GPS (*Global Positioning System*), constituido por 24 satélites



## 3. Medios de transmisión

### Canales de radio vía satélite

- Tipos de satélites:
  - Satélites de la órbita terrestre baja (**LEO**, *Low Earth Orbiting*)
    - Orbitan por debajo de los 5.000 km (normalmente entre 500 y 1.600 km)
    - Para poder proporcionar una cobertura continua a un área, es preciso poner en órbita muchos satélites LEO
    - Uso típico actual: telefonía por satélite
    - Se está desarrollando una red LEO para acceso a Internet



En Marzo de 2017, SpaceX, la compañía espacial de Elon Musk (CEO de Tesla) inició los trámites legales para lanzar 11.943 satélites LEO con el objetivo de crear una red global de acceso a Internet de alta velocidad (~1 Gbps por usuario)