

Introducción a la Ingeniería de  
**TELECOMUNICACIONES**

**TINS**  
B Á S I C O S

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ**

Vicerrectorado de Investigación

# **INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

TINS Básicos

INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

TEXTOS DE INSTRUCCIÓN BÁSICOS (TINS) / UTP

Lima - Perú

**© INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES**

---

Desarrollo y Edición : Vicerrectorado de Investigación

Elaboración del TINS : Ing. Angel Valencia Miranda

Diseño y Diagramación : Julia Saldaña Balandra

Soporte académico : Instituto de Investigación

Producción : Imprenta Grupo IDAT

*Queda prohibida cualquier forma de reproducción, venta, comunicación pública y transformación de esta obra.*

“El presente material contiene una compilación de obras de Introducción a la Ingeniería de Telecomunicaciones publicadas lícitamente, resúmenes de los temas a cargo del profesor; constituye un material auxiliar de enseñanza para ser empleado en el desarrollo de las clases en nuestra institución.

Éste material es de uso exclusivo de los alumnos y docentes de la Universidad Tecnológica del Perú, preparado para fines didácticos en aplicación del Artículo 41 inc. C y el Art. 43 inc. A., del Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor”.



## PRESENTACIÓN

El presente texto elaborado en el marco de desarrollo de la Ingeniería, es un material de ayuda instruccional, para la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones para la Asignatura de Introducción a la Ingeniería de Telecomunicaciones, en el primer ciclo de estudios.

Plasma la iniciativa institucional de innovación de la enseñanza-aprendizaje educativo universitario, que en acelerada continuidad promueve la producción de materiales educativos, actualizados en concordancia a las exigencias de estos tiempos.

Esta segunda edición apropiadamente corregida, contiene temas seleccionados de diversas fuentes bibliográficas, de uso frecuente en la enseñanza de la Ingeniería de Telecomunicaciones; ha sido posible gracias a la relevante contribución académica del Profesor Ing. Ángel Valencia Miranda.

El texto, está ordenado en relación al syllabus de la Asignatura, arriba mencionada y está estructurado en catorce capítulos, cuyas descripciones genéricas son como sigue:

El primer capítulo: **Historia de las Telecomunicaciones**, proporciona al alumno los conceptos de comunicación, telecomunicación; así como el de ingeniería de telecomunicaciones; presenta una breve historia de las telecomunicaciones, describe algunos dispositivos, tales como el telégrafo y el teléfono; también se proporciona una cronología de las telecomunicaciones en el Perú.

En el segundo capítulo: **Señales en Telecomunicaciones**, se describe las señales así como su clasificación y representación; se proporciona conceptos sobre ondas y sobre el decibel.

En el tercer capítulo: **Fourier y la frecuencia**, se describe el teorema de Fourier y los conceptos de: espectro de frecuencias de una señal, ancho de banda, ondas senoidales y circuitos lineales, el teorema del muestreo.

En el cuarto capítulo: **Filtros en telecomunicaciones**, se proporciona la definición de filtro en telecomunicaciones así como su clasificación.

El capítulo 5: **Tratamiento de la señal**, describe el tratamiento de la señal así como la digitalización y la compresión.

En el capítulo 6: **Modulación**, se proporciona el concepto de modulación así como una breve descripción de los diferentes tipos de modulación.

En el capítulo 7: **Multiplexado**, se proporciona el concepto de multiplexado y su clasificación correspondiente.

En el capítulo 8: **Técnicas de transmisión de la información**, se describen los modos de transmisión así como el concepto de canal de comunicación, perturbaciones en la transmisión, velocidad de un sistema de transmisión, teorema de Nyquist y teorema de Shannon de la capacidad máxima de un canal.

En el capítulo 9: **Medios de transmisión**, se describe los medios de transmisión tales como: par trenzado, cable coaxial, fibra óptica y el cableado estructurado.

En el capítulo 10: **Telemática**, se presenta al alumno una introducción a la teoría de las redes informáticas.

En el capítulo 11: **Redes de Área local**, se proporciona al alumno la definición, características y beneficios de una LAN, así como la descripción de: Ethernet, Token Ring, redes LAN de alta velocidad y redes MAN (FDDI).

En el capítulo 12: **Internet**, se describe lo que es la Internet, su historia, beneficios y servicios que ésta proporciona.

En el capítulo 13: **Redes de Telecomunicaciones**, se proporciona al alumno los fundamentos de las redes de telecomunicaciones.

En el capítulo 14: **La Red Telefónica básica**, se describe el origen de la red telefónica, su estructura así como la red digital de servicios integrados (RDSI).

El capítulo 15: **DAB (Digital Audio Broadcasting)**, describe la radiodifusión digital, así como las características de: DRM, DTV y HDTV.

En el capítulo 16: **Las Nuevas Tecnologías**, se describen algunas de las nuevas tecnologías tales como: PLC, Wi-Fi, LMDS y WiMax.

Finalmente, al cierre de estas líneas, el agradecimiento institucional al profesor Angel Valencia Miranda quien ha hecho posible la preparación de esta segunda edición, en el horizonte de mejora continua de material de instrucción, en el ámbito de formación profesional universitario.

*Lucio Heraclio Huamán Ureta*  
Vicerrectorado de Investigación

## ÍNDICE GENERAL

### CAPÍTULO 1

#### HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES

1.1	COMUNICACIÓN .....	15
1.2	TELECOMUNICACION .....	16
1.2.1.	Clasificación según el medio de propagación .....	16
1.3	INGENIERIA DE TELECOMUNICACION .....	17
1.4	BREVE HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES .....	17
1.5	DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DISPOSITIVOS .....	20
1.5.1	El telégrafo .....	20
1.5.2	El Teléfono .....	22
1.5.2.1	Evolución del teléfono y su utilización.....	24
1.6	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA: LAS ONDAS DE RADIO...	25
1.7	CRONOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PERU	29

### CAPÍTULO 2

#### SEÑALES EN TELECOMUNICACIONES

2.1	SEÑALES .....	37
2.2	SEÑALES EN BANDA BASE.....	38
2.3	REPRESENTACION DE LAS SEÑALES .....	39
2.3.1	Representación de señales en el tiempo .....	39
2.3.2	Representación de las señales en la frecuencia .....	39
2.4	DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN	40
2.4	CONCEPTOS SOBRE ONDAS .....	43
2.4.1	Definición de onda .....	43
2.4.2	Clases de ondas .....	43
2.5	CARACTERISTICAS DE LAS ONDAS.....	44
2.6	ONDA ELECTROMAGNETICA .....	47
2.7	EL SONIDO .....	49
2.8	EL DECIBEL .....	52
2.7.1	Ganancia de potencia en decibeles.....	53
2.7.2	Referencia de 1 mW .....	54

### CAPÍTULO 3

#### FOURIER Y LA FRECUENCIA

3.1	TEOREMA DE FOURIER .....	57
3.2	SERIES DE FOURIER .....	58
3.2.1	Definición de función periódica.....	58
3.2.2	Definición de serie de Fourier .....	58
3.3	ESPECTRO DE FRECUENCIAS DE UNA SEÑAL .....	60
3.4	ONDAS SENOIDALES.....	62

3.5	CIRCUITOS LINEALES.....	65
3.6	ANCHO DE BANDA ANALOGICO .....	66
3.7	ANCHO DE BANDA DIGITAL .....	67
3.8	EL TEOREMA DEL MUESTREO (Teorema de Nyquist) .....	68

## **CAPÍTULO 4**

### **FILTROS EN TELECOMUNICACIONES**

4.1	FILTROS.....	71
4.1.1	Definición de filtro .....	71
4.2	CLASIFICACION DE LOS FILTROS .....	71

## **CAPÍTULO 5**

### **TRATAMIENTO DE LA SEÑAL**

5.1	¿QUÉ ES TRATAMIENTO DE LA SEÑAL? .....	75
5.2	DIGITALIZACIÓN .....	76
5.3	LA COMPRESIÓN .....	77
5.3.1	Técnicas de compresión .....	77
5.3.1.1	Compresión sin pérdida .....	78
5.3.1.2	Compresión con pérdida .....	78
5.3.2	Medidas de Calidad.....	79
5.3.3	Compresión de audio.....	80
5.3.3.1	El estándar MP3 .....	81
5.3.4	Compresión de vídeo.....	81
5.3.4.1	El estándar MPEG-2 .....	83
5.3.5	Compresión de datos .....	84

## **CAPÍTULO 6**

### **MODULACIÓN**

6.1	INTRODUCCION.....	87
6.2	MODULACIÓN.....	88
6.2.1	Señales de transmisión y señales de datos .....	89
6.3	TIPOS DE MODULACION .....	89
6.4	¿PORQUE SE MODULA? .....	90
6.5	MODULADORA ANALOGICA Y PORTADORA ANALOGICA	91
6.5.1	Modulación de Amplitud – AM .....	91
6.5.1.1	Generación de una señal AM.....	91
6.5.1.2	Bandas laterales .....	95
6.5.1.3	Banda lateral única.....	96
6.5.2	Modulación de Frecuencia – FM .....	97
6.5.2.1	FM de banda angosta y FM de banda ancha.....	101
6.5.3	Modulación de fase – PM.....	102

6.6	MODULADORA ANALÓGICA Y PORTADORA DIGITAL.....	105
6.6.1	Modulación por amplitud de pulso (PAM) .....	106
6.6.2	Modulación por posición de pulso (PPM).....	106
6.6.3	Modulación por duración de pulso (PDM) .....	107
6.6.4	Modulación por pulsos codificados (PCM) o MIC.....	107
6.7	MODULADORA DIGITAL Y PORTADORA ANALÓGICA.....	120
6.7.1	Modulación por desplazamiento en amplitud (ASK).....	121
6.7.2	Modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK).....	121
6.7.3	Modulación por desplazamiento de fase (PSK).....	122
6.8	EL MODEM.....	123

## CAPÍTULO 7

### MULTIPLEXADO

7.1	CONCEPTO DE MULTIPLEXACION .....	129
7.2	MULTIPLEXOR.....	129
7.3	MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA(FDM) .....	130
7.3.1	Normas del FDM.....	132
7.4	MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN TEMPORAL SINCRONA (TDM) síncrona.....	135
7.5	MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN TEMPORAL ASINCRONA (TDM asíncrona o TDM estadístico).....	136

## CAPÍTULO 8

### TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN

8.1	MODOS DE TRANSMISION: SERIE Y PARALELO .....	139
8.1.1	Introducción .....	139
8.1.2	Transmisión en modo paralelo .....	139
8.1.3	Transmisión en modo serie .....	140
8.2	CANAL DE COMUNICACIÓN .....	143
8.2.1	Ancho de banda de un canal.....	143
8.2.2	Tipos de comunicación.....	143
8.3	PERTURBACIONES EN LA TRANSMISIÓN.....	145
8.3.1	Atenuación .....	145
8.3.2	Ruido .....	145
8.3.3	Distorsión .....	147
8.3.4	Interferencia .....	147
8.3.5	Relación señal a ruido .....	148
8.4	VELOCIDADES EN UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN .....	148
8.4.1	Velocidad de modulación.....	148
8.4.2	Velocidad de transmisión.....	149
8.4.3	Relación entre $V_m$ y $V_t$ .....	151

8.5	Capacidad o velocidad máxima de un canal.....	151
8.5.1	Teorema de Nyquist .....	151
8.5.2	El teorema de Shannon de capacidad máxima de un canal .	151
8.6	Tipos de conexión .....	153

## **CAPÍTULO 9**

### **MEDIOS DE TRANSMISIÓN**

9.1	DEFINICION DE MEDIO DE TRANSMISION .....	155
9.2	MEDIOS GUIADOS.....	155
9.2.1	Pares trenzados.....	156
9.2.2	Cable coaxial.....	158
9.2.3	Fibra optica.....	160
9.3	MEDIOS NO GUIADOS .....	166
9.3.1	Microondas .....	168
9.3.2	Ondas de radio.....	171
9.3.3	Infrarojo .....	172
9.4	CABLEADO ESTRUCTURADO .....	172
9.4.1	Norma EIA/TIA-568 (A /B) .....	174
9.4.2	Normativas para el cableado estructurado.....	175
9.4.3	Componentes de un sistema .....	179

## **CAPÍTULO 10**

### **TELEMÁTICA**

10.1	TELEMATICA .....	185
10.2	TEORÍA DE LAS REDES INFORMÁTICAS .....	185
10.2.1	¿Qué es una red? .....	185
10.2.2	Beneficios de las redes de comunicación.....	185
10.2.3	Como funciona una red .....	186
10.2.4	Conceptos básicos asociados a redes .....	186
10.3	COMPONENTES DE HARDWARE DE UNA RED .....	187
10.4	CLASIFICACION DE LAS REDES .....	188
10.4.1	Clasificacion Según la tecnología de transmisión.....	188
10.4.2	Redes de Conmutación.....	190
10.4.3	Clasificación de las redes según su escala o extensión .....	197
10.5	TOPOLOGÍAS DE REDES .....	199
10.5.1	Topología en bus .....	200
10.5.2	Topología en anillo.....	200
10.5.3	Topología en estrella .....	201
10.5.4	Topología en árbol .....	201
10.5.5	Topologías lógicas.....	202
10.5.5.1	Topología anillo-estrella .....	202
10.5.5.2	Topología bus-estrella .....	203

10.6	SERVICIOS .....	204
10.6.1	Tipos de Servicio.....	204
10.6.2	Calidad de Servicio. ....	204
10.7	INTRODUCCIÓN A LOS PROTOCOLOS .....	205
10.7.1	Cómo funcionan los protocolos.....	205
10.8	MODELOS DE REFERENCIA.....	207
10.8.1	El modelo de referencia OSI .....	207
10.8.2	El modelo de referencia TCP/IP.....	211

## **CAPÍTULO 11**

### **REDES DE ÁREA LOCAL**

11.1	DEFINICION DE LAN.....	217
11.2	CARACTERÍSTICAS DE UNA LAN .....	217
11.3	¿QUÉ BENEFICIOS APORTA? .....	218
11.4	CONCEPTOS DE REDES LOCALES.....	218
11.4.1	Elementos de una LAN .....	218
11.4.2	Arquitecturas de Red.....	218
11.4.3	Organizaciones de Estandarización.....	219
11.4.4	Topología de Red .....	221
11.4.5	Técnicas de Acceso al Medio.....	221
11.5	ETHERNET .....	222
11.5.1	Origen de Ethernet .....	222
11.5.2	Ethernet y el Nivel Físico.....	223
11.5.3	Ethernet y el Subnivel MAC .....	224
11.6	TOKEN RING.....	226
11.7	LAN's DE ALTA VELOCIDAD .....	228
11.7.1	Fast Ethernet.....	228
11.7.2	100VG-AnyLAN.....	229
11.8	REDES MAN: FDDI.....	230

## **CAPÍTULO 12**

### **INTERNET**

12.1	INTERNET .....	233
12.2	HISTORIA DE INTERNET .....	233
12.3	SERVICIOS QUE BRINDA INTERNET.....	235
12.4	REQUERIMIENTOS PARA TENER ACCESO A INTERNET....	239
12.5	EL INTERNET DE HOY .....	239
12.6	INTERNET .....	239
12.7	NUEVOS USOS DE INTERNET .....	240
12.8	INTERNET Y SOCIEDAD.....	240
12.9	GENERO DE LA PALABRA INTERNET .....	240
12.10	ICANN.....	241

12.11	ACCESO PÚBLICO A INTERNET .....	241
12.12	LA COLABORACIÓN .....	242
12.13	IDIOMAS .....	242
12.14	CENSURA .....	242

### **CAPÍTULO 13**

#### **REDES DE TELECOMUNICACIONES**

13.1	FUNDAMENTOS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES	243
------	--	-----

### **CAPÍTULO 14**

#### **LA RED TELEFÓNICA BÁSICA**

14.1	ORIGEN .....	259
14.2	LAS CENTRALES DE CONMUTACIÓN .....	260
14.3	LA SEÑALIZACIÓN EN LA RED .....	260
14.4	EL TELÉFONO ANALÓGICO .....	261
14.5	SEÑALIZACIÓN POR CANAL ASOCIADO Y CANAL COMÚN	263
14.6	EL TRÁFICO TELEFÓNICO .....	264
14.7	ESTRUCTURA DE LA RED TELEFÓNICA .....	265
14.8	LOS SERVICIOS 900. RED INTELIGENTE .....	265
14.9	RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS .....	266
14.9.1	Modalidades de servicio .....	267
14.9.2	Canales en la RDSI .....	267

### **CAPÍTULO 15**

#### **DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING)**

15.1	Radiodifusión.....	269
15.2	DAB .....	269
15.2.1	Características del sistema DAB DAB .....	269
15.3	Televisión Digital (DTV).....	274
15.4	HDTV .....	278

### **CAPÍTULO 16**

#### **LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS**

16.1	POWER LINE COMMUNICATIONS .....	285
16.2	Wi-Fi.....	287
16.3	LMDS .....	289
16.4	WiMAX .....	292

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>297</b>
---------------------------	------------

### **DISTRIBUCIÓN TEMÁTICA**

<b>Clase Nº</b>	<b>Tema</b>	<b>Semana</b>	<b>Horas</b>
<b>1</b>	HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES	<b>1</b>	<b>02</b>
<b>2</b>	SEÑALES EN TELECOMUNICACIONES	<b>2</b>	<b>02</b>
<b>3</b>	FOURIER Y LA FRECUENCIA	<b>3</b>	<b>02</b>
<b>4</b>	FILTROS EN TELECOMUNICACIONES	<b>4</b>	<b>02</b>
<b>5</b>	TRATAMIENTO DE LA SEÑAL	<b>5</b>	<b>02</b>
<b>6</b>	MODULACIÓN	<b>6</b>	<b>02</b>
<b>7</b>	MODULADORA ANALÓGICA Y PORTADORA DIGITAL	<b>7</b>	<b>02</b>
<b>8</b>	MODULADORA DIGITAL Y PORTADORA ANALÓGICA	<b>8</b>	<b>02</b>
<b>9</b>	MULTIPLEXADO	<b>9</b>	<b>02</b>
<b>10</b>	<b>EXAMEN PARCIAL</b>	<b>10</b>	<b>02</b>
<b>11</b>	TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN DE LA INFORMACIÓN	<b>11</b>	<b>02</b>
<b>12</b>	MEDIOS DE TRANSMISIÓN	<b>12</b>	<b>02</b>
<b>13</b>	TELEMÁTICA	<b>13</b>	<b>02</b>

<b>Clase N°</b>	<b>Tema</b>	<b>Semana</b>	<b>Horas</b>
<b>14</b>	REDES DE ÁREA LOCAL	<b>14</b>	<b>02</b>
<b>15</b>	INTERNET	<b>15</b>	<b>02</b>
<b>16</b>	REDES DE TELECOMUNICACIONES	<b>16</b>	<b>02</b>
<b>17</b>	LA RED TELEFÓNICA BÁSICA	<b>17</b>	<b>02</b>
<b>18</b>	DAB (DIGITAL AUDIO BROADCASTING) Y LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS	<b>18</b>	<b>02</b>
<b>19</b>	<b>EXAMEN FINAL</b>	<b>19</b>	<b>02</b>
<b>20</b>	<b>EXAMEN SUSTITUTORIO</b>	<b>20</b>	<b>02</b>

# CAPITULO 1:

## Historia de las Telecomunicaciones

---

### 1.1 COMUNICACIÓN

Desde el punto de vista etimológico, la palabra "comunicación" proviene de la raíz latina *communicare*, es decir, "hacer común" algo. Por otra parte, "información" tiene su origen en las palabras *in* y *formare*, es decir, "instruir hacia adentro".

A partir de estas dos palabras, y debido a la importancia que en épocas recientes han cobrado, se ha generado una enorme cantidad de variantes, cada una con un significado muy preciso, aplicable a ciertos tipos de situaciones.

Por ejemplo, "telecomunicaciones" significa comunicar a distancia, "informática" (que proviene de "información", *auto* y *mática*) supone el procesamiento automático de la información; "telemática" es la conjunción de "telecomunicaciones" e "informática", e implica la transmisión y el procesamiento automático de la información.

En una de las obras de mayor repercusión sobre las telecomunicaciones modernas, *A Mathematical Theory of Communication*, de C. E. Shannon y W. Weaver, editada por la University of Illinois Press, en 1949, se define el concepto de comunicación de una manera muy sencilla: "comunicación son todos aquellos procedimientos por medio de los cuales una mente afecta a otra".

Esto incluye voz, texto impreso o escrito, música, artes, teatro y danza. En la misma obra se amplía la idea anterior para incluir la posibilidad de comunicación entre máquinas: "comunicación son todos aquellos procedimientos por medio de los cuales un mecanismo afecta la operación de otro", y se menciona explícitamente, como ejemplo, el control de aviones.

Entonces, por comunicación se entiende el intercambio de información (mensajes) entre dos o más usuarios, el mensaje puede ser voz, texto, datos o imágenes fijas o en movimiento. Quienes se comunican:

- **Persona a Persona:** Por voz. Por medios electromagnéticos o de luz (F.O.)
- **Persona a máquina:** Teclado. Monitor de PC. Cajero Automático, etc.

- **Maquina a máquina:** Redes de computadoras. Telemetría, aunque finalmente la información es interpretada por los humanos

## 1.2 TELECOMUNICACION

Se refiere a todo procedimiento que permite a un usuario hacer llegar a uno o varios usuarios determinados (ej. telefonía) o eventuales (ej. radio, televisión), información de cualquier naturaleza (documento escrito, impreso, imagen fija o en movimiento, videos, voz, música, señales visibles, señales audibles, señales de mandos mecánicos, etc.), empleando para dicho procedimiento, cualquier sistema electromagnético para su transmisión y/o recepción (transmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, óptica, o una combinación de estos diversos sistemas).

La definición dada por la ITU (International Telecommunication Union) para Telecomunicación es:

**Toda emisión, transmisión y recepción de signos, señales, escritos e imágenes, sonidos e informaciones de cualquier naturaleza, por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.**

### 1.2.1. Clasificación según el medio de propagación

#### **Telecomunicaciones Terrestres:**

Son aquellas cuyo medio de propagación son líneas físicas, estas pueden ser cables de cobre, cable coaxial, guías de onda, fibra óptica, par trenzado, etc.

#### **Telecomunicaciones Radioeléctricas:**

Son aquellas que utilizan como medio de propagación la atmósfera terrestre, transmitiendo las señales en ondas electromagnéticas, ondas de radio, microondas, etc. dependiendo de la frecuencia a la cual se transmite.

#### **Telecomunicaciones Satelitales:**

Son aquellas comunicaciones radiales que se realizan entre estaciones espaciales, entre estaciones terrenas con espaciales, entre estaciones terrenas (mediante retransmisión en una estación espacial). Las estaciones espaciales se encuentran a distintas alturas fuera de la atmósfera.

### 1.3 INGENIERIA DE TELECOMUNICACION

La Ingeniería de telecomunicación es una rama de la ingeniería, que usa la electrónica para resolver problemas de diseño electrónico, interconexión de redes, y transmisión de señales. Uno de los papeles del ingeniero de telecomunicación en cuanto al diseño de nuevos sistemas de comunicación es analizar las propiedades físicas del medio de transmisión, y las propiedades estadísticas del mensaje para diseñar los mecanismos de codificación y decodificación más efectivos.

La otra y que más profesionales ocupan hoy en día son las redes digitales y analógicas a lo largo y ancho del planeta (océanos incluidos) donde existan personas que necesiten comunicarse. Su trabajo es diseñar, instalar, operar y mantener redes de difusión de Radio y Televisión, Redes Telefónicas fijas (pares y coaxiales de cobre), Celulares (celdas de radio) y Globales mediante teléfonos satelitales, redes de comunicación de datos privadas y públicas.

Obviando posibles predecesores en la mitología griega, la mensajería a caballo y las señales de humo, **la ingeniería de Telecomunicaciones tal y como se concibe actualmente empezó con la telegrafía.** Desde sus inicios ha estado profundamente unida a la electrónica de señal. En algunos países se conoce como ingeniería electrónica.

### 1.4 BREVE HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES

- **JAMES CLERK MAXWELL**

Nacimiento:	13 de Junio de 1831 Edimburgo	 <p><b>JAMES CLERK MAXWELL</b></p>
Muerte:	5 de Noviembre de 1879 Glenlair	
Ocupación:	Científico	
Campo(s):	electromagnetismo, termodinámica	
Cónyuge(s):	Katherine Maxwell	
Residencia:	Reino Unido	

Nacionalidad(es):	<u>Inglés</u>
Institución:	Marischal College de Aberdeen (1856-1860), Kings College de Londres(1860-1871), Cambridge(1871-1879)
Alma Mater:	Cambridge
Conocido por:	Creación de la teoría electromagnética y la teoría cinética de gases.
Premios:	<u>Medalla Rumford en 1860.</u>
En el mundo científico se le considera el más grande de todos los tiempos	

La base matemática sobre las que se desarrollan las telecomunicaciones fue desarrollada por el físico inglés James Clerk Maxwell.

Maxwell en el prefacio de su obra *Treatise on Electricity and Magnetism* (1873) declaró que su principal tarea consistía en justificar matemáticamente conceptos físicos descritos hasta ese momento de forma únicamente cualitativa, como las leyes de la inducción electromagnética y de los campos de fuerza, enunciadas por Michael Faraday.

Con este objeto, Maxwell introdujo el concepto de onda electromagnética, que permite una descripción matemática adecuada de la interacción entre electricidad y magnetismo mediante sus célebres ecuaciones que describen y cuantifican los campos de fuerzas.

Maxwell predijo que era posible propagar ondas por el espacio libre utilizando descargas eléctricas, hecho que corroboró Heinrich Hertz en 1887, ocho años después de la muerte de Maxwell, y que posteriormente supuso el inicio de la era de la comunicación rápida a distancia.

Hertz desarrolló el primer transmisor de radio generando radiofrecuencias entre 31 MHz y 1.25 GHz

- **HEINRICH RUDOLF HERTZ**



Las telecomunicaciones, como tal, comienzan en la primera mitad del siglo XIX con el telégrafo eléctrico, que permitió el enviar mensajes cuyo contenido letras y números.

A esta invención se le hicieron dos notables mejorías: la adición, por parte de Charles Wheatstone de una cinta perforada para poder recibir mensajes sin que un operador estuviera presente y la capacidad de enviar varios mensajes por la misma línea, que luego se llamó telégrafo múltiple, añadida por Emile Baudot.

Más tarde vino el teléfono, con el que fue posible comunicarse utilizando la voz, y posteriormente, la revolución de la comunicación inalámbrica: las ondas de radio. A principios del siglo XX aparece el teletipo que utilizando el código Baudot, permitía enviar texto en algo parecido a una máquina de escribir y también recibir texto, que era impreso por tipos movidos por relés.

El término telecomunicación fue definido por primera vez en la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la UTI (Unión Telegráfica Internacional) y la III de la URI (Unión Radiotelegráfica Internacional) que se inició en Madrid el día 3 de septiembre de 1932. La definición entonces aprobada del término fue: **Telecomunicación es toda transmisión, emisión o recepción, de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos.**

El día 9 de diciembre de 1932, en virtud de los acuerdos alcanzados en la reunión antes citada, se firmó en Madrid el Convenio por el que se creaba la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) que en el futuro sustituiría a los dos organismos anteriores (UTI y URI). El siguiente artefacto revolucionario en las telecomunicaciones (por allá de la mitad del siglo) fue el módem que hizo posible la transmisión de datos entre computadoras y otros dispositivos.

En la década de los sesenta comienza la unión entre la telecomunicación y la informática con el uso de satélites de comunicación y las redes de conmutación de paquetes.

La década siguiente se caracterizó por la aparición de las redes de computadoras y los protocolos y arquitecturas que servirían de base para las

telecomunicaciones modernas (en estos años aparece la ARPANET, que dio origen a la Internet).

También cabe destacar que en estos años comienza el auge de la normalización de las telecomunicaciones: el CCITT trabaja en la normalización de las redes de conmutación de circuitos y de conmutación de paquetes y la Organización Internacional para la Estandarización crea el modelo OSI. A finales de los años setenta aparecen las redes de área local.

En los años ochenta las computadoras personales se volvieron populares, aparecen las redes digitales y las redes de telecomunicaciones comienzan a hacerse omnipresentes. En la última década del siglo XX aparece la Internet, que se expandió enormemente y a principios del siglo XXI estamos viviendo los comienzos de la interconexión total, a través de todo tipo de dispositivos que son cada vez más rápidos, más compactos y más poderosos.

## 1.5 DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS DISPOSITIVOS

### 1.5.1 El telégrafo

El telégrafo es un dispositivo de telecomunicación destinado a la transmisión de señales a distancia, el de más amplio uso a lo largo del tiempo ha sido el telégrafo eléctrico, aunque también se han utilizado telégrafos ópticos de diferentes formas y modalidades funcionales.

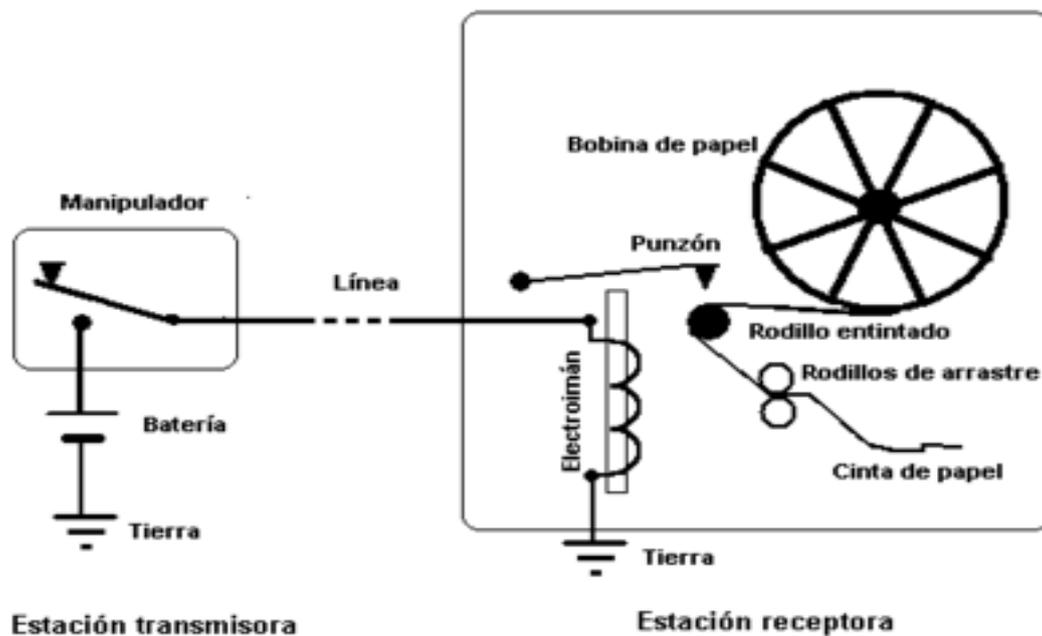
Si bien el telégrafo eléctrico que conocemos hoy fue presentado por Samuel Morse el 6 de febrero de 1833, no es menos cierto que Gauss y Weber se comunicaban ya al menos desde 1822 mediante un telégrafo eléctrico creado por ellos mismos que unía los despachos de ambos, situados en el observatorio astronómico y la facultad de Física respectivamente, y distantes algo más de dos kilómetros. (No hay que olvidar que Gauss colaboraba activamente con Weber en las investigaciones de este último sobre electromagnetismo).

El dispositivo de Morse está constituido por una estación transmisora y una estación receptora enlazadas ambas mediante una línea constituida por un solo hilo conductor.

En la Figura 1.1 se representan de forma muy esquematizada los elementos que componen las dos estaciones, el funcionamiento del conjunto es el siguiente: Cuando en la estación transmisora se cierra el interruptor (manipulador) circula una corriente por el siguiente circuito: polo positivo, línea, electroimán, tierra, polo negativo, lo que tiene como consecuencia que, activado el electroimán, sea atraída una pieza metálica terminada en un punzón que

presiona una tira de papel, que se desplaza mediante unos rodillos de arrastre, movidos por un mecanismo de relojería, sobre un cilindro impregnado de tinta, de tal forma que, según la duración de la pulsación del interruptor, se traducirá en la impresión de un punto o una raya en la tira de papel.

La combinación de puntos y rayas se puede traducir en letras mediante el uso de un código convenido, en la práctica el más utilizado durante muchos años ha sido el código Morse. Posteriores mejoras de los dispositivos emisores y transmisores han permitido la transmisión de mensajes de forma más rápida, sin necesidad de recurrir a la traducción manual del código, así como el envío simultáneo de más de una transmisión simultánea por la misma línea.



**Figura 1.1- Representación esquemática de una instalación telegráfica**

Uno de estos dispositivos telegráficos avanzados es el teletipo, todavía en uso en muchos ambientes, tanto informativos como empresariales, aunque últimamente está siendo desplazado por el correo electrónico. En 1910 se inventó el teletipo o teleimpresor, que permitió el envío de mensajes a distancia utilizando el código Baudot creado por Emile Baudot en 1874.

Los teletipos tenían un distribuidor rotante capaz de enviar un carácter por vuelta compuesto por 5 bits que se acompañaban de otros datos de arranque y parada. Asimismo, mediante el empleo de la denominada telegrafía armónica, se puede utilizar un circuito telefónico para el envío de múltiples

comunicaciones telegráficas simultáneas, mediante la utilización de tonos de distinta frecuencia en la banda vocal

### 1.5.2 El Teléfono

Aunque alguien intentara ver un precedente del teléfono en el uso de tubos para transmitir la voz a cierta distancia, lo cierto es que **el término teléfono no aparece registrado hasta 1830 en francés, y 1844 en inglés, y sólo para significar aparato acústico**, sin atisbar en lo más mínimo el gran futuro que, de acuerdo con su etimología: “voz a distancia”, le aguardaba.

A diferencia de la telegrafía, que existió en otra modalidad (óptica) antes que en la eléctrica, la telefonía no podía existir antes del recurso de la electricidad y el magnetismo. Tal vez por ello, su descubrimiento, aunque no su ocurrencia, fue bastante accidental.

En 1854, un investigador francés, llamado Bourseul, sugirió que, con las vibraciones de la voz, un diafragma pudiera abrir y cerrar un contacto eléctrico, y que las pulsaciones eléctricas así producidas hicieran que otro diafragma vibrase, reproduciendo el sonido.

Sobre esta idea, un profesor alemán, Phillip Reis, trabajó en 1860, y aunque consiguió transmitir distintos tonos musicales, la transmisión de la voz no resultó inteligible.

No obstante, hizo demostraciones por Europa, y, casualmente, en Escocia mientras estaba allí Alexander Graham Bell. Bell, profesor de elocución y fonética, como su padre y abuelo, tenía un profundo conocimiento de la naturaleza del sonido y de la música, y al mismo tiempo una gran curiosidad científica.

Empezó sus experimentos eléctricos buscando hacer más rápida la telegrafía, inspirado en la idea de transmitir por la línea diferentes notas musicales simultáneamente [de ahí la posterior denominación de telegrafía armónica], de modo que con cada una se pudiera enviar un mensaje separado, y en la persecución de tal finalidad fue donde intuyó que la idea de transmitir simultáneamente distintas tonalidades podía abarcar la voz humana.

No obstante, cuando en 1874 sus progresos permitieron a Bell informar de la posibilidad de una telegrafía múltiple a su futuro suegro, Gardiner G. Hubbard, éste fue tan resolutivo en prestarle su apoyo financiero (con tal de romper el monopolio de la Western Union Telegraph Company) que Bell prosiguió su trabajo sobre telegrafía armónica, al que Hubbard le urgía, sin

atreverse a mencionarle que también estaba explorando la idea, que recientemente le rondaba, de transmitir la voz eléctricamente.

Hasta que en junio de 1875, mientras experimentaba con su telegrafía armónica, descubrió que podía escuchar el sonido de la campanilla de un reloj transmitido eléctricamente.

El 14 de febrero de 1876 Alexander Graham Bell presentaba solicitud de patente de su teléfono. Y sólo unas horas después, un superintendente de la Western Union Telegraph Company, Elisha Gray, presentaba aviso de patente (a cumplimentar como solicitud en 3 meses) de un teléfono semejante. Pero los tribunales sentenciaron a favor del primero.

El aparato que Bell patentó era sumamente simple, pues tan solo constaba de una membrana acoplada mecánicamente a una pieza metálica próxima al núcleo de una bobina (al modo de la armadura de un relé), el mismo dispositivo actuaba como transmisor (micrófono) y como receptor (auricular).

Dos de estos dispositivos, cuyas bobinas se conectaban en serie a través de dos hilos conductores en los que una batería eléctrica establecía una pequeña corriente, formaban el sistema de transmisión.

Al hablar delante de la membrana de cualquiera de ellos, ésta vibraba con el sonido de la voz, transmitiendo su vibración a la pieza metálica que, próxima al núcleo de la bobina, inducía en ella variaciones de corriente análogas a las vibraciones del sonido, tales variaciones de corriente alcanzaban la bobina del dispositivo distante, donde hacían vibrar análogamente a la pieza metálica próxima a su núcleo, la cual transmitía la vibración a la membrana acoplada, reproduciendo ésta un sonido análogo al de la voz original.

Se trataba por tanto de un sistema que transmitía, por un par de conductores, variaciones de corriente eléctrica análogas a las vibraciones sonoras de la voz, de la que se obtenían y a la que reproducían en virtud del aparato descrito, el cual fue lo que constituyó invención.

Como conversor (o más propiamente transductor, diríamos hoy) analógico-analógico, del sonido de la voz en corriente eléctrica y viceversa, el teléfono de Bell resultó así decisivo para hacer realidad la transmisión eléctrica de la voz a distancia, esto es, la telefonía.

En 1876 fueron presentados en la Exposición de Filadelfia los primeros prototipos telefónicos, la invención del teléfono ha sido históricamente atribuida

a Alexander Graham Bell que construyó el primero en Boston (Massachusets), en 1876.

**Actualmente se sabe que plagió el invento de Antonio Meucci y aunque en su momento esto fue objeto de pleitos en Estados Unidos, no se le llegaron a reconocer sus derechos antes de su muerte en 1896. No obstante, el 11 de junio de 2002 el Congreso de los Estados Unidos reconoció oficialmente a Antonio Meucci como inventor del teléfono y Bell fue quien lo patentó.**

### 1.5.2.1 Evolución del teléfono y su utilización

Desde su concepción original, se han ido introduciendo mejoras sucesivas tanto en el propio aparato telefónico, como en los métodos y sistemas de explotación de la red. En lo que se refiere al propio aparato telefónico, se pueden señalar varias cosas:

- La introducción del micrófono de carbón, que aumentaba de forma considerable la potencia emitida y por tanto el alcance máximo de la comunicación.
- El dispositivo “antilocal” para evitar la perturbación en la audición causada por el ruido ambiente del local donde está instalado el teléfono.
- La marcación por pulsos mediante el denominado disco de marcar.
- La marcación por tonos multifrecuencia.
- La introducción del micrófono de electret o electret, prácticamente usado en todos los aparatos modernos, que mejora de forma considerable la calidad del sonido.

En cuanto a los métodos y sistemas de explotación de la red telefónica se puede señalar:

- La telefonía fija o convencional que es aquella que hace referencia a las líneas y equipos que se encargan de la comunicación entre terminales telefónicos no portables y generalmente enlazados entre ellos o con la central por medio de conductores metálicos.
- La centralita telefónica de conmutación manual para la interconexión mediante la intervención de un operador/a de distintos teléfonos, creando de esta forma un primer modelo de red.
- La introducción de las centrales telefónicas de conmutación automática, constituidas mediante dispositivos electromecánicos, de las que han existido, y en algunos casos aún existen, diversos sistemas (rotatorios, barras cruzadas y otros más complejos).

- Las centrales de conmutación automática electromecánicas, pero controladas por ordenador.
- Las centrales digitales de conmutación automática totalmente electrónicas y controladas por ordenador, la práctica totalidad de las actuales, que permiten multitud de servicios complementarios al propio establecimiento de la comunicación (los denominados servicios de valor añadido).
- La introducción de la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) y las técnicas xDSL o de banda ancha (ADSL, HDSL, etc.) que permiten la transmisión de datos a más alta velocidad.
- La telefonía móvil o celular, que posibilita la transmisión inalámbrica de voz y datos, pudiendo ser estos a alta velocidad en los nuevos equipos de tercera generación.

Existen casos particulares en telefonía fija en los que la conexión con la central se hace por medios radioeléctricos, como es el caso de la telefonía rural mediante acceso celular, en la que se utiliza parte de la infraestructura de telefonía móvil para facilitar servicio telefónico a zonas de difícil acceso para las líneas convencionales de hilo de cobre. No obstante estas líneas a todos los efectos se consideran como de telefonía fija.

## **1.6 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA: LAS ONDAS DE RADIO**

Una vez que Hertz demostró que en la naturaleza existen realmente las ondas electromagnéticas que Maxwell había anticipado, se inició una serie de estudios teóricos y experimentales para encontrar sus diversas propiedades.

En la parte teórica fue necesario desarrollar una serie de métodos matemáticos para poder extraer las propiedades de las ecuaciones de Maxwell.

Las predicciones teóricas que se obtuvieron de esta manera fueron consistentemente verificadas en el laboratorio. En Estados Unidos Nikola Tesla logró hacer varias demostraciones usando descargas de alto voltaje y de alta frecuencia, para lo cual inventó una bobina, llamada bobina de Tesla, que posteriormente fue de utilidad para las comunicaciones inalámbricas.

En 1892 William Crookes publicó un trabajo en la revista inglesa *Fortnightly Review*, en el que proponía las bases para utilizar ondas electromagnéticas como medio para transmitir señales telegráficas a través del espacio, es decir, telegrafía sin hilos o inalámbrica.

Fue en 1894 cuando el físico inglés Oliver Lodge, basándose en el trabajo de Crookes, desarrolló el primer sistema de comunicación inalámbrica. Con los aparatos que construyó demostró la recepción de una señal a través de una distancia aproximada de 100 m, para lo cual usó un circuito sintonizador.

Avances posteriores le permitieron ampliar la distancia a un kilómetro, en 1894 el ingeniero italiano Guglielmo Marconi (1874-1937) leyó la biografía de Hertz e inmediatamente empezó a trabajar en la idea de usar las ondas electromagnéticas para transmitir señales.

Construyó los aparatos descritos por Hertz, a los cuales les añadió un cohesor, que es un tubo de vidrio que contiene limaduras de hierro, y conectó tanto el transmisor como el receptor a una antena. Una señal eléctrica que pase por el cohesor hace que las limaduras se unan durante el intervalo que dura la señal; de esta manera este dispositivo detecta ondas electromagnéticas.

En 1895 Marconi probó sus aparatos, con los cuales logró enviar señales hasta distancias de un par de kilómetros. Marconi ofreció sus inventos al gobierno italiano, pero como la respuesta tardó en llegar decidió ir a Inglaterra, donde en 1896 obtuvo la primera de sus muchas patentes.

Marconi afirmaba que sería posible enviar señales a distancias de 150 km. Sin embargo, muchos científicos rechazaron su pretensión con el argumento de que, si las señales se propagaban en línea recta, entonces se perderían en el espacio antes de poder seguir la curvatura de la Tierra.

Marconi realizó muchos experimentos, y fue aumentando poco a poco la distancia de la transmisión. Descubrió que si conectaba a tierra uno de los extremos del transmisor, y el otro extremo a una varilla larga, entonces las ondas parecían ser guiadas alrededor de la superficie terrestre; de esta manera logró transmisiones a través de distancias increíbles para su época.

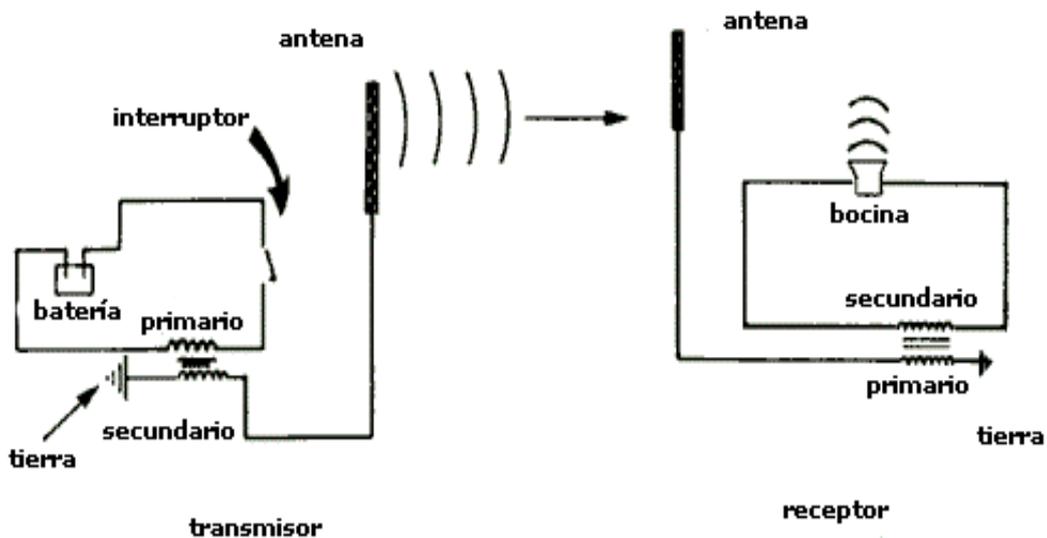
En 1898 transmitió señales a través del Canal de la Mancha y en 1901 logró una transmisión a través del Océano Atlántico: de Polhu en Cornualles, Inglaterra, hasta San Juan de Terranova, Canadá. El transmisor utilizado por Marconi fue muy sencillo, pues consistía en un transformador con un extremo de su secundario conectado a una varilla o antena y el otro a tierra. En la figura 1.2 vemos un esquema del circuito usado.

El primario del transformador forma parte del circuito. Al cerrar el interruptor la corriente que circula por él varía con el tiempo, por lo que el primario del transformador induce en el secundario una corriente. La relación de

vueltas en el transformador es tal que en el secundario se genera un alto voltaje, dando lugar a que la antena radie ondas electromagnéticas.

Al llegar estas ondas al receptor (Figura 1.2) son captadas por la antena, por lo que circula una corriente variable por el primario del transformador del receptor, que a su vez induce una corriente en el secundario.

Pero este secundario forma parte de un circuito que contiene una bocina que transforma la corriente en una señal sonora. Así se pueden transmitir señales codificadas, por ejemplo por medio de la convención de Morse, que fue lo que hizo Marconi.



**Figura 1.2.** Esquema de los circuitos emisor y receptor utilizados por Marconi.

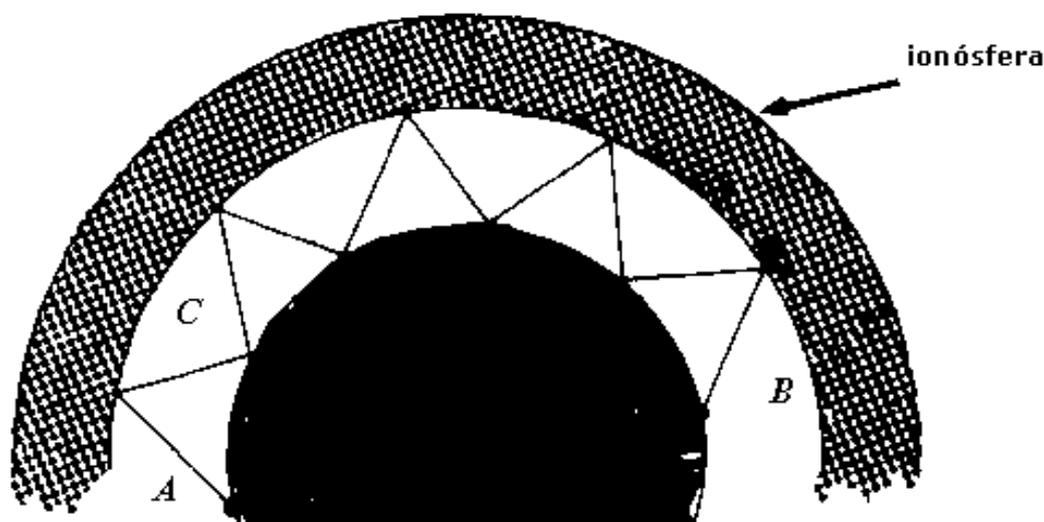
Una vez que Marconi logró transmitir una señal trasatlántica, formó de inmediato una compañía con el fin de explotar su invento. El 2 de enero de 1909 se hundió el barco inglés Republic. Afortunadamente contaba con un aparato de Marconi, por lo que pudo solicitar auxilio, y se salvó casi toda la tripulación.

En los años sucesivos los barcos, en particular los de guerra, fueron provistos de aparatos de radiotelegrafía. Así durante sus travesías los barcos podían recibir noticias de tierra, y en 1904, por ejemplo, los trasatlánticos imprimían periódicos a bordo con noticias recibidas de tierra firme.

El éxito obtenido por Marconi en sus transmisiones a larga distancia hizo que varios investigadores se pusieran a pensar cuál era el motivo de que las ondas electromagnéticas siguieran la curvatura de la Tierra.

Fueron A. E. Kenelly y Heaviside quienes, en forma independiente, desarrollaron una teoría en la que proponían que en la atmósfera había una capa formada por partículas eléctricamente cargadas que reflejaba las ondas electromagnéticas.

Al enviar una señal de A (Figura 1.3) la onda se reflejaba y regresaba a la superficie en el punto C; la Tierra reflejaba nuevamente esta señal a la ionosfera y se volvía a repetir esta sucesión hasta que la señal llegaba a su destino en B.



**Figura 1.3.** La ionosfera permite que las ondas de radio puedan llegar de un lugar a otro sobre la tierra.

Hemos de mencionar que ya en 1882 Balfour Stewart, en un contexto completamente distinto había propuesto la existencia de la ionosfera para poder explicar los cambios sistemáticos que ocurrían en el campo magnético terrestre. Fue hasta 1925 cuando se empezaron a medir directamente las características de la ionosfera. Se encontró que esta capa está situada entre 80 y 300 Km. de altura sobre la superficie terrestre y la componen electrones.

La ionosfera controla las comunicaciones por medio de ondas electromagnéticas, y establece los límites, tanto superior como inferior, al valor de las frecuencias que se pueden usar; las ondas deben tener longitudes de onda relativamente pequeñas (entre 1 y 10 m). Estas comunicaciones ocurren en la llamada banda de onda corta. La ionosfera no es una capa estática, tiene variaciones debido a que la densidad de los electrones que hay en ella varía.

Estas variaciones dependen de diversas circunstancias: del lugar, el momento del día, la actividad solar, etc., lo que en ocasiones causa que haya malas comunicaciones. A pesar de lo maravilloso que resultó esta aplicación del electromagnetismo, lo único que se podía transmitir era una serie de zumbidos de duración variable; es decir, telegrafía. No era posible enviar palabras o música, o sea que no era todavía telefonía.

Para lograr esto último hubo que esperar al invento de los bulbos o válvulas termiónicas. Marconi obtuvo el Premio Nobel de Física en 1909 y murió en 1937, después de haber recibido muchos honores.

## 1.7 CRONOLOGIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PERU

**Marzo de 1857: Instalación del primer cableado telegráfico.** Mediante un Decreto de la República, se le concede a Augusto Goné la exclusividad en la construcción de las líneas de Lima a Callao y de Lima a Cerro de Pasco. Sin embargo, diez años más tarde, el telégrafo fue declarado de propiedad nacional por incumplimiento de contrato.

**Setiembre de 1867: El telégrafo pasa a ser administrado por la empresa privada.** Cados Paz Soldán, considerado el introductor del telégrafo en el Perú, se encarga de la administración de este servicio, fundando la Compañía Nacional de Telegrafía.

**Abril de 1875: El Gobierno Peruano asume nuevamente la propiedad del servicio.** La Compañía Nacional de Telegrafía, al no cumplir su compromiso de establecer comunicaciones en toda la República, pierde la concesión durante el gobierno de Manuel Prado. Dos años después, por déficit presupuestario, el Gobierno entregaría nuevamente, durante ocho años, la administración de este servicio al Sr. Paz Soldán.

### **1878: El telégrafo es declarado servicio nacional**

La última concesión al Sr. Paz Soldán fue de breve duración: sólo dos años. El servicio telegráfico sería administrado por el Gobierno en la misma forma que el correo. Para entonces, habían 2525 km. cableados, empleándose el sistema Morse.

**1879: Guerra del Pacífico.** Finalizadas las confrontaciones con Chile, el sucesor del señor Paz Soldán, Melitón Carvajal, tiene por objetivo la restauración de las destruidas líneas telegráficas, reparar las oficinas telegráficas dañadas, y preparar al personal del servicio, creándose la Escuela de Telegrafistas.

**1888: Primera comunicación telefónica entre las cámaras de senadores y diputados.** El 7 de setiembre de ese mismo año, se comunicó Lima con el Callao. Seis días después se entregó la línea al servicio público, cobrándose 10 centavos de plata por cinco minutos de conversación.

**1889: Se convoca una licitación pública para establecer el servicio telefónica en Lima.** Fue durante el Gobierno del General Andrés Avelino Cáceres que sólo se presentó a esta licitación la Casa Cohen, que sin embargo fue rechazada. Posteriormente obtuvo la aceptación la casa norteamericana Bacigalupi fundándose así la Peruvian Telephone Company.

**1911: Primera estación radiotelegráfica en Lima.** La poderosa estación Telefunken del Cerro San Cristóbal, inaugurada al año siguiente por el Presidente Augusto B. Le guía, permitía la comunicación entre Lima e Iquitos.

**1916: Se promulga el Reglamento General de Correos, Telégrafos y Teléfonos.**

**1920: Fundación de la Compañía Peruana de Teléfonos.** Fusionándose con la Peruvian Telephone Company, el servicio telefónico contaba ya con 4,000 teléfonos a nivel nacional, todos manuales.

**1921: La Casa Marconi pasa a administrar los servicios de correo y telégrafo.** Durante el Gobierno del Presidente Augusto B. Leguía, el servicio de telégrafos y correos del Perú, fusionados en 1895, son entregados a la administración de la firma inglesa The Marconi Wireless Telegraph Co.

**1930: ITT entra al mercado.** La International Telephone and Telegraph Corporation (ITT) adquiere el 60% de las acciones de la Compañía Peruana de Teléfonos, ante la necesidad de ampliar y modernizar el servicio. Entra en funcionamiento la primera central automática en el Perú.

**1947: Se promulga el Reglamento General de Telecomunicaciones.** El entonces Presidente de la República, José Luis Bustamante y Rivero, promulga este Reglamento General, contemplando las Normas Administrativas y Operativas para los servicios privados de radiocomunicaciones, sean experimentales y de carácter científico, de carácter cultural o informativos.

**1958: El servicio de Teleimpresión (Télex) es inaugurado.** La compañía AII American Cables & Radio inaugura dos circuitos Lima-Nueva York, para servir a unos 20 abonados exclusivamente para tráfico internacional. Este servicio era sólo internacional.

**Diciembre de 1968: Se crea el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** El Gobierno Militar del Gral. Velasco, considerando que las comunicaciones son básicas para el desarrollo y seguridad nacional, crea este Ministerio. Posteriormente, se establecería una política de Nacionalización progresiva de las empresas que operaban los servicios de telecomunicaciones.

**Noviembre de 1969: La Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL-PERU) es creada.** Al hacerse cargo de los servicios públicos de telecomunicaciones, ENTEL-PERU se incorpora al Comité Interino de Telecomunicaciones Internacionales (CITI). Asume la implementación y operación de la Estación Terrena Vía Satélite de Lurín, operativa 4 meses antes.

**Noviembre de 1971: Se promulga la Ley General de Telecomunicaciones.**

**Julio de 1972: Expropiación de las acciones de la Compañía Nacional de Teléfonos.**

**1975: El Gobierno implementa la Red Nacional de Télex.**

**1981-May: ENTEL-PERU es transformada en empresa estatal.** En la década que comienza en 1980 se produce un desarrollo de las telecomunicaciones en distintos departamentos del país, apareciendo las primeras centrales telefónicas digitales (Ayacucho, 1985).

**1991-Nov: Entra en vigencia la nueva Ley de Telecomunicaciones.** Esta permite la inversión privada y la libre competencia, estableciendo el marco propicio para lo que sería el actual desarrollo de las telecomunicaciones en el Perú.

**1992-Jun: Nombramiento del Comité Especial de Telecomunicaciones (CEPRI de Telecom).** Encargado de conducir el proceso de transferencia al sector privado de las empresas del sector, la Cía. Peruana de Teléfonos (CPT) y la Empresa Nacional de Telecomunicaciones (Entelperú).

**1993-Ene: Se crea OSIPTEL.**

**1994-Ene: Se dicta la Ley de Desmonopolización Progresiva.** En ella se promueve la libre competencia en todos los servicios en donde es técnicamente posible y se establece y periodo de exclusividad de cinco años de

duración en los servicios de telefonía fija, larga distancia nacional e internacional, conocido como período de concurrencia limitada.

**1994-Feb: Se privatiza Entelperú y la Cía. Peruana de Teléfonos.** Ambas se fusionan, adoptando el nombre de Telefónica del Perú, comenzando la etapa de modernización y reestructuración de los servicios de telecomunicaciones. La oferta de Telefónica del Perú resultó ser la más elevada con US\$ 2,002 millones, superando el precio base fijado en US\$ 546 millones.

**1994-Feb: Inicio del Programa de Rebalanceo Tarifario.** Mecanismo diseñado para que las tarifas se nivelen en forma gradual con los costos de cada servicio, incluyendo una utilidad razonable que permita a la empresa operadora expandir la red y mejorar la calidad del servicio brindado a los usuarios.

**1994-Ago: Publicación del Reglamento de OSIPTEL.** En esta norma se le concede en forma expresa potestades regulatorias, correctivas, sancionadoras, y de solución de controversias. Se definió su estructura orgánica y su régimen económico y financiero, que le otorgó la autonomía y los recursos necesarios .

**1995-Oct: Se instala el TRASU.** Se encarga de atender los reclamos rechazados en 1ra. instancia por las empresas operadoras. Es la última instancia administrativa a la cual pueden apelar quienes reclaman por problemas de facturación, calidad del servicio, instalación y otros.

**1996-Feb: Aprobación del mecanismo tarifario “El que llama paga”.** Acción que permite el crecimiento del mercado de telefonía móvil en el Perú, que se encontraba con una serie de problemas debido al anterior esquema denominado “El usuario móvil paga” y que redujo su dinamismo.

**1996-Dic: Devolución de cobros por redondeo.** Debido al cobro indebido en la facturación, OSIPTEL sanciona a Telefónica del Perú y a Tele 2000, por un monto equivalente a 30 UIT; además, dispuso que las empresas operadoras devolvieran a los usuarios los montos cobrados en exceso por concepto de redondeo.

**1996: Introducción de los servicios 80C.** El avance tecnológico en las telecomunicaciones permite que los usuarios tengan acceso a más servicios como los son las series 80C, facilidades que le ofrece la “red inteligente” cuando usted marca los números que inician con 0-800, 0-801 o 0-808.

**1997: Introducción de la modalidad “Pre-pago”.**

**1997: BellSouth concretó su ingreso al Perú.** Para ello adquirió más del 58.7% de participación de la empresa Tele 2000.

**1998-Ene: Aprobación del Reglamento de Interconexión.** La interconexión es obligatoria y es uno de los requisitos prácticos para que un país se integre al globalizado mundo de las telecomunicaciones. Gracias a ella, un operador menor o que recién ingresa al mercado puede hacer uso de la red portadora local para brindar sus servicios finales. Es necesario establecer condiciones, tiempos y costos para el uso de las redes interconectadas.

**1998-Mar: Nuevo sistema de tasación de llamadas telefónicas locales.** Luego de considerar las observaciones y realizar un Benchmarking en América Latina, OSIPTEL determinó que se combinara el cobro de un cargo inicial, más una tarifa por el tráfico generado. La aplicación de la norma confirmó los beneficios previstos en los estudios, principalmente en cuanto a la reducción de la facturación del servicio (reducción promedio de 7.15% de la facturación por llamadas locales).

**1998-Jun: Tele 2000 se adjudica la concesión de la banda B en provincias.** Esto le permite desarrollar telefonía celular en el país, con excepción de Lima y Callao. La empresa perteneciente a BellSouth ofreció un pago de US\$ 35,100 millones.

**1998: Implementación del programa de Proyectos Rurales.**

**1998-Ago: Se acuerda la Apertura del Mercado de las Telecomunicaciones en el Perú.**

**1999-Ene: Se reconoce a Nextel como concesionario de servicio Troncalizado.** Tras adquirir a las empresas Mastercom Trunkin s.a., Radionet s.a. y Dualcom y sus respectivas concesiones para brindar el servicio de Trunking.

**1999-May: FirstCom (ahora AT&T) inicia actividades.** Obtiene la concesión para prestar servicios de telefonía fija. Construyó una red de fibra óptica en Lima Metropolitana para brindar servicios de voz, datos y vídeo. Provee infraestructura de acceso a Internet.

**1999-Jun: BellSouth obtiene la concesión para prestar el servicio de telefonía fija.** Planea prestar los servicios de telefonía fija e Internet.

**1999-Jul: Ingreso de la tecnología Worldgate.** Aprovecha la amplitud de banda de la infraestructura de cables de fibra óptica. De esta forma es posible navegar por Internet desde la televisión, sin necesidad de conectarse a un proveedor de Internet.

### **1999: Reglamento Transparencia de OSIPTEL**

**1999-Oct: Reducción de 3 a 2 el número de instancias para atender reclamos de usuarios.** El propósito central de dicha reducción es establecer un procedimiento más simple y efectivo, que fomente una menor tasa de deserción entre los usuarios cuyos reclamos son potencialmente procedentes.

**2000-May: TIM entra al mercado.** Telecom Italia Mobile (TIM) obtiene en concesión la tercera banda (Sistema de Comunicaciones Personales o PCS). Su oferta ascendió a US\$ 180 millones, superando así la propuesta de Teléfonos de México y el precio base fijado en US\$ 47 millones.

**2000-Jul: Se otorga la buena pro para frecuencia de telefonía fija. (Millicom y a Telefónica).** Ambas empresas brindarán telefonía fija inalámbrica.

**2000-Dic: Se otorga la buena pro para frecuencia de telefonía fija (Orbitel)**

**2001-ENE: Ingreso al Perú de TIM con la tecnología GSM.** Tecnología con la cual busca ofrecer menores tarifas por minuto y nuevos servicios, como transmisión de datos y acceso inalámbrico a Internet a través de los teléfonos celulares. Opera con tecnología GSM 2.5G

**2001 Marzo: Panamsat 1R.** Se empieza a utilizar el satélite PAS 1R reemplazo del Pas 1, este nuevo satélite “obliga” al estado peruano (Canal 7) a digitalizar sus transmisiones. Entra en escena el programa Huascarán del Ministerio de Educación y el espacio satelital se divide entre ambas instituciones

**2004: llega al Perú el 3G.** Ambas operadoras Telefónica y Bellsouth ofrecen (en Lima) servicios de telefonía celular en 3G.

**2004 Telefónica compra Bellsouth.** La operadora Telefónica de España compra las operaciones de Bellsouth en toda Latinoamérica, pagando una cantidad superior a los US \$4,700 millones de dólares.

En Perú Bellsouth pasa a llamarse Comunicaciones Móviles y finalmente fusionándose con Telefónica Móviles llamándose comercialmente Movistar (en el 2005).

Producto de la fusión Movistar deberá devolver la banda B (que usaba Bellsouth) al estado peruano en un plazo no mayor de 2 años. Los usuarios del ex-Bellsouth deberán reprogramar sus celulares ya que Movistar deberá finalmente devolver la banda B y por el tema de tecnología uniformizar sus sistemas al que usa Movistar (CDMA-2000)

**2004: América Móvil entra al mercado.** El MTC licita la cuarta banda (Banda B del PCS) adjudicándosela América Móvil del grupo de empresas a las cuales pertenece Telmex de propiedad del magnate de las telecomunicaciones mejicano Carlos Slim. Se adjudica dicha banda por US \$ 28 millones de dólares y se obliga a desarrollar telefonía en zonas rurales.

**2004: Se promulga la Nueva Ley de Radio y Televisión.** Se promulga la nueva Ley de Radio y Televisión así como su reglamento, empiezan a aparecer los Hot Spot de Wi-Fi en los principales lugares de Lima (Universidades, hoteles de 5 y 4 estrellas, algunos restaurantes, etc.) permitiendo comunicación inalámbrica mediante PDAs, laptops. Se opera en la banda de ISM de 2.4 GHz

**2005: América Móvil compra TIM.** Telecom Italia propietaria de TIM Perú llega a un acuerdo con Carlos Slim y es comprada en su totalidad por América Móvil. A la fecha pendiente de notificación formal a las autoridades peruanas (MTC) de esta operación de compra, se espera trato similar al de Telefónica por Bellsouth

**2005: Nextel crece.** Nextel operaba hasta el 2004 sólo en la costa desde ICA a Chiclayo. En el 2005 empieza a operar en Piura y Tumbes, esperándose un crecimiento a nivel nacional en lo que resta del año A nivel internacional Nextel ha sido comprada por Sprint (uno de los operadores más grandes en EE.UU.)



## CAPITULO 2:

# Señales en Telecomunicaciones

---

### 2.1. SEÑALES

Señal es la representación del mensaje que se quiere enviar, puede ser el sonido, el color o la iluminación que convertimos en forma eléctrica(voltios).

En un sentido general las telecomunicaciones se basan en el hecho de convertir el mensaje en voltios, en las telecomunicaciones actuales, además de convertirlo en voltios, se le convierte en luz para poder ser transmitido por las fibras ópticas.

Una señal eléctrica puede ser una onda de voltaje o de corriente que puede describirse matemáticamente. El interés no radica en caídas de voltaje, corrientes de malla, etc., sino en las variaciones de las señales con el tiempo, sean estas voltajes o corrientes.

En consecuencia, una señal es simplemente una función univaluada en el tiempo que puede emplearse para representar un voltaje o una corriente en una situación específica. En ocasiones pueden aparecer excepciones, particularmente en análisis que impliquen energía y potencia. Podemos distinguir dos grandes familias de señales:

**Señales analógicas:** Son señales eléctricas que se corresponden al mensaje y tienen una forma análoga al fenómeno(mensaje) representado. Pueden ser representadas mediante funciones que toman un número infinito de valores en cualquier intervalo de tiempo considerado. Para transmitir señales analógicas se emplean sistemas de transmisión analógicos, y la información va contenida en la propia forma de onda.

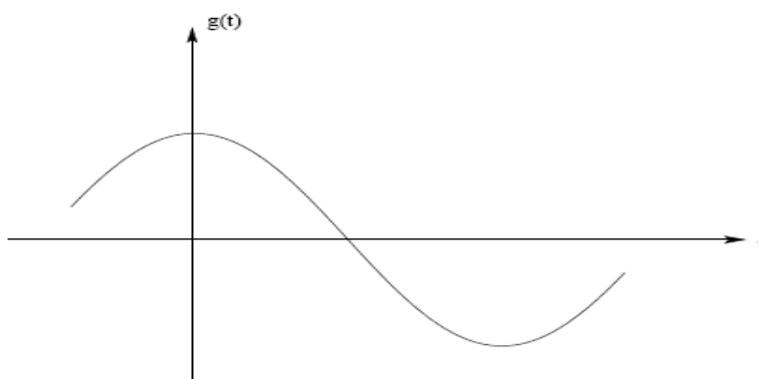


Figura 2.1 Señal analógica

**Señales digitales:** Son señales artificiales creadas por el hombre, que no se parecen en nada a lo que queremos representar. Pueden ser representadas mediante funciones que toman un número finito de valores en cualquier intervalo de tiempo. Las señales digitales necesitarán sistemas de transmisión digitales donde la información estará contenida en los pulsos codificados, y no en la forma de onda.

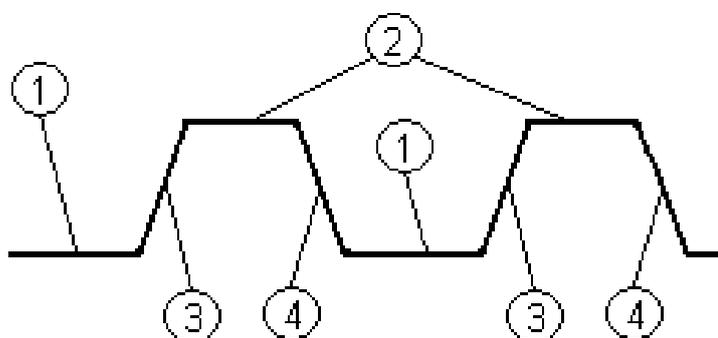


Figura 2.2 Señal digital: 1) Nivel bajo, 2) Nivel alto, 3) Flanco de subida y 4) Flanco de bajada.

Existen fuentes de información que generan señales típicamente analógicas, como la voz y otras digitales como las computadoras, pero en ambos casos es posible transmitir la señal tanto en analógico como en digital.

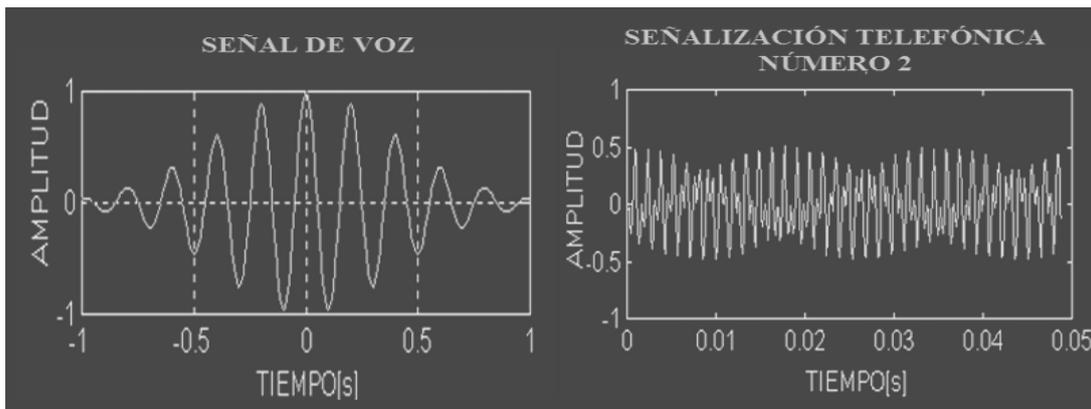
## 2.2 SEÑALES EN BANDA BASE

Las señales que no sufren ningún proceso de modulación ni desplazamiento en frecuencia, se denominan señales en banda base. En el caso de las señales digitales se denominan códigos en banda base o códigos de línea,

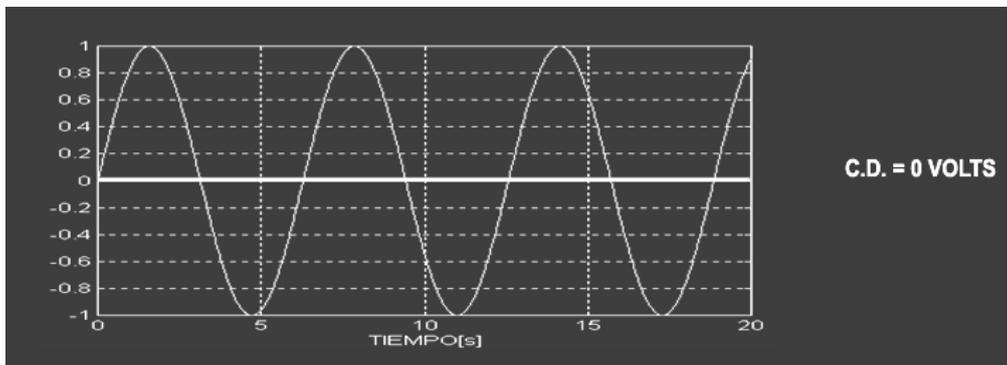
las transmisiones en banda base son frecuentes debido al bajo coste de los equipos de transmisión.

## 2.3 REPRESENTACION DE LAS SEÑALES

### 2.3.1 Representación de señales en el tiempo

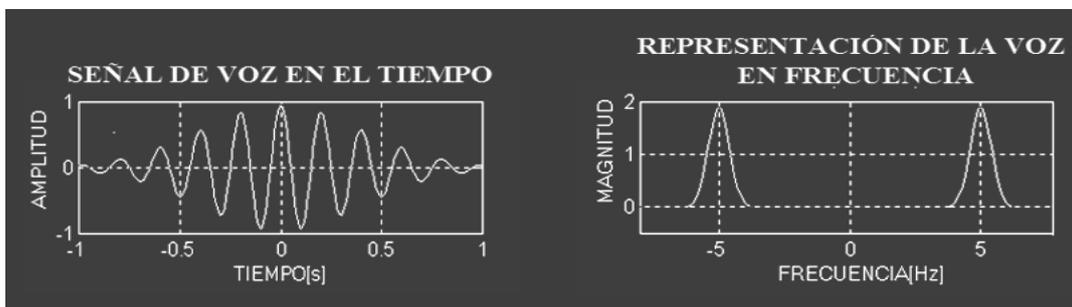


El “valor promedio” es considerado un parámetro importante de las señales del tiempo. Al valor promedio de una señal eléctrica se le conoce como su valor de corriente directa (o valor de c.d.).



### 2.3.2 Representación de las señales en la frecuencia

Otra representación importante de las señales es en el “dominio de la frecuencia”. La representación en el dominio de la frecuencia de una señal permite conocer la variación de la señal en función de la frecuencia.



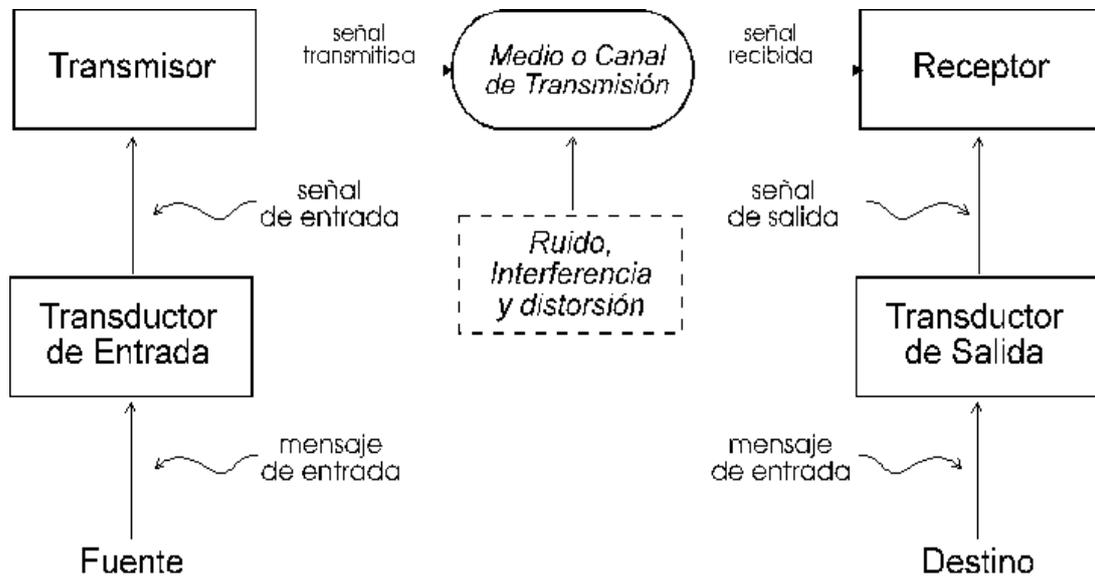
## 2.4 DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN

En sentido general, un sistema es un grupo de objetos que pueden interactuar armónicamente y que se combinan con el propósito de alcanzar determinado objetivo. Un sistema puede, a su vez, ser una porción (un subsistema) de un sistema mayor. Puede establecerse una jerarquía completa de sistemas, cada uno con su dominio definido.

Haciendo caso omiso de las aplicaciones y configuraciones particulares, todos los sistemas para transmisión de información contienen, de manera invariable, tres subsistemas principales: el transmisor, el canal o medio de transmisión y el receptor.



Figura 2.1 Elementos básicos de un sistema de comunicaciones



**Figura 2.2 Diagrama de bloques de un sistema de comunicaciones**

En la figura 2.2 se muestra un modelo de sistema de comunicación, que es el que se usa generalmente, aunque sugiere un sistema de comunicación entre dos puntos remotos, este diagrama de bloques se puede aplicar también a sistemas sensores remotos, como el radar y el sonar, donde los sistemas de entrada y salida pueden estar localizados en el mismo lugar. Ahora pasamos a describir, con mayor detalle, cada uno de los elementos funcionales que se muestran en la figura 2.2

#### **Transductor de entrada:**

La amplia variedad de posibles fuentes de información da por resultados diferentes formas de mensajes. Sin embargo, sin importar su forma exacta, los mensajes se pueden clasificar como analógicos o digitales.

Para los primeros, pueden servir de modelo las funciones de una variable continua en el tiempo, (por ejemplo, presión, temperatura, voz, música), mientras que un sistema digital se compone de símbolos discretos (por ejemplo, un texto escrito, las perforaciones de la tarjeta de una computadora).

Casi invariablemente, el mensaje que se produce en la fuente debe convertirse, por medio de un transductor, a una forma apropiada al tipo particular de sistema de comunicación que se emplee. Por ejemplo, en las comunicaciones eléctricas, las ondas de voz se convierten, por medio de un micrófono, en variaciones de voltaje. Este mensaje se conocerá como la señal mensaje.

### **Transmisor:**

El propósito del transmisor es acoplar el mensaje al canal. Aunque no deja de ser frecuente encontrar el transductor de entrada directamente acoplado al medio de transmisión, como sucede, por ejemplo, en algunos sistemas de intercomunicaciones; sin embargo, es generalmente necesario modular una portadora con la señal del transductor de entrada.

La modulación es la variación sistemática de alguna característica de la onda portadora, como la amplitud, la fase o la frecuencia, de acuerdo con una función de la señal mensaje. Entre las otras funciones que realiza el transmisor, además de la modulación, están la filtración, la amplificación y el acoplamiento de la señal ya modulada al canal, lo que puede hacerse por medio de una antena u otro dispositivo apropiado.

### **Medio o Canal de transmisión:**

El canal puede tener diferentes formas, siendo, quizás la más conocida, el canal que existe entre la antena transmisora de la radioemisora comercial y la antena receptora del equipo de radio.

En este canal, la señal transmitida se propaga a través de la atmósfera, o el espacio libre, hasta llegar a la antena receptora. Sin embargo, no es infrecuente encontrar al transmisor conectado de una manera fija al receptor, como sucede en la mayoría de los sistemas telefónicos locales.

Este canal es muy diferente del ejemplo, ya citado del radio, pero todos tienen algo en común. La señal sufre degradación entre el transmisor y el receptor. Aunque esta degradación puede presentarse en cualquier punto del diagrama de bloques se acostumbra asociarla solamente con el canal.

Con frecuencia, esta degradación es el resultado del ruido, de otras señales indeseables o de interferencias, pero puede también incluir otros efectos de distorsión, como el desvanecimiento del nivel de la señal, las rutas múltiples de transmisión y la filtración.

### **Receptor:**

La función del receptor es extraer la señal deseada del conjunto de señales recibidas a la salida del canal y convertirlas a una forma apropiada para el transductor de salida. Aunque la amplificación puede ser una de las primeras operaciones realizadas por el receptor, especialmente en las comunicaciones radiales, donde la señal puede ser exactamente débil, la función principal del receptor es demodular la señal recibida.

Se desea a menudo que la salida del receptor represente una versión a escala, posiblemente retardada, de la señal a la entrada del modulador, aunque, en algunos casos, se desee tener una función más generalizada del mensaje que entró. Sin embargo, debido a la presencia del ruido y la distorsión esta operación dista bastante de ser ideal.

#### **Transductor de salida:**

El transductor de salida completa el sistema. Este dispositivo convierte la señal eléctrica, de la entrada, a la forma que desee el usuario del sistema. La bocina es, quizá, el transductor de salida más corriente. Existen, sin embargo, otras muchas posibilidades como son las grabadoras de cinta, los teletipos, los osciladores, medidores y tubos de rayos catódicos, para citar, solamente, unos pocos ejemplos.

## **2.4 CONCEPTOS SOBRE ONDAS**

### **2.4.1 Definición de onda**

Onda es una perturbación que se propaga en un medio. Las partículas de ese medio no se desplazan con la onda, ellas oscilan o vibran. No hay transporte de materia, sino de energía. Inicialmente cada partícula se encuentra en su punto de equilibrio, antes de que la onda incida sobre ella.

### **2.4.2 Clases de ondas**

Aunque todas las ondas tienen unas características generales comunes podemos ver algunos aspectos que permiten agruparlas en clases distintas. Cada uno de ellos da lugar a un determinado tipo de onda.

#### **a) Atendiendo a su naturaleza:**

**Ondas mecánicas:** Son aquellas que requieren un medio material para propagarse. Las ondas sonoras, las ondas que se producen en una cuerda, en el agua al caer una piedra, etc., son ejemplos de ondas mecánicas.

**Ondas electromagnéticas:** Son aquellas que no necesitan de un medio material para propagarse. Las oscilaciones corresponden a variaciones de la intensidad del campo electromagnético. Las ondas de radio, las microondas, las ondas luminosas visibles, infrarroja y ultravioleta, y los rayos X y gamma, son ejemplos de ondas electromagnéticas.

#### **b) Dependiendo de cómo se generan:**

Es decir de la forma de oscilar en el origen, tendremos **ONDAS PERIÓDICAS** o **NO PERIÓDICAS**, dentro de las primeras se encuentran las **ONDAS ARMÓNICAS** que corresponden a vibraciones

de tipo senoidal. Podemos incluir una subdivisión **según sea la dependencia espacial de la función de onda** y tendremos ondas que se propagan en una, dos o tres dimensiones.

**c) Atendiendo a la forma del frente de onda**

Que es la superficie definida por los puntos del medio a los que llega la perturbación en el mismo instante. Los frentes de onda mas conocidos corresponden a superficies esféricas, cilíndricas y planas, estando todos sus puntos con el mismo valor de la fase .

**La onda plana** cuyo frente de ondas es un plano, es la más utilizada por ser una buena aproximación de cualquier frente en puntos alejados del origen. Su función de onda depende de una dimensión por tanto por tanto corresponde al modelo básico de estudio.

**d) Según la dirección de propagación:**

Clasificamos las ondas en dos tipos:

**Ondas longitudinales:** Donde la vibración de la onda es paralela a la dirección de propagación de la propia onda. Estas ondas se deben a las sucesivas compresiones y enrarecimientos del medio. De este tipo son las ondas sonoras.

**Ondas transversales:** Donde la vibración es perpendicular a la dirección de la onda. Por ejemplo, las ondas sobre la superficie del agua. Las ondas transversales pueden ser polarizadas, es decir, el medio puede imponer una de las posibles direcciones perpendiculares de vibración y eso las distingue de las longitudinales.

Las ondas electromagnéticas son siempre transversales pero las ondas elásticas, dependiendo del medio en que se propaga, pueden ser de ambas clases. Por ejemplo el sonido es producido por variaciones de presión transversales y longitudinales en sólidos, pero solo longitudinales en líquidos y gases.

## 2.5 CARACTERISTICAS DE LAS ONDAS

**a) Longitud de onda**

Una característica de una onda es **la longitud de onda**, denotada por  $\lambda$  (Figura 2.3), esta cantidad es la distancia entre dos máximos sucesivos de la onda. La longitud de onda se mide en metros, centímetros, kilómetros, etcétera.

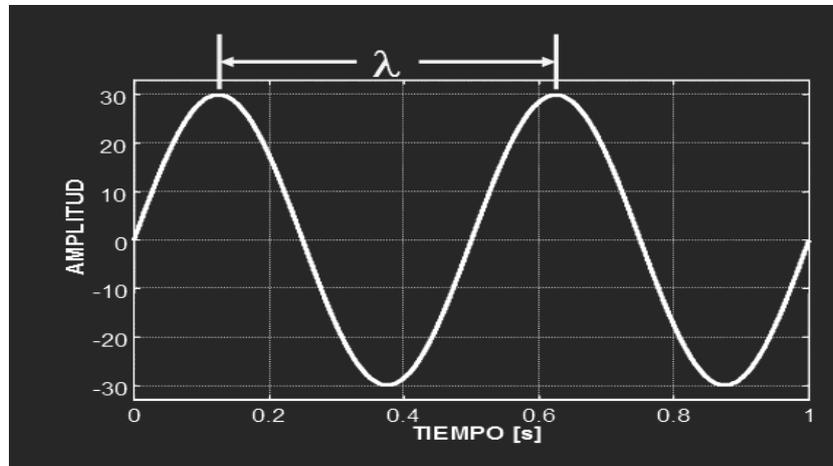


Figura 2.3 La longitud de onda es la distancia entre dos máximos sucesivos.

**b) Frecuencia**

Otra característica de una onda es **su frecuencia**, denotada por **f** que es el número de ciclos que se repite en un segundo. La unidad de la frecuencia es el ciclo/segundo que se llama hertz (abreviado Hz).

**c) La Amplitud**

La amplitud (**A**) es el desplazamiento máximo desde la posición de equilibrio.

**d) El Periodo**

El periodo (**T**) de una onda es el tiempo que tarda en tener lugar una vibración completa.

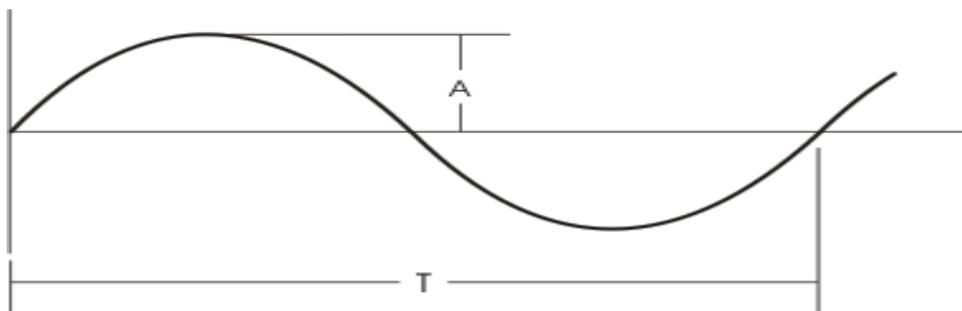


Figura 2.4 Amplitud y Periodo

La frecuencia de la onda está relacionada con el periodo de la onda por la siguiente ecuación:  $f = \frac{1}{T}$

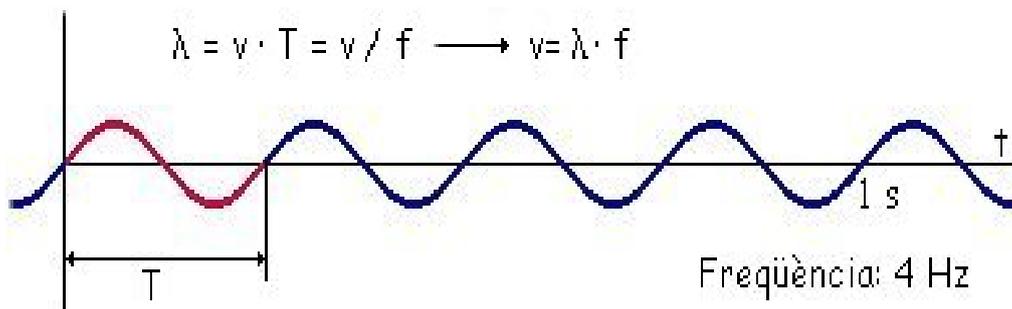
Si el período de una onda es de 10 segundos (por ejemplo, le toma 10 segundos a la onda completar un ciclo), entonces la frecuencia es de 0.1 Hz., en otras palabras, la onda completa 0.1 ciclos cada segundo.

### e) Velocidad de las Ondas

La velocidad de la onda es una descripción de cuán rápido viaja una onda, la velocidad de la onda está relacionada con la frecuencia, el período y la longitud de onda a través de las simples ecuaciones:

$v = \frac{\lambda}{T}$  ,  $v = \lambda f$  donde  $v$  es la velocidad de la onda,  $\lambda$  es la longitud de onda,  $T$  es el período, y  $f$  es la frecuencia.

La velocidad de la onda se mide en unidades de metros por segundo (m/s).



Por ejemplo, la nota musical “LA” es un sonido con una frecuencia de 440 Hz. La longitud de onda de una onda es de 78.4 cm. ¿Cuál es la velocidad de una onda sonora?

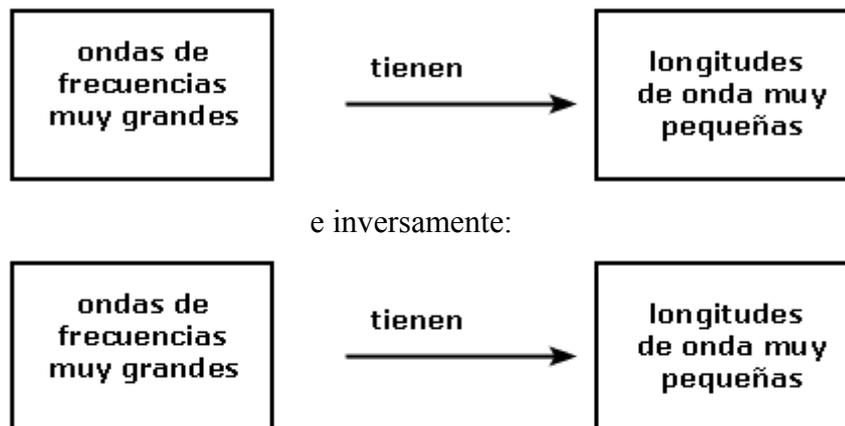
Para determinar la velocidad de una onda, podemos usar la ecuación  $v = \lambda f$  y sustituir los valores dados por longitud de onda y frecuencia, asegurándonos que estamos usando unidades standard.

$$f = 440 \text{ Hz} \quad \lambda = 78.4 \text{ cm} = 0.784 \text{ m}$$

$$v = \lambda f = (0.784 \text{ m})(440 \text{ Hz}) = 345 \text{ m/s}$$

El valor (345 m/s) es el valor aproximado de la velocidad del sonido en el aire, cuan interesante es esto, que la velocidad del sonido en el aire depende de la temperatura y la presión. Un músico que toca un instrumento de viento, como la trompeta, puede afinar su trompeta en la **base** de una montaña, escalar la montaña hasta donde la presión del aire es más baja, y encontrar que la trompeta ya no está afinada.

De manera similar, un cambio de temperatura en el aire también puede cambiar el tono del instrumento. En vista de que en un medio dado la velocidad  $v$  es una cantidad constante, si la frecuencia  $f$  aumenta, para que el producto ( $\lambda f$ ) sea constante, necesariamente la longitud de onda  $\lambda$  debe disminuir, e inversamente. Por lo tanto:



## 2.6 ONDA ELECTROMAGNETICA

Por definición, una onda electromagnética consiste en la propagación de energía a través del espacio, debido a la variación de ciertos campos eléctricos y magnéticos. Atendiendo a su longitud de onda, la radiación electromagnética recibe diferentes nombres.

Desde los energéticos rayos gamma (con una longitud de onda del orden de picómetros) hasta las ondas de radio (longitudes de onda del orden de varios kilómetros) pasando por la luz visible cuya longitud de onda está en el rango de las décimas de micra.

El rango completo de longitudes de onda forma el espectro electromagnético, del cual la luz visible no es más que un minúsculo intervalo

que va desde la longitud de onda correspondiente al violeta hasta la longitud de onda del rojo.

Si hablamos de luz en sentido estricto nos referimos a radiaciones electromagnéticas cuya longitud de onda es capaz de captar el ojo humano, pero técnicamente, el ultravioleta, las ondas de radio o las microondas también son luz, pues la única diferencia con la luz visible es que su longitud de onda queda fuera del rango que podemos detectar con nuestros ojos; simplemente son "colores" que nos resultan invisibles, pero podemos detectarlos mediante instrumentos específicos.

En telecomunicaciones se clasifican las ondas mediante un convenio internacional de frecuencias en función del empleo al que están destinadas:

### Clasificación de las ondas en telecomunicaciones

Sigla	Rango	Denominación	Empleo
VLF	10 kHz a 30 kHz	Muy baja frecuencia	Audiofrecuencias
LF	30 kHz a 300 kHz	Baja frecuencia	Radio, navegación
MF	300 kHz a 3 MHz	Frecuencia media	Radio de onda media
HF	3 MHz a 30 MHz	Alta frecuencia	Radio de onda corta
VHF	30 MHz a 300 MHz	Muy alta frecuencia	TV
UHF	300 MHz a 3 GHz	Ultra alta frecuencia	Radio, TV, radar
SHF	3 GHz a 30 GHz	Súper alta frecuencia	Radar
EHF	30 GHz a 300 GHz	Extra alta frecuencia	Radar

Dependiendo del fenómeno estudiado, la radiación electromagnética se puede considerar en lugar de como una serie ondas, como un chorro de partículas, llamadas fotones.

Esta dualidad onda-corpúsculo hace que cada fotón tenga una energía proporcional a la frecuencia de la onda asociada, dada por la relación de Planck  $E = h \cdot \nu$  donde E es la energía del fotón, h es la constante de Planck y  $\nu$  es la frecuencia de la onda.

Así mismo, considerando la radiación electromagnética como onda, la longitud de onda  $\lambda$  y la frecuencia de oscilación  $\nu$  están relacionadas por una constante, la velocidad de la luz en el medio (c en el vacío):  $c = \lambda \cdot \nu$  . A

mayor longitud de onda menor frecuencia (y menor energía según la relación de Plank).

## 2.7 EL SONIDO

El sonido es el fenómeno físico que estimula el sentido del oído. Un cuerpo solo puede emitir un sonido cuando vibra. Las vibraciones son transmitidas mediante el aire en el tímpano, que vibra y comunica estas vibraciones a través de un conjunto de pequeños huesos en las ramificaciones del nervio auditivo.

El sonido no se transmite solo en el aire, sino en cualquier otro material, sea gas, líquido o sólido, pero no se puede propagar en el vacío. La velocidad con que se propaga depende del material que sirve como medio de transporte.

Cualquier alteración de las propiedades del material, como su temperatura, densidad, etc., hace variar la velocidad de propagación.

Así, la velocidad del sonido en el aire seco a 0°C es de 331 m/s (medición de la Academia de Ciencias de París en 1882); por cada elevación de un grado de temperatura, la velocidad del sonido en el aire aumenta en 0,62 m/s. En el agua de mar a 8°C la velocidad del sonido es de 1435 m/s. (mediciones de Colladon y Sturm en 1827).

En los sólidos la velocidad es del orden de los Km./s. Por ejemplo la velocidad en el acero es de 5 Km./s. Cualquier sonido sencillo, como una nota musical, se puede describir con tres características físicas: la frecuencia, la amplitud y la forma de onda (o composición armónica). Vamos a ver estas características.

### a) **La frecuencia:**

Desde el punto de vista musical, la frecuencia se relaciona con la altura o tono de la nota musical a que corresponde. Cuanto más grande es la frecuencia, más alto es el tono de una nota musical. El sonido es más agudo. Los humanos somos sensibles a las vibraciones con frecuencia comprendida entre 16 Hz y 20.000 Hz.

Por debajo de 16 Hz se llaman infrasonidos y por encima, ultrasonidos. El margen auditivo de las personas varía según la edad y otros factores. Los animales tienen un margen auditivo diferente, así, es muy conocido el hecho que los perros pueden sentir frecuencias mucho más altas, dentro del margen de los ultrasonidos.

Las notas producidas por el teclado de un piano tienen un rango de frecuencia de 27 a 3.840 Hz, distribuidos en 7 octavas. A cada nota musical, le corresponde una frecuencia determinada. La afinación actual de los instrumentos se hace a partir de la nota base LA4, a la cual corresponde una frecuencia de 440 Hz.

**b) La amplitud:**

La amplitud es el grado de movimiento de las moléculas de aire en una onda. Esta corresponde, en términos musicales, a aquello que llamamos intensidad. Cuanto más grande es la amplitud de la onda, más intensamente golpean las moléculas en el tímpano y más fuerte es el sonido percibido.

La amplitud mínima para que un sonido sea percibido por una persona se llama límite de audición. Cuando la amplitud aumenta, llega un momento en que produce molestias en el tímpano, a eso se le llama límite del dolor.

**c) La forma de onda:**

La forma de onda es la característica que nos permitirá distinguir una nota de la misma frecuencia e intensidad producida por instrumentos diferentes. La forma de onda viene determinada por los armónicos.

Los armónicos son una serie de vibraciones subsidiarias que acompañan a una vibración primaria o fundamental del movimiento ondulatorio (especialmente en los instrumentos musicales).

Cuando un cuerpo vibra, lo puede hacer produciendo un movimiento armónico simple. Es decir, un movimiento que se puede expresar en función del tiempo con una función senoide ( $g(t) = A \cdot \sin(2\pi f t)$ ), donde  $f$  representa la frecuencia del sonido,  $A$  su amplitud y  $g(t)$  la prolongación vibratoria en función del tiempo.

Este es el caso del diapasón, una pequeña horqueta de dos puntas utilizada por los músicos para obtener, al ser golpeada, un sonido o tono fijo, con el cual se afinan los instrumentos.

Produce un sonido puro, casi sin armónicos, que no varía con cambios de temperatura. Normalmente, al hacer vibrar un cuerpo, no obtenemos un sonido puro, sino un sonido compuesto de sonidos de diferentes frecuencias.

A estos se les llama armónicos. La frecuencia de los armónicos, siempre es un múltiplo de la frecuencia más baja llamada frecuencia fundamental o primer armónico. A medida que las frecuencias son más altas, los segmentos en vibración son más cortos y los tonos musicales están más próximos los unos de los otros.

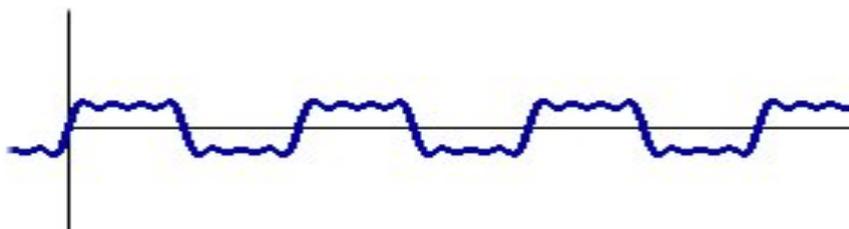
Los armónicos contribuyen a la percepción auditiva de la calidad de sonido o timbre, para entender mejor esto, veremos unos ejemplos de sonidos con forma de onda diferente, la siguiente gráfica representa la forma de onda de un sonido llamado diente de sierra.



$$f(x) = \sin x + (\sin 2x)/2 + (\sin 3x)/3 + (\sin 4x)/4$$

El sonido se produce a partir de una nota con frecuencia fundamental  $f$  a la cual se añaden armónicos de frecuencias  $2f$ ,  $3f$ ,  $4f$ , y respectivamente amplitudes  $1/2$ ,  $1/3$  y  $1/4$ . En concreto este sonido se ha generado con la función:

$f(t) = \sin(2\pi \cdot 440 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 880 \cdot t)/2 + \sin(2\pi \cdot 1320 \cdot t)/3 + \sin(2\pi \cdot 1760 \cdot t)/4 + \dots$ , usando como frecuencia fundamental  $f = 440$  Hz. La grafica siguiente representa el sonido con forma de onda cuadrada.



$$f(x) = \sin x + (\sin 3x)/3 + (\sin 5x)/5 + (\sin 7x)/7$$

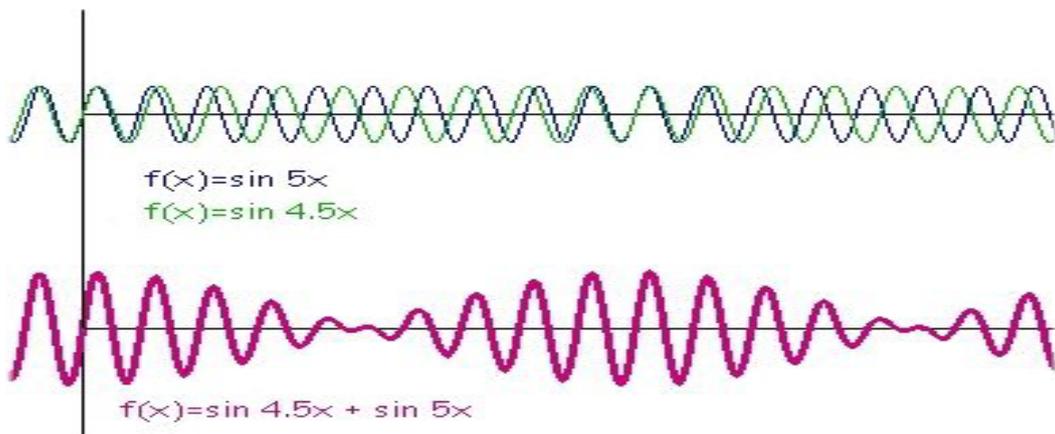
El sonido se produce a partir de una nota con frecuencia fundamental  $f$  a la cual se añaden armónicos de frecuencias  $3f$ ,  $5f$ ,  $7f$ , y respectivamente amplitudes  $1/3$ ,  $1/5$  y  $1/7$ . En concreto este sonido se ha generado con la función siguiente:

$f(x) = \sin(2\pi \cdot 440 \cdot t) + \sin(2\pi \cdot 1320 \cdot t)/3 + \sin(2\pi \cdot 2200 \cdot t)/5 + \sin(2\pi \cdot 3080 \cdot t)/7 + \dots$ ,  
usando como frecuencia fundamental  $f = 440$  Hz.

Así hemos visto que la superposición de sonidos diferentes dan lugar a sonidos más ricos, de cualquier forma, mientras los sonidos producidos por instrumentos musicales se construyen a partir de una nota fundamental y otras de frecuencia múltiple, hay sonidos que no son tan armoniosos entre si.

Para ilustrar esto, vemos lo que ocurre cuando se suman dos notas de frecuencias muy parecidas. Las amplitudes se llegan a compensar de forma que el sonido llega a tener una amplitud nula (no se siente).

En la ilustración vemos que la suma de dos funciones trigonométricas de períodos parecidos, da lugar a una onda muy especial, esto es lo que se llama un latido.



## 2.8 EL DECIBEL

Equivalente a la décima parte de un bel, el dB (decibelio), es una unidad de medida relativa, que indica la relación entre dos valores de potencia, tensión o intensidad. Se aplica a la especificación de ganancias o atenuaciones de una señal. o la intensidad de un sonido.

El nombre bel viene del físico norteamericano Alexander Graham Bell (1847-1922), los logaritmos son muy usados debido a que la señal en decibeles (dB) puede ser fácilmente sumada o restada y también por la razón de que el oído humano responde naturalmente a niveles de señal en una forma

aproximadamente logarítmica, las pérdidas o atenuaciones pueden expresarse como ganancias negativas

### 2.7.1 Ganancia de potencia en decibeles

La ganancia de Potencia  $G$  de un amplificador es la razón entre la potencia de salida a la potencia de entrada. Si la potencia de salida ( $P_2$ ) es 15 W y la de entrada ( $P_1$ ) es 0.5W

$$G = \frac{P_2}{P_1} = \frac{15 \text{ w}}{0.5 \text{ w}} = 30$$

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

$$G_{dB} = 10 \log \left( \frac{P_{salida}}{P_{entrada}} \right)$$

Si un circuito determinado tiene una ganancia de potencia de 100, su ganancia en decibeles es:  $G_{dB} = 10 \cdot \log(100) = 20 \text{ dB}$ , la ganancia  $G_{dB}$  es adimensional, pero para estar seguros de no confundirla con la ganancia normal de potencia  $G$ , se añade la palabra decibel (dB).

Cada vez que una respuesta se expresa en decibeles automáticamente se sabrá que se trata de la ganancia en decibeles de potencia y no de la ganancia normal de potencia.

Para transformar de decibeles a unidades absolutas :  $P = 10^{\frac{X}{10}}$  donde X esta dado en decibeles. Ejemplo: Tengo un amplificador cuya ganancia es de 20dB. Si la potencia de la señal de entrada es 1W, ¿qué potencia en W tendré a la salida del mismo? Sol.: 100 W ¿Y si el amplificador tuviera 40 dB de ganancia?.

Supóngase que la ganancia de potencia es 10, la ganancia de potencia en decibeles será :  $G_{dB} = 10 \log 10 = 10 \text{ dB}$

Si la ganancia de potencia fuera 100, entonces  $G_{dB} = 10 \log 100 = 20 \text{ dB}$

Si la ganancia de potencia fuera de 1000  $G_{dB} = 10 \log 1000 = 30 \text{ dB}$

En este caso el patrón que se observa es que la potencia en decibeles aumenta en 10 dB cada vez que la ganancia de potencia se incrementa por un

factor de 10, un resultado similar se obtiene cuando las ganancias de potencia son inferiores a la unidad.

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

### 2.7.2 Referencia de 1 mW

Aunque los decibeles se usan generalmente con la ganancia de potencia, a veces se emplean para indicar el nivel de potencia respecto a 1 mW.

En este caso, se usa el símbolo dBm, donde la m significa que la referencia es a un miliwatt.  $P' = 10 \log(P/1mW)$

Donde  $P'$  = potencia en dBm ,  $P$  = potencia en watts

Por ejemplo, si la potencia es de 0.5 W, entonces:  $P'=10\log(0.5W/1 mW)$

$P' = 10 \log 500 = 27 \text{ dBm}$  .Por ultimo para recalcar, el término dbm se emplea más comúnmente cuando nos estamos refiriendo a potencias entre 0 y 1 Watt. (en este caso es más fácil hablar en términos de miliwatts o dBm).

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

Watts	mW	dBW	dBm
0.01	10	-20	10
0.10	100	-10	20
0.63	630	-2	28
0.79	790	-1	29
1	1000	0	30
1.12	-	0.5	30.5
1.26	-	1	31

1.58	-	2	32
2	-	3	33
3.16	-	5	35
4	-	6	36
5.01	-	7	37
10	-	10	40
100	-	20	50
1,000	-	30	60
10,000	-	40	70
100,000	-	50	80
1'000,000	-	60	90



## CAPITULO 3: Fourier y la frecuencia

---

### 3.1 TEOREMA DE FOURIER



Jean-Baptiste-joseph Fourier((21 de marzo 1768 en Auxerre - 16 de mayo 1830 en París), matemático y físico francés conocido por sus trabajos sobre la descomposición de funciones periódicas en series trigonométricas convergentes llamadas Series de Fourier.

Fue educado por los benedictinos y luego estuvo en el colegio militar. Participó en la revolución francesa y, gracias a la caída del poder de Robespierre, se salvó de ser guillotinado.

Se incorporó a la Escuela Normal Superior en donde tuvo entre sus profesores a Joseph-Louis Lagrange y Pierre-Simon Laplace. Posteriormente, ocupará una cátedra en la Escuela Politécnica, Fourier participó en la expedición de Napoleón a Egipto en 1798 y ocupará después un alto puesto diplomático en el país conquistado.

A su regreso a Francia en 1801, Napoleón lo nombra prefecto de Isère, entro a la Academia de Ciencias Francesa en 1817. Fue en Grenoble donde condujo sus experimentos sobre la propagación del calor que le permiten modelar la evolución de la temperatura a través de series trigonométricas.

Estos trabajos mejoraron el modelado matemático de fenómenos físicos y contribuyeron a los fundamentos de la termodinámica. Sin embargo, la simplificación excesiva que proponen estas herramientas fue muy debatido, principalmente por Pierre-Simon Laplace y Joseph-Louis Lagrange.

Fourier recopiló todo su ingenio matemático y descubrió lo que hoy se conoce como teorema de Fourier. Según este, cualquier oscilación periódica, por complicada que sea, se puede descomponer en serie de movimientos ondulatorios simples y regulares, la suma de los cuales es la variación periódica compleja original.

Es decir se puede expresar como una serie matemática en la cual los términos son funciones trigonométricas. El teorema de Fourier tiene muchas aplicaciones; puede ser utilizado en el estudio del sonido y de la luz y desde luego en cualquier fenómeno ondulatorio. El estudio matemático de tales fenómenos, basado en el teorema de Fourier se llama análisis armónico.

### 3.2 SERIES DE FOURIER

Las series de Fourier describen señales periódicas como una combinación de señales armónicas (sinusoides), con esta herramienta podemos analizar una señal periódica en términos de su contenido frecuencial o espectro.

#### 3.2.1 Definición de función periódica

Una función  $f(t)$  tiene un período  $T$  o es periódica con período  $T$  si para todo  $t$ ,  $f(t+T)=f(t)$ , donde  $T$  es una constante positiva, el valor más pequeño de  $T>0$  se llama el período principal o período fundamental o simplemente el período de  $f(t)$ , la función  $\text{sen}(x)$  tiene periodos  $2\pi, 4\pi, 6\pi, \dots$  porque  $\text{sen}(x + 2\pi), \text{sen}(x + 4\pi), \text{sen}(x + 6\pi)$ , todos son iguales a  $\text{sen}(x)$ .

#### 3.2.2 Definición de serie de Fourier

Sea una función  $f(x)$  definida en el intervalo  $\langle -L, L \rangle$ , y determinada fuera de este intervalo por  $f(x+2L) = f(x)$ , esto es, asumamos que  $f(x)$  tiene periodo  $T = 2L$  y  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  la serie de Fourier que corresponde a  $f(x)$  se define

como:

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega x + b_n \text{sen } n\omega x)$$

donde los coeficientes de Fourier  $a_n$  y  $b_n$  son:

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cos(n\omega x) dx \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \text{sen}(n\omega x) dx \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

**Nota:** Si  $f$  es cualquier función integrable entonces los coeficientes  $a_n$  y  $b_n$  pueden ser calculados. Sin embargo no existe certeza de que la serie de Fourier convergerá a  $f$ , si  $f$  es una función arbitraria integrable. En general, se dice:

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega x + b_n \operatorname{sen} n\omega x)$$

Esto indica que la serie podría o no converger a  $f$  en algunos puntos.

### Ejemplo

Calcular la serie de Fourier de la función  $f$  dada por:

$$f(x) = \begin{cases} 1 & , 0 \leq x < \pi \\ -1 & , \pi \leq x < 2\pi \end{cases}$$

ya que  $f$  es una función impar, esto es  $f(x)\cos(n\omega x)$  es par, y por lo tanto:

$$a_n = 0, \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

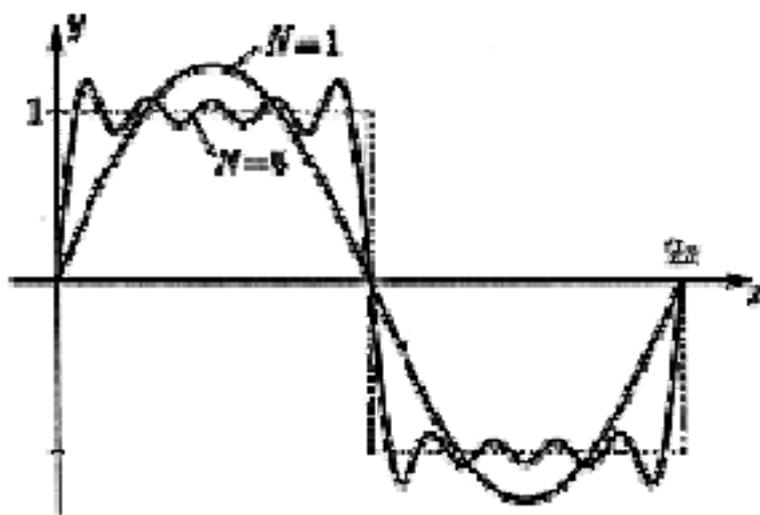
$a_0 = 0$

Para  $n \geq 1$  los coeficientes  $b_n$  están dados por:

$$b_n = \frac{1}{\pi} \left( \int_0^{\pi} \sin nx dx - \int_{\pi}^{2\pi} \sin nx \right) = \begin{cases} \frac{4}{n\pi} & n \text{ impar} \\ 0, & n \text{ par} \end{cases}$$

Se deduce que:

$$f \sim \frac{4}{\pi} \left( \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots \right)$$



El descubrimiento de Fourier de que cualquier forma de onda puede representarse con una suma de ondas sinusoidales, fue algo sorprendente para sus contemporáneos. Estudios posteriores del campo de la música, la oratoria y la electricidad han reconocido su descubrimiento como indispensable.

### 3.3 ESPECTRO DE FRECUENCIAS DE UNA SEÑAL

Las señales pueden representarse en el dominio del tiempo o en el dominio de la frecuencia. En el primer dominio, la señal queda especificada por el valor de la señal a lo largo del tiempo. En el segundo, la señal queda definida por un conjunto (en principio infinito) de funciones sinusoidales puras (senos y cosenos) que sumadas entre sí generan dicha señal.

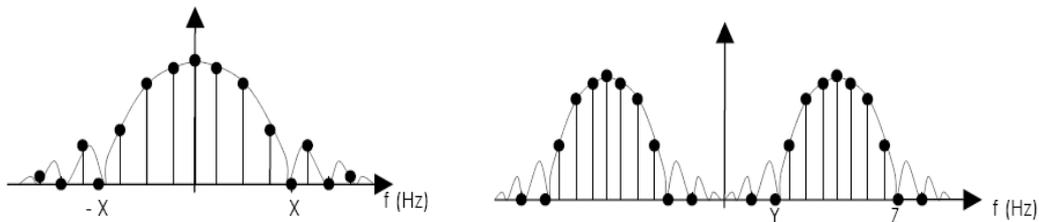
A la contribución relativa de cada una de estas señales sinusoidales es a lo que se conoce como espectro de frecuencias de una señal o espectro de Fourier. El espectro de Fourier  $S(f)$  de la señal  $s(t)$  es una función compleja y por tanto, tiene una parte real y otra imaginaria.

Para tener una idea de la distribución energética del espectro de  $S(f)$  suele representarse su módulo o magnitud que se calcula como:

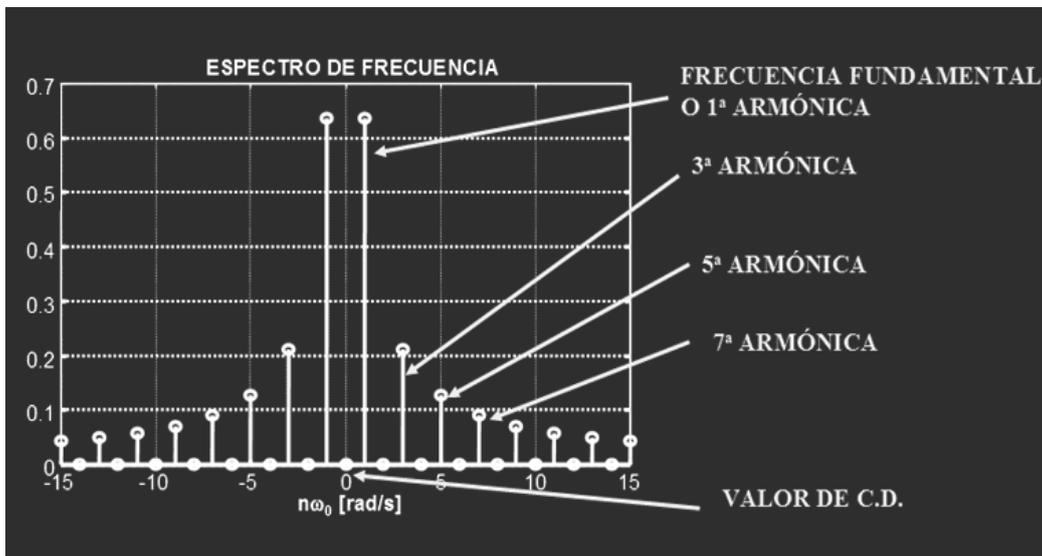
$$|S(f)| = \sqrt{(R_e[S(f)])^2 + (Im[S(f)])^2}$$

donde  $R_e[S(f)]$  es la parte real de  $S(f)$  y  $Im[S(f)]$  es la parte imaginaria de  $S(f)$ .

El espectro de frecuencias de una señal se obtiene representando las amplitudes máximas de sus componentes de frecuencia en función de sus frecuencias. Para señales reales el espectro en frecuencia es simétrico respecto al eje de ordenadas, pero sólo tendremos en cuenta las frecuencias positivas.



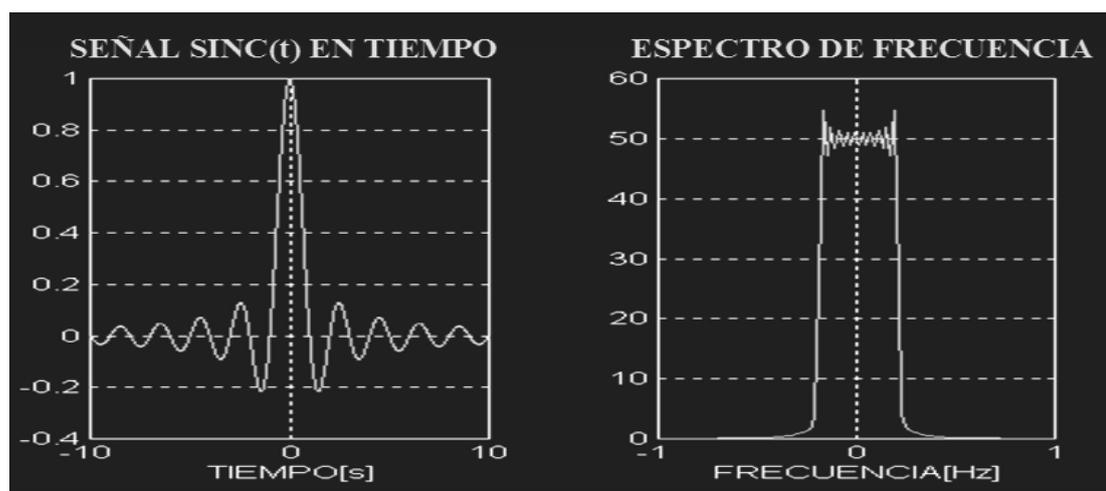
El ancho de banda de estas dos señales será  $X$  Hz y  $(Z-Y)$ Hz respectivamente. Por el contrario, en el espectro de frecuencias de una señal de voz (compleja) están presentes todas las frecuencias posibles dentro de un determinado ancho de banda. Sería necesario un nuevo espectro para mostrar la fase de los componentes frecuenciales; esta señal está íntimamente relacionada con la llamada señal de banda base.



La representación espectral de una señal contiene toda la información necesaria para reconstruir la evolución temporal de la misma. Por otro lado, la representación de una señal compleja mediante una suma de señales sinusoidales, además de facilitar compresión de la telecomunicación, simplifica los cálculos relacionados con ella, que de otro modo serían muy complicados.

La representación en frecuencia de las señales periódicas consiste en una frecuencia fundamental  $\omega_0$  (o 1<sup>ra</sup> armónica) y en múltiplos enteros de ella o frecuencias armónicas.

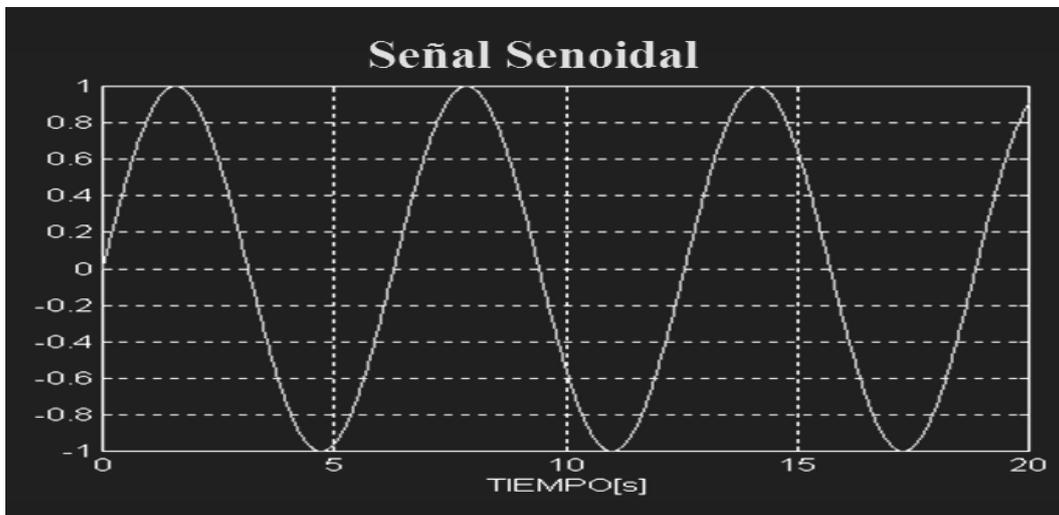
La representación en frecuencia de una señal no periódica es una función continua.



Si el espectro de frecuencia de una señal se localiza alrededor de la frecuencia  $f = 0$  Hz, se dice que la señal es de “banda base”. Si el espectro de frecuencia de una señal se localiza alrededor de una frecuencia  $f_c \gg 0$  Hz, se dice que la señal es “pasa bandas”.

### 3.4 ONDAS SENOIDALES

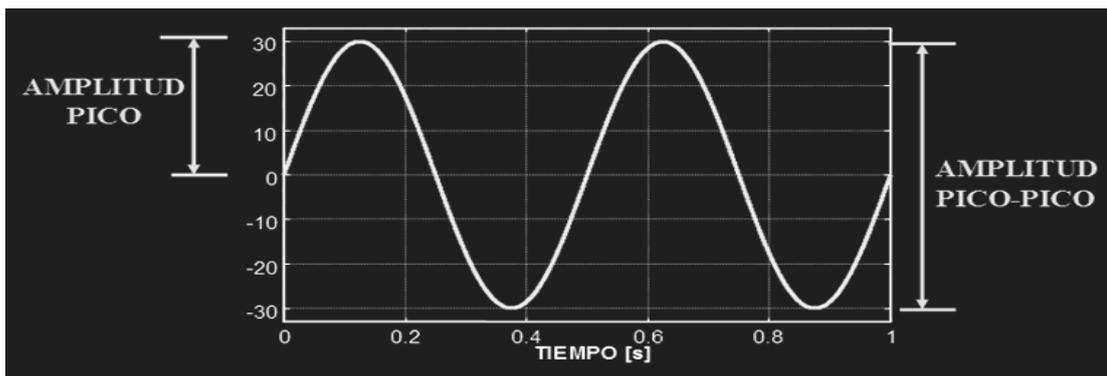
Las señales senoidales se representan por:  $f(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ , donde  $A$  es la amplitud  $\omega$  es la frecuencia angular y  $\varphi$  es la fase de la señal. El término onda senoidal se usa para referirse tanto a la curva que representa la función trigonométrica seno como a la que representa la función trigonométrica coseno.



Una onda senoidal es una curva sencilla de variación suave. Para describir completamente una onda senoidal, necesitamos disponer de sólo tres magnitudes: amplitud máxima, frecuencia y fase.

### AMPLITUD

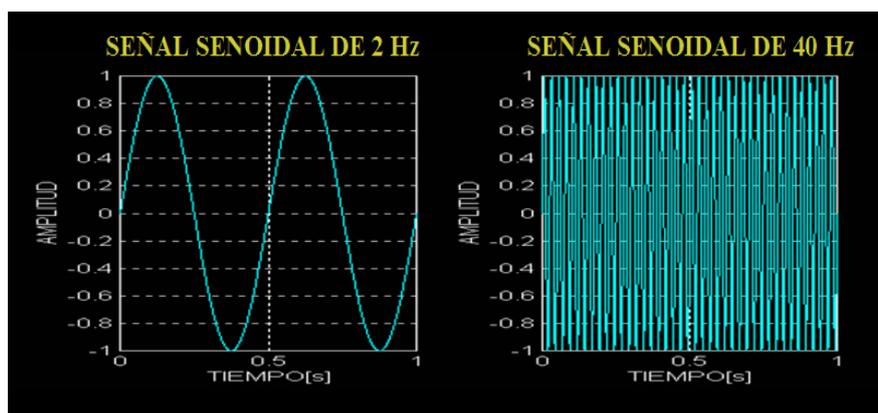
La amplitud es el valor de la altura de la onda tanto en el sentido positivo como negativo. Cuando se describe la onda senoidal, se da la amplitud máxima, es decir, el valor máximo de la altura de la onda en cualquiera de los dos sentidos. Sin embargo, a veces es necesario conocer la amplitud instantánea, la amplitud en un determinado instante.



La amplitud pico-pico de una señal se refiere a la distancia entre una cresta y un valle.

## FRECUENCIA

La “frecuencia” de una señal periódica se refiere al número de ciclos que recorre en un segundo. La unidad de frecuencia es el hertz (Hz) que es igual a un ciclo por segundo



La “Frecuencia angular” ( $\omega$ ) de una señal periódica se define como el ángulo, medido en Radianes, que la señal recorre en un segundo, la frecuencia angular se mide en “radianes por segundo” (rad/s). Si en un ciclo la señal recorre  $2\pi$  radianes, entonces  $f$  Hz equivalen a  $2\pi f$  rad/s. La conversión de Hz a rad/s se obtiene al multiplicar los hertz por  $2\pi$ , es decir:  $\omega = 2\pi f$

Ejemplo: Una señal senoidal con una frecuencia de 20 Hz tiene una frecuencia angular de:  $\omega = 2\pi(20) = 125,6$  rad/s, la representación de valores grandes de frecuencia se realiza utilizando múltiplos decimales de la unidad básica:

**1 KILOHERTZ (Khz)=1,000 Hz**

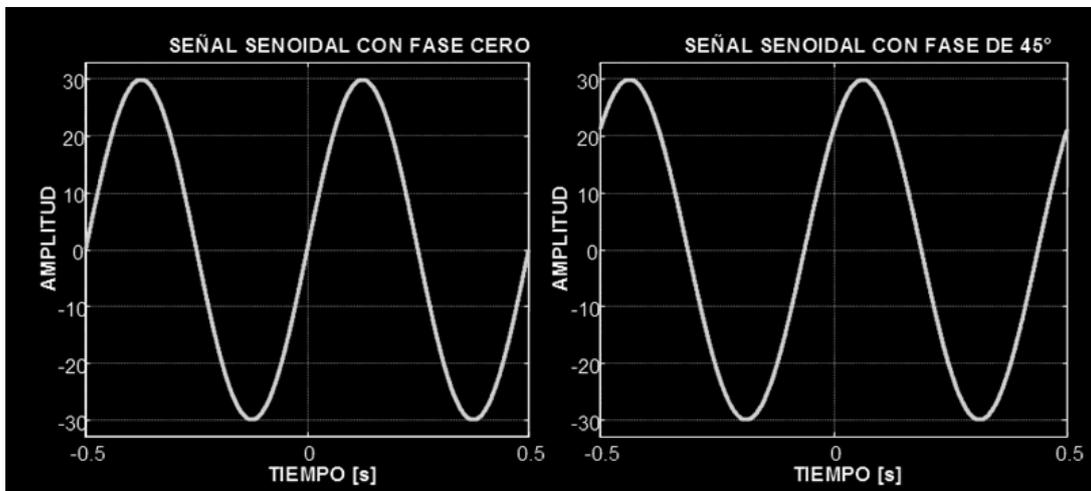
**1 MEGAHERTZ (Mhz)=1,000 MHz=1,000,000 Hz**

**1 GIGAHERTZ (Ghz)=1,000 MHz=1,000,000 KHz=1,000,000,000 Hz**

**Nota:** los prefijos “mega” (M) y “giga” (G) se escriben con mayúsculas; sin embargo, el prefijo “kilo” (K) debe siempre escribirse en minúsculas.

## FASE

El “ángulo de fase” o “fase” de una señal se refiere a su desplazamiento hacia la derecha o la izquierda con respecto a una referencia. La fase viene dada por el tiempo exacto o relativo en el cual la onda cambia de negativo a positivo.



Usualmente, la fase se especifica tanto en grados sexagesimales (un ciclo tiene  $360^\circ$ ), como en radianes (hay  $2\pi$  radianes en un ciclo completo). Una senoide que representa la función seno cuya fase sea tal que la amplitud máxima se dé en el instante 0 es en realidad una senoide que representa la función coseno.

### 3.5 CIRCUITOS LINEALES

Muchos de los circuitos básicos utilizados en telecomunicación son lineales y están formados por una combinación de resistores, que disipan energía eléctrica, condensadores, que almacenan energía eléctrica, e inductores, que almacenan energía magnética.

Las líneas que transportan las señales son circuitos lineales, y por tanto son buenos amplificadores de audio “lineales”. Los circuitos lineales también actúan como filtros que seleccionan las ondas sinusoidales cuyas frecuencias caen dentro de un determinado intervalo o banda.

A menudo, las funciones de los circuitos lineales se realizan mediante dispositivos electrónicos, analógicos o digitales. La amplia utilización de los circuitos lineales explica en parte la causa de que sea tan práctico representar una señal como una suma de ondas sinusoidales.

Esta es la forma ideal para describir las señales de un circuito lineal, ya que si se aplica una onda sinusoidal a la entrada de un circuito lineal, la onda que se obtiene a la salida también es sinusoidal.

A cada componente sinusoidal de la señal que entre en un circuito lineal, le corresponde, en la salida, un componente sinusoidal de la misma frecuencia, aunque el circuito puede cambiar la fase y la amplitud de cada componente.

Debido a esto último, la forma de la onda, (es decir, la forma en que la corriente o tensión de salida varían con el tiempo) puede tener un aspecto muy diferente al de la forma de onda de entrada, esto es, la forma en que la corriente o tensión de entrada varía con el tiempo.

Por ejemplo, una corriente eléctrica de corta duración, es decir, un pulso de corriente, puede resultar alargado (deformado) al pasar por un circuito lineal. Debido a que los circuitos lineales transmiten las frecuencias que pasan por ellos sin generar nuevas frecuencias, las señales constituidas por ondas sinusoidales de diferentes frecuencias pueden ser transmitidas simultáneamente a través de ellos sin que interfieran entre sí. En un circuito lineal, la amplitud de salida es proporcional a la de entrada.

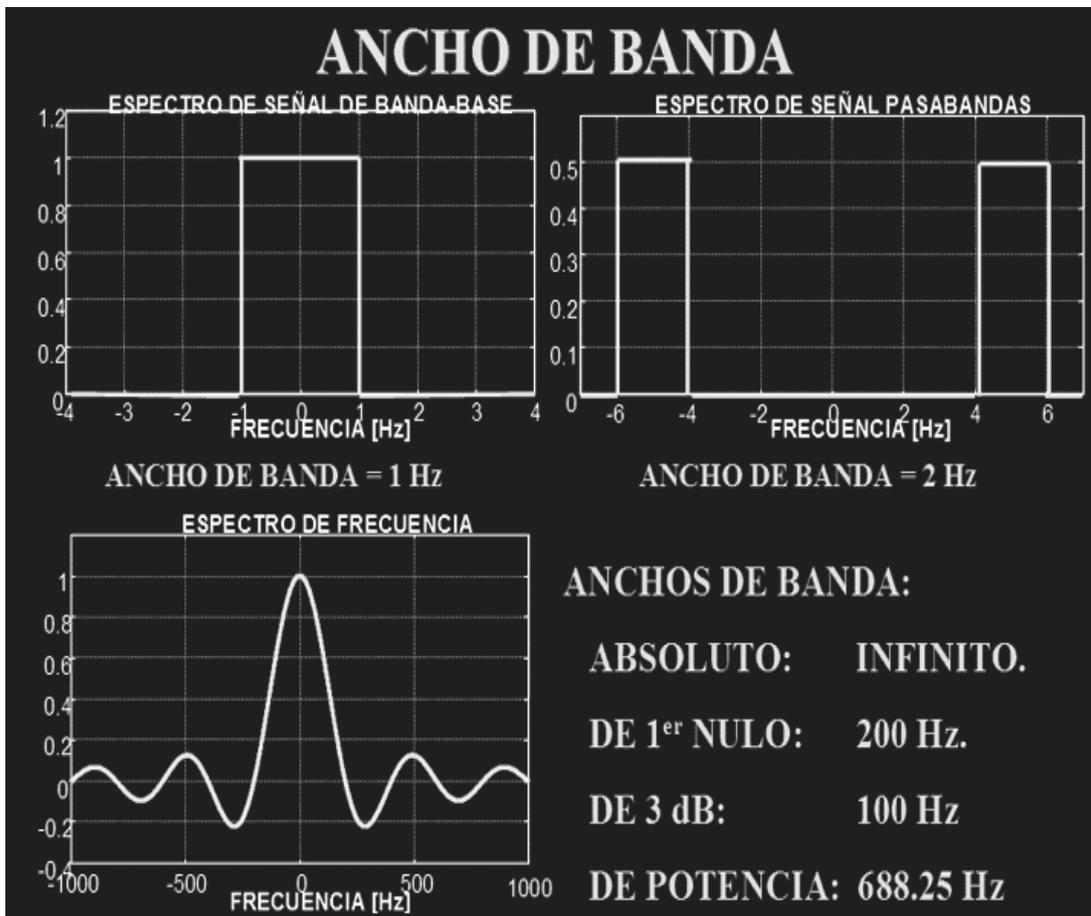
### 3.6 ANCHO DE BANDA ANALOGICO

Para representar una señal que puede variar rápida e inesperadamente debemos utilizar una serie de componentes sinusoidales cuyas frecuencias pertenecen a un cierto intervalo de frecuencias: el ancho de banda.

El ancho de banda ( $B_w$ ) de una señal es el margen de frecuencias que deben utilizarse para representarla, el ancho de banda se define como un rango de frecuencias positivas. Existe una relación profunda entre lo rápida e inesperadamente que varía una señal y su ancho de banda.

Una señal de tipo experimental, que varía lentamente, puede representarse de manera adecuada por un ancho de banda de 200Hz. Una señal telefónica, que varía más rápidamente, requiere un ancho de banda mayor, de aproximadamente unos 4000 Hz, y una señal de audio de alta fidelidad requiere un ancho de banda de unos 16000 Hz. El ancho de banda se puede clasificar en:

- **Bw absoluto:** rango de frecuencia fuera del cual el espectro de frecuencia de la señal vale cero.
- **Bw de 3dB:** rango de frecuencia en donde la potencia de la señal cae 50% de su máximo valor.
- **Bw de potencia:** rango de frecuencia en donde se concentra el 99% de la potencia de la señal.
- **Bw de primer nulo:** rango de frecuencia por debajo del primer cruce por cero del espectro de frecuencia.



Algunos valores importantes de anchos de banda son:

Oído humano: .....	20 kHz (20Hz a 20 kHz)
Voz: .....	Hasta 5 kHz
Canal telefónico: .....	3.1kHz (300hz a 3.4 kHz)
Señal de audio de alta fidelidad: .....	15 kHz
Señal de video: .....	4.2mHz(FORMATO NTSC)
Canal de audio (F.M.): .....	200 kHz
Canal de televisión: .....	6 mHz (FORMATO NTSC)
Redes de cable: .....	330 MHz a 1 GHz

### 3.7 ANCHO DE BANDA DIGITAL

Es común denominar ancho de banda digital a la cantidad de datos que se pueden transmitir en una unidad de tiempo. Por ejemplo, una línea ADSL de 256 kbps puede, teóricamente, enviar 256000 bits (no bytes) por segundo.

Esto es en realidad la tasa de transferencia máxima permitida por el sistema, que depende del ancho de banda analógico, de la potencia de la señal, de la potencia de ruido y de la codificación de canal. Un ejemplo de banda estrecha es la que se realiza por medio de una conexión telefónica, y un ejemplo de banda ancha es la que se realiza por medio de una conexión DSL, microondas, cablemódem o T1.

Cada tipo de conexión tiene su propio ancho de banda analógico y su tasa de transferencia máxima. Así, los proveedores de telecomunicación ofrecen servicios en los que el acceso a sus redes se contratan en función del ancho de banda que necesita el usuario: 2400 bit/s, 9500 bit/s y así hasta los Megabit/s. No confundir con Mbyte(MB) , la medida utilizada para capacidad de almacenamiento y que equivale a  $1024 \times 1024 = 1\,048\,576$  bits

### 3.8 EL TEOREMA DEL MUESTREO (Teorema de Nyquist)

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

La teoría del muestreo dice que para señales limitadas en banda de energía finita se puede enunciar el teorema del muestreo o teorema de Nyquist de dos modos:

- Una señal limitada en banda de energía que no tiene componentes a frecuencias mayores que B Hz se puede representar de forma exacta especificando los valores de la señal en instantes de tiempo separados  $T_s = \frac{1}{2B}$  segundos
- Una señal limitada en banda de energía sin componentes frecuenciales superiores a B Hz se puede recuperar de forma exacta a partir de sus muestras tomadas a una tasa de  $f_s = 2B$  muestras por segundo.

La tasa de muestreo  $f_s = 2B$  definida para una señal con ancho de banda B se denomina tasa de Nyquist. El teorema de muestreo es la base de la equivalencia entre señales analógicas y digitales.

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

Entonces la razón de muestreo de la voz debe ser de al menos 8000 Hz, para que pueda regenerarse sin error. **La frecuencia 2B es llamada la razón de muestreo de Nyquist.** La mitad de su valor, es llamada algunas veces la frecuencia de Nyquist.

El teorema del muestreo fue desarrollado en 1928 por Nyquist y probado matemáticamente por Claude Shannon en 1949. **Ejemplos prácticos:** El en área de la MÚSICA, a veces es necesario convertir material analógico [en acetato, cassetes, cintas magnéticas, etc.] a formato digital [en CD, DVD].

Los ingenieros de sonido pueden definir el rango de frecuencia de interés. Como resultado, los filtros analógicos son algunas veces usados para remover los componentes de frecuencias fuera del rango de interés antes de que la señal sea muestreada.

Por ejemplo, el oído humano puede detectar sonidos en el rango de frecuencias de 20 Hz a 20 KHz. De acuerdo al teorema de muestreo, uno puede muestrear la señal al menos a 40 KHz para reconstruir la señal de sonido aceptable al oído humano.

Los componentes más arriba de 40 KHz no podrán ser detectados y podrían contaminar la señal. Estos componentes arriba de los 40 KHz son removidos a través de filtros pasa banda o filtros pasa bajas.

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

**Razón de muestreo (2B) / Frecuencia de Nyquist (B)**

22,050 kHz	11,025 kHz
24,000 kHz	12,000 kHz
30,000 kHz	15,000 kHz
44,100 kHz	22,050 kHz
48,000 kHz	24,000 kHz

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

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

audio. En la práctica resulta muy complicado y costoso utilizar una señal de un ancho de banda  $B$  para poder enviar hasta  $2B$  amplitudes diferentes.

La necesidad de usar componentes de un costo y complejidad razonables, así como medios prácticos de codificación y modulación, reducen en algo este número  $2B$ . Por tanto, el número de muestras portadoras de mensaje transmitidas por segundo puede reducirse a mucho más de la mitad del ancho de banda medido en Hertz.

## CAPITULO 4:

# Filtros en Telecomunicaciones

---

### 4.1 FILTROS

Tanto en los sistemas de telecomunicaciones como en los circuitos electrónicos, surge asiduamente la necesidad de transmitir señales que contengan un determinado grupo de frecuencias, mientras se deben eliminar otras.

Esta función importantísima en los circuitos electrónicos es ejecutada por los filtros, en particular en los sistemas de telecomunicaciones, muchos medios de transmisión presentan para las señales que por ellos se transmiten, características similares a los filtros.

#### 4.1.1 Definición de filtro

Se denominan filtros a los sistemas o parte de redes de comunicaciones, que presentan características selectivas de frecuencias. Básicamente significa que la atenuación en ellos es variable con la frecuencia, lo cual permite discriminar las señales que pasaran libremente a través del filtro, de las que quedaran atenuadas.

### 4.2 CLASIFICACION DE LOS FILTROS

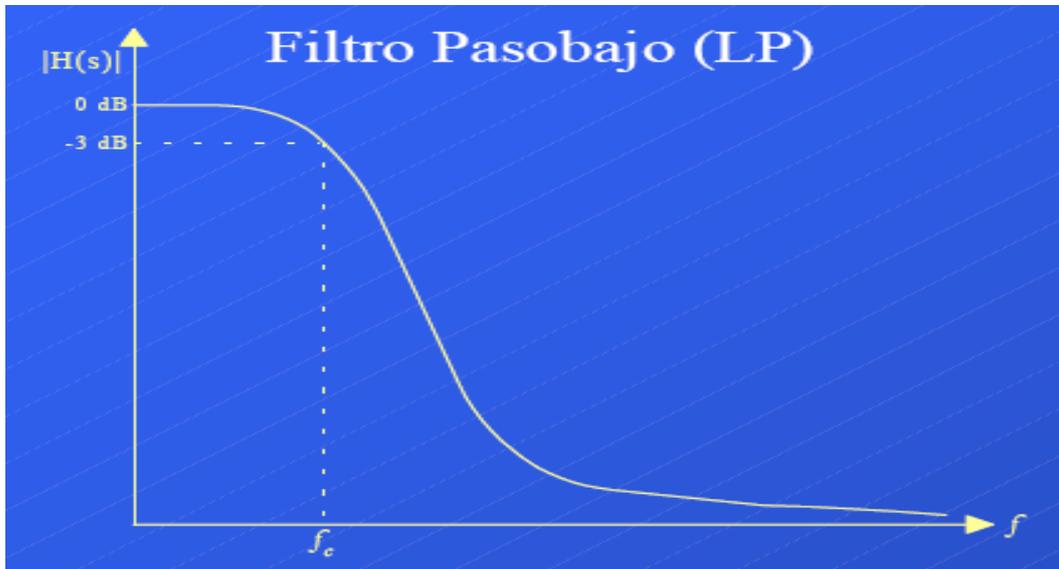
En base a la función principal de los filtros que es permitir el paso libre de la banda de frecuencias que se desea, mientras que, por el contrario, deben presentar una atenuación elevada para las frecuencias indeseables, es que se clasifican a estos dispositivos en:

Pasa bajos, pasa altos, pasa banda y rechaza banda(Para-Banda).

#### a) Filtro pasabajo

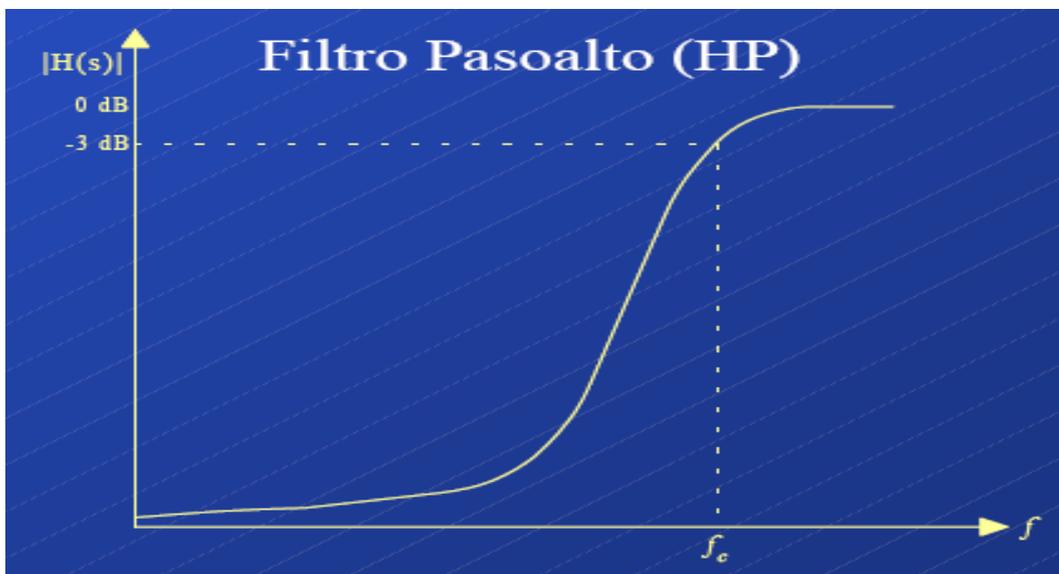
Son aquellos que permiten el paso casi con la misma amplitud de todas, las frecuencias menores que una frecuencia elegida denominada frecuencia de corte superior del filtro. Entendiendo por frecuencia de corte, aquella para la cual la atenuación que produce el filtro, es de 3 dB .

Esto significa que en esos puntos, la mitad de la potencia de la señal de entrada es eliminada por el filtro. Los filtros pasa-bajas se utilizan para recuperar la señal en banda base desde una modulación de amplitud (AM) o de frecuencia (FM).



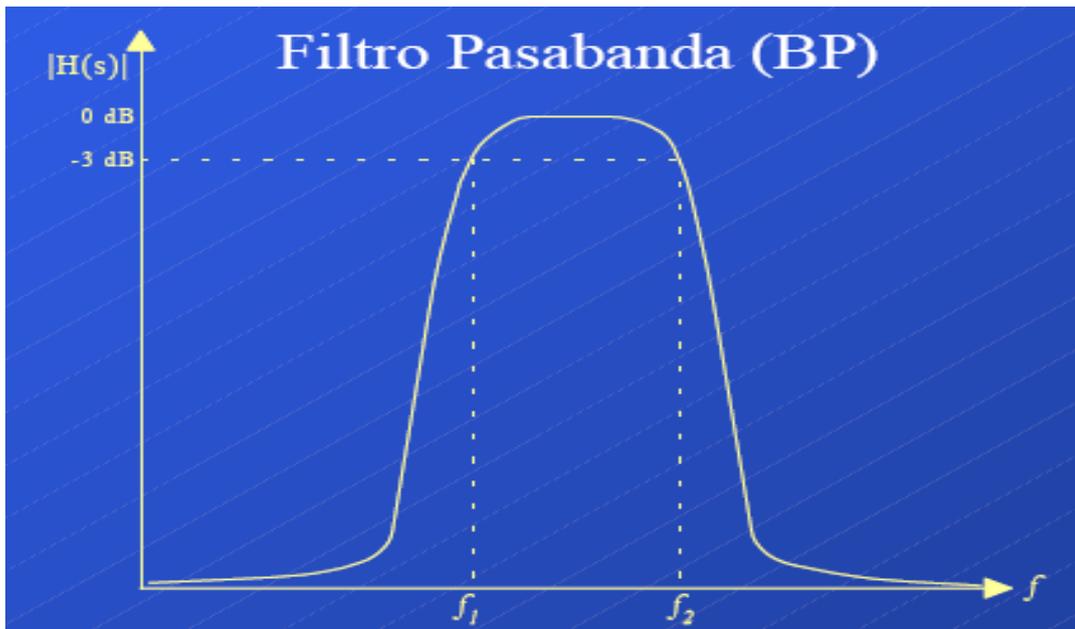
b) **Filtro pasaalto**

Son aquellos que permiten el paso de señales desde una frecuencia denominada frecuencia de corte inferior, hasta una superior, que teóricamente en un filtro ideal se extiende hasta infinito.



**c) Filtro pasabanda**

Son aquellos que permiten el paso de señales cuyas frecuencias se encuentran comprendidas entre dos, denominadas “ frecuencia de corte superior e inferior “ respectivamente.

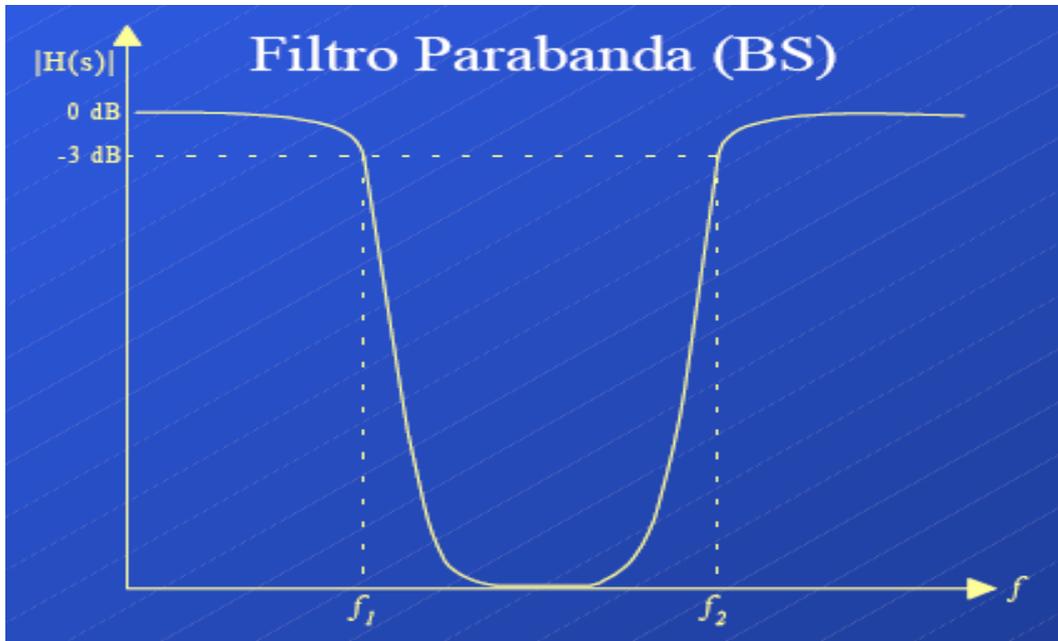


Los filtros pasa-bandas se utilizan para discriminar, separar o seleccionar una de las dos bandas laterales que se generan en el proceso de modulación de amplitud.

Los filtros pasa-bandas se utilizan también en los equipos de radio y televisión deseada, y rechazan el resto de señales procedentes de otras estaciones emisoras.

**d) Filtros rechaza banda(parabanda)**

Son aquellos que no permiten el paso de señales, cuyas frecuencias se encuentran comprendidas entre otras dos, denominadas “frecuencia de corte superior e inferior”



Las señales digitales han forzado el uso de una gran cantidad de filtros. Si una señal ha sido digitalizada, por ejemplo en una modulación PCM, un ordenador va a poder actuar como filtro digital, aceptando una serie de dígitos como señal de entrada y calcular una serie de salida que represente a la señal original que ha pasado por él.

La función de filtrado, ya sea convencional (analógica) o digital, siempre existe en un sistema de comunicaciones. La manera en que se implementa la función de filtrado cambia y mejora con el tiempo.

## **CAPITULO 5:**

# **Tratamiento de la señal**

---

### **5.1 QUE ES TRATAMIENTO DE LA SEÑAL**

El Tratamiento de la Señal se encarga del estudio de las propiedades y características de las señales y de los sistemas y transformaciones que podemos aplicarles para convertirlas en otras señales, que manteniendo el mensaje original (visual, acústico o de cualquier otro tipo) tengan unas características más apropiadas para su transmisión o almacenamiento, o permitan reconstruir u obtener la información original que ha podido resultar distorsionada en la transmisión.

Estas características deseables pueden ser desde una mayor inmunidad al ruido que facilite su retransmisión hasta una representación más compacta que disminuya sus necesidades de almacenamiento y de ancho de banda de emisión.

El Procesado Digital de Señales es un área de la ciencia, la técnica y la ingeniería que se ha desarrollado enormemente durante los últimos 30 años. Este rápido desarrollo es el resultado de los avances tecnológicos producidos tanto en los computadores digitales como en la fabricación de circuitos integrados de propósito específico.

No obstante, estos espectaculares avances no habrían sido posibles sino hubiese detrás un conjunto de aplicaciones de gran impacto en la sociedad y con un considerable poder económico, capaces de tirar del carro de la técnica.

Hay que tener en cuenta que el Tratamiento de la Señal es uno de los pilares básicos para las comunicaciones y/o el intercambio de información en general. Esta, que es sin duda un tipo de aplicación que por si sola justificaría el desarrollo de esta disciplina, no es la única que hace uso de los conceptos básicos del Tratamiento de la Señal.

Recientemente han cobrado importancia otro tipo de aplicaciones que también tienen sus bases teóricas en el Tratamiento de la Señal como son las relacionadas con el almacenamiento de información. Esto es especialmente importante con determinados tipos de señal (imagen, audio y video especialmente) ya que consumen un espacio de almacenamiento considerable.

Las técnicas de compresión sin pérdida de información pueden reducir ligeramente el espacio necesario, pero una mayor compresión requiere el empleo de técnicas de compresión con pérdidas por lo que se hace necesario un estudio detallado de las señales originales y de los sistemas que las transforman de forma que las pérdidas resulten irrelevantes. El primer tratamiento, el más frecuente, es la digitalización; otros son la compresión y la modulación.

## 5.2 DIGITALIZACIÓN

La **digitalización** o **conversión analógica-digital** (conversión A/D) consiste básicamente en realizar de forma periódica medidas de la amplitud de la señal y traducirlas a un lenguaje numérico. La conversión A/D también es conocida por el acrónimo inglés **ADC** (*analogic to digital conversion*).

Existen varios métodos para la digitalización de los señales analógicas, siendo el más extendido el de Modulación por Impulsos Codificados, conocido como MIC en español o como PCM en inglés.

Este sistema digitaliza la señal telefónica y la transmite por la línea junto con el resto de señales, utilizando una técnica de multiplexación por división en el tiempo. En la digitalización de la señal analógica intervienen los siguientes procesos:

1. **Muestreo:** El muestreo (en inglés, *sampling*) consiste en tomar muestras periódicas de la amplitud de onda. La velocidad con que se toman esta muestra, es decir, el número de muestras por segundo, es lo que se conoce como frecuencia de muestreo.
2. **Retención** (En inglés, *Hold*): Las muestras tomadas han de ser retenidas (retención) por un circuito de retención (Hold), el tiempo suficiente para permitir evaluar su nivel (cuantificación).
3. **Cuantificación:** En el proceso de cuantificación se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras. Consiste en asignar un margen de valor de una señal analizada a un único nivel de salida.
4. **Codificación:** La codificación consiste en traducir los valores obtenidos durante la cuantificación al código binario. Hay que tener presente que el código binario es el más utilizado, pero también existen otros tipos de códigos que también son utilizados.

Durante el muestreo y la retención, la señal aun es analógica puesto que aún puede tomar cualquier valor. No obstante, a partir de la cuantificación, cuando la señal ya toma valores finitos, la señal ya es digital. Los cuatro procesos tienen lugar en un conversor analógico-digital.

### 5.3 LA COMPRESIÓN

En los últimos años hemos visto una transformación (o revolución) en la forma que utilizamos para comunicarnos. Esta transformación incluye: Internet, comunicaciones móviles y sin lugar a duda vídeo.

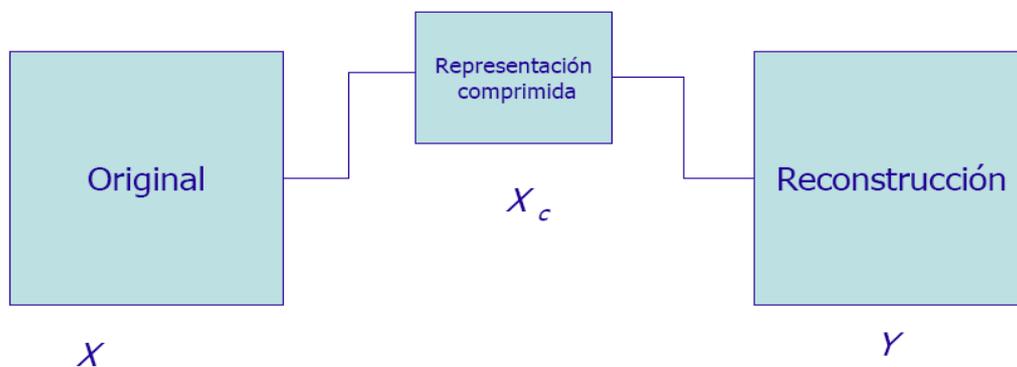
La compresión de datos es una de las llamadas tecnologías posibilitadoras(enabling technologies) para estos tres elementos que son parte de la revolución multimedia. Sin compresión no tendría sentido poner imágenes, audio o vídeo en Internet, la calidad de las comunicaciones celulares no sería la misma y desde luego la TV digital no sería posible.

Podría decirse que la compresión de datos es “El arte o la ciencia de representar información de una forma compacta”

#### 5.3.1 Técnicas de compresión

Cualquier algoritmo o técnica de compresión tiene dos partes: Un algoritmo de compresión que toma una entrada  $X$  y genera una representación  $X_c$  que necesita menos bits.

Un algoritmo de reconstrucción que trabaja en la representación comprimida  $X_c$  y genera la reconstrucción  $Y$ .



Un esquema de compresión consta tanto de la parte de compresión como de la de reconstrucción.. Normalmente se utiliza el término algoritmo de compresión para denotar el esquema completo de compresión. Los algoritmos de compresión se dividen en dos grandes clases:

- Algoritmos sin pérdida, en los que la entrada al codificador, X, y la salida del decodificador, Y, coinciden.
- Algoritmos con pérdida, que suelen proporcionar mayor compresión que los sin pérdida, pero en los que X e Y no coinciden, aunque se parecen.

#### **5.3.1.1 Compresión sin pérdida**

Como indica su nombre, no hay pérdida de información. Se utiliza en aplicaciones donde no se permite ninguna diferencia entre los datos originales y los reconstruidos. Son campos de aplicación, entre muchos otros:

- Compresión de texto
- Compresión de datos bancarios
- Compresión de datos empresariales/financieros
- Compresión de binarios/ejecutables
- Compresión de imágenes médicas

#### **Técnicas estadísticas**

- Código de Huffman.
- Códigos aritméticos.
- Código de Golomb.

#### **Técnicas basadas en diccionarios**

- LZW, LZ77.

#### **Técnicas predictivas**

- PPM, Método de Burrows-Wheeler.

Estándares: Morse, Braille, Unix compress, gzip, zip, bzip, gif, bmp, jbig, jpeg sin pérdida,...

#### **5.3.1.2 Compresión con pérdida**

Estas técnicas llevan asociadas una pérdida de información, los datos originales no pueden, normalmente, ser recuperados exactamente. Voz e imágenes (vídeo) son ejemplos claros de campos que toleran pérdida en la compresión. Incluye técnicas como:

- Cuantificación de vectores.
- Wavelets.
- Transformaciones por bloques.
- Estándares: JPEG, JPEG 2000, MPEG (1, 2, 4).

### 5.3.2 Medidas de Calidad

Se evalúa la calidad de un algoritmo de compresión usando los siguientes criterios:

1. **Complejidad del algoritmo,**
2. **Necesidades de memoria,**
3. **Tiempo de ejecución en una determinada plataforma,**
4. **Cantidad de compresión,**
5. **Cuanto se parece la reconstrucción a los datos originales**

Razón de compresión = cociente entre el número de bits necesarios para representar los datos antes de la compresión y el número de bits necesarios para representar los datos después de la compresión.

#### **Ejemplo**

Dada una imagen de tamaño 256x256 con un byte de información por píxel, si tras la compresión ocupa 16.384 bytes su compresión será 65.536:16.384=4:1.

También podríamos medir la compresión utilizando la reducción en la cantidad de datos expresada como porcentaje del tamaño de los datos originales. En nuestro ejemplo sería una reducción del 75%.

También podemos usar el número medio de bits necesarios para representar cada dato. En nuestro ejemplo: 2 bits/píxel. Cuando la compresión es con pérdida tenemos que utilizar, además de la cantidad de compresión obtenida, una medida para determinar la diferencia entre los datos originales y reconstruidos.

Esta diferencia recibe el nombre de distorsión. Las medidas de distorsión podrían ser a su vez basadas en criterios “matemáticos” o perceptuales. Las técnicas de compresión se puede aplicar a cualquier tipo de mensaje, para reducir significativamente el espacio que ocupa en bits; así su almacenamiento y transmisión requerirán menos capacidad. Según el tipo de mensaje, la compresión se basa en:

Mensaje	Técnica de compresión
Sonido	Enmascaramiento. Los sonidos de cierta frecuencia y amplitud ocultan a nuestro oído otros que le acompañan. Por ejemplo: MP3
Imagen	Se basa en la diferente resolución del ojo a ciertos colores (mínimo para el verde y máximo para el amarillo) en la parte de una imagen que se repite; y en la predicción del movimiento. Ejemplo: MPEG 1 y 2
Datos y Texto	Codificación de patrones. En una cadena de datos se busca el carácter que más se repite, y se codifica con menos de 8 bits.

**Figura 5.1.1. Distintas técnicas utilizadas para comprimir los mensajes.**

Los estándares de compresión MPEG, cada uno de los cuales puede contemplar varios niveles o capas (layers), son:

**MPEG-1:** “Codificación de imágenes en movimiento y audio asociado para medios de almacenamiento digital hasta 1,5 Mbit/s”.

**MPEG-2:** “Codificación genérica de imágenes en movimiento e información de audio asociada”.

**MPEG-3:** La planificación original contemplaba su aplicación a sistemas HDTV; finalmente fue incluido dentro de MPEG-2.

**MPEG-4:** “Codificación de objetos audiovisuales”.

### 5.3.3 Compresión de audio

Vamos a ver cómo es posible mandar la música de un compact Disc, que requiere una velocidad muy grande 1,4 Mbit/s con sólo 128.000 bit/s, por medio del formato MP3. Lo que se hace para comprimir la música, es detectar en cada instante qué sonidos están enmascarados (el oído no los oye porque hay otros que resaltan más que ellos y no dejan apreciarlos, bien porque su amplitud sea mayor o porque su frecuencia está muy próxima, o por una combinación de ambas situaciones), y no registra ni envía la información correspondiente a ellos.

El proceso consiste en dividir en bandas de frecuencia todo el espectro audible, y se van eliminando aquellas frecuencias que están enmascaradas. Recordemos que en el CD se toman 44,100 veces por segundo. Teóricamente, porque efectivamente, en los agudos se va a esa velocidad, pero en los graves se pueden tomar menos muestras.

Dejando sólo la información susceptible de ser apreciada por el oído conseguimos la compresión a por 12 sin que la diferencia sea perceptible. No 80

obstante, hemos de considerar que algunos individuos poseen una curva de enmascaramiento más baja y si notarán alguna pequeña diferencia, al igual que otras personas no lo advertían aunque comprimamos más la información. Por eso, hay diferentes grados de compresión.

#### **5.3.3.1. El estándar MP3**

El estándar del MP3 es comprimir por un factor 12, utilizando las curvas de enmascaramiento normales, sin que sea notado por la mayoría de las personas. Se puede comprimir mucho más, en vez de 128 kbit/s hay sistemas que comprimen a la mitad 64 kbit/s o incluso menos, pero entonces la merma de calidad es fácilmente perceptible por el usuario.

Éste sistema fue desarrollado en principio por Philips mediante un contrato con la Unión Europea. Un contacto dentro del proyecto Eureka para definir la radio digital. El proyecto se llamó MUSICAM.

Philips desarrolló dos sistemas MUSICAM: El sistema normal, éste de 128 es el estándar (capa dos) y otro estándar mucho más reducido (capa uno), que pierde calidad. Luego, en América, la AT&T desarrolló un método parecido que lo que hacía en comprimir un poco menos y mejora la calidad.

De la unión de ambos sistemas, europeo MUSICAM y el americano, salió un mejor procedimiento, normalmente denominado capa tres, asociados con la compresión de sonido en televisión. A MPEG-1 capa tres, se le llama MPEG 3 o, simplemente, MP3.

El MP3 es un sistema de compresión de audio definido como estándar que comprime a 128 kbit/s, al igual que el “capa dos” pero con mejor calidad. Este es el sistema de compresión que se emplea en la televisión digital, en Internet y en la radio digital.

#### **5.3.4 Compresión de vídeo**

En audio se aprovecha es un defecto del oído, una característica del oído, que enmascara sonidos. En vídeo, dada su enorme compresión (por 50, en el estándar, y por 100, en el MPEG 1), no se aplica tan sólo una técnica, sino una combinación de ellas, para conseguir un grado de compresión mucho mayor.

En vídeo se combinan tres técnicas para comprimir: El primer sistema, que suprime detalles que el ojo no distingue, se usa también en fotografía (imágenes estáticas). En imágenes inmóviles se llama JPEG (Joint Potography Expert Group, o Unión de Grupo de Expertos de Fotografía).

Resultado del trabajo común de diversas asociaciones de fotografía del mundo unidas para llegar a un estándar común. En vídeo, es MPEG (Motion Pictures Expert Group, o Grupo de Expertos de imágenes en Movimiento). Su funcionamiento es como sigue:

Hay detalles que el ojo no capta. Por ejemplo, el ojo no distingue perfectamente, si una imagen es muy pequeña, las diferentes gamas de color. Aprovechando esta característica, en el caso de los colores, en lugar de enviar cada punto codificado con 8 bits (256 combinaciones diferentes, que no se van a distinguir) se definen sólo con 5 bits (32 tonos de color que son más que suficientes).

Lo mismo ocurre con los tonos de grises (el ojo es más sensible al gris que al color) y en lugar de mandarlo con 10 bits, (1204 tonos) bastan 7 bits para un correcto visionado (128 tonos de gris). También se suprimen los detalles que resulten inapreciables. Ello se hace agrupando los puntos en bloques de 8x8, es decir, de 64 puntos, y analizándolos mediante un programa de ordenador que decide lo que podemos eliminar.

El procedimiento más habitual utiliza la transformada discreta del coseno, DCT (Discret Cosine Transformer) en inglés. Con este método se puede comprimir por 10 (no se nota diferencia), por 20 (aún buena calidad) y hasta por mucho más, dependiendo de la calidad que desee obtener.

En una máquina de fotos digital estándar, una imagen que ocupa 5 Mbytes puede ser reducida a 300 kbytes sin diferencias perceptibles. El segundo sistema, Grupo de Cuadros consiste en aprovechar las imágenes estáticas: Imaginemos un informativo en que hay un locutor dando una noticia.

Como en TV se emiten 25 imágenes por segundo, estamos enviando 25 veces por segundo la cara del locutor que, probablemente, necesite esa cadencia puesto que la está moviendo. Pero el resto de elementos en pantalla permanecen estáticos, el fondo, la corbata, la mesa...

Por lo tanto, podemos reducir la cantidad de información transmitida. La emisora de cada 12 imágenes sólo emite 1 y el televisor deduce las intermedias. Para corregir los puntos en lo que halla cambios la emisora envía la información requerida únicamente para los elementos cambiantes de la imagen, con el subsiguiente ahorro de capacidad.

El grupo de cuadros que recibe este nombre porque a las imágenes en televisión se las llama cuadros, lo que hace es agrupar los cuadros de 12 en 12 y

sólo mandar uno. El ahorro de capacidad dependerá del tipo de imágenes que estemos tratando, cuanto menos cambiante sea ésta, mayor el ahorro.

Pero el estándar puede reducir desde por 5, lo cual es muy frecuente, hasta por 12 en caso de elementos muy estáticos. Entre ambos métodos ya tenemos un factor entre 50 y 100 de compresión. Eso genera un retraso, porque el televisor no puede empezar a componer la emisión hasta que ha recibido la imagen 13.

Por lo tanto, en la descompresión del sistema MPEG se tarda medio segundo. El audio en este tipo de televisión se manda con medio segundo de retraso, se retarda para que la imagen vaya junto con el sonido. Lo cual a veces provoca fallos de ajuste y el audio no se corresponde a la imagen visual.

El tercer sistema (denominado vector movimiento) que se aplica si en las imágenes hay algo que se mueve muy frecuentemente. El método en este caso deduce el movimiento, algo que es relativamente fácil pues la imagen se ha dividido en bloques de 8 por 8 puntos.

Las imágenes en movimiento se envían menos veces por segundo, recomponiéndolas en la recepción y, al igual que en el procedimiento anterior, la emisora manda la corrección. Con el sistema de vector movimiento, sólo se comprime si hay algo que se mueve, como un avión en vuelo, lo que es frecuente, pero la compresión que se consigue es más pequeña puesto que además sólo se comprime en una parte de la pantalla. La media resulta en una compresión a por dos o por tres.

#### **5.3.4.1 EL ESTÁNDAR MPEG-2**

MPEG-2 es una combinación de las tres técnicas vista con anterioridad. Cuando se comprime relativamente poco, para que el ojo no lo perciba, la media de compresión que sale es 50, por lo que se pueden pasar las imágenes que requerían 207 millones de bits por segundo al orden de 4 Mbit por segundo.

El grupo de expertos primero desarrolló un estándar mucho más reducido, que comprimía mucho más, desde los 207 hasta 1,5 Mbit/s que se conoce como MPEG-1. En realidad, el MPEG-1 comprime a velocidad estándar fija, sea cual sea el resultado final, mientras que el MPEG-2 es capaz de adoptar la velocidad según la calidad que se desee obtener.

Si se requiere mucha calidad, para una imagen muy quieta, bastarían 2 ó 3 Mbit/s; para una imagen muy dinámica y con mucho detalle, a lo mejor se

necesitan 6 ó 7 Mbit/s. Las emisoras para no tener que estar adaptándolo a cada momento suelen transmitir a una velocidad fija, por ejemplo, a 4Mbit/s.

Para mantener esta capacidad las diferentes técnicas se van compensando en la emisión. Así si la imagen se mueve mucho, el detalle puede ser más pequeño, etc. Aunque hay otros sistemas similares, éstos son lo que se han considerado como estándar.

Todos los sistemas digitales de televisión emiten a través de MPEG 2 y aplican como estándar de audio el MPEG 1 capa tres, el polémico MP3, por las dudas acerca de la legalidad de su uso.

### 5.3.5. Compresión de datos

Los dos sistemas de compresión que hemos visto, el de audio y el de vídeo, se denominan “compresión con pérdidas”, porque se pierde información. No es perceptible, si está bien hecha, pero perdemos información.

Evidentemente, con los datos no es aceptable perder información porque afecta significativamente a la recepción del mensaje. No se puede omitir nada de información. Necesitamos realizar una compresión sin pérdidas.

El sistema más frecuente es redefinir los caracteres más repetidos: En una página, probablemente, sean los espacios, así al espacio, en lugar dedicarle ocho bits, se le dedican sólo dos, el espacio es el 01. Supongamos que el siguiente carácter que más se repite es la “a”, que será 101,3 caracteres.

De igual modo operaremos sobre los símbolos más repetidos. Como resultado cada vez que hay que mandar un espacio se manda 01, nada más, con lo cual estamos ahorrando los otros seis bits que no se transmiten, hemos hecho un código diferente.

Ya no están homogeneizados todos los caracteres a ocho bits, sino que los que más se repiten se definen con menos bits. Este proceso, que puede parecer complicado, se hace automáticamente.

El más típico de estos sistemas de compresión se llama código Huffman que es el nombre del ingeniero que lo desarrolló. Por este sistema no se puede comprimir mucho, porque hay muchos caracteres que no se pueden transformar a sólo dos, tres, cuatro...bits, pero se reduce aproximadamente a la mitad.

De manera que los programas de ordenador que duplican la capacidad del disco duro, en realidad, almacenan la información en el disco duro comprimida a la mitad.



## CAPITULO 6: Modulación

---

### 6.1 INTRODUCCION

Según hemos visto, toda señal puede ser representada como la suma de señales sinusoidales de diferente frecuencia. El ancho de banda de la señal es el intervalo o gama de frecuencias de estas ondas sinusoidales.

El ancho de banda es una medida en el dominio de las frecuencias. Se puede trasladar una señal hacia las zonas de altas o bajas frecuencias trasladando las frecuencias de sus componentes sinusoidales.

En la práctica las señales, tanto periódicas como aperiódicas, no se pueden transmitir por los canales de transmisión tal y como se generan. Una señal que es transmitida tal y como se genera se dice que es transmitida en **banda base**.

Se llama así, en parte, porque es la señal básica con la que partimos, usualmente una onda sonora, o a veces una señal de video de una cámara de TV. Además, la señal en banda base representa la señal en su margen más bajo de frecuencias, es decir, el más básico. La transmisión de las señales en banda base presenta serios inconvenientes:

- Algunas señales en banda base tienen un espectro de amplitudes de ancho de banda infinito, y por tanto no se transmitirá todo su espectro por el canal de transmisión, que tiene un ancho de banda finito.
- Si todas las comunicaciones se transmitieran en banda base se interferirían entre ellas.
- La inductancia y capacitancia existentes en las líneas de transmisión afectan más a las señales en banda base.
- En comunicaciones por radio la teoría de antenas dice que una antena debe medir aproximadamente lo mismo que la longitud de onda de la señal que pretende captar. Así, si por ejemplo la voz humana se transmite en banda base a una frecuencia de unos 3 kHz,  $\lambda = \frac{c}{f}$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz y  $f$  la frecuencia de la señal. Por tanto  $\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{3 \cdot 10^3} = 10^5 = 100 \text{ Km}$ . Como es obvio, si

cada antena capaz de captar voz humana tuviera que medir 100Km., sería inviable cualquier comunicación por radio.

- La eficiencia de la transmisión depende de la frecuencia de la señal emitida. Además el traslado de una señal a otras frecuencias reduce el ruido y las interferencias
- Multiplexación en Frecuencia: Si tenemos un canal de ancho de banda B, podemos dividir este canal en n canales de ancho de banda B/n, y enviar simultáneamente n señales, cada una por un subcanal.
- El espectro electromagnético es muy amplio, mientras que las señales de audio o video, por poner un ejemplo, solo ocupan una franja muy estrecha del espectro.

Una señal puede ser trasladada desde su margen de frecuencias en banda base hacia un margen de frecuencias superior, sin alterar su amplitud ni su fase. Así, por ejemplo, una señal de banda base con frecuencias que van desde cerca de cero hasta 4000 Hz, puede ser trasladada al margen de 60 000 a 64 000 Hz (60 a 64 kHz).

El ancho de banda de la señal en banda base y el de la señal con las frecuencias trasladadas es el mismo, es decir, 4000 Hz (4 kHz). La traslación de una señal desde su margen de frecuencias de banda base hasta un margen de frecuencias más altas se logra mediante un proceso llamado modulación.

## 6.2 MODULACIÓN

Se denomina modulación al proceso de colocar la información contenida en una señal, generalmente de baja frecuencia, sobre una señal de alta frecuencia.

Debido a este proceso la señal de alta frecuencia denominada portadora, sufrirá la modificación de alguno de sus parámetros, siendo dicha modificación proporcional a la amplitud de la señal de baja frecuencia denominada moduladora. A la señal resultante de este proceso se la denomina señal modulada y la misma es la señal que se transmite.

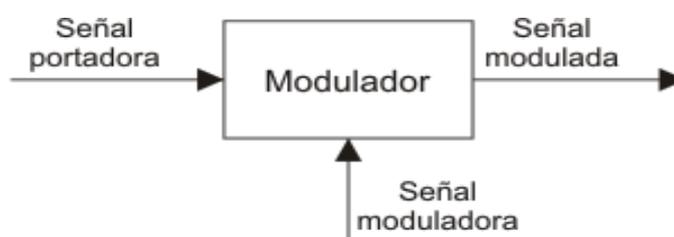


Fig. 6.1 Modulación

En la modulación intervienen los siguientes elementos:

**Señal portadora:** Señal periódica encargada de "transportar" la información a transmitir, y cuya frecuencia es la frecuencia de transmisión deseada.

**Señal moduladora:** Señal que representa el mensaje que deseamos transmitir, y cuya frecuencia en general no será la frecuencia de transmisión deseada. Esta señal modificará algún parámetro de la portadora.

**Modulación:** Modificación de algún parámetro de una señal por otra.

**Señal modulada:** Señal resultante de la modulación de una señal portadora por una señal modulada.

### 6.2.1 Señales de transmisión y señales de datos

Las señales de transmisión corresponden a la portadora, mientras que las señales de datos corresponden a la moduladora.

De acuerdo al sistema de transmisión, se pueden tener los siguientes casos.

Señal de transmisión	Señal de Datos
Analógica	Analógica
Analógica	Digital
Digital	Analógica
Digital	Digital

### 6.3 TIPOS DE MODULACION

La clasificación de los tipos de modulación existente se basa en dos criterios:

- **Tipo de señal:** tanto la portadora como la moduladora pueden ser analógica o digital, resultando en 4 posibilidades.
- **Parámetro de la portadora que se modifica:** Los parámetros de la señal portadora que puede modificar la moduladora son tres: amplitud, frecuencia y fase.

Por tanto, estos dos criterios determinan la clasificación de los tipos de modulación existente:

**Amplitud** (AM, ASK: Amplitude Shift Keying). La moduladora modifica la amplitud de la modulada.

**Frecuencia** (FM, FSK: Frequency Shift Keying). La moduladora modifica la frecuencia de la modulada.

**Fase (PM, PSK: Phase Shift Keyne).** La moduladora modifica la fase de la modulada.

	<i>Moduladora Analógica</i>	<i>Moduladora Digital</i>
P. Analógica	AM (Amplitude Modulation) FM (Frequency Modulation) PM (Phase Modulation)	ASK (Amplitude Shift Keying) FSK (Frequency Shit Keying) PSK (Phase Shift Keying)
Port. Digital	PAM (Pulse Amplitude Modulation) PDM (Pulse Duration Modulation) PPM (Pulse Position Modulation) PCM (Pulse Codification Modulation) Modulación Delta	NRZ (Non Return to Zero) RZ (Return to Zero) Bifase Bipolar

**Tabla 6.1: Tipos de modulación posibles**

Es interesante hacer hincapié en que muchas formas de comunicación no eléctricas también encierran un proceso de modulación, y la voz es un buen ejemplo. Cuando una persona habla, los movimientos de la boca ocurren de una manera más bien lenta, del orden de los 10 Hz, que realmente no pueden producir ondas acústicas que se propaguen.

La transmisión de la voz se hace por medio de la generación de tonos portadores, de alta frecuencia, en las cuerdas vocales, tonos que son modulados por los músculos y órganos de la cavidad oral. Lo que el oído capta como voz, es una onda acústica modulada, muy similar a una onda eléctrica modulada.

#### 6.4 ¿PORQUE SE MODULA?

Existen varias razones para modular, entre ellas:

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

## 6.5 MODULADORA ANALOGICA Y PORTADORA ANALOGICA

AM (Amplitude Modulation) - Modulación en amplitud.  
 FM (Frequency Modulation) - Modulación en frecuencia.  
 PM (Phase Modulation) - Modulación en fase.

### 6.5.1 Modulación de Amplitud – AM

Este es un caso de modulación donde tanto las señales de transmisión como las señales de datos son analógicas. Un modulador AM es un dispositivo con dos señales de entrada, una señal portadora de amplitud y frecuencia constante, y la señal de información o moduladora. El parámetro de la señal portadora que es modificado por la señal moduladora es la amplitud.

#### 6.5.1.1 Generación de una señal AM

Como su propio nombre indica, una señal modulada en amplitud es una señal de una frecuencia fija cuya amplitud varía proporcionalmente a otra señal. Sea una señal portadora de frecuencia  $f_p$  y amplitud  $v_p$  que llamaremos  $U_p(t)$ . Esta señal portadora debe ser analógica.

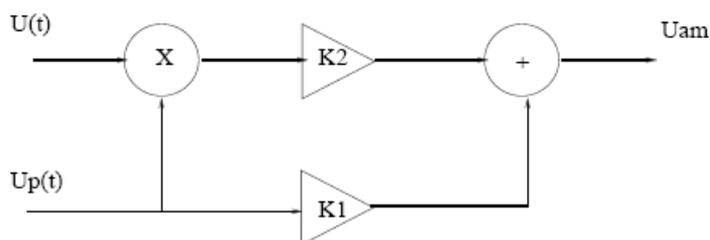
Generalmente, se supone a la portadora senoidal, pero esta restricción no es necesaria, supongamos que la señal portadora es una función coseno, es decir :

$$U_p(t) = V_p \cos(2\pi f_p t)$$

Sea  $U(t) = V \cos(2\pi f_m t)$  el mensaje que se desea transmitir, es decir, la señal moduladora. Este mensaje tiene una amplitud  $V$  y un ancho de banda  $W$ . Supondremos siempre que  $W \ll f_p$ .

Sea  $x(t) = \frac{U(t)}{V} = \cos(2\pi f_m t)$ . Por tanto,  $x(t)$  es proporcional a  $U(t)$  pero esta acotada en el intervalo  $[-1, 1]$ . A  $x(t)$  se le denomina **mensaje normalizado**.

Pues bien, un sistema electrónico que multiplique a la señal  $U(t)$  por la señal portadora, sumando al resultado la propia señal portadora, proporciona como resultado una señal modulada en amplitud. La figura 6.2 muestra el diagrama de bloques de este sistema.



**Figura 6.2: Modulador de AM**

Efectivamente, sean  $K_m$  la constante del multiplicador y  $K_1$ ,  $K_2$  los coeficientes de ponderación del sumador. La señal que se obtiene a la salida de este sistema es:

$$U_{am}(t) = K_1 U_p(t) + K_2 K_m U_p(t) U(t)$$

$$U_{am}(t) = K_1 U_p(t) [ 1 + K_m K_2 U(t) ] \quad (1)$$

Sin embargo, dado que

$$U(t) = V_x(t) \quad (2)$$

$$U_p(t) = V_p \cos(2\pi f_p t) \quad (3)$$

podemos decir que

$$U_{am}(t) = K_1 V_p \cos(2\pi f_p t) [ 1 + K_m K_2 V_x(t) ] \quad (4)$$

Si denominamos  $V_0 = K_1 V_p$  y  $m = \frac{K_m K_2 V}{K_1}$

entonces queda la expresión de una señal modulada en amplitud como:

$$U_{am}(t) = V_0 [ 1 + m x(t) ] \cos(2\pi f_p t)$$

$$U_{am}(t) = V_0 [ 1 + m \cos(2\pi f_m t) ] \cos(2\pi f_p t) \quad (5)$$

Operando:

$$U_{am}(t) = V_0 \cos(2\pi f_p t) + V_0 m \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_p t)$$

Recordando la relación trigonométrica

$$\cos \alpha \cdot \cos \beta = \frac{1}{2} [ \cos(\alpha + \beta) + \cos(\alpha - \beta) ]$$

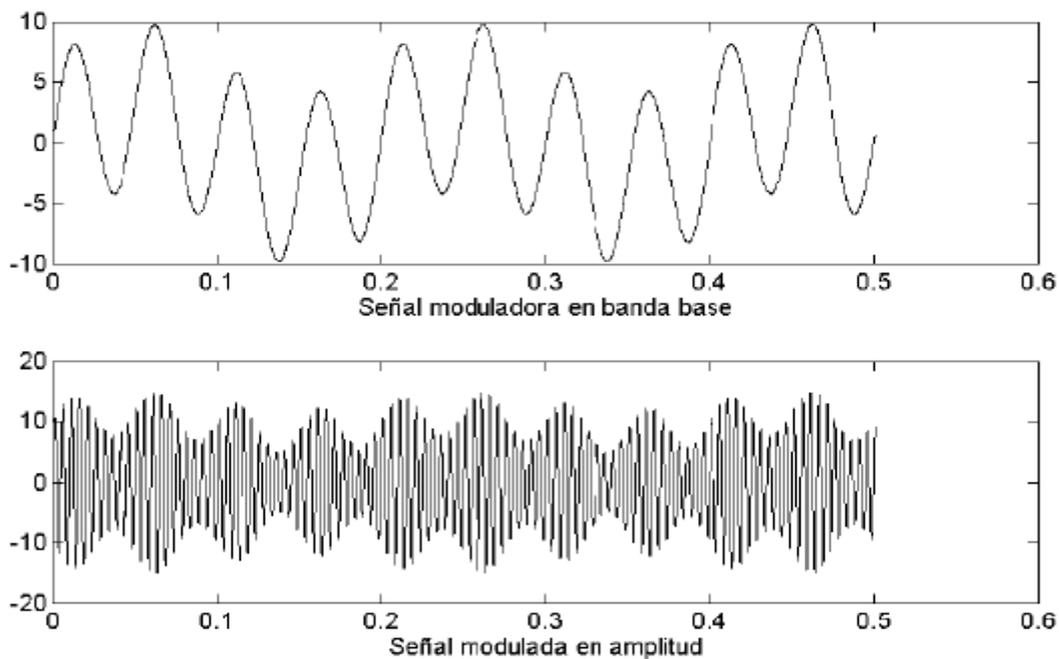
$$U_{am}(t) = V_0 \cos(2\pi f_p t) + \frac{m V_0}{2} \cos[ 2\pi(f_p + f_m)t ] + \frac{m V_0}{2} \cos[ 2\pi(f_p - f_m)t ] \quad (6)$$

Como puede observarse, en la ecuación (5) tenemos una señal coseno de frecuencia  $f_p$ , que es la frecuencia de transmisión deseada.

Sin embargo, la amplitud de la señal en cada instante es proporcional a  $m$  y a  $x(t)$ , que es el mensaje normalizado (señal en banda base normalizada).

Es decir, tenemos una señal **modulada en amplitud**, a la variable  $m$  se le denomina **índice de modulación**. Este índice nos indica el porcentaje de variación de la señal portadora con la señal moduladora normalizada.

En la modulación en amplitud la envolvente de la señal modulada es una representación fiel del mensaje, tal como se aprecia en la figura 2.2.



**Figura 6.3: Señal modulada en amplitud**

Sin embargo, para que esto se cumpla (que la envolvente de la señal AM sea una representación fiel de la señal moduladora) se han de cumplir dos condiciones:

$$W \ll f_p$$

El índice de modulación  $m$  debe ser menor o igual a 1. Efectivamente, si  $m \leq 1$  entonces la amplitud de la señal modulada, dada por el término  $V_0[1+mx(t)]$  nunca será negativa, ya que  $x(t)$  está acotada en  $[-1,1]$ .

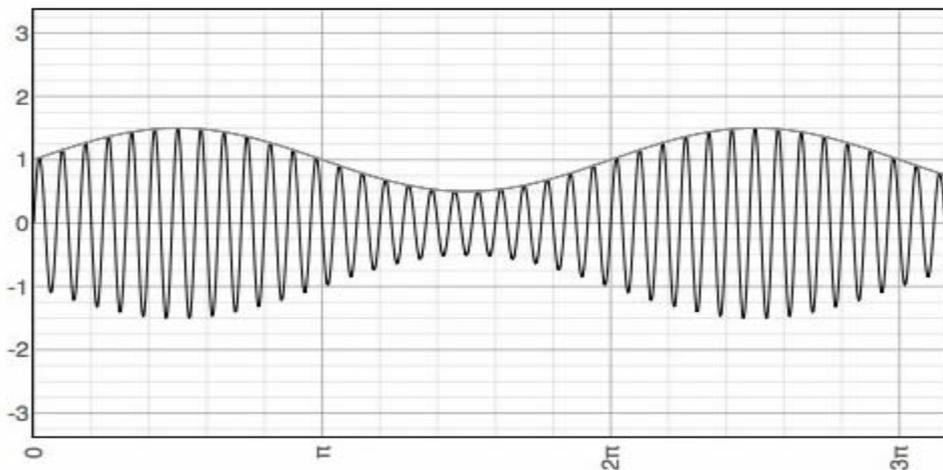
Los únicos pasos por cero de la señal modulada serán los de la portadora cosenoidal. Si  $m > 1$  entonces el término  $V_0 [1 + mx(t)]$  puede ser negativo en

algunos instantes, provocando pasos por cero adicionales y haciendo que la envolvente de la señal AM sufra variaciones bruscas en ellos, dejando de ser una representación fiel del mensaje.

Cuando  $m > 1$  se dice que existe **sobremodulación**. La ecuación (5) corresponde a la señal modulada en amplitud. Si al índice de modulación se lo expresa en porcentaje se obtiene el porcentaje de modulación

$$m = \frac{V_m}{V_p} \quad M\% = \frac{V_m}{V_p} \cdot 100$$

M puede variar de 0% a 100% sin que exista distorsión, si se permite que el porcentaje de modulación se incremente más allá del 100% se producirá distorsión por sobre-modulación, lo cual da lugar a la presencia de señales de frecuencias no deseadas.



**Figura 6.4:**  $M < 100\%$

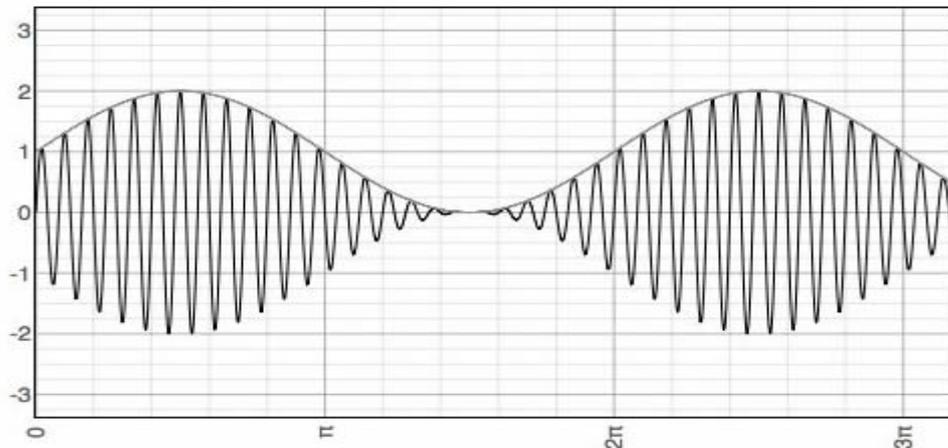


Figura 6.5:  $M = 100\%$

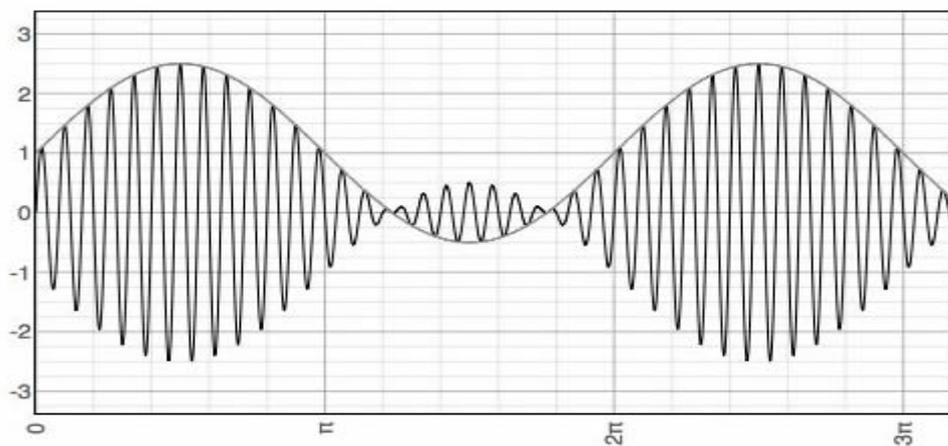


Figura 6.6:  $M > 100\%$

### 6.5.1.2 Bandas laterales

En la ecuación (6), que describe a una señal modulada en amplitud, se observa que tiene tres términos.

$$U_{am}(t) = V_0 \cos(2\pi f_p t) + \frac{mV_0}{2} \cos[2\pi(f_p + f_m)t] + \frac{mV_0}{2} \cos[2\pi(f_p - f_m)t]$$

El primero de ellos corresponde a una señal cuya frecuencia es la de la portadora, mientras que el segundo corresponde a una señal cuya frecuencia es suma de las frecuencias de la portadora y moduladora y el tercero a una frecuencia diferencia entre portadora y moduladora.

Todo este conjunto da lugar a un espectro de frecuencias de las siguientes características.

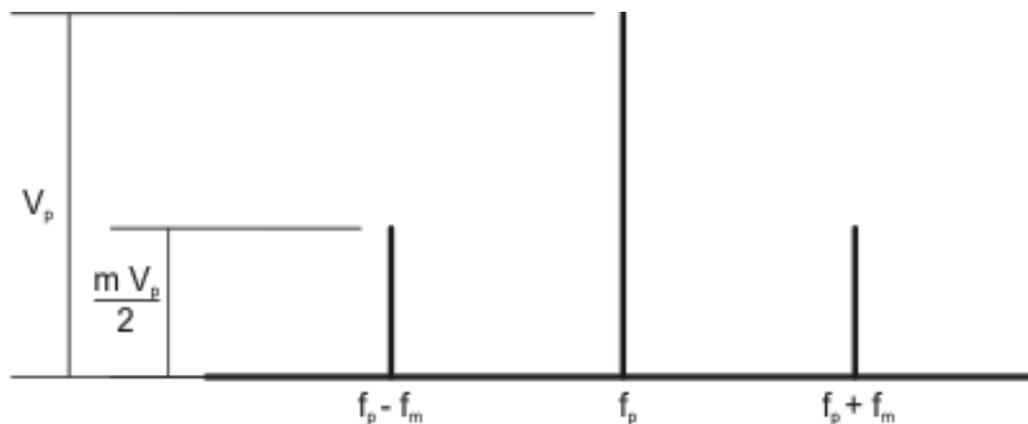


Figura 6.7: Bandas laterales

Donde

$f_p - f_m$ : frecuencia lateral inferior

$f_p + f_m$ : frecuencia lateral superior

Debido a que en general una señal analógica moduladora no es senoidal pura, sino que tiene una forma cualquiera, a la misma la podemos desarrollar en serie de Fourier y ello da lugar a que dicha señal esté compuesta por la suma de señales de diferentes frecuencias.

De acuerdo a ello, al modular no tendremos dos frecuencias laterales, sino que tendremos dos conjuntos a los que se denomina banda lateral inferior y banda lateral superior.

Como la información está contenida en la señal moduladora, se observa que en la transmisión dicha información se encontrará contenida en las bandas laterales, ello hace que sea necesario determinado ancho de banda para la transmisión de la información.

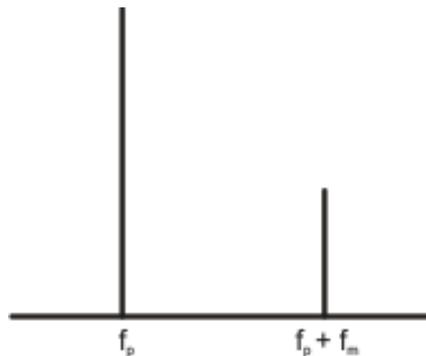
Veamos un ejemplo: Si consideramos que la información requiere de 10KHz de ancho de banda, se necesitaran 10KHz para cada banda lateral, lo que hace que la transmisión en amplitud modulada de dicha señal requiera un ancho de banda de 20KHz.

### 6.5.1.3 Banda lateral única

Como la información se repite en cada banda lateral, se han desarrollado equipos denominados de Banda Lateral Única (BLU) o Single Side Band (SSB),

en los cuales se requiere la mitad del ancho de banda del necesario para la transmisión en amplitud modulada.

En el ejemplo anterior una transmisión en banda lateral única requiere solo 10KHz de ancho de banda. Si consideramos la banda lateral superior, el espectro de frecuencias tiene la siguiente forma.



**Figura 6.8: Banda lateral única**

Dependiendo de la banda lateral que se transmita, superior o la inferior, se puede tener:

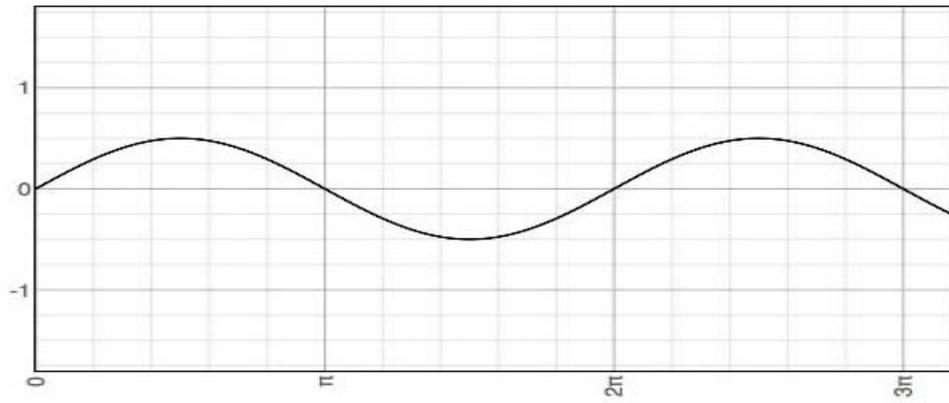
**Upper Side Band (USB):** En este caso lo que se transmite es la banda lateral superior y son suprimidas la banda lateral inferior y la señal portadora.

**Lower Side Band (LSB):** En este caso lo que se transmite es la banda lateral inferior y son suprimidas la banda lateral superior y la señal portadora.

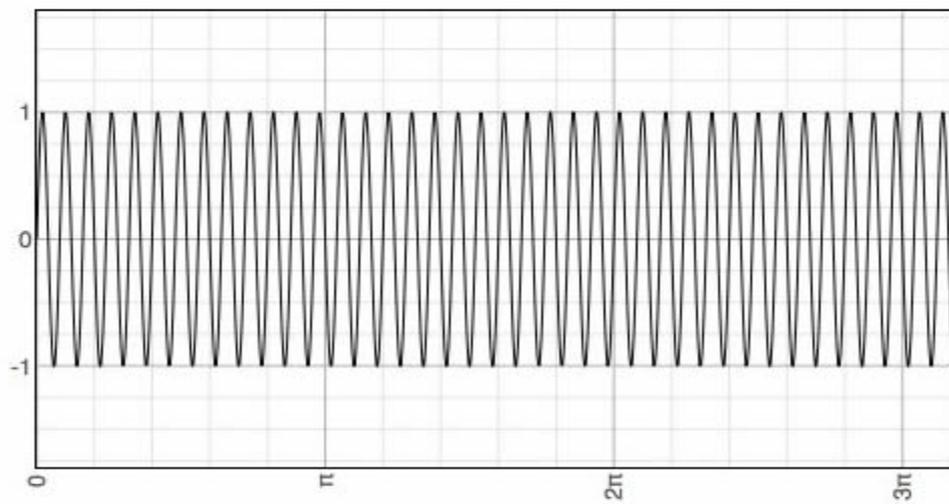
### **6.5.2 Modulación de Frecuencia - FM**

Este es un caso de modulación donde tanto las señales de transmisión como las señales de datos son analógicas y es un tipo de modulación exponencial.

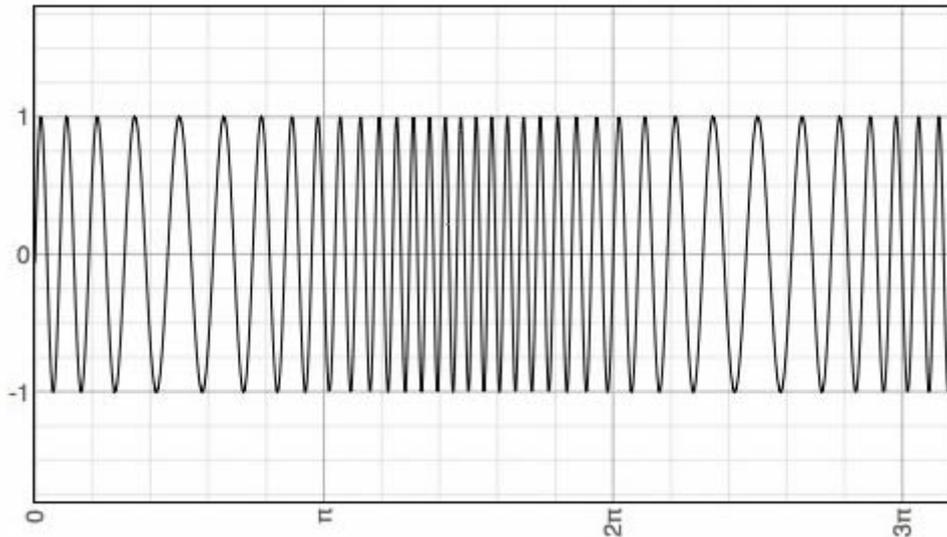
En este caso la señal modulada mantendrá fija su amplitud y el parámetro de la señal portadora que variará es la frecuencia, y lo hace de acuerdo a como varíe la amplitud de la señal moduladora.



**Figura 6.9: Señal Moduladora (Datos)**



**Figura 6.10: Señal Portadora**



**Figura 6.11: Señal Modulada**

La expresión matemática de la señal portadora, está dada por:

$v_p(t) = V_p \text{sen}(2\pi f_p t) \dots (1)$  . Donde  $V_p$  es el valor pico de la señal portadora y  $f_p$  es la frecuencia de la señal portadora. Mientras que la expresión matemática de la señal moduladora está dada por:

$$V_m(t) = V_m \text{sen}(2\pi f_m t) \dots (2)$$

Siendo  $V_m$  el valor pico de la señal portadora y  $f_m$  su frecuencia. De acuerdo a lo dicho anteriormente, la frecuencia  $f$  de la señal modulada variará alrededor de la frecuencia de la señal portadora de acuerdo a la siguiente expresión:  $f = f_p + \Delta f \text{sen}(2\pi f_m t)$  .

Por lo tanto la expresión matemática de la señal modulada resulta:

$$v_p(t) = V_p \text{sen}[2\pi (f_p + \Delta f \text{sen}(2\pi f_m t)) t]$$

$\Delta f$  se denomina desviación de frecuencia y es el máximo cambio de frecuencia que puede experimentar la frecuencia de la señal portadora. A la variación total de frecuencia desde la más baja hasta la más alta, se la conoce como oscilación de portadora.

De esta forma, una señal moduladora que tiene picos positivos y negativos, tal como una señal senoidal pura, provocara una oscilación de portadora igual a 2 veces la desviación de frecuencia.

Una señal modulada en frecuencia puede expresarse mediante la siguiente expresión

$$v(t) = V_p \operatorname{sen} \left( 2\pi f_p t + \frac{\Delta f}{f_m} \cos(2\pi f_m t) \right)$$

Se denomina índice de modulación a  $m_f = \frac{\Delta f}{f_m}$

Se denomina porcentaje de modulación a la razón entre la desviación de frecuencia efectiva respecto de la desviación de frecuencia máxima permisible.

$$\text{Porcentaje de modulación} = \frac{\Delta f_{\text{efectiva}}}{\Delta f_{\text{máxima}}} \cdot 100$$

Al analizar el espectro de frecuencias de una señal modulada en frecuencia, observamos que se tienen infinitas frecuencias laterales, espaciadas en  $f_m$ , alrededor de la frecuencia de la señal portadora  $f_p$ ; sin embargo la mayor parte de las frecuencias laterales tienen poca amplitud, lo que indica que no contienen cantidades significativas de potencia.

El análisis de Fourier indica que el número de frecuencias laterales que contienen cantidades significativas de potencia, depende del índice de modulación de la señal modulada, y por lo tanto el ancho de banda efectivo también dependerá de dicho índice.

Schwartz desarrollo la siguiente gráfica para determinar el ancho de banda necesario para transmitir una señal de frecuencia modulada cuando se conoce el índice de modulación.

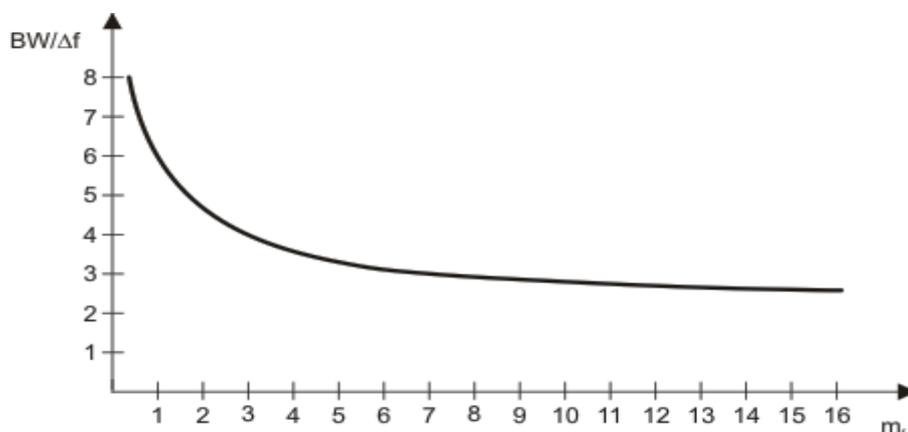


Figura 6.12: Gráfica de Schwartz

En la construcción de la gráfica se ha empleado el criterio práctico que establece que una señal de cualquier frecuencia componente, con una magnitud (tensión) menor de 1% del valor de la magnitud de la portadora sin modular, se considera demasiado pequeña como para ser significativa.

### 6.5.2.1 FM de banda angosta y FM de banda ancha

Al examinar la curva obtenida por Schwartz, se aprecia que para altos valores de  $m_f$ , la curva tiende a la asíntota horizontal, mientras que para valores bajos de  $m_f$  tiende a la asíntota vertical.

Un estudio matemático detallado indica que el ancho de banda necesario para transmitir una señal FM para la cual  $m_f < \frac{\pi}{2}$ , depende principalmente de la frecuencia de la señal moduladora y es totalmente independiente de la desviación de frecuencia.

Un análisis más completo demostraría que el ancho de banda necesario para transmitir una señal de FM, en la cual  $m_f < \frac{\pi}{2}$ , es igual a dos veces la frecuencia de la señal moduladora.  $BW = 2 f_m$  para  $m_f < \frac{\pi}{2}$

De igual manera que en AM ya a diferencia de lo que ocurre para FM con  $m_f > \frac{\pi}{2}$ , por cada frecuencia moduladora aparecen dos frecuencias laterales, una inferior y otra superior, a cada lado de la frecuencia de la señal portadora y separadas en  $f_m$  de la frecuencia de la portadora.

Dado lo limitado del ancho de banda cuando  $m_f < \frac{\pi}{2}$ , se la denomina FM de banda angosta, mientras que las señales de FM donde  $m_f > \frac{\pi}{2}$ , se las denomina FM de banda ancha.

**Figura 6.13: Espectro de frecuencia FM**

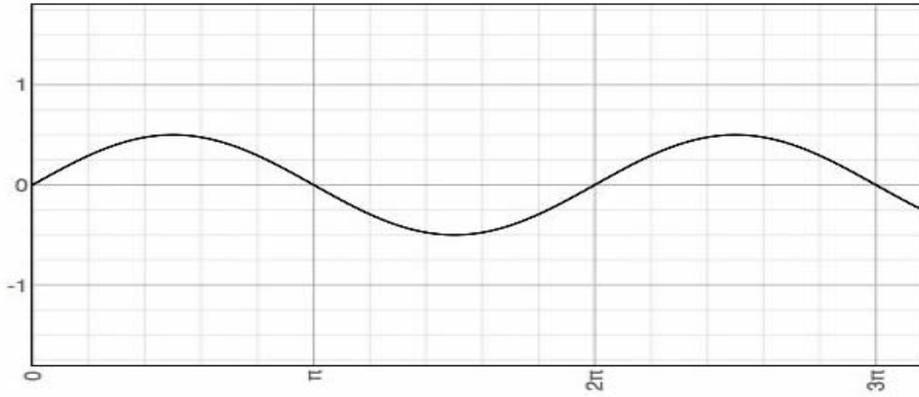
Los espectros de frecuencia de AM y de FM de banda angosta, aunque pudieran parecer iguales, por medio del análisis de Fourier se demuestra que las relaciones de magnitud y fase en AM y FM son totalmente diferentes.

En FM de banda ancha se tiene la ventaja de tener menor ruido, en FM el contenido de potencia de la señal portadora disminuye conforme aumenta  $m_f$ , con lo que se logra poner la máxima potencia en donde está la información, es decir en las bandas laterales.

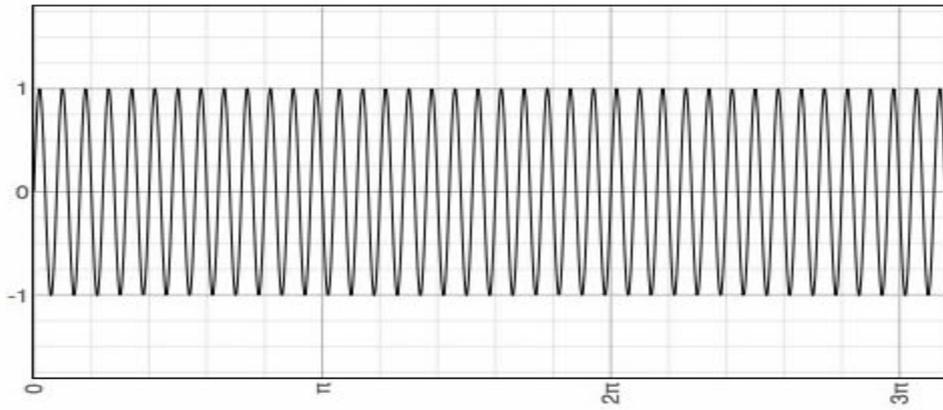
### 6.5.3 Modulación de fase – PM

Este también es un caso de modulación donde las señales de transmisión como las señales de datos son analógicas y es un tipo de modulación exponencial al igual que la modulación de frecuencia.

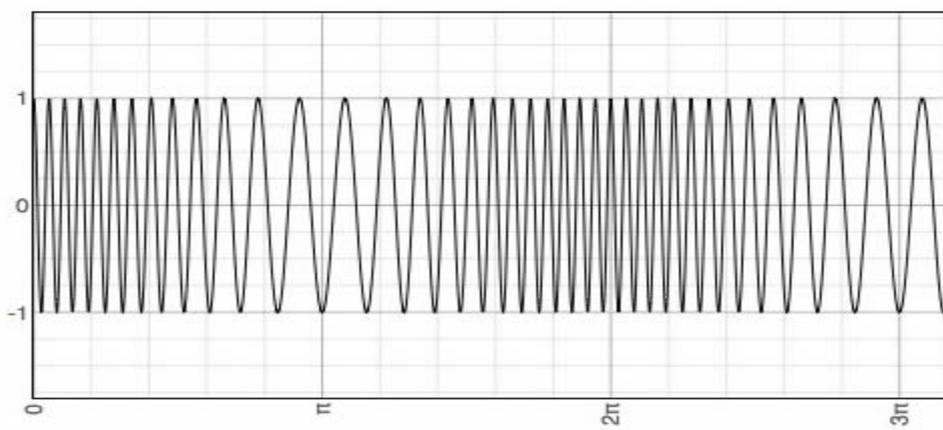
En este caso el parámetro de la señal portadora que variará de acuerdo a la señal moduladora es la fase. La modulación de fase (PM) no es muy utilizada principalmente por que se requiere de equipos de recepción más complejos que en FM y puede presentar problemas de ambigüedad para determinar por ejemplo si una señal tiene una fase de  $0^\circ$  o  $180^\circ$ .



**Figura 6.14: Señal Moduladora (Datos)**



**Figura 6.15: Señal Portadora**



**Figura 6.16: Señal Modulada**

La forma de las señales de modulación de frecuencia y modulación de fase son muy parecidas. De hecho, es imposible diferenciarlas sin tener un conocimiento previo de la función de modulación. Consideremos tener una señal portadora dada por la siguiente expresión:  $V_p(t) = V_p \cos(2\pi f_p t)$

Donde  $V_p$  es el valor pico de la señal portadora y  $f_p$  es la frecuencia de la señal portadora, y que la expresión matemática de la señal moduladora está dada por:

$$V_m(t) = V_m \sin(2\pi f_m t)$$

Siendo  $V_m$  el valor pico de la señal portadora y  $f_m$  su frecuencia.

Si consideramos que la fase de la señal portadora varía proporcionalmente a la amplitud de la señal moduladora, o sea que:

$$\Phi(t) = \Delta\Phi v_m(t) = \Delta\Phi V_m \sin(2\pi f_m t)$$

Donde  $\Delta\Phi$  es la constante de desviación de fase. Como el valor máximo que puede tomar  $v_m(t)$  es  $V_m$ , resulta que la máxima variación de  $\Delta\Phi$  será  $-\Delta\Phi \leq \Phi(t) \leq \Delta\Phi$  pues  $|V_m(t)| \leq V_m$  por lo tanto la señal modulada resulta:  $v(t) = V_p \cos[2\pi f_p t + \Phi(t)]$  donde  $\Phi(t)$  será la variación de la fase debida a la modulación, reemplazando tenemos  $v(t) = V_p \cos[2\pi f_p t + \Delta\Phi V_m \sin(2\pi f_m t)]$ .

LLamando  $B = \Delta\Phi V_m$ , el índice de modulación resulta  $v(t) = V_p \cos[2\pi f_p t + B \sin(2\pi f_m t)]$ . Esta última expresión tiene la misma forma matemática que la expresión modulada en frecuencia, con la salvedad que  $B$  es independiente de la frecuencia.

Por lo tanto los espectros de frecuencias de la modulación de fase tienen las mismas características generales que los espectros de modulación de frecuencia. Si  $f_m$  cambia, en tanto se mantenga fija la amplitud  $V_m$ ,  $B$  se mantiene constante y solo se altera el espaciamiento entre las líneas del espectro de frecuencias.

Esto difiere de la modulación de frecuencia donde varía el espaciamiento y la amplitud de las líneas del espectro de frecuencias. En PM las consideraciones acerca del ancho de banda son similares a las del ancho de banda en FM.

## 6.6 MODULADORA ANALÓGICA Y PORTADORA DIGITAL

La modulación por pulsos corresponde a una señal moduladora analógica y una portadora digital.

- PAM (Pulse Amplitude Modulation) - Modulación por amplitud de pulso.
- PPM (Pulse Position Modulation) - Modulación por posición de pulso.
- PDM (Pulse Duration Modulation) - Modulación por duración de pulso.
- PCM (Pulse Codificated Modulation) - Modulación por pulsos codificados.(MIC)

Los diferentes tipos PAM, PDM Y PPM reciben su nombre directamente del parámetro de la señal portadora a variar o “modular”, amplitud, duración o posición de los pulsos, respectivamente. En el proceso de modulación se lleva a cabo un muestreo de la señal moduladora y a partir de estas muestras se construyen los distintos tipos de señal modulada.

La modulación por pulsos es una fase de muestreo dentro de procesos de modulación más complejos. Sobre todo en PAM se ve el efecto de un muestreo “natural”. Además, se ve que el resultado de la señal modulada es digital. Características generales de las modulaciones por pulso:

- La señal modulada tiene componentes espectrales de baja frecuencia, como corresponde al espectro de un tren de pulsos rectangulares, esto justifica la afirmación anterior de que a veces es necesario una modulación posterior, por ejemplo para transmisión por radio.
- El ancho de banda de la señal modulada es mayor que el de la señal moduladora original y por tanto se derrocha ancho de banda a cambio de ventajas como reducción de ruido.
- La potencia de transmisión se efectúa a ráfagas (en impulsos) y frecuentemente se siente la necesidad de multiplexar para “rellenar” la separación entre pulsos.
- El mantenimiento del sincronismo es importante, para asegurar que el tratamiento de las muestras se realiza en los instantes de tiempo adecuados. Por ello a menudo se envía información de control de sincronismo.

### 6.6.1 Modulación por amplitud de pulso (PAM)

En el caso de la modulación por amplitud de pulso, la anchura y la separación de los pulsos permanece constante, siendo la amplitud de los mismos lo que varía de acuerdo con la amplitud de la moduladora, tal como se muestra en la figura anterior.

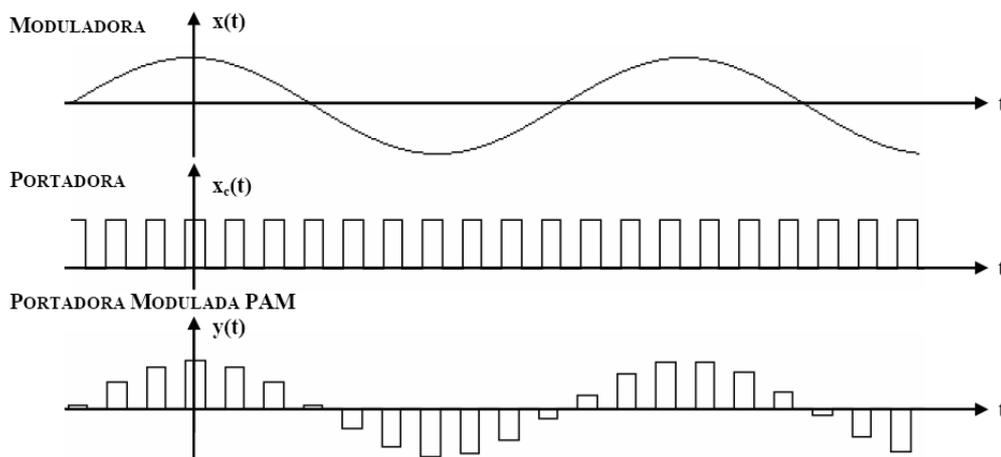


Figura 6.17:Modulación PAM

### 6.6.2 Modulación por posición de pulso (PPM)

En el caso de la modulación por posición de pulso, la anchura y la amplitud de los pulsos permanece constante, siendo la posición de los mismos lo que varía de acuerdo con la amplitud de la moduladora, tal como se muestra en la siguiente figura.

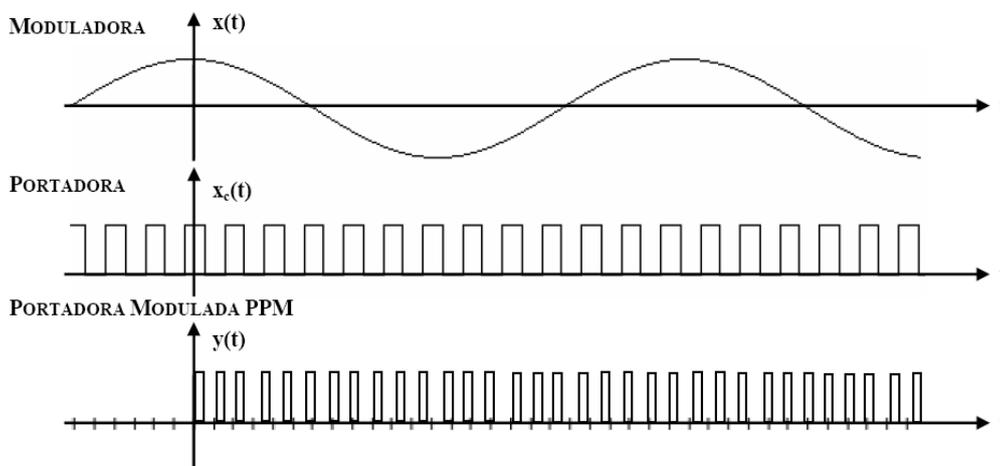


Figura 6.18:Modulación PPM

### 6.6.3 Modulación por duración de pulso (PDM)

En el caso de la modulación por duración de pulso, la amplitud y la separación de los pulsos permanece constante, siendo la anchura de los mismos lo que varía de acuerdo con la amplitud de la moduladora, tal como se muestra en la siguiente figura:

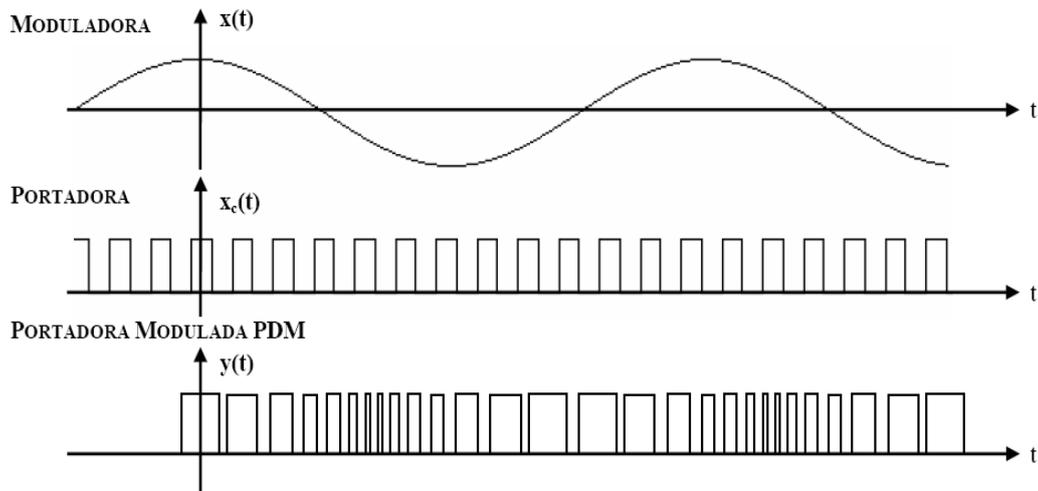


Figura 6.19: Modulación PDM

### 6.6.4 MODULACIÓN POR PULSOS CODIFICADOS (PCM) o MIC.

Un sistema de modulación que ha alcanzado un gran auge es PCM, también llamado MIC atendiendo a las siglas castellanas. Este sistema convierte una señal analógica en digital siguiendo los siguientes pasos:

1. Muestreo con PAM, PPM o PDM.
2. Cuantización.
3. Codificación.

La señal analógica que se transmite es primero muestreada y las muestras resultantes forman un tren de impulsos modulados en amplitud (PAM). A continuación, a dichos impulsos se les asigna un valor cuantizado, siendo realizada esta operación por un cuantizador.

Los impulsos cuantizados son codificados normalmente en grupos, de acuerdo con el código binario. Cada grupo de impulsos representa su nivel cuantizado como un número binario y el número máximo de impulsos en un grupo depende del número total de niveles cuantizados elegidos para el sistema.

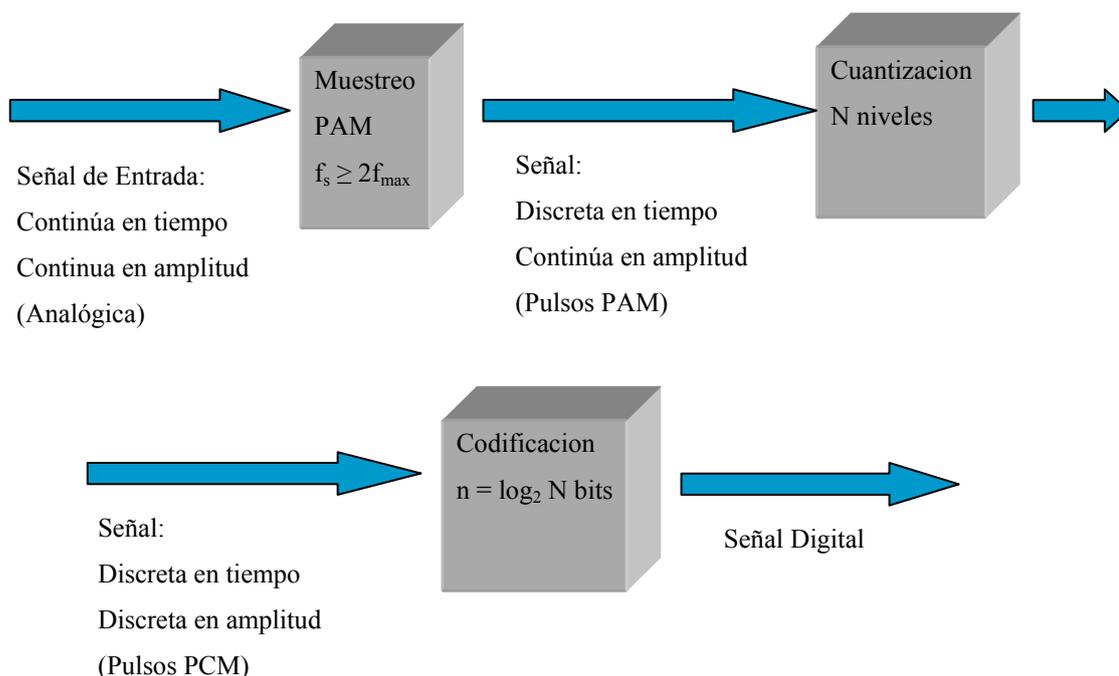
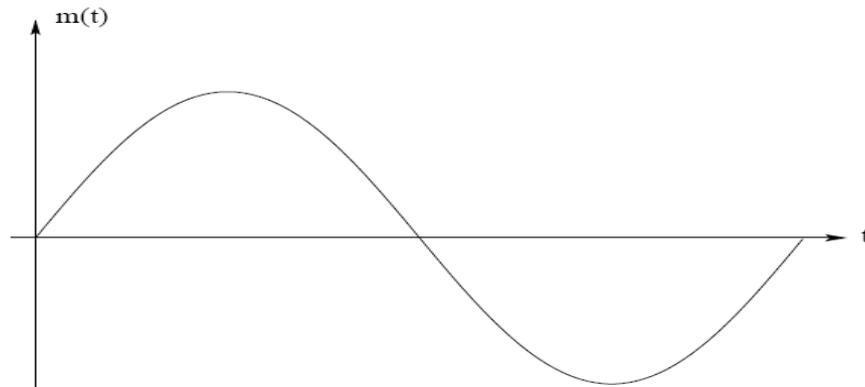


Figura 6.20: Modulación PCM

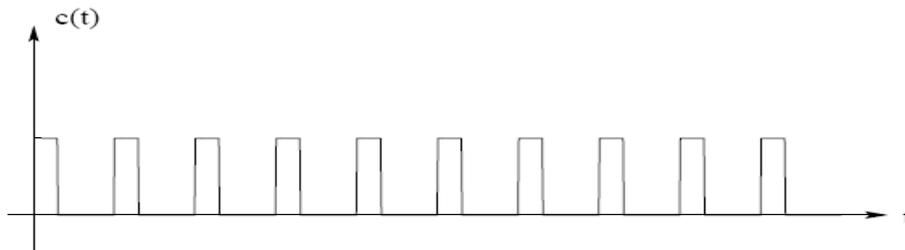
a) **MUESTREO**

Consiste en multiplicar la señal de entrada por un tren de impulsos de una cierta frecuencia  $f_s$  denominada frecuencia de muestreo. Según el teorema de Nyquist la frecuencia de muestreo deberá ser, como mínimo, el doble de la frecuencia máxima de la señal de entrada para poder recuperar posteriormente la señal original; esto es,  $f_s \geq 2f_{max}$  de la señal. Por ello, la señal de entrada deberá estar limitada en frecuencia, lo que se consigue con un filtro pasa bajo antes del muestreo.

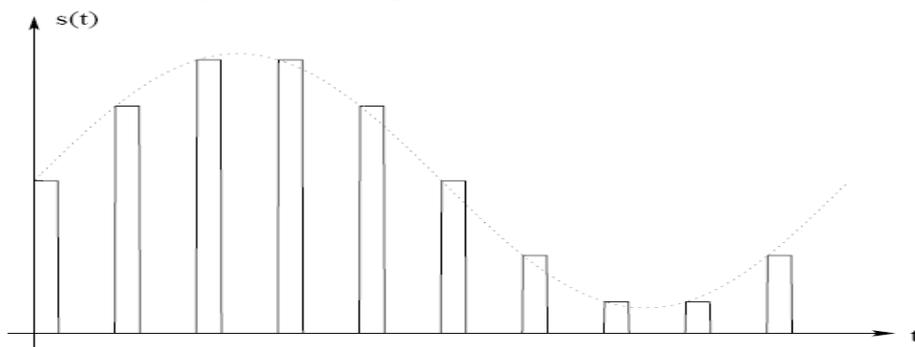
Obtenemos de esta forma una señal discreta en su dominio pero continua en su rango, es decir, está definida únicamente en unos instantes de tiempo pero la amplitud que puede alcanzar en dichos instantes es cualquiera. El muestreo permite la transformación de una señal continua que varía en el tiempo a un conjunto de valores en instantes discretos del tiempo.



**Figura 6.21: Señal moduladora  $m(t)$**



**Figura 6.22: Señal portadora  $c(t)$  usada en PAM**

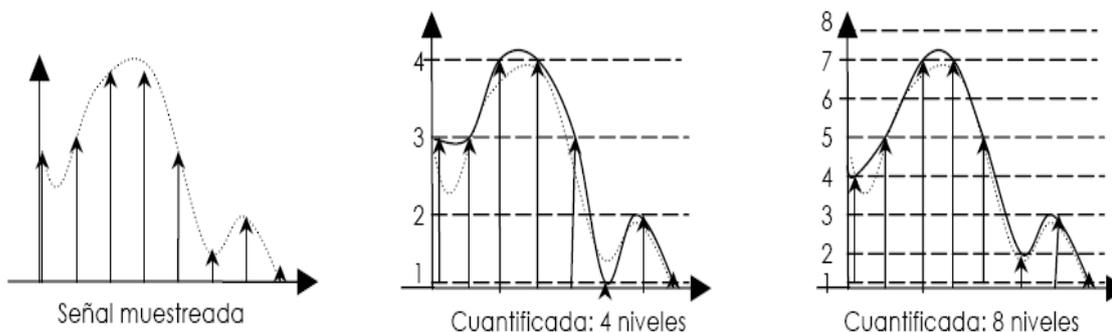


**Figura 6.23: Señal PAM**

**b) CUANTIZACION**

El hecho de que la amplitud de la señal en los instantes de muestreo pueda ser cualquiera supone que para codificarla necesitaríamos un número infinito de bits. En otras palabras: tenemos un número infinito de niveles.

Por tanto, es necesario cuantificar la señal, es decir, asignar a una serie de valores de  $x(t)$  un único valor, de forma que después del proceso de cuantificación, el número de valores que puede tener la señal  $x(t)$  sea finito.



**Figura 6.24: Cuantización**

Esto lamentablemente generará una pérdida de fidelidad en la reconstrucción de la señal debido a que al cuantizar lo que se hace es redondear hacia arriba o hacia abajo el valor de cada muestra obtenida.

Al hacer aproximaciones se produce un error, denominado ERROR DE CUANTIZACIÓN y su valor máximo es la mitad del intervalo de cuantización. El error de cuantificación se puede reducir estableciendo más intervalos de cuantificación.

Teniendo en cuenta que si el número de niveles es muy elevado, tendremos que enviar gran cantidad de bits por cada muestra que queramos enviar. En la práctica, los sentidos solo pueden diferenciar un número finito de niveles de amplitud.

Si se eligen estos niveles de amplitud lo suficientemente cercanos entre sí, el error cometido entre la señal original y la cuantificada será despreciable, por lo que en la práctica, ambas señales serán indistinguibles.

La característica entrada/salida de un cuantificador tiene forma de escalera. La diferencia entre dos valores adyacentes se denomina tamaño del escalón. Un cuantificador se diseña para un rango de valores de entrada esperados entre un límite superior y un límite inferior.

Una señal cuantizada es una aproximación de la señal analógica, existen dos tipos de cuantización: la cuantización uniforme, en la cual los niveles se encuentran separados uniformemente y la cuantización no uniforme, en la que la separación es desigual.

En general, si  $N$  es el número de niveles cuantizados,  $n$  es el número máximo de impulsos(bits) en un grupo y  $l$  es el número de niveles de voltaje del impulso, entonces tenemos:  $l^n = N$  o  $n = \log_l N$  impulsos y para el PCM binario que utiliza dos niveles de tensión de 0 voltios y +1 voltio, tenemos  $l=2$  y por consiguiente:

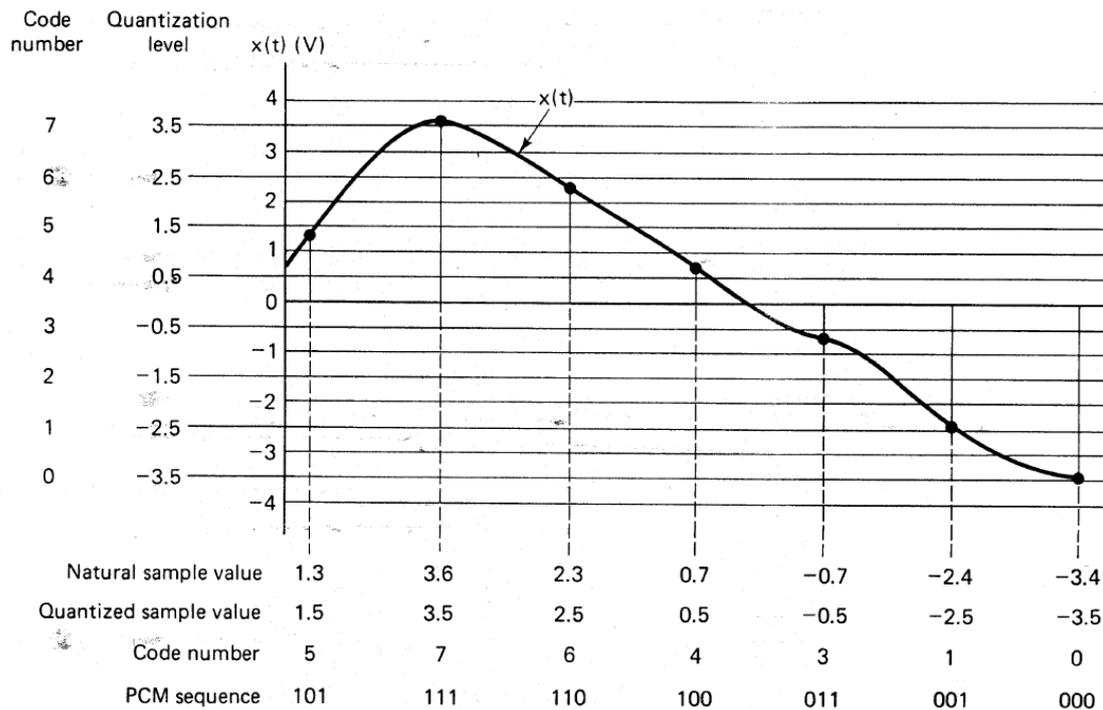
$$n = \log_2 N \text{ impulsos(bits).}$$

En la siguiente figura una señal analógica que tiene un nivel de excursión en el rango de -4v a +4v , el paso de cuantización se ha tomado como 1v, por lo tanto hay 8 niveles de cuantización ubicados a -3.5v, -2.5v, ... 2.5v, 3.5v, a cada nivel le asignamos un código(número).

Al nivel de -3.5v le asignamos el número 0, al nivel de -2.5v le asignamos el número 1, al nivel de -1.5v le asignamos el número 2 y así sucesivamente hasta el nivel de 3.5v al cual le asignamos el número o código 7.

Cada código tiene su representación binaria que va desde el número binario 000 hasta el 111, en la figura cada muestra de la señal analógica es asignada al nivel de cuantización más cercano.

El eje de ordenadas está etiquetado con los niveles de cuantización y su respectivo código, cada muestra cuantizada es representada por una palabra de 3 bits.



**Figura 6.25: Cuantización de una señal analógica**

Si la señal  $x(t)$  de la figura fuera cuantizada a 16 niveles ( $N=16$ ), serían necesarios 4 bits ( $n = 4$ ) para representar cada código ( $n = \log_2 16$ ).

Ejemplo de modulación PCM

Para una señal de voz con frecuencia de 4000 Hz, tomamos 8000 muestras por segundo: Frecuencia de muestreo ( $f_s$ ) = 8 000 Hz

$$\text{Periodo de muestreo } (T_s) = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{8000} \text{ seg.} = 125 \times 10^{-6} \text{ seg.}$$

$$\text{Cada } T_s \text{ se generan muestras de 8 bits : } \frac{8(\text{bit})}{125 \times 10^{-6} \text{ seg}} = 8000 \left( \frac{\text{byte}}{\text{seg}} \right)$$

8.000 muestras/seg. , considerando que cada muestra es de 8 bits.

Como 1 byte = 8 bit. Entonces  $8000 \times 8 \text{ bits/seg} = 64 \text{ Kbps}$

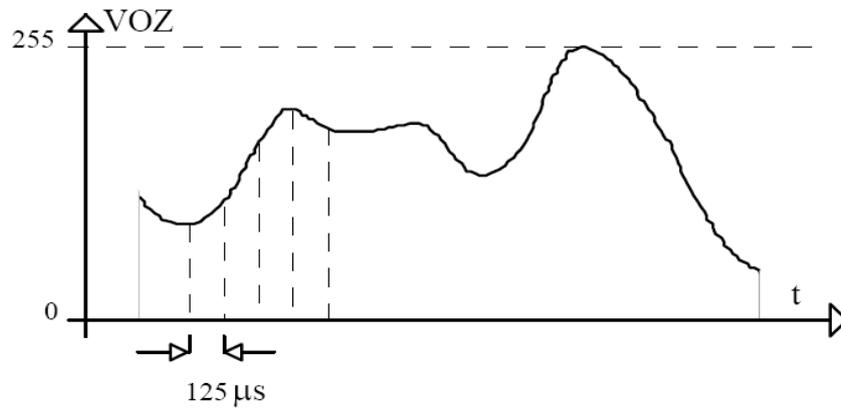
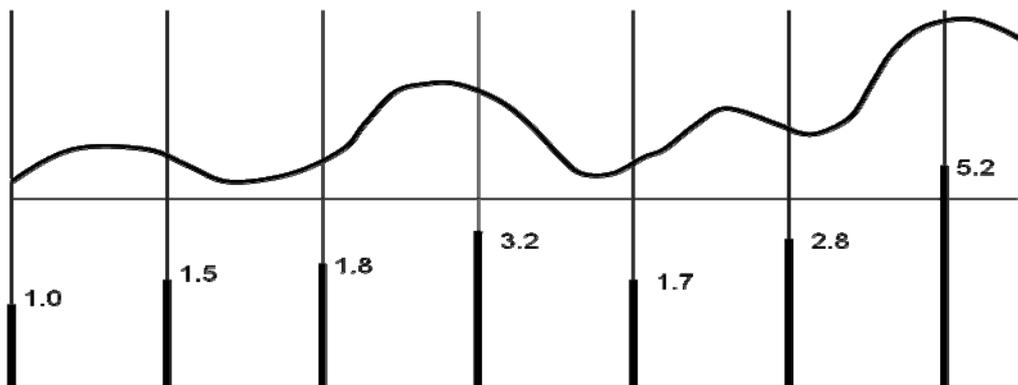


Figura 6.26: Periodo de muestreo de una señal de voz

Luego del muestreo obtenemos los pulsos PAM



Pulsos PAM (Pulse Amplitud Modulation)

Figura 6.27:Pulsos PAM

Seguidamente se cuantiza(redondea) y codifica

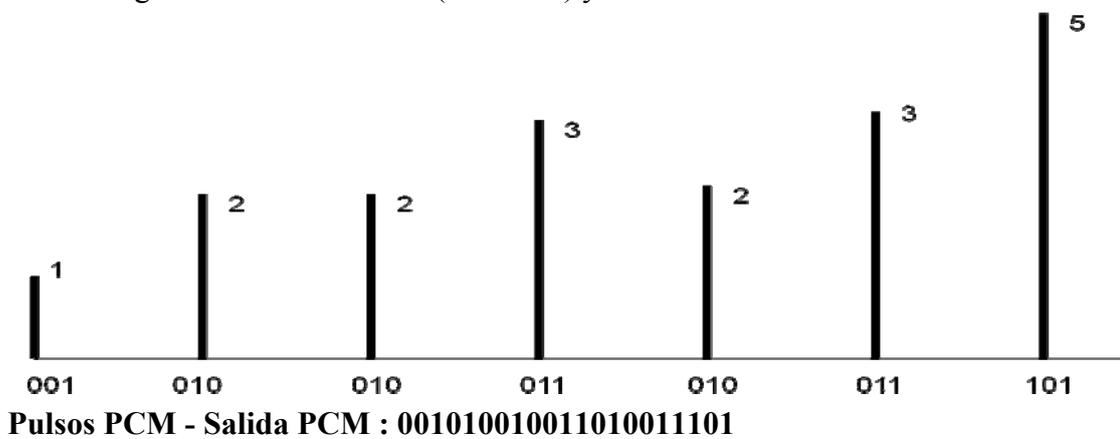


Figura 6.28:Cuantizado y codificación

**c) CODIFICACION**

Combinando muestreo y cuantificación hemos convertido la señal banda base continua en un conjunto de valores discretos de un conjunto finito de posibles valores. Sin embargo, esta representación no es adecuada para su transmisión. Para aprovechar las ventajas de los sistemas digitales se requiere la codificación para obtener una señal con una forma mas apropiada para su transmisión.

Cualquier forma de representar cada uno de los valores discretos del conjunto finito se denomina código. Cada evento discreto del código se denomina elemento del código o símbolo. Por ejemplo, un símbolo se puede representar por la presencia o ausencia de un pulso. Una ordenación particular de los símbolos utilizada en un código para representar un único valor del conjunto discreto se denomina palabra código o carácter.

Un código binario tiene dos símbolos que se denotan por 0 y 1. En un código ternario hay 3 símbolos, etc.. En presencia de ruido el código binario es el que tiene un mejor comportamiento puesto que cada símbolo puede soportar un nivel de ruido relativamente elevado y es más fácil de regenerar.

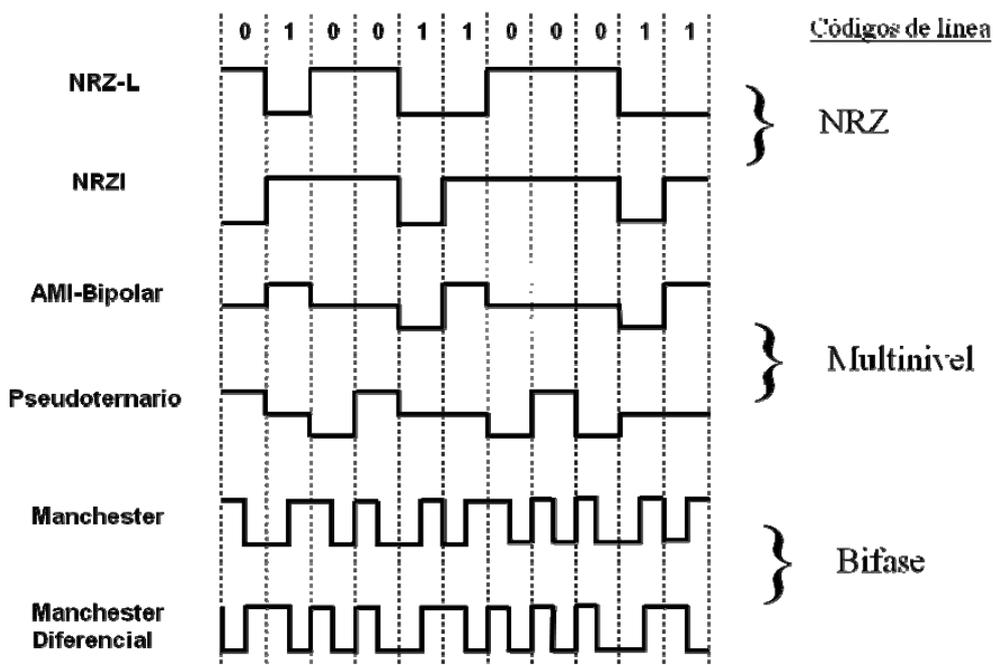


Figura 6.29: Códigos de línea más usados

Supongamos que en el código binario cada palabra código tiene  $n$  bits (bit equivale a símbolo binario). Con ese código se pueden representar  $2^n$  números distintos, es por ello que se suele elegir el número de niveles de cuantificación como potencia de 2 de forma que se puede igualar  $N = 2^n$ .

Que equivale al número de bits necesarios para codificar muestras cuantificadas con  $N$  niveles es  $n = \log_2(N)$ ,  $n$  representa el número de bits por muestra.

Por ejemplo, para  $N = 128$  niveles tenemos  $n = 7$  bits y para  $N = 256$  tenemos  $n = 8$  bits. Hay muchas formas de establecer la relación uno a uno entre cada nivel de cuantificación y cada palabra código.

Una forma sencilla de hacerlo es representar el número de escalón (empezando a contar desde abajo) en base dos (representación binaria). La señal que representa a cada 1 ó 0; se denomina código de línea, existen muchos códigos de línea.

Los problemas de los códigos de línea para transmisión son: **la transmisión de continua** (lo cual tiene inconvenientes en largas distancias porque se atenúa) y **la sincronización** (por ejemplo, en el caso de una secuencia larga de 0s). Los códigos de línea más utilizados son:

### Códigos NRZ

Los códigos NRZ (Non Return to Zero) son los códigos más sencillos de realizar. Existen dos tipos de códigos:

**NRZ-L:** Del inglés *Non Return to Zero - Level*, en este código se utiliza una tensión positiva para representar un nivel lógico y una tensión negativa para representar el valor complementario. En la figura "0" es la tensión positiva y "1" es la tensión negativa

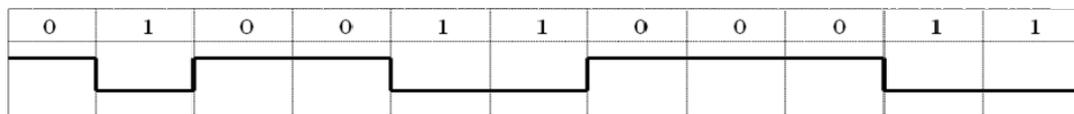


Figura 6.30: Código NRZ-L

**NRZ-I:** Del inglés *Non Return to Zero - Invert on ones*, este código utiliza una transición en el comienzo del bit para indicar un nivel lógico "1". Si no existe transición al comienzo del bit entonces es un "0" binario.

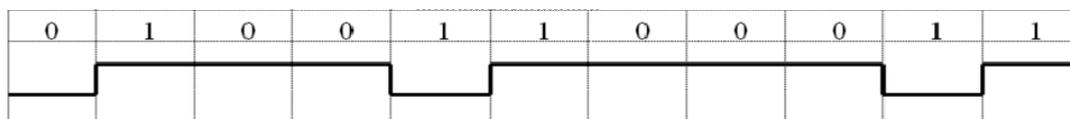


Figura 6.31: Código NRZ-I

El código NRZ-I es un ejemplo de **código diferencial**, que son los códigos en donde la señal se decodifica en función del valor de los elementos adyacentes de la señal, en lugar del valor absoluto de la señal.

Así, en el código NRZ-I el valor de tensión de un bit dado vendrá dado por la tensión que tuviera el bit anterior y por el valor lógico del bit a codificar. La principal ventaja de los códigos NRZ es que son códigos muy eficientes a la hora de aprovechar el ancho de banda. Por otra parte, las principales desventajas que presentan son las siguientes:

- Ausencia de capacidad de sincronización. Efectivamente, si existen muchos "1" o muchos "0" seguidos a codificar en NRZ-L, o bien muchos "0" seguidos en el NRZI, entonces no habrá ninguna transición de la señal en mucho tiempo, con el consiguiente peligro de que se desincronicen los relojes del emisor y del receptor.
- No se garantiza la ausencia de componente continua.

### Códigos multinivel

Los códigos multinivel eliminan uno de los problemas que presentan los códigos NRZ, concretamente la posible presencia de componente continua. Vamos a ver dos códigos multinivel, también llamados bipolares:

#### AMI-Bipolar:

En este código el nivel lógico "0" se codifica mediante una tensión nula, mientras que el nivel lógico "1" se codifica con pulsos de polaridad alterna. Es decir, en cada aparición de un "1" la polaridad del pulso está invertida con respecto al pulso del "1" anterior. De esta forma conseguimos garantizar la ausencia casi total de componente continua en la señal codificada.

#### Pseudoternario:

Este es el código complementario al AMI-Bipolar. Aquí el nivel Lógico "1" se codifica mediante una tensión nula, mientras que el nivel lógico "0" se codifica con pulsos de polaridad alterna, tal como se muestra en la figura

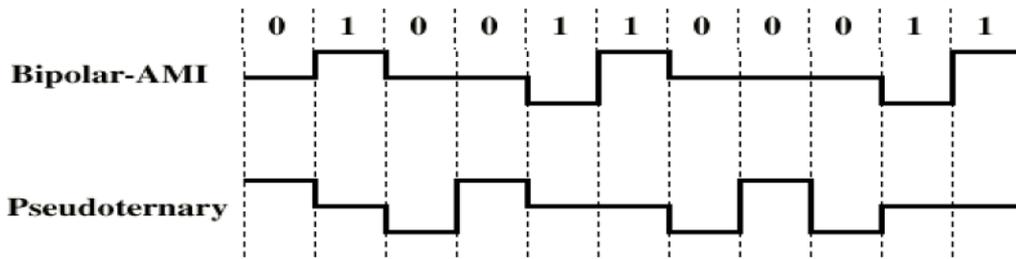


Figura 6.32: Códigos multinivel

Sin embargo, los códigos multinivel no consiguen obviar el otro problema que presentaban los códigos NRZ, que era la posible desincronización entre el reloj del emisor y el del receptor.

Efectivamente, si el mensaje a codificar mediante el AMI-Bipolar lleva muchos "0" seguidos, o si el mensaje a codificar mediante el pseudoternario contiene una cadena muy larga de "1", entonces la señal codificada será a una tensión nula durante varios periodos de bit. Esto implica la posibilidad de que al no existir ninguna transición un reloj, haga  $n$  tics donde el otro reloj haga  $n + 1$  tics, desincronizando la señal completamente.

**Códigos bifase:** Los códigos bifase intentan solucionar el problema que presentan los códigos multinivel, manteniendo la señal codificada con una componente continua nula. Estos códigos son los siguientes:

**Manchester:** Este código incorpora una transición en medio de cada bit, tal como muestra la figura 6.29. Un "0" se codifica haciendo que dicha transición sea una transición nivel alto-nivel bajo, y el "1" haciendo la transición inversa.

**Manchester diferencial:** Este código también tiene una transición en la mitad de cada bit. Sin embargo, un "0" se codifica haciendo que exista una transición también al comienzo del bit, mientras que un "1" se codifica mediante la ausencia de transición al comienzo del bit.

Así, un "1" puede codificarse mediante una señal "nivel bajo-nivel alto" o mediante una señal "nivel alto-nivel bajo", según sea el valor del bit anterior.

Por ejemplo, en la figura 6.29 el segundo y tercer "1" del mensaje se codifican cada uno de una forma. De ahí le viene el adjetivo de *diferencial*. Por tanto, los códigos bifase eliminan tanto el problema de la componente continua cada bit tiene un semiperiodo con un valor de tensión y el otro semiperiodo con el valor de tensión opuesto, con lo que la DC de cada bit es nula.

Por tanto, la DC del código entero será nula) como el problema de la posible desincronización, ya que cada bit lleva una señal de reloj. Sin embargo, estos códigos tienen una velocidad de modulación muy alta (para codificar cada bit hay que hacer al menos una transición, y algunas veces dos transiciones. Por tanto, la velocidad de modulación es aún mayor que la velocidad de transmisión).

Debido a ello, estos códigos se usan para LAN de hasta 10 Km. de longitud. Concretamente, el código Manchester es el que usa la red Ethernet, ampliamente utilizada en todo el mundo.

Otro ejemplo significativo puede ser la red token ring, de IBM, que tuvo una amplia aceptación durante la década de los 90, y que utiliza codificación Manchester diferencial.

El código Manchester también se utiliza por ejemplo para el almacenamiento de datos en diskettes, y en general en sistemas de distancias relativamente pequeñas.

#### **Técnicas de inserción de bits**

Dado que los códigos bifase presentan una alta velocidad de modulación y no sirven para largas distancias, en las líneas telefónicas digitales (**R.D.S.I**, *Red Digital de Servicios Integrados*,) se utilizan generalmente códigos multinivel para codificar las señales digitales.

Tal como hemos visto en la sección anterior, con estos códigos se pueden desincronizar los relojes del emisor y del receptor ante la presencia de ciertos códigos. Para solucionar este problema las compañías telefónicas utilizan lo que se conoce como técnicas de inserción de bits, o en inglés, *bit scrambling*.

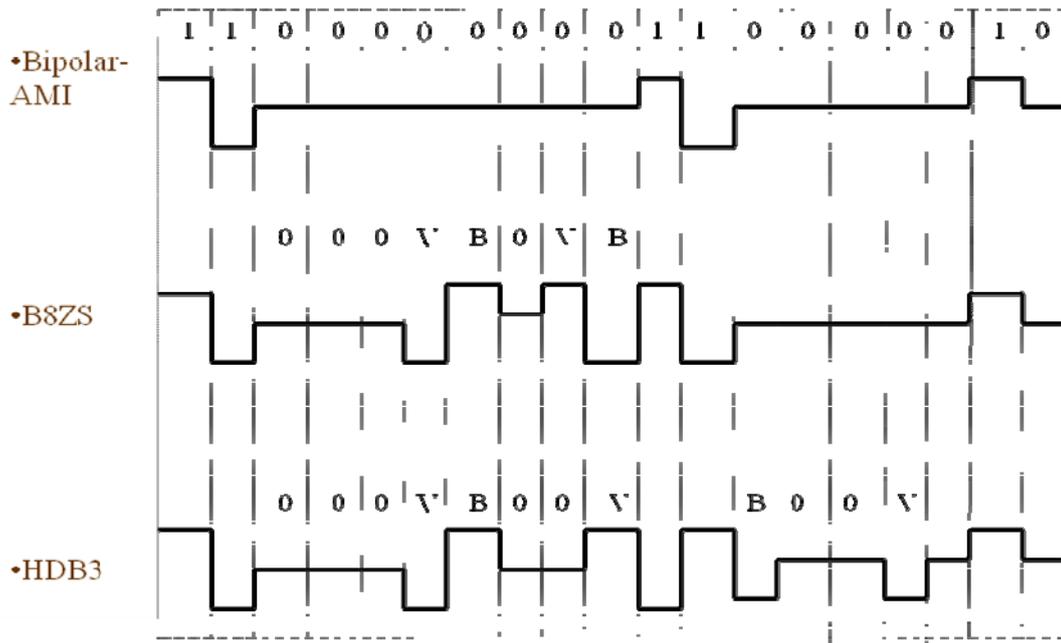


Fig. 6.30: Técnica de inserción de bits

La figura 6.30 muestra la técnica utilizada en EE.UU., conocida como **B8ZS**, y la técnica usada en Europa y Japón, denominada **HDB3**. La técnica B8ZS sustituye cada cadena de 8 ceros del código AMI-Bipolar (que resultaría en una señal sin transiciones durante 8 bits) por la cadena "000+0+-", donde el carácter "-" denota un pulso negativo de tensión y el carácter "+" denota un pulso positivo.

Por su parte, la técnica HDB3 supone una precisión menor de los relojes, de tal manera que no permite la aparición de más de tres "0" seguidos. Esta técnica se basa por un lado en el número de pulsos bipolares aparecidos desde la última sustitución, y por otro lado en la polaridad del último pulso.

Esto se hace para preservar el nivel de continua de la señal original. Concretamente, para codificar cada grupo de cuatro "0" se utiliza la tabla 6.2

Con estas técnicas se consigue que líneas de transmisión de larga distancia, como son las líneas telefónicas, que pueden llegar a tener hasta varios kilómetros de longitud sin utilizar repetidores, sean capaces de transmitir información digital.

		Num. pulsos bipolares desde última sustitución	
		Impar	Par
Polaridad pulso precedente	-	000-	+00+
	+	000+	-00-

Tabla 6.2 Técnica de inserción HDB3

La tabla nos ayuda a saber si el número de pulsos desde la última violación de código es par o impar y de la polaridad del último pulso antes de la ocurrencia de los 4 ceros.

### 6.7 MODULADORA DIGITAL Y PORTADORA ANALÓGICA (modulación digital)

ASK (Amplitude Shift-Keying) - Modulación por desplazamiento en amplitud.

FSK (Frequency Shift-Keying) - Modulación por desplazamiento en frecuencia.

PSK (Phase Shift-Keying) - Modulación por desplazamiento en fase.

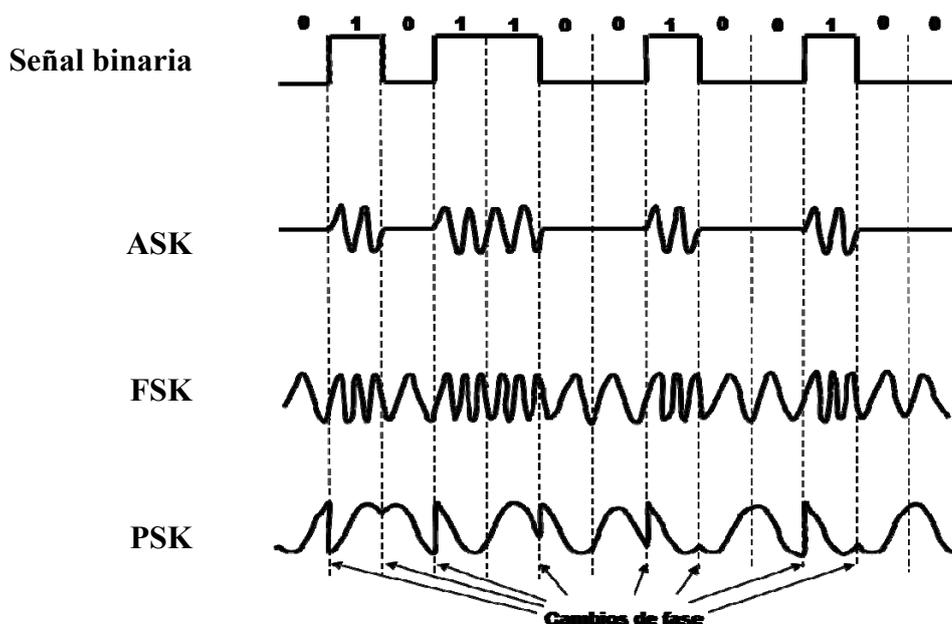


Fig. 6.3.1: Modulación digital

### 6.7.1 Modulación por desplazamiento en amplitud (ASK)

Este tipo de modulación se corresponde con una portadora analógica y una moduladora digital. Los valores binarios se representan mediante dos amplitudes distintas de la portadora.

Lo más usual es que una de las amplitudes sea cero, de modo que uno de los dígitos binario se represente como la portadora con su amplitud original y el otro mediante ausencia de portadora.

Velocidad de hasta 1200 bps en líneas de voz. Usado en fibra óptica, en este caso se emite una señal de baja intensidad en lugar de “ausencia de señal”, y esta señal de baja intensidad sirve de señalización.

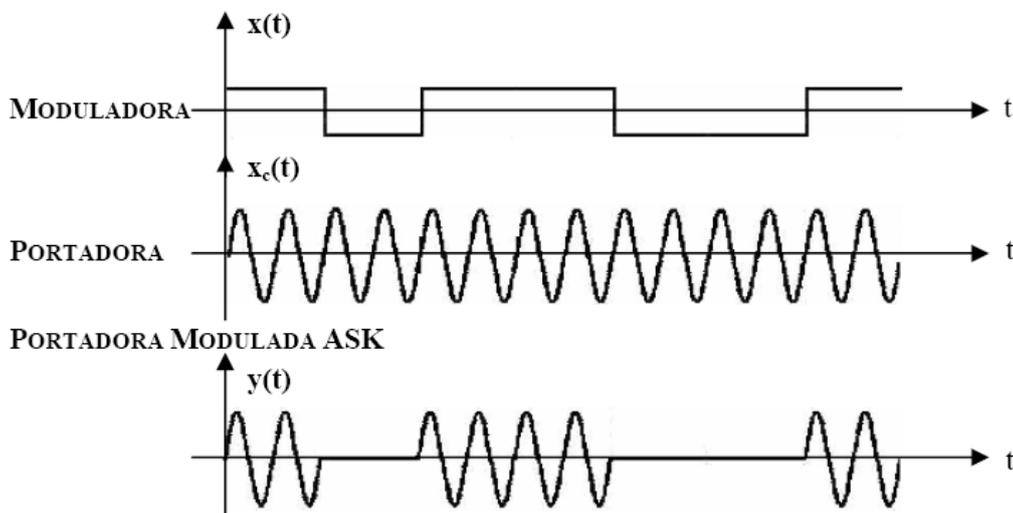


Fig. 6.32:Modulación ASK

### 6.7.2 Modulación por desplazamiento en frecuencia (FSK)

Para el caso de una FSK tenemos que los dos valores binarios se representan mediante 2 frecuencias distintas, próximas a la frecuencia de la portadora.

En la figura 6.33 hemos representado dos frecuencias (portadora 1 y portadora 2) representando las dos frecuencias elegidas, que luego se reflejan en la portadora modulada.

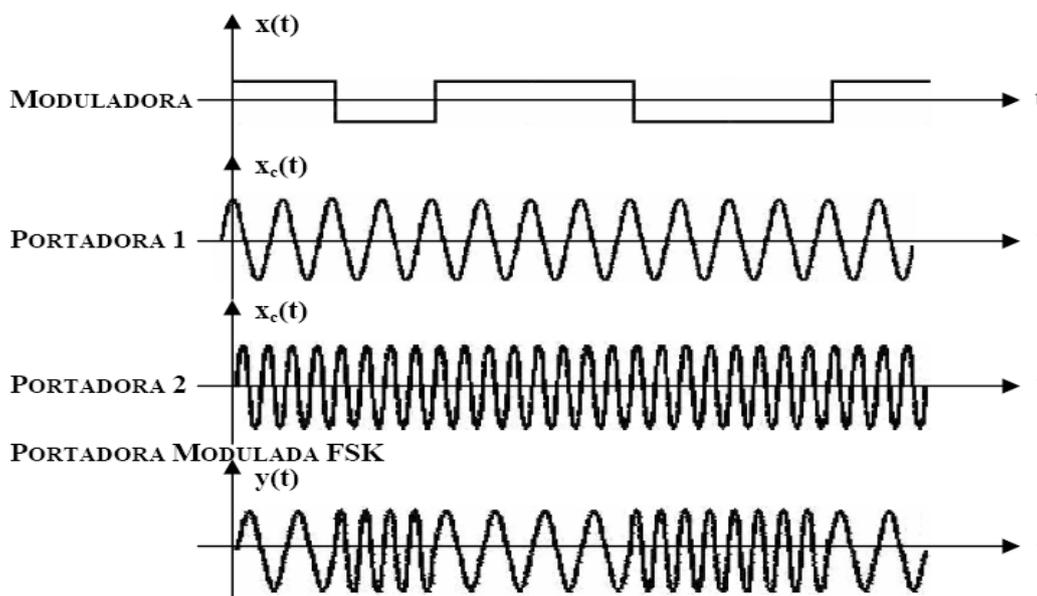


Fig. 6.33: Modulación FSK

Menos susceptible a error que ASK, velocidad de hasta 1200 bps en líneas de voz, usado en radio-frecuencias (3 MHz a 30 MHz) y en LAN coaxial.

### 6.7.3 Modulación por desplazamiento de fase (PSK)

En el caso de la PSK la señal portadora se desplaza (cambia su fase) para representar los datos digitales. Si representamos señales binarias, la modulación psk coherente representará un 0 con una fase y un 1 con la fase anterior desplazada 180 grados.

En el caso de la PSK diferencial, en la que un cero se representa con una señal con la misma fase que el elemento anterior y un 1 cambiando la fase con respecto al elemento anterior la portadora usará dos fases diferentes para representar los dos valores distintos.

Tiene varias modalidades en función de la velocidad de símbolo:

#### Desplazamiento de fase en cuadratura o QPSK.

- Uso más eficaz del ancho de banda si cada elemento de señal transmite más de un bit.
- Con desplazamiento de  $90^\circ$  se pueden transmitir 2 bits por elemento de señal. Con desplazamientos de  $45^\circ$  3 bits etc.

- Los módems de 9600 baudios usan 12 ángulos, cuatro de los cuales tienen dos amplitudes. El análisis en el receptor de la transmisión es estadístico.

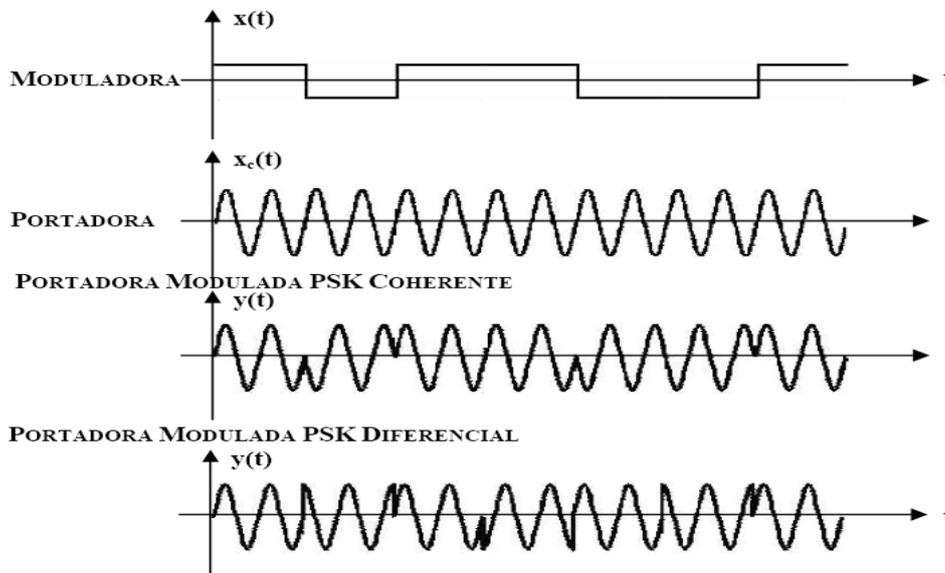


Fig. 6.34:Modulación PSK

## 6.8 EL MODEM

Acrónimo de las palabras modulador/demodulador. El módem actúa como equipo terminal del circuito de datos (ETCD) permitiendo la transmisión de un flujo de datos digitales a través de una señal analógica.

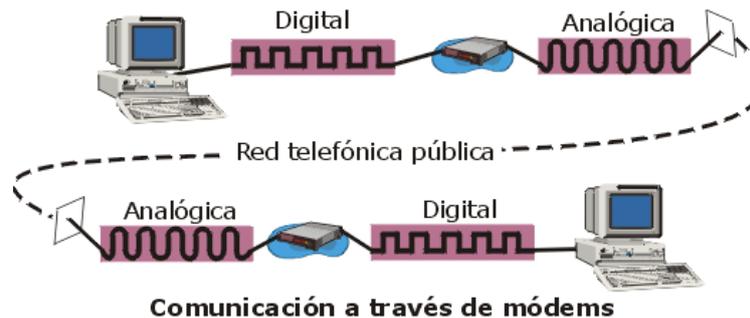
El dispositivo de comunicación más básico de conectividad entre redes es el módem. Los módems se han convertido en dispositivos habituales y constituyen el equipamiento estándar en la mayoría de los equipos que se venden hoy en día. En realidad, cualquiera que haya utilizado Internet o un PC-fax, ha utilizado un módem.

Un módem es un dispositivo que permite a los equipos comunicarse a través de una línea telefónica. Cuando los equipos están demasiado alejados como para conectarse a través de un cable estándar, se puede llevar a cabo la comunicación entre ellos mediante un *módem*.

En un entorno de red, los módems actúan como un medio de comunicación entre redes y como una forma de conectar el mundo que existe más allá de la red local.

### Funciones básicas de un módem

Los equipos no se pueden conectar a través de una línea telefónica, puesto que éstos se comunican enviando pulsos electrónicos digitales (señales electrónicas) y una línea telefónica sólo puede enviar ondas (sonido) analógicas.



Un señal digital tiene un formato binario. La señal puede tener un valor de 0 ó 1. Una señal analógica se puede representar como una curva suavizada que puede representar un rango infinito de valores.

El módem que se encuentra en el PC emisor convierte las señales digitales en ondas analógicas y transmite estas ondas analógicas a través de la línea telefónica. El módem que recibe la señal, convierte las señales analógicas que le llegan en señales digitales para que las reciba el PC.

En otras palabras, un módem emisor *Modula* las señales digitales en señales analógicas y un módem receptor *DEmodula* las señales que recibe en señales digitales.

### Funcionamiento

El modulador emite una señal analógica constante denominada portadora, generalmente, se trata de una simple señal sinusoidal. A medida que se desea transmitir datos digitales, se modifica alguna característica de la señal portadora. De esta manera, se indica si se está transmitiendo un "cero" o un "uno". Las características que se pueden modificar de la señal portadora son:

- Fase, dando lugar a una modulación de fase (PM/PSK).
- Frecuencia, dando lugar a una modulación de frecuencia (FM/FSK).
- Amplitud, dando lugar a una modulación de amplitud (AM/ASK).

También es posible una combinación de modulaciones o modulaciones más complejas como la Modulación de amplitud en cuadratura. El demodulador interpreta los cambios en la señal portadora para reconstruir el flujo de datos digitales.

### **Tipos de módems**

La distinción principal que se suele hacer es entre módems **internos** y módems **externos**, aunque, recientemente, han aparecido unos módems llamados "**módems software**", más conocidos como "winmódems", que han complicado un poco el panorama.

#### **Modems internos:**

Consisten en una tarjeta de expansión sobre la cual están dispuestos los diferentes componentes que forman el módem. Existen para diversos tipos de conector:

- ISA: debido a las bajas velocidades que se manejan en estos aparatos, durante muchos años se utilizó en exclusiva este conector, hoy en día en desuso.
- PCI: el formato más común en la actualidad.
- AMR: sólo en algunas placas muy modernas; baratos pero poco recomendables por su bajo rendimiento.

La principal ventaja de estos módems reside en su mayor integración con el ordenador, ya que no ocupan espacio sobre la mesa y reciben energía eléctrica del propio ordenador.

Además, suelen ser algo más baratos debido a carecer de carcasa y transformador, especialmente si son PCI (aunque en este caso son casi todos del tipo "módem software"). Por el contrario, son algo más complejos de instalar y la información sobre su estado sólo puede obtenerse mediante software.

#### **Modems externos:**

Son similares a los anteriores pero están ensamblados en una carcasa que se coloca sobre la mesa o el ordenador. La conexión con el ordenador se realiza generalmente mediante uno de los puertos serie o COM, por lo que se usa la UART del ordenador, que deberá ser capaz de proporcionar la suficiente velocidad de comunicación.

La ventaja de estos módems reside en su fácil transportabilidad entre ordenadores diferentes, además de que podemos saber el estado del módem

(marcando, con/sin línea, transmitiendo...) mediante los LEDs que suelen tener en un panel frontal.

Por el contrario ocupan espacio, necesitan un enchufe para su transformador y la UART debe ser de 16550 o superior para que el rendimiento de un módem de 28.800 bps o más sea el adecuado. Existen modelos para puerto USB, de conexión y configuración aún más sencillas, aunque suelen estar en la categoría de *módems software* y eso puede imposibilitar su uso con sistemas operativos no soportados por el fabricante.

#### **Módems PC-Card:**

Son módems que se utilizan en portátiles. Su tamaño es similar al de una tarjeta de crédito algo más gruesa, pero sus capacidades pueden ser igual o más avanzadas que en los modelos normales.

#### **Módems software, HSP o Winmódems:**

Son módems generalmente internos, en los cuales se han eliminado varias piezas electrónicas (generalmente chips especializados), de manera que el microprocesador del ordenador debe suplir su función mediante un programa. Lo normal es que utilicen como conexión una ranura PCI (o una AMR), aunque no todos los módems PCI son de este tipo.

El uso de la CPU entorpece el funcionamiento del resto de aplicaciones del usuario. Además, la necesidad de disponer del programa puede imposibilitar su uso con sistemas operativos no soportados por el fabricante, de manera que, por ejemplo, si el fabricante desaparece el módem quedaría eventualmente inutilizado ante una futura actualización del sistema. A pesar de su bajo costo resultan poco recomendables.

#### **Módems completos:**

Los módems clásicos no HSP, bien sean internos o externos. En ellos el rendimiento depende casi exclusivamente de la velocidad del módem y de la UART, no del microprocesador.

#### **Modems telefónicos:**

Su uso más común y conocido es en transmisiones de datos por vía telefónica. Los ordenadores procesan datos de forma digital; sin embargo, las líneas telefónicas de la red básica sólo transmiten señales analógicas.

Existen, además, módems DSL (Digital Subscriber Line), que utilizan un espectro de frecuencias situado por encima de la banda vocal (300 - 3.400 Hz) en líneas telefónicas o por encima de los 80 kHz ocupados en las líneas RDSI, y

permiten alcanzar velocidades mucho mayores que un módem telefónico convencional.

También poseen otras cualidades, como es la posibilidad de establecer una comunicación telefónica por voz al mismo tiempo que se envían y reciben datos.

### **Estándares internacionales**

Desde finales de los años ochenta, el International Telecommunications Union (ITU; Unión internacional de las telecomunicaciones) ha desarrollado estándares para los módems. Estas especificaciones, conocidas como las series V, incluyen un número que indica el estándar.

Como punto de referencia, el módem V.22bis a 2.400 bps tardaría 18 segundos en enviar una carta de 1.000 palabras. El módem V.34 a 9.600 bps tardaría sólo cuatro segundos en enviar la misma carta y el estándar de compresión V.42bis en un módem de 14.400 bps puede enviar la misma carta en sólo tres segundos.

En la siguiente tabla se presentan los estándares de compresión y sus correspondientes parámetros. Los estándares de compresión y los bps tienen que estar necesariamente relacionados. El estándar se podría utilizar con cualquier velocidad de módem.

<b>Estándar</b>	<b>bps</b>	<b>Fecha</b>	<b>Notas</b>
V.17	14.400		Para transmisiones FAX a través de la línea telefónica
V.21	300		Transmisiones de datos por líneas telefónicas
V.22	1.200		Transmisiones de datos por líneas telefónicas y líneas dedicadas
V.22bis	2.400	1984	Transmisiones de datos por líneas telefónicas dedicadas
V.23	600/1.200		Transmisiones de datos por líneas telefónicas y dedicadas.
V.25			Estándares de llamada y contestación automática.
V.26	2.400		Transmisiones de datos por líneas dedicadas.
V.26bis	1.200/2.400		Transmisiones de datos por líneas telefónicas
V.26ter	2.400		Transmisiones de datos por líneas telefónicas y dedicadas
V.27	4.800		Transmisiones de datos por líneas dedicadas
V.27bis	2.400/4.800		Transmisiones de datos por líneas dedicadas.
V.27ter	2.400/4.800		Transmisiones de datos por líneas telefónicas
V.29	9.600		Transmisiones de datos por líneas dedicadas
V.32	9.600	1984	Transmisiones de datos por líneas telefónicas

Estándar	bps	Fecha	Notas
V.32bis	14.400	1991	Transmisiones de datos por líneas telefónicas utilizando comunicaciones síncronas
V.32ter	19.200	1993	Se comunicará sólo con otro V.32ter.
V.33	14.400	1993	Transmisiones de datos por líneas dedicadas
V.34	28.800	1994	Transmisiones de datos por líneas telefónicas con la posibilidad de bajar la velocidad cuando haya problemas en la línea
V.35	48.000		Transmisiones de datos por líneas dedicadas
V.42	57.600	1995	Compatible con versiones de V.módems anteriores. Estándar de corrección de errores en líneas ruidosas
V.42bis	56.600		Compresión de datos 4:1 para transferencias de alta velocidad
V.90	56.600	1998	Estándar de módem a 56K; resolvió la competencia para los estándares entre los estándares U.S. Robotic X2 y Rockwell K56 Flex.
V.92	56.600		Mejora sobre V.90 con compresión de datos y llamada en espera. La velocidad de subida se incrementa, pero sigue sin igualar a la de descarga.

# CAPITULO 7: Multiplexado

---

## 7.1 CONCEPTO DE MULTIPLEXACION

La compartición de un medio y de su camino de transmisión se conoce por “transmisión múltiplex” o multiplexación, la multiplexación, también llamada a veces multiplexado se puede definir como un conjunto de reglas(protocolos) que permiten a N estaciones utilizar un medio de transmisión compartido (ya sea un cable, el aire,..). La multiplexación se puede realizar tanto en tiempo como en frecuencia.

Existen dos técnicas fundamentales para llevar a cabo la multiplexación:

- División de Frecuencia (FDM)
  - empleada en radio, televisión,...
- División en el Tiempo (TDM)
  - TDM síncrona: se usa para multiplexar flujos de voz digitalizada y de datos.
  - TDM asíncrona: también denominada TDM estadística, es mucho más compleja que la anterior.

Lo más frecuente en el mundo analógico es emplear la técnica de multiplexación por división de frecuencia. FDM. En el mundo digital no se puede usar esa técnica y se utiliza una diferente que se llama de multiplexación por división de tiempo, TDM (Time División Multiplexig). TDM síncrona y asíncrona parten de unos principios básicos comunes, pero se diferencian por la rigidez a la hora de hacer cumplirlos.

## 7.2 MULTIPLEXOR

Las facilidades de transmisión son caras y, a menudo, dos equipos terminales de datos que se comunican por cables coaxiales, enlaces por microondas, o satélite, no utilizan la capacidad total del canal, desperdiciando parte de la anchura de banda disponible.

Este problema se soluciona mediante unos equipos denominados multiplexores(mezcladores), que se encargan de recibir N entradas (procedentes de distintos usuarios ) y reparten el uso del medio de transmisión en varios canales independientes que permiten accesos simultáneos a los usuarios, siendo totalmente transparente a los datos transmitidos.

En un extremo, los multiplexores son equipos que reciben varias secuencias de datos de baja velocidad y las transforman en una única secuencia de datos de alta velocidad, que se transmiten hacia un lugar remoto.

En dicho lugar, otro multiplexor realiza la operación inversa obteniendo de nuevo los flujos de datos de baja velocidad originales. A esta función se la denomina demultiplexar.

### 7.3 MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN DE FRECUENCIA(FDM)

El multiplexado por división de frecuencia fue una de las invenciones que permitió abaratar los costes de las llamadas de larga distancia, haciéndolas asequibles al uso doméstico.

La multiplexación por división en frecuencia es una técnica que consiste en dividir mediante filtros el espectro de frecuencias del canal de transmisión y desplazar la señal a transmitir dentro del margen del espectro correspondiente mediante modulaciones, de tal forma que cada usuario tiene posesión exclusiva de su banda de frecuencias (llamadas subcanales).

Es decir en FDM el ancho de banda disponible se divide en un número determinado de slots o segmentos independientes (sin solapamientos). Cada segmento lleva una señal de información, como por ejemplo un canal de voz.

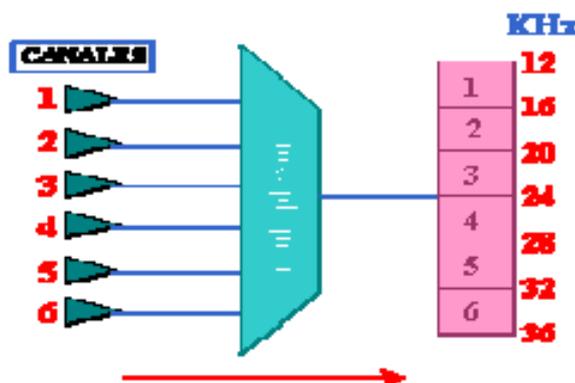


Fig. 7.1: Multiplexado FDM

Esta técnica es muy popular en la transmisión analógica como la radiodifusión, TV...Suponiendo que los mensajes a transmitir son de ancho de banda limitado, lo que se hace es modular cada uno de ellos a una frecuencia portadora distinta con lo que se consigue trasladar el mensaje a otra banda del espectro de frecuencias que se encuentre libre.

La función del multiplexor es desplazar la señal en frecuencia:

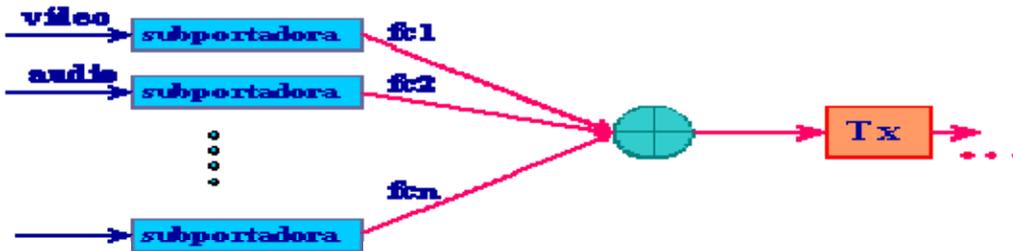


Fig. 7.2: Función del multiplexor

El demultiplexor filtra y traslada de nuevo la señal a su frecuencia original.

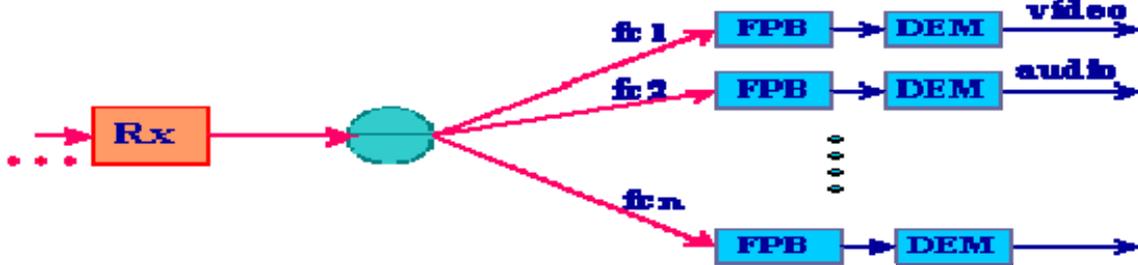


Fig. 7.3: Función del demultiplexor

Por tanto en un sistema FDM a cada canal de información se le asigna un slot (o segmento, o canal) distinto dentro de una banda de frecuencias. Por ejemplo, en telefonía, cada canal de voz se modula a una frecuencia de portadora diferente, lo que permite la translación de la señal de voz a su propio slot (o segmento) de una ancho de banda determinado y que es diferente del resto de los canales modulados que comparten el mismo espectro.

Un ejemplo de FDM con tres canales se puede ver en la siguiente figura

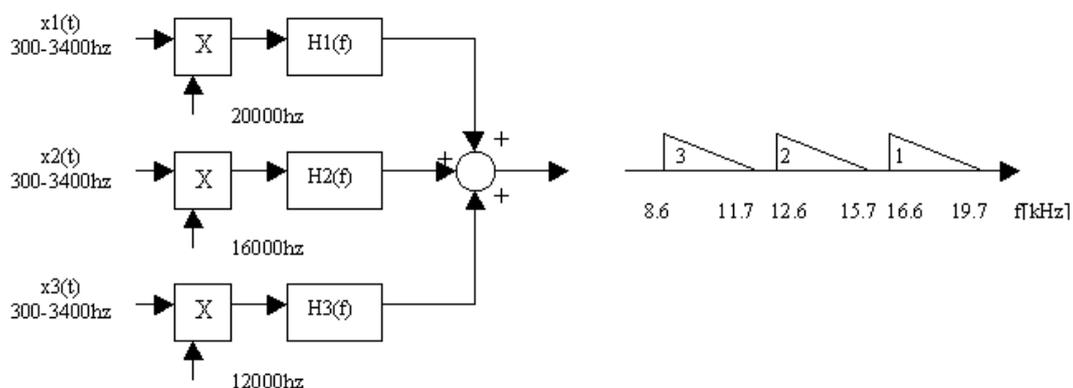


Fig. 7.4: FDM con tres canales

FDM es posible sólo cuando el ancho de banda disponible del medio de transmisión es superior que el ancho requerido por las señales a transmitir. Para prevenir problemas de interferencias los canales están separados por bandas de guarda, que son porciones de espectro que no se usan.

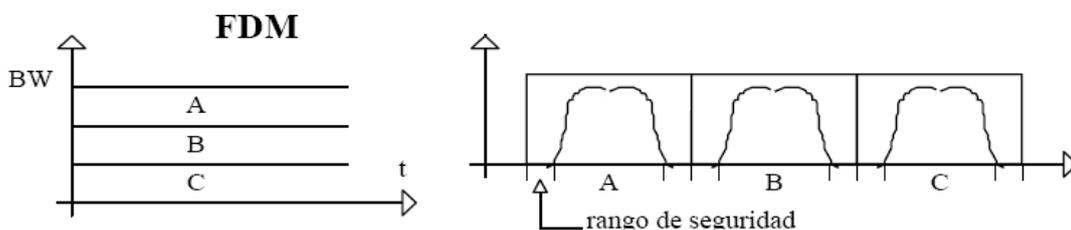


Fig. 7.5: FDM banda de guarda

Los dos principales problemas a los que FDM tiene que hacer frente son:

- **Crosstalk:** ocurre cuando los espectros de dos señales adyacentes se solapan significativamente. Por ejemplo en caso de señales de voz, cuyo ancho de banda significativo está en torno a los 3100Hz, un ancho de canal de 4KHz es suficiente.
- **Ruido de intermodulación:** en un enlace largo, los efectos no lineales de los amplificadores sobre la señal pueden producir componentes frecuenciales en otros canales.

### 7.3.1 Normas del FDM

La técnica de FDM presenta cierto grado de normalización. Una norma de gran uso es la correspondiente a 12 canales de voz, cada uno de 4.000 Hz

(3.100 para el usuario y el resto para la banda de guarda) multiplexado en la banda de 60-108 KHz.

A esta unidad se le llama grupo, se pueden multiplexar cinco grupos (60 canales de voz) para formar un supergrupo. La siguiente unidad es el grupo maestro, que está constituido por cinco supergrupos (de acuerdo con las normas del UIT) o por diez grupos (de acuerdo a Bell System).

Las técnicas de desplazamiento de frecuencia pueden seguir usándose para combinar supergrupos en anchos de banda superiores y así llegar a formar los llamados grupos maestros (master group), los grupos “jumbo”, etc.

Como resultado de todas estas composiciones, disponemos de miles de canales telefónicos combinados secuencialmente en márgenes ascendentes de frecuencia, en los que, no obstante, cada canal vocal sigue ocupando un ancho de banda absoluto de 4000 Hz.

**Normativas: ATT / ITU-T**

**Grupo:**

- 12 canales de voz, con 4 kHz cada uno = 48 kHz..
- Espectro: 60 kHz hasta 108 kHz

**Supergrupo:**

- 60 canales de voz
- FDM de 5 señales de grupo con portadoras entre 420 kHz y 612 kHz

**Grupo maestro:**

- 600 canales de voz
- 10 supergrupos

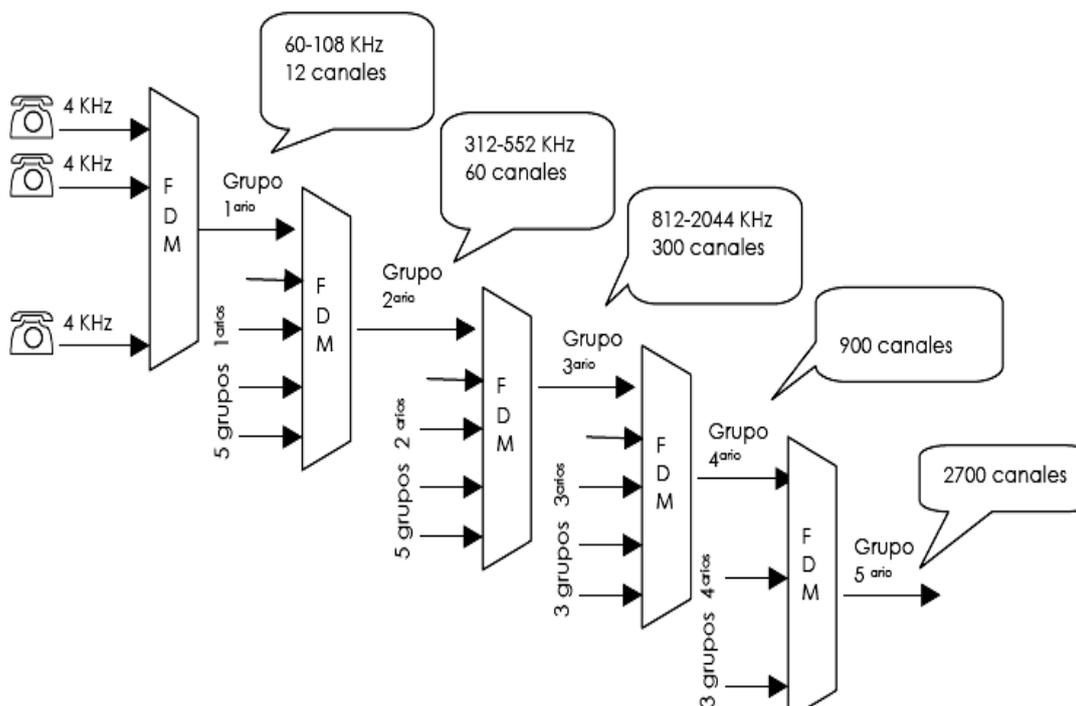


Fig. 7.6: Normativas: ATT / ITU-T

### Estándares de portadora FDM

Número de canales de voz	Ancho de banda	Espectro	AT&T	ITU-T
12	48KHz	60-108KHz	Grupo	Grupo
60	240KHz	312-552KHz	Supergupo	Supergupo
300	1,232MHz	812-2044KHz		Grupo maestro
600	2,52MHz	564-3084KHz	Grupo maestro	
900	3,872MHz	8,516-12,388MHz		Grupo supermaestro
Nx600			Grupo maestro multiplexado	
3600	16,984MHz	0,564-17,548MHz	Grupo jumbo	
10800	57,442MHz	3,124-60,566MHz	Grupo jumbo multiplexado	

#### 7.4 MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN TEMPORAL SINCRONA (TDM sincrónico)

La multiplexación por división temporal sincrónica consiste, en asignar a cada usuario, durante unas determinadas "ranuras de tiempo", la totalidad del ancho de banda disponible.

Esto se logra organizando el mensaje de salida en unidades de información llamadas tramas, y asignando intervalos de tiempo fijos dentro de la trama a cada canal de entrada. De esta forma, el primer canal de la trama corresponde a la primera comunicación, el segundo a la segunda, y así sucesivamente, hasta que el n-esimo más uno vuelva a corresponder a la primera.

El uso de esta técnica es posible cuando la tasa de los datos del medio de transmisión excede de la tasa de las señales digitales a transmitir. El multiplexor por división en el tiempo muestrea, o explora, cíclicamente las señales de entrada (datos de entrada) de los diferentes usuarios, y transmite las tramas a través de una única línea de comunicación de alta velocidad.

Los TDM son dispositivos de señal discreta y no pueden aceptar datos analógicos directamente, sino demodulados mediante un módem. El multiplexado por división temporal se rige por un concepto completamente diferente al multiplexado por división frecuencial.

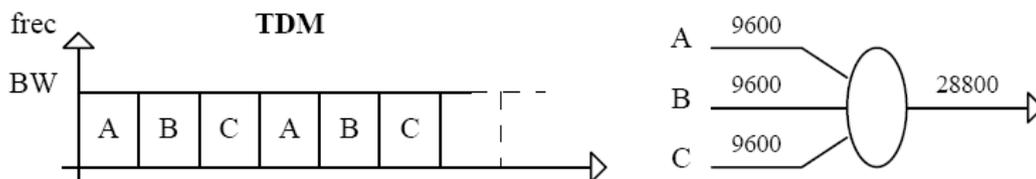


Fig. 7.7: Multiplexado TDM sincrónico

En efecto, en el multiplexado por división temporal o por tiempo compartido, las diferentes señales se transmiten por un único canal, permitiéndose el uso del ancho de banda total del sistema, pero solo por pequeños períodos de tiempo llamados time slot.

Las regiones de tiempo entre time slots no usadas se denominan tiempos de guarda y tienen la finalidad de disminuir la interferencia entre señales adyacentes.

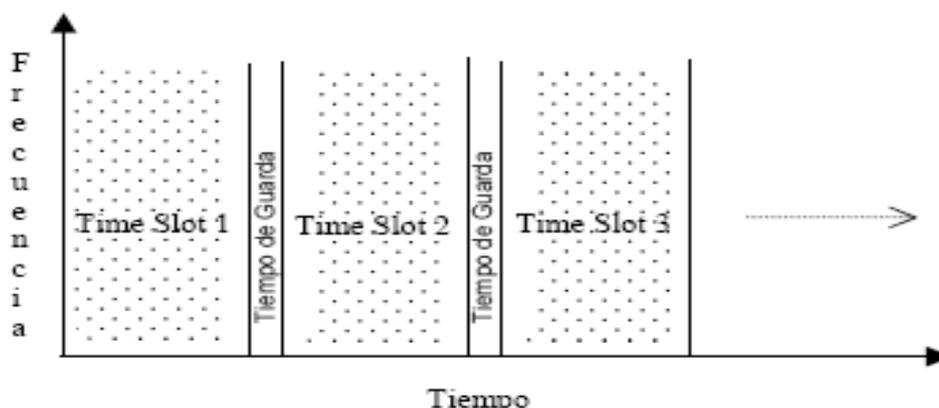


Fig. 7.8: Regiones de tiempo en FDM

### Ventajas

Permite un “infinito” número de canales sacrificando el tiempo total del sistema.

### Desventajas

Falta de simultaneidad en la transmisión. El multiplexado por división de tiempo, es a la vez más económico y más satisfactorio para transmisiones de corta distancia mediante cables de pares, así como para todo tipo de transmisiones de larga distancia y mediante cualquier medio de transmisión.

## 7.5 MULTIPLEXADO POR DIVISIÓN TEMPORAL ASINCRONA (TDM asíncrona o TDM estadístico)

En situaciones reales, ningún canal de comunicaciones permanece continuamente transmitiendo, de forma que, si se reserva automáticamente una porción del tiempo de transmisión para cada canal, existirán momentos en los que, a falta de datos del canal correspondiente, no se transmita nada y, en cambio, otros canales esperen innecesariamente.

En el caso de TDM síncrono, existen ranuras de tiempo que no contienen información, repercutiendo en un desperdicio de la capacidad de transmisión del medio. TDM estadístico es una alternativa para reducir ese desperdicio.

La TDM estadística distribuye las ranuras de manera dinámica, basándose en la demanda. El multiplexor sondea las memorias de almacenamiento de entrada, aceptando datos hasta que se complete una trama.

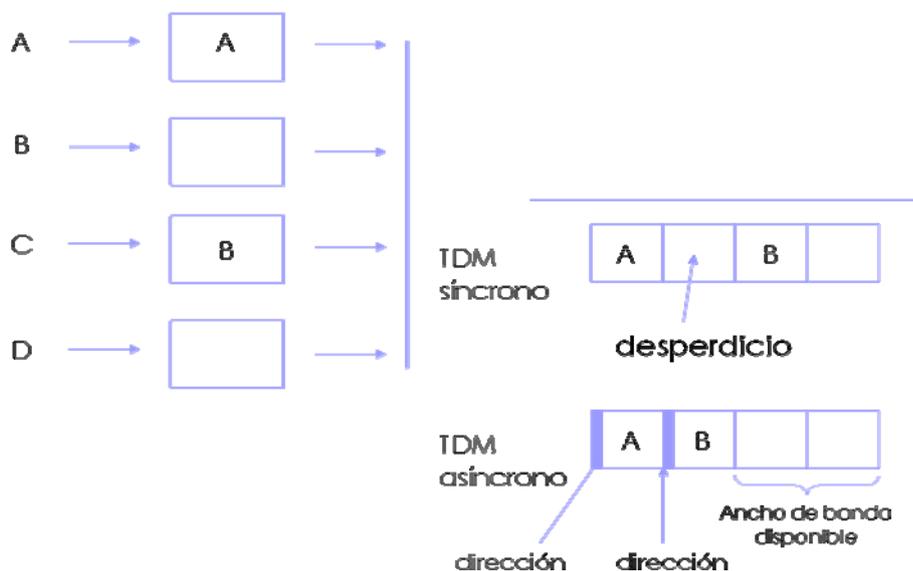
La idea de la multiplexación estadística consiste en transmitir los datos de aquellos canales que, en cada instante, tengan información para transmitir.

Los multiplexores TDM estadísticos, asignan dinámicamente los intervalos de tiempo entre los terminales activos y, por tanto, no se desaprovecha la capacidad de la línea durante los tiempos de inactividad de los terminales.

El funcionamiento de estos multiplexores permite que la suma de las velocidades de los canales de entrada supere la velocidad del canal de salida. Si en un momento todos los canales de entrada tienen información, el tráfico global no podrá ser transmitido y el multiplexor necesitará almacenar parte de esta información.

Los multiplexores estadísticos han evolucionado en un corto período de tiempo convirtiéndose en máquinas muy potentes y flexibles. Han acaparado prácticamente el mercado de la TDM y constituyen actualmente una seria competencia a los FDM.

Estos proporcionan técnicas de control de errores y control del flujo de datos, algunos proporcionan la circuitería de modulación para realizar la interfaz con redes analógicas. De otra forma, sería necesario usar módem separados. El control de flujo se emplea para prevenir el hecho de que los dispositivos puedan enviar datos a un ritmo excesivo a las memorias tampón buffer de los multiplexores.



**Fig. 7.8 Multiplexado TDM asíncrono o estadístico**



## CAPITULO 8:

# Técnicas de transmisión de la información

---

### 8.1 MODOS DE TRANSMISION: SERIE Y PARALELO

#### 8.1.1 Introducción

Los equipos informatios y los que son especificos de transmisión de datos, necesitan de procedimientos muy determinados para enviar y recibir datos, de forma de saber exactamente donde comienza y donde finaliza cada conjunto de bits que componen los caracteres (Byte).

Estos procedimientos especificos denominados de sincronizacion, deben estar perfectamente determinados en las dos situaciones técnicamente posibles. Una cuando los datos seran transmitidos entre dos equipos en forma digital(vinculos o redes digitales).

Otra cuando deben ser transmitidos por medios analogicos. En este ultimo caso, sera necesario transformar las señales digitales generadas en los equipos informaticos, usando modems, en señales capaces de poder ser transmitidas por este tipo de vinculos o redes analogicas.

Existen dos formas de transmitir las señales, el modo paralelo y el modo serie, a su vez el modo serie, tiene dos procedimientos diferentes, el denominado asincrono y el sincronico

#### 8.1.2 Transmision en modo paralelo

Se denomina transmisión en modo paralelo cuando los n bits que componen cada Byte o carácter se transmiten en un solo ciclo de n bits.



Fig. 8.1: Transmision en paralelo

La transmisión en modo paralelo posee las siguientes características:

Este modo es el que se usa en las computadoras para realizar la transferencia interna de los datos, en casos en que se usen códigos internos de 8 bits por Byte, en cada ciclo se transfieren los 8 bits de cada carácter simultáneamente.

En estos casos se transmite cada conjunto de  $n$  bits, seguido por un espacio de tiempo y luego nuevamente otro conjunto de  $n$  bits y así sucesivamente.

En la transmisión en paralelo se pueden usar dos formas de transmisión distintas, una es disponer de  $n$  líneas diferentes a razón de una por bit a transmitir, la otra es usar una única línea, pero enviando cada bit mediante un procedimiento técnico que se denomina multiplexado.

Cuando se usa la transmisión en paralelo, se emplean generalmente altas velocidades, dado que esa es precisamente, una de sus características más importantes; enviar más bits en el menor tiempo posible, en estos casos las velocidades se miden en Bytes o caracteres por segundo.

En general no se usa este tipo de transmisión, cuando las distancias superan las decenas de metros debido a que el tiempo de arribo de los bits difiere de una línea a otra, situación que se agrava con el aumento de la distancia.

### 8.1.3 Transmisión en modo serie

Se denomina transmisión en modo serie cuando los bits que componen cada carácter se transmiten en  $n$  ciclos de 1 bit cada uno.



Fig. 8.2: Transmisión serie

La transmisión en modo serie posee las siguientes características:

- Se envía un bit después del otro, hasta completar cada carácter.
- Este modo de transmisión es el típico de los sistemas teleinformáticos.
- En muchas oportunidades, las señales que son transmitidas por los vínculos de telecomunicaciones, al llegar a los equipos informáticos deben pasar al modo paralelo, este proceso de transformación se denomina “deserialización”, análogamente cuando desde un equipo informático las señales deben ser transformadas del modo paralelo al

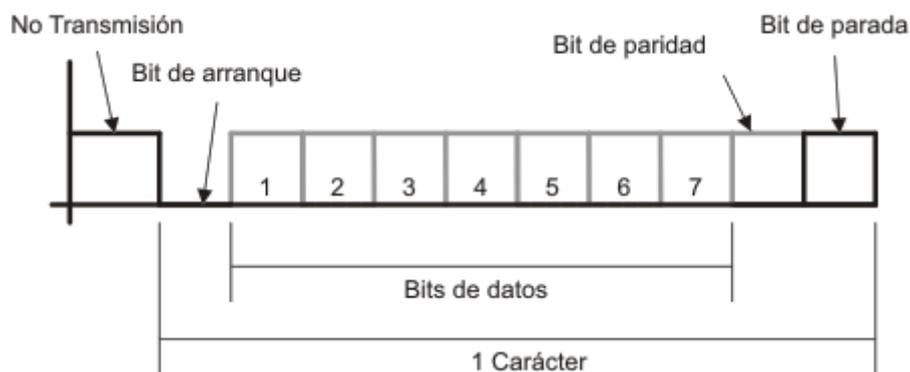
modo serie, se debe verificar el proceso inverso, es decir el de “serialización”.

- La transmisión serial es más lenta que la paralela puesto que se envía un bit a la vez. Una ventaja significativa de la transmisión serial en relación a la paralela es un menor costo del cableado, puesto que se necesita un solo cable se tiene un octavo del costo que se ocuparía para transmisión paralela. Este ahorro en costo se vuelve más significativo conforme sean mayores las distancias requeridas para la comunicación.
- Otra ventaja importante de la transmisión serial es la habilidad de transmitir a través de líneas telefónicas convencionales a mucha distancia, mientras que la transmisión en paralelo esta limitada en distancia en un rango de metros.
- Un aspecto fundamental de la transmisión serie es el sincronismo, entendiéndose como tal al procedimiento mediante el cual transmisor y receptor reconocen los ceros y unos de los bits de igual forma.

El sincronismo puede tenerse a nivel de bit, de byte o de bloque, donde en cada caso se identifica el inicio y finalización de los mismos. Dentro de la transmisión serie existen dos formas:

### **Transmisión asincrónica**

Es también conocida como Start/stop. Requiere de una señal que identifique el inicio del carácter y a la misma se la denomina bit de arranque, el bit de arranque tiene funciones de sincronización de los relojes del transmisor y del receptor. También se requiere de otra señal denominada señal de parada que indica la finalización del carácter o bloque.



**Fig. 8.3: Formato de un carácter**

Generalmente cuando no hay transmisión, una línea se encuentra en un nivel alto. Tanto el transmisor como el receptor, saben cual es la cantidad de bits que componen el carácter (en el ejemplo son 7).

Los bits de parada son una manera de fijar qué delimita la cantidad de bits del carácter y cuando se transmite un conjunto de caracteres, luego de los bits de parada existe un bit de arranque entre los distintos caracteres.

A pesar de ser una forma comúnmente utilizada, la desventaja de la transmisión asincrónica es su bajo rendimiento, puesto que como en el caso del ejemplo, el carácter tiene 7 bits pero para efectuar la transmisión se requieren 10. O sea que del total de bits transmitidos solo el 70% pertenecen a datos

### Transmisión sincrónica

En este tipo de transmisión existen dos relojes uno en el receptor y otro en el transmisor porque es necesario que el transmisor y el receptor utilicen la misma frecuencia de reloj. En este caso la transmisión se efectúa en bloques, debiéndose definir dos grupos de bits denominados delimitadores, mediante los cuales se indica el inicio y el fin de cada bloque.

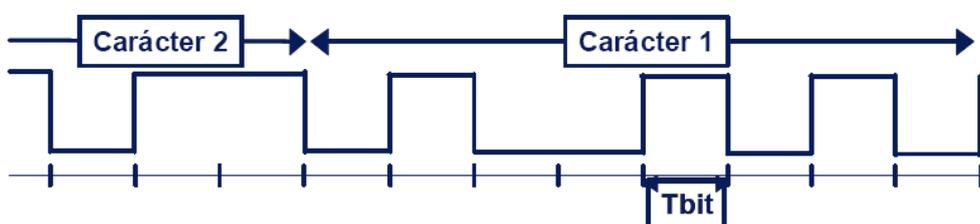


Fig. 8.4: Transmisión Sincrónica

Este método es más efectivo por que el flujo de información ocurre en forma uniforme, con lo cual es posible lograr velocidades de transmisión más altas. Para lograr el sincronismo, el transmisor envía una señal de inicio de transmisión mediante la cual se activa el reloj del receptor.

A partir de dicho instante transmisor y receptor se encuentran sincronizados. Otra forma de lograr el sincronismo es mediante la utilización de códigos auto sincronizantes los cuales permiten identificar el inicio y el fin de cada bit. La transmisión sincrónica usualmente opera a velocidades superiores a 1200 bps. Ejemplos de interfaces sincrónicas son: V.35, RS449/RS-442, RS-232C y X.21.

## 8.2 CANAL DE COMUNICACIÓN

Se denomina así al recurso físico que hay que establecer entre varios medios de transmisión para establecer la comunicación. Al canal de comunicación también se lo denomina vínculo o enlace.

### 8.2.1 Ancho de banda de un canal.

Los canales o medios de transmisión reales tienen limitada la frecuencia máxima de transmisión, por motivos tales como:

- Limitaciones físicas del canal.
- Existencia de perturbaciones e interferencias externas.

Es por ello que el ancho de banda del canal siempre está limitado. Se denominará ancho de banda de un canal a la diferencia de las frecuencias máxima y mínima que se pueden transmitir por el canal 'sin atenuación'.

Por ejemplo, si disponemos de un canal telefónico con frecuencias de corte 300 y 3000 Hz, el ancho de banda del canal será:

$f_i = 300 \text{ Hz}$  ,  $f_s = 3000 \text{ Hz}$  ,  $W = f_s - f_i = 3000 - 300 = 2700 \text{ Hz}$  . Es decir, el ancho de banda será la diferencia entre las frecuencias de corte.

### 8.2.2 Tipos de comunicación

En los canales de comunicación existen tres tipos de transmisión.

#### a) Simplex

En este caso el transmisor y el receptor están perfectamente definidos y la comunicación es unidireccional. Este tipo de comunicaciones se emplean usualmente en redes de La radiodifusión (broadcast) de TV y radio, el paging unidireccional, etc., donde los receptores no necesitan enviar ningún tipo de dato al transmisor. Normalmente la transmisión simplex no se utiliza donde se requiere interacción humano-máquina.

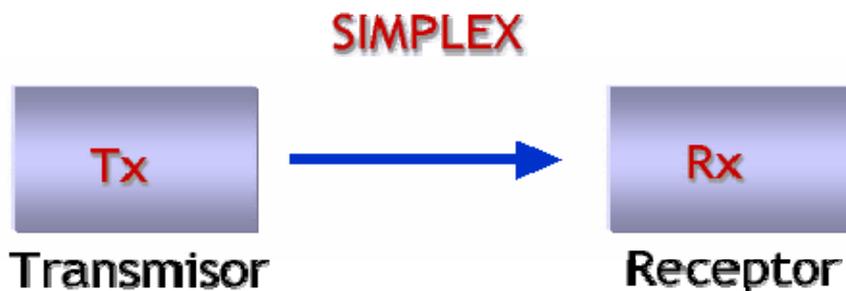


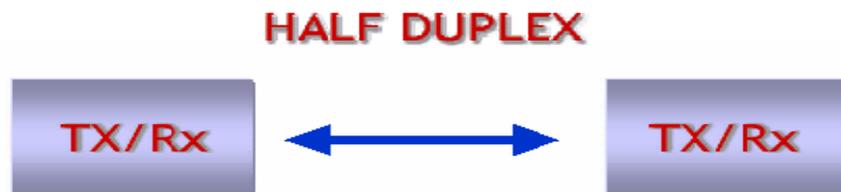
Fig. 8.5: Transmision simplex

**b) Half-duplex**

La transmisión half-duplex (hdx) permite transmitir en ambas direcciones; sin embargo, la transmisión puede ocurrir solamente en una dirección a la vez. Tanto transmisor y receptor comparten una sola frecuencia.

Un ejemplo típico de half-duplex es el radio de banda civil (CB) donde el operador puede transmitir o recibir, no pero puede realizar ambas funciones simultáneamente por el mismo canal.

Cuando el operador ha completado la transmisión, la otra parte debe ser avisada que puede empezar a transmitir (e.g. diciendo "cambio"). Este tipo de comunicación se utiliza habitualmente en la interacción entre terminales y un computador central.



**Fig. 8.6: Transmisión Half Duplex**

**c) Full Duplex**

La transmisión full-duplex (fdx) permite transmitir en ambas direcciones, pero simultáneamente por el mismo canal. Existen dos frecuencias una para transmitir y otra para recibir.

Ejemplos de este tipo abundan en el terreno de las telecomunicaciones, el caso más típico es la telefonía, donde el transmisor y el receptor se comunican simultáneamente utilizando el mismo canal, pero usando dos frecuencias.

Para el intercambio de datos entre computadores este tipo de comunicaciones son más eficientes que las transmisiones half-duplex.

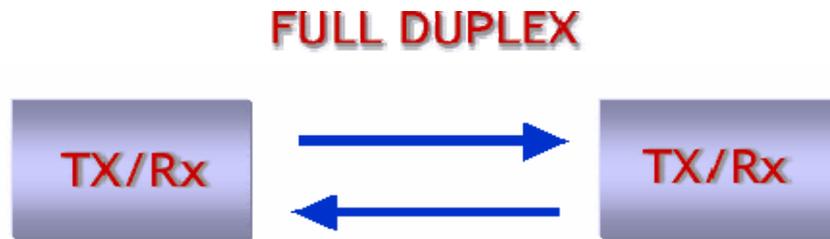


Fig. 8.7: Transmission Full Duplex

### 8.3 PERTURBACIONES EN LA TRANSMISIÓN

Las perturbaciones en la transmisión vienen a ser todos aquellos fenómenos físicos que pueden alterar la forma de la onda que circula por el canal, y por tanto van a ser un factor determinante en la calidad de la transmisión, uno de ellos es la **atenuación**, la cual reduce la intensidad de la señal; sin embargo, son más serios la **distorsión, la interferencia y el ruido**, los cuales se manifiestan como alteraciones de la forma de la señal.

En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como "ruido", y algunas veces es difícil distinguir las diferentes causas que generan una señal perturbada.

#### 8.3.1 Atenuación

La atenuación es la pérdida de intensidad que se produce en la señal cuando circula por el canal. Cuanto mayor es la distancia recorrida, mayor será la atenuación, además, cuanto mayor es la frecuencia de la señal, también es mayor su atenuación.

Esta atenuación debe tenerse en cuenta, de modo que el nivel de la señal a la recepción sea suficiente para reconstruirla e interpretarla correctamente. Para ello la relación señal/ruido (S/R) debe ser lo suficientemente elevada, para compensar las pérdidas por atenuación se emplean:

- Amplificadores o repetidores que restituyen la señal.
- Ecuilibradores, para aquellas señales que comprenden un intervalo de frecuencias, de modo que se amplifican más las componentes de mayor frecuencia, que son las que más se atenúan.

La atenuación y la amplificación - también llamada ganancia - se miden en decibelios (dB). Si llamamos  $P_e$  al nivel de potencia de la señal emitida, y  $P_r$  al nivel de potencia de la señal recibida, entonces:

$$\text{Atenuación}_{\text{dB}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{e}}}{P_{\text{r}}}\right)$$

$$\text{Amplificación}_{\text{dB}} = 10 \cdot \log\left(\frac{P_{\text{r}}}{P_{\text{e}}}\right)$$

### 8.3.2 Ruido

El “ruido” se puede entender como las señales aleatorias o impredecibles de tipo eléctrico que se originan en forma natural dentro o fuera del sistema de comunicación. Dichas señales producen variaciones en la amplitud de la señal de datos, cuando el ruido se agrega a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminarse totalmente.

El ruido no puede eliminarse por completo, por lo que representa uno de los problemas más importantes de las comunicaciones eléctricas. Las señales de ruido tienen determinadas frecuencias que dependen de los dispositivos eléctricos del sistema.

Cuando las señales de ruido abarcan todo el espectro de frecuencias se denomina ruido blanco. Según su origen se puede clasificar al ruido en las siguientes categorías:

**Ruido Térmico:** Se debe a la agitación térmica de los electrones dentro del conductor y es función de la temperatura. Este tipo de ruido se encuentra presente en todos los dispositivos electrónicos y medios de transmisión.

El ruido térmico no se puede eliminar por lo que representa un límite superior a las prestaciones que pueden alcanzarse con los sistemas de comunicaciones.

**Ruido de Intermodulación:** Cuando señales de diferentes frecuencias comparten un mismo medio de transmisión puede producirse un ruido de intermodulación. Este tipo de ruido genera señales a frecuencias que son suma o diferencia de las dos frecuencias originales, o múltiplos de éstas.

Por ejemplo si se tienen dos frecuencias  $f_1$  y  $f_2$  la mezcla de las mismas puede producir energías a frecuencias  $f_1 + f_2$  y éstas frecuencias pueden interferir con una señal de frecuencia  $f_1 + f_2$ .

El ruido de intermodulación se produce cuando existe alguna "no linealidad" en el transmisor, receptor o en el sistema de transmisión. Estos sistemas, normalmente, se comportan como sistemas lineales, es decir, la salida es igual a la entrada multiplicada por un valor constante.

En cambio en los sistemas no constantes la salida es una función más compleja de la entrada. Estas componentes pueden aparecer a causa de un funcionamiento incorrecto de los sistemas o por el uso de excesiva energía en la señal.

**Ruido impulsivo:** El ruido impulsivo es no continuo y está constituido por pulsos o picos irregulares de corta duración y amplitud relativamente grande, en contraste con los tipos de ruidos anteriores que son razonablemente predecibles y de magnitud constante.

Estos pulsos se generan por diversas causas, por ejemplo son generados perturbaciones electromagnéticas exteriores producidas por tormentas atmosféricas o fallos y defectos en los sistemas de comunicación.

### 8.3.3 Distorsion

Es una perturbación que produce la deformación de la señal en un sistema de comunicaciones debido a la respuesta imperfecta del mismo sistema. Dado que por las características físicas el sistema de comunicaciones está restringido a determinadas frecuencias y recordando el desarrollo de Fourier resulta que la distorsión estará dada por la falta de las señales de frecuencias no aceptadas por el sistema de comunicaciones.

Si un componente de un sistema de comunicación modifica la forma de la señal, entonces le produce una distorsión. La siguiente figura muestra la distorsión causada por un canal telefónico por el que se desea transmitir una señal de pulsos cuadrados.



**Fig. 8.8: Distorsion cusada por canal telefónico**

A diferencia del ruido y de la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal se deja de aplicar.

### 8.3.4 Interferencia

La “interferencia” de una señal se define como la contaminación producida por señales extrañas, generalmente artificiales y similares a la señal,

provenientes de otras transmisiones, las cuales debido a la proximidad de las frecuencias se mezclan con las de la señal que se transmite.

La “diafonía” es un ejemplo común de interferencia, la diafonía se percibe en una conversación telefónica cuando es posible escuchar otra conversación no deseada en forma simultánea. Para poder eliminar la interferencia se requiere eliminar la señal interferente o su fuente.

### 8.3.5 Relación señal a ruido

Para poder detectar una señal en un determinado punto, se requiere que la potencia de la señal tenga un nivel mínimo respecto del nivel de potencia medio del ruido.

Para evaluar la calidad de una transmisión se utiliza, comúnmente, el parámetro conocido como “relación señal a ruido” (Signal-to-noise ratio , SRN o S/N por sus siglas en inglés).

La SRN es el cociente de la potencia promedio de la señal entre la potencia promedio del ruido que está presente en un punto particular en la transmisión, típicamente medido en el receptor

$$\frac{S}{N} \text{ dB} = 10 \log \left( \frac{P_S}{P_N} \right)$$

Mientras más grande es el valor de la SRN, mayor será la capacidad del receptor para detectar una transmisión, valores altos de SNR significa señal de alta calidad, valores bajos requieren repetidores

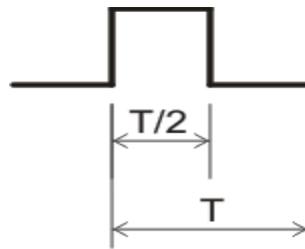
## 8.4 VELOCIDADES EN UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN

### 8.4.1 Velocidad de modulación

Se define como la inversa del tiempo (t) de duración más corto entre dos instantes significativos de la señal.

$$V_m = \frac{1}{t} \text{ baudios , } t \text{ en segundos}$$

Este parámetro es específico en el contexto de la línea de transmisión, es decir, solo se hace referencia a ella cuando se quiere indicar la velocidad a la que se están transfiriendo los datos por la línea de transmisión. Su unidad es el baudio, denominado así en honor a Baudot.



$$V_m = \frac{1}{t} = \frac{1}{T/2}$$

$$f = 1\text{MHz}$$

$$T = \frac{1}{1\text{MHz}} = 1\mu\text{s}$$

$$V_m = \frac{1}{0.5\mu\text{s}} = 2\text{M baudios}$$

Esta velocidad está dada por la velocidad de cambio de la señal y por lo tanto dependerá del esquema de codificación elegido. La velocidad de modulación también se puede llamar velocidad de señalización. El concepto de velocidad de modulación se emplea en transmisiones sincrónicas.

Puesto que en transmisiones asincrónicas carece de sentido ya que no se tiene en cuenta la duración de los bits de arranque y parada.

#### 8.4.2 Velocidad de transmisión

La velocidad de transmisión o bit/rate, es el parámetro que mide el flujo máximo de bits que pueden transmitirse entre dos equipos de datos (por ejemplo dos computadores) en un segundo.

Está dada por la cantidad de bits que se transmiten por segundo independientemente de si los mismos contienen información o no. Por consiguiente, la velocidad viene dada en bit/seg, como puede verse, este parámetro se puede confundir con el ancho de banda analógico, en concreto la velocidad de transmisión ( $V_t$ ) se refiere exclusivamente a la velocidad con que los datos fluyen en la interface entrada/salida del terminal.

$$V_T = \frac{1}{t} \log_2 n \frac{\text{bit}}{\text{seg}}$$

Donde:  $n$  es el numero de estados distintos en la línea  
 $\frac{1}{t}$  es la velocidad de modulación del canal

Trabajando con  $n = 2$  (estados 0 y 1), la velocidad de transmisión resulta

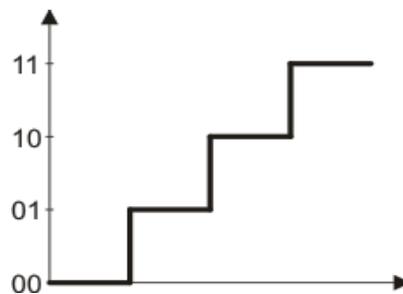
$V_T = \frac{1}{t} \log_2 2 = \frac{1}{t}$ , es decir el número de bits/seg coincide con el número de baudios.

Si se tiene un sistema multinivel, se puede incrementar la velocidad de transmisión sin cambiar la velocidad de modulación.

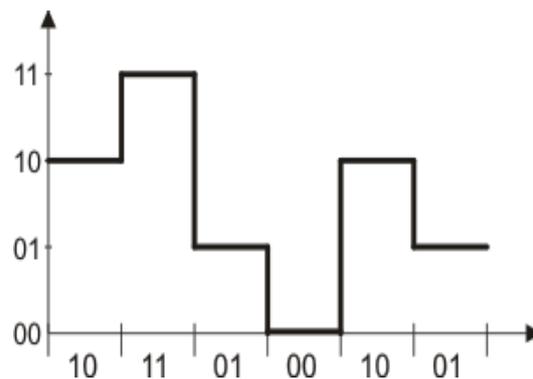
Por ejemplo: Si  $n = 4$  (estados 00,01,10,11)  $V_T = 2V_m$

Si  $n = 8$  (estados 000,001,010,011,100,101,110,111)  $V_T = 3V_m$

Si tenemos dos bits, las posibles combinaciones serán: 00,01,10,11, si establecemos un nivel para cada combinación obtendremos una señal multinivel.



Si aplicamos lo anterior a una secuencia binaria la señal que se transmite tendrá la siguiente forma. Secuencia binaria: 101101001001



La señal anterior, si bien posee la misma velocidad de modulación que una señal binaria tiene mayor velocidad de transmisión puesto que cada nivel significa la transmisión de 2 bits (dibit).

### 8.4.3 Relación entre $V_m$ y $V_t$

Existe una relación entre la velocidad de transmisión y la velocidad de modulación, que está dada por la siguiente ecuación:

$$V_t = V_m \log_2 n \text{ bit/s}$$

## 8.5 CAPACIDAD O VELOCIDAD MÁXIMA DE UN CANAL

La velocidad viene determinada por dos parámetros: Ancho de banda y número de niveles de señalización.

El ancho de banda de un canal determina la velocidad de transmisión de datos, aún cuando el canal es perfecto (línea ideal). Cuantos más niveles de señalización tengamos a enviar, más se ralentizará la comunicación.

### 8.5.1 Teorema de Nyquist

Nyquist determinó que la máxima velocidad alcanzable para un ancho de banda dado es dos veces dicho ancho de banda si no existe ruido. Si se tienen señales de más de dos niveles, es decir que cada elemento de las señales representa más de un bit, la fórmula de Nyquist resulta:

$$C = 2B \log_2 N$$

Donde  $C$  representa la capacidad de transferencia máxima del canal expresado en bit/s,  $B$  es el ancho de banda del canal en Hz y el parámetro  $N$  el número de estados (niveles) posibles de señalización en la línea.

Esta fórmula nos da la cota superior a la velocidad de transmisión, en canales ideales sin ruido. Si existe ruido, la velocidad de transmisión debe disminuir pues se corre el riesgo de aumentar la tasa de errores ya que mayor cantidad de bits pueden verse afectados en el mismo tiempo.

Solo es posible incrementar la velocidad de transmisión por medio de una transmisión multinivel.

### 8.5.2 El teorema de Shannon de capacidad máxima de un canal

Claude Shannon después de la investigación de Nyquist estudio como el ruido afecta a la transmisión de datos. La limitación en el número máximo de niveles de información de la señal que puede soportar un canal, está en función de su potencia  $S$ , y del ruido  $R$ , y siendo  $S/R$  la relación señal a ruido (expresada en decibelios) la fórmula para ello sería:

$$N = \sqrt{\left(\frac{S+R}{R}\right)} = \left(1 + \frac{S}{R}\right)^{\frac{1}{2}}$$

Sustituyendo en la fórmula de NYQUIST, obtendremos que:

$$C = 2B \log_2 \left(1 + \frac{S}{R}\right)^{\frac{1}{2}} = 2B \cdot \frac{1}{2} \log_2 \left(1 + \frac{S}{R}\right) = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{R}\right)$$

Entonces el teorema de capacidad máxima de un canal de Shannon es:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{R}\right) \text{ bit/s}$$

Donde: **C** es la capacidad del canal en bps, **B** es el ancho de banda en Hz y  $\frac{S}{R}$  es la relación señal a ruido en dB.

Un típico canal telefónico de voz tiene una razón de señal a ruido de 30 dB ( $10^{\frac{30}{10}} = 1000$ ) y un ancho de banda de 3000 Hz, si reemplazamos estos valores en el teorema de Shannon:  $C = 3000 \log_2(1+1000) = 30000$  bps

Debido a que  $\log_2(1001)$  es igual a 9,97, el teorema nos demuestra que la capacidad máxima de un canal telefónico es aproximadamente a 30,000 bps. Debido a que los canales de comunicación no son perfectos, ya que están delimitados por el ruido y el ancho de banda.

El teorema de Shannon nos dice que es posible transmitir información libre de ruido siempre y cuando la tasa de información no exceda la capacidad del canal. Así si el nivel de S/N es menor, o sea la calidad de la señal es más cercana al ruido, la capacidad del canal disminuirá.

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

Representa el límite teórico máximo alcanzable y a dicha capacidad se la denomina capacidad libre. En forma práctica la capacidad de un canal es siempre menor que la capacidad libre.

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

De la fórmula de Shannon;  $C = B \log_2(S/N + 1)$   
despejando S/N :  $S/N = 2^{C/B} - 1 = 2^{56000/3000} - 1 = 56.2$

S/N = 56.2 db . Lo que significa que si queremos rebasar el límite de Shannon debemos de aumentar el nivel de S/N.

## 8.6 TIPOS DE CONEXIÓN

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

Las líneas de conexión que solo conectan dos puntos son punto a punto. Cuando dos o más localidades terminales comparten porciones de una línea común, **la línea es multipunto**.

Aunque no es posible que dos dispositivos en una de estas líneas transmita al mismo tiempo, dos o más dispositivos pueden recibir un mensaje al mismo tiempo. En algunos sistemas una dirección de difusión (broadcast) permite a todos los dispositivos conectados a la misma línea multipunto recibir un mensaje al mismo tiempo.

Cuando se emplean líneas multipunto, se pueden reducir los costos globales puesto que porciones comunes de la línea son compartidos para uso de todos los dispositivos conectados a la línea.

Para prevenir que los datos transmitidos de un dispositivo interfieran con los datos transmitidos por otro, se debe establecer una disciplina o control sobre el enlace. Cuando se diseña un red local de datos se pueden mezclar tanto líneas punto a punto como multipunto, y la transmisión se puede efectuar en modo simplex, half-duplex o full-duplex.

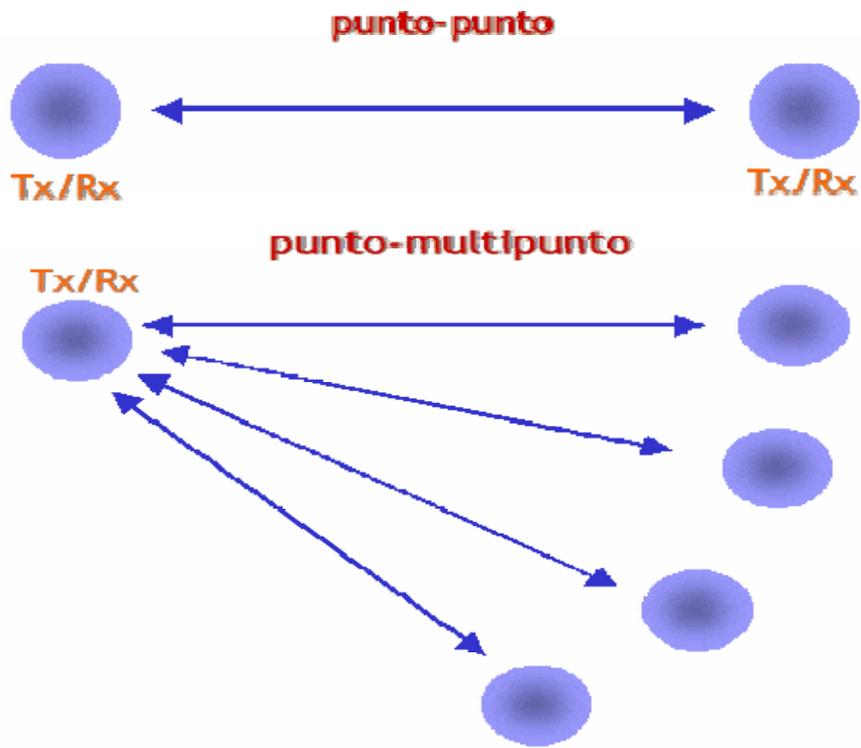


Fig. 8.9: Tipos de conexión

## CAPITULO 9: Medios de transmision

---

### 9.1 DEFINICION DE MEDIO DE TRANSMISION

Medio de transmisión es el sistema (físico o no) por el que viaja la información transmitida (datos, voz, audio...) entre dos o más puntos distantes entre sí. Por el medio de transmisión viajan ondas electromagnéticas, que son las que realmente llevan la información.

El protagonista principal de cualquier comunicación es el medio de transmisión sobre el que ésta tiene lugar: el coste de una comunicación de larga distancia puede atribuirse en su mayor parte a los medios de transmisión, mientras que en el caso de las comunicaciones a corta distancia, el coste fundamental recae sobre los equipos. Se pueden distinguir básicamente dos tipos de medios:

**MEDIOS GUIADOS:** cuando las ondas están ligadas a algún tipo de medio físico: pares trenzados (UTP,STP,FTP), cables coaxiales, fibras ópticas.

**MEDIOS NO GUIADOS:** cuando las ondas no están encauzadas (aire, mar, vacío): microondas terrestres, microondas satélite, infrarrojos, radio.

### 9.2 MEDIOS GUIADOS

A este grupo pertenecen todos aquellos medios en los que se produce un confinamiento de la señal.

En estos casos la capacidad de transmisión (velocidad de transmisión  $V_t$ , o ancho de banda ) depende de dos factores:

**Distancia.**

**Tipo de enlace:**

- Punto-a-Punto
- Difusión.

Principalmente existen 3 tipos: pares trenzados, cable coaxial y fibra óptica.

### 9.2.1 Pares trenzados.

**Descripción Física.** Se trata de dos hilos conductores de cobre envueltos cada uno de ellos en un aislante y trenzado el uno alrededor del otro para evitar que se separen físicamente, y sobre todo, para conseguir una impedancia característica bien definida.

Al trenzar los cables, se incrementa la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas (interferencias y diafonía), dado que el acoplamiento entre ambos cables es mayor, de forma que las interferencias afectan a ambos cables de forma más parecida.

Al cruzar los pares de hilos se consigue reducir el crosstalk existente entre ellos, así como el campo creado alrededor de los mismos, dado que la corriente inducida sobre cada uno de los cables se ve prácticamente cancelada por la corriente que circula por el otro hilo (de retorno) del par.

Es necesario que los cables tengan una impedancia característica bien definida para asegurar una propagación uniforme de las señales de alta velocidad a lo largo del cable, y para garantizar que la impedancia de los equipos que se conectan a la línea es la adecuada, de modo que pueda transferirse la máxima potencia de ésta.

El aislante tiene dos finalidades: proteger de la humedad al cable y aislar los cables eléctricamente unos de otros. Comúnmente se emplea polietileno, PVC...

Los hilos empleados son de cobre sólido de 0.2 - 0.4 mm de diámetro. El paso de torsión de cada cable puede variar entre una torsión por cada 7 cm en los de peor calidad y 2 vueltas por cm. en los de mejor calidad.

#### **Tipos de Trenzado.**

Existen dos tipos de par trenzado:

a) **UTP: Unshielded Twisted Pair (Par trenzado sin apantallar).**

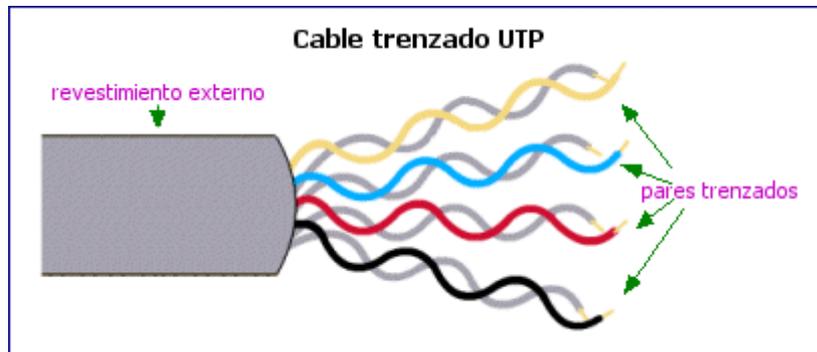


Fig. 9.1: Cable UTP

- Muy sensible a interferencias, tanto exteriores como procedentes de pares adyacentes.
- Es muy flexible y se suele utilizar habitualmente en telefonía.
- Su impedancia característica es de 100 ohmios. La norma EIA/TIA 568 los divide en Varias ategorias destacando:

**Categoría 3:** velocidad de transmisión de 16 MHz a 100 m de distancia máxima.

**Categoría 5:** velocidad de transmisión de 100 MHz a 100 m de distancia máxima.

b) **STP: Shielded Twisted Pair (Par trenzado apantallado).**

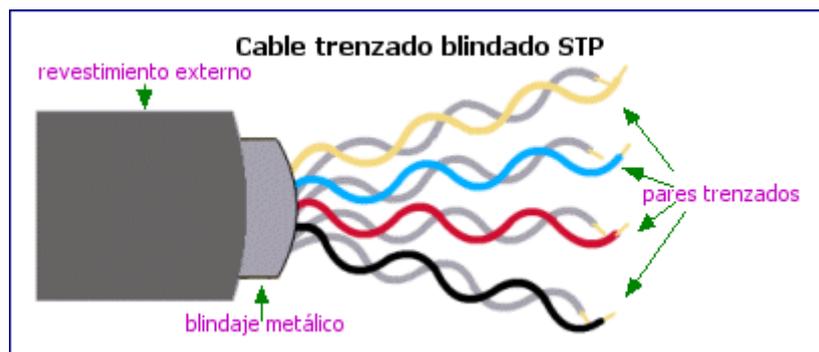


Fig. 9.2: Cable STP

Cada par individual va envuelto por una malla metálica, y a su vez el conjunto del cable se recubre por otra malla, haciendo de jaula de Faraday, lo que provoca que haya mucha menos diafonía, interferencias y atenuación.

Se trata de cables más rígidos y caros que el UTP. El STP que estandariza EIA/TIA 568 es un cable de impedancia característica de 50 ohmios y que actúa a una frecuencia de 300 MHz. Los conectores que se usan suelen ser RJ45 metálico y hermafrodita.

El apantallamiento permite mejores anchos de banda,  $V_t$  mayor, pero son más gruesos y rígidos.

### **Aplicaciones.**

Básicamente se usa en las siguientes aplicaciones:

- LANs (Redes de área local: 10, 100, 155 Mbps) .
- Transmisión analógica (bucle de abonado del sistema telefónico, principalmente) y digital (por ej. RDSI).
- Los cables de pares trenzados se usan frecuentemente para conectar a los abonados del servicio telefónico a sus respectivas centrales locales, siendo la principal razón para su uso el reducido costo y sus bien conocidas características.
- Los pares trenzados no apantallados se han usado también para enlaces de comunicaciones: los enlaces que utilizan técnicas de multiplexación en el tiempo funcionando a velocidades de 1,544Mbps o 2,048Mbps permiten una distancia entre repetidores de aproximadamente 1,5Km.

### **9.2.2 Cable coaxial.**

Las señales eléctricas de alta frecuencia circulan por la superficie exterior de los conductores, por lo que los pares trenzados y los cables de pares resultan ineficientes. El efecto de las corrientes de superficie se traduce en que la atenuación se incrementa con la raíz cuadrada de la frecuencia.

#### **Descripción Física.**

Consiste en dos conductores cilíndricos concéntricos, entre los cuales se coloca generalmente algún tipo de material dieléctrico (polietileno, PVC). Lleva una cubierta protectora que lo aísla eléctricamente y de la humedad.

Los dos conductores del coaxial se mantienen concéntricos mediante unos pequeños discos. La funcionalidad del conductor externo es hacer de pantalla para que el coaxial sea muy poco sensible a interferencias y a la diafonía.

Los cables coaxiales se utilizan para transmisión de datos a alta velocidad a distancias de varios kilómetros, es decir, se cubren grandes distancias, con mayores velocidades de transmisión y ancho de banda, así como la conexión de un mayor número de terminales.

### Características generales:

- La respuesta en frecuencia es superior a la del par trenzado. Hasta 400 MHz.
- Tiene como limitaciones:
  - Ruido térmico.
  - Intermodulación.
- Necesita amplificadores más frecuentemente que el par trenzado.
- Las interferencias eléctricas no tienen importancia en estos cables si la pantalla exterior carece de discontinuidades. El uso de portadoras de elevada frecuencia inmuniza el sistema frente a las interferencias de baja frecuencia originadas por los dispositivos eléctricos y los tubos fluorescentes.
- Puede ser rígido o flexible .

### Clasificación.

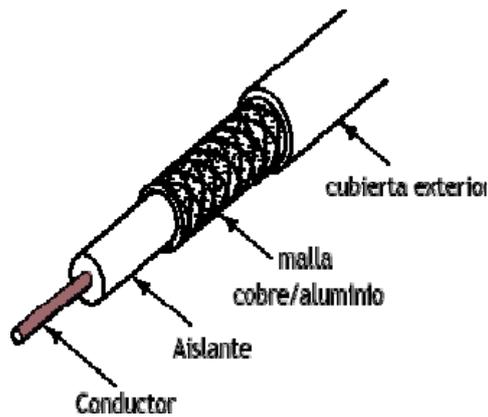
Hay tres tipos principales de cable coaxial:

- a) Cables coaxiales estándar de tipo RG:** utilizados para transmitir señales de televisión doméstica. La mayoría de los cables de tipo RG usan polietileno como aislante interior, aunque el RG-62 emplea aire. Los cables coaxiales de un centímetro de diámetro son más adecuados que los de medio centímetro para velocidades por encima de 30Mbps.
- b) Los cables con núcleos aislados por aire,** que tienen un diámetro pequeño, actúan como retardadores en caso de incendio y tienen una constante dieléctrica pequeña, lo que les proporciona propiedades eléctricas mucho mejores que las de los tipos RG. Presentan una atenuación muy baja, de unos 40dB/100m a 400MHz para los tipos que empleen malla trenzada, y que llega a los 50dB para los de malla continua. Finalmente, son menos costosos que los cables de polietileno o teflón.
- c) Cables coaxiales de polietileno celular irradiado,** que son más caros que los de núcleo aislado por aire, pero cuyas características no presentan las pequeñas variaciones que experimentan estos al ser doblados.

### Aplicaciones.

Se trata de un medio de transmisión muy versátil. Se emplea como cable de antena de TV, en la red telefónica a larga distancia entre centrales, en la conexión de periféricos, en las redes de área local...

También se emplean para enlaces entre centrales telefónicas que utilizan técnicas FDM. Sin embargo hoy en día están empezando a sustituirlo la fibra óptica, las microondas y los satélites artificiales.



Estructura genérica de un Cable coaxial



Cable coaxial RG-58 con conector BNC



Cable coaxial RG-62 con conector tipo F

### Conectores BNC



simple



en T

Fig. 9.3: Cable coaxial y conectores BNC

## 9.2.3 Fibra óptica

### Descripción Física.

Es una fibra flexible, extremadamente fina, capaz de conducir energía óptica (luz). Para su construcción se pueden usar diversos tipos de cristal; las de mayor calidad son de sílice, con una disposición de capas concéntricas, donde se pueden distinguir tres partes básicas: núcleo, cubierta y revestimiento.

El diámetro de la cubierta suele ser de centenas de  $\mu\text{m}$  (valor típico: 125  $\mu\text{m}$ ), el núcleo suele medir entre 2 y 10  $\mu\text{m}$ , mientras que el revestimiento es algo mayor: decenas de mm. Para darle mayor protección a la fibra se emplean fibras de kevlar.

La transmisión por fibra óptica se basa en la diferencia de índice de refracción entre el núcleo y la cubierta que tiene un índice de refracción menor. El núcleo transmite la luz y el cambio que experimenta el índice de refracción en la superficie de separación provoca la reflexión total de la luz, de forma que sólo abandona la fibra una mínima parte de la luz transmitida.

En función de cómo sea el cambio del valor del índice de refracción las fibras se dividen en:

**Fibras ópticas de índice a escala (stepped-index):** donde el cambio es muy abrupto.

**Fibras ópticas de modo gradual (graded-index o gradex):** que experimentan un cambio gradual parabólico.

Se emplea en el rango de  $10^{14}$  -  $10^{15}$   $\mu\text{m}$  de longitud de onda (luz visible y parte del infrarrojo).

Los núcleos de los cables de fibra óptica pueden ser de vidrio o de plástico (polímero). La fibra óptica con núcleo de plástico es más flexible, se puede doblar mejor y los conectores pueden adaptarse mejor sin necesidad de pulir los extremos o de utilizar resinas epóxicas.

La fibra óptica de plástico tiene mayor diámetro en el núcleo, lo que hace que los conectores sean menos sensibles a los errores de alineamiento (pérdidas de acoplamiento menores).

El cable resulta también menos sensible a las impurezas de fabricación. Un cable con núcleo de plástico no precisa elementos adicionales para alcanzar la rigidez que necesita, como tiras de Kevlar, por lo que es más barato que los de vidrio. La desventaja de los cables con núcleo de plástico es que presentan una atenuación mucho mayor, lo que limita la longitud del enlace.

**Ventajas frente al cable eléctrico.** Presenta numerosas ventajas muy importantes frente a los tradicionales cables eléctricos:

- **Mayor velocidad de transmisión:** las señales recorren los cables de fibra óptica a la velocidad de la luz ( $c = 3 \times 10^8$  m/s), mientras que las señales eléctricas recorren los cables al 50% u 80% de esta velocidad, según el tipo de cable.
- **Mayor capacidad de transmisión:** pueden lograrse velocidades de varios Gbps a decenas de Km sin necesidad de repetidor. Cuanto mayor sea la longitud de onda, mayor será la distancia y la velocidad de transmisión que podremos tener, y menor la atenuación.
- Inmunidad total frente a las interferencias electromagnéticas (incluidos los pulsos electromagnéticos nucleares (NEMP) resultado de explosiones nucleares).
- Se consiguen tasas de error mucho menores que en coaxiales, lo que permite aumentar la velocidad eficaz de transmisión de datos al reducir el número de retransmisiones o cantidad de información redundante necesaria para detectar y corregir los errores de transmisión.
- Tiene un menor tamaño y peso, consideraciones muy importantes por ejemplo en barcos y aviones.
- Tiene una menor atenuación que otros medios de transmisión.
- Permite mayor distancia entre repetidores.
- Es un medio muy difícil de manipular.
- Presenta una seguridad alta.
- Apropriados para una alta gama de temperaturas.
- Mayor resistencia a ambientes y líquidos corrosivos que los cables eléctricos.

### **Tipos de transmisión**

Se distinguen tres tipos de transmisión: multimodo de índice escalonado, multimodo de índice gradual y monomodo. En la propagación monomodo la luz recorre una única trayectoria en el interior del núcleo, proporcionando un gran ancho de banda.

Para minimizar el número de reflexiones en la superficie entre el núcleo y el recubrimiento, el núcleo debe ser lo más estrecho posible. Esto hace que su fabricación sea muy complicada, por lo que surgieron las fibras multimodo, cuyo diámetro es mucho mayor.

También es mayor el número de trayectorias de la luz resultantes de las distintas reflexiones. Esto da lugar a una dispersión de las componentes, lo que disminuye la velocidad de propagación.

## TIPOS DE FIBRA OPTICA

Hay tres tipos de fibras ópticas:

### a) **Fibra multimodo índice escalonado.**

El diámetro del núcleo está entre los 50 y los 60mm, pero puede llegar a los 200mm. Mientras que el diámetro del recubrimiento suele acercarse al tamaño estándar de los 125mm. la dispersión es elevada.

Sus aplicaciones se limitan a la transmisión de datos a baja velocidad o cables industriales de control. En este tipo de fibra viajan varios rayos ópticos simultáneamente. Estos se reflejan con diferentes ángulos sobre las paredes del núcleo, por lo que recorren diferentes distancias (ver gráfico), y se desfasan en su viaje dentro de la fibra, razón por la cual la distancia de transmisión es corta.

Hay que destacar que hay un límite al ángulo de inserción del rayo luminoso dentro de la fibra, si este límite se pasa el rayo de luz ya no se reflejará, sino que se refractará y no continuará el curso deseado.

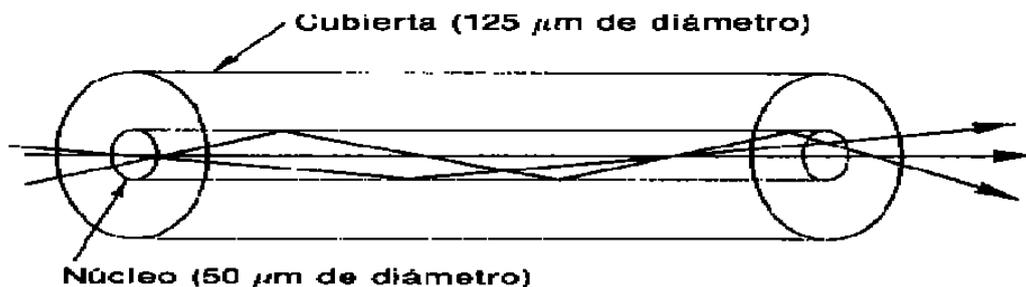


Fig. 9.4:Fibra óptica multimodo de índice escalonado

### b) **Fibra multimodo de índice gradual**

El diámetro del núcleo está entre los 50 y los 60mm, y el del recubrimiento en 125mm. Aunque existen muchos modos de propagación, la velocidad es mayor que en las fibras multimodo de índice en escala, lo que reduce su dispersión.

En este tipo de fibra, núcleo está constituido de varias capas concéntricas de material óptico con diferentes índices de refracción, causando que el rayo de luz de refracte poco a poco mientras viaja por el núcleo, pareciendo que el rayo se curva como se ve en el gráfico.

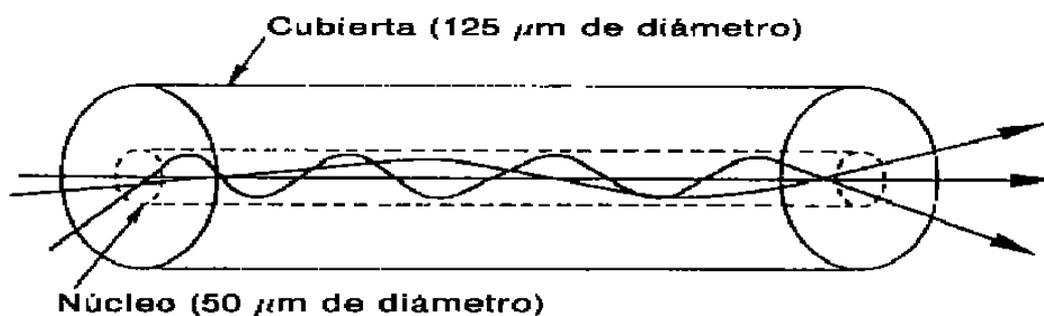


Fig. 9.5:Fibra óptica multimodo de índice gradual

En estas fibras el número de rayos ópticos diferentes que viajan es menor que en el caso de la fibra multimodo índice escalonado y por lo tanto, su distancia de propagación es mayor. Tiene una banda de transmisión de 100 MHz a 1 GHz. Como transmisores (fuentes de luz) se emplean diodos LED y diodos LASER (éstos últimos para larga distancia y alta velocidad).

**c) Fibra monomodo**

Diámetro de entre 1 y 10  $\mu\text{m}$ , recubrimiento de 125 $\mu\text{m}$  de diámetro. La dispersión es baja y se consiguen anchos de banda de varios GHz/Km. Esta fibra óptica es la más delgada y sólo permite viajar al rayo óptico central. No sufre el problema de atenuación de las fibras multimodo, por lo que logra transmisiones a distancias mayores.

Su inconveniente es que es difícil de construir, manipular y es más costosa.

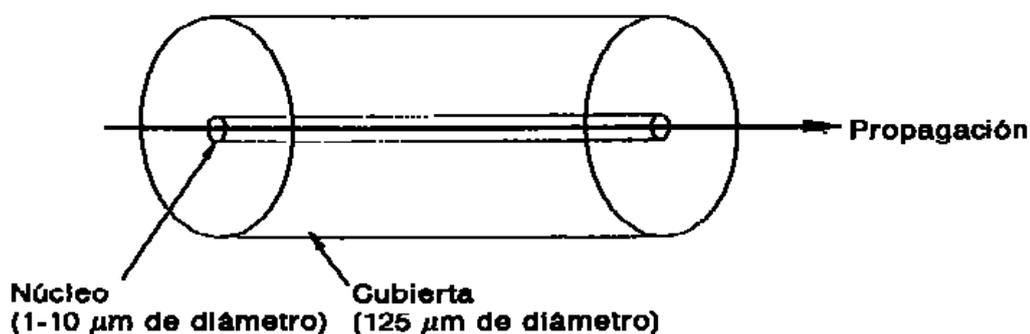


Fig. 9.6:Fibra óptica monomodo

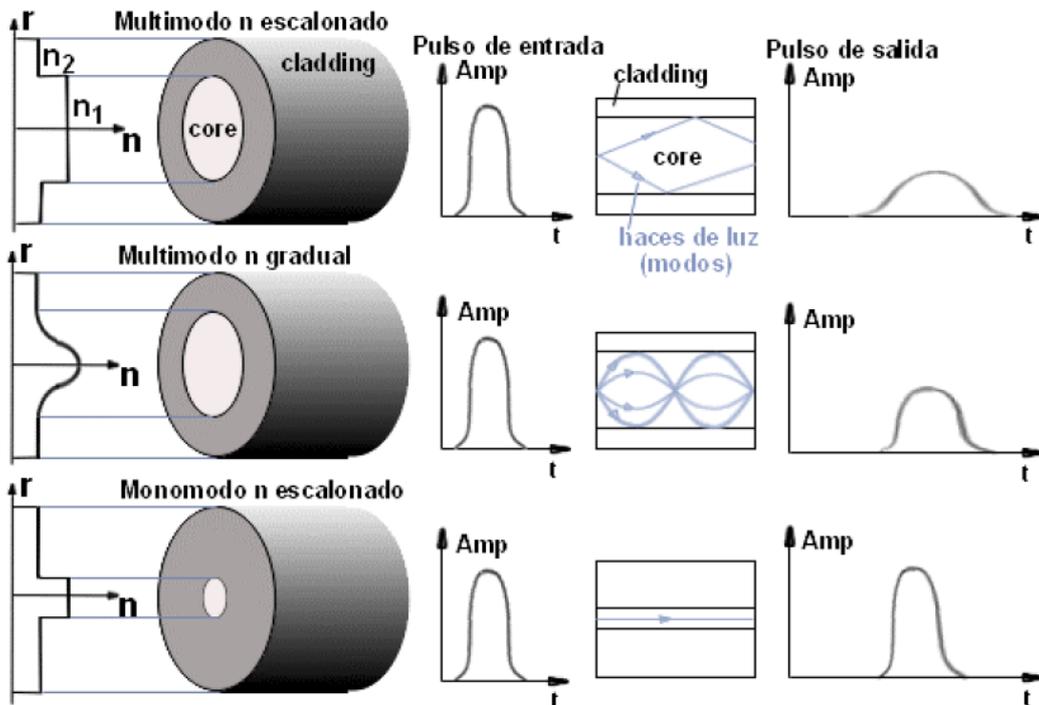


Fig. 9.7: Comparación de modos en Fibra óptica

Como se deduce de la gráfica anterior, en la fibra monomodo, la atenuación sufrida por el pulso de entrada es menor que en el caso de las fibras multimodo, además el pulso se ensancha menos, lo que indica que las fibras monomodo son más aptas para transmisiones de señales a más alta velocidad (pulsos más juntos).

### Cómo se transmite la señal luminosa?

En un extremo de la fibra se tiene un transmisor que convierte las ondas electromagnéticas en ondas de luz, el elemento fuente de la señal luminosa es un diodo LED o un laser.

La señal de entrada se amplifica y se entrega a una fuente de luz, que con ayuda de un conector óptico envía la señal (ondas luminosas) por la fibra óptica. Al otro extremo de la fibra hay otro conector óptico que entrega la señal al receptor que convierte la señal luminosa en ondas electromagnéticas, las amplifica, obteniéndose así la señal en su destino.

### Aplicaciones

Destacan las siguientes aplicaciones:

- Transmisión a larga distancia. En telefonía, una fibra puede contener 60.000 canales.
- Transmisión metropolitana para enlaces cortos de entornos de 10 km sin necesidad de repetidores, y con capacidad de unas 100.000 conversaciones por cada fibra.
- Acceso a áreas rurales. Se usan para una longitud de 50 a 150 km, con un transporte del orden de 5000 conversaciones por fibra.
- Bucles de abonado.
- Redes de área local (LAN) de alta velocidad.

### 9.3 MEDIOS NO GUIADOS - TRANSMISION INHALAMBRICA

La radiocomunicación puede definirse como Telecomunicación realizada por medio de las ondas eléctricas. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), define las ondas radioeléctricas como las ondas electromagnéticas que se propagan por el espacio sin guía artificial y cuyo límite superior de frecuencia se fija, convencionalmente, en 3.000GHz.

La radiocomunicación que hace uso de elementos situados en el espacio, se denomina radiocomunicación espacial. Toda radiocomunicación distinta de la espacial y de la radioastronomía, se llama radiocomunicación terrenal.

La técnica de la radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir en una onda electromagnética soporte, llamada portadora. La inserción de esa información constituye el proceso denominado modulación .

La onda modulada se envía al medio de propagación a través de un dispositivo de acoplamiento con el medio denominado antena. El conjunto de equipos para el tratamiento de la información: moduladores, filtros, antenas...constituye la estación transmisora (o abreviadamente, el transmisor).

Cuando la onda transmitida alcanza el punto o puntos de destino, accede al sistema receptor por medio de una antena de recepción, que capta una fracción de la energía.

El alcance útil o cobertura de una emisión radioeléctrica depende del tipo e intensidad de las perturbaciones .

Existen dos tipos fundamentales de transmisión inalámbrica:

**Omnidireccionales:** La antena transmisora emite en todas las direcciones espaciales y la receptora recibe igualmente en toda dirección.

**Direccionales:** La energía emitida se concentra en un haz, para lo cual se requiere que la antena receptora y transmisora estén alineadas. Cuanto mayor sea la frecuencia de transmisión, es más factible confinar la energía en una dirección.



El espectro de frecuencias está dividido en bandas de la siguiente manera:

Símbolo	Nombre	Frecuencia
VLF	Very Low Frequency	3-30KHz
LF	Low Frequency	30-300KHz
MF	Mid Frequency	300-3000KHz
HF	High Frequency	3-30MHz
VHF	Very High Frequency	30-300MHz
UHF	Ultra High Frequency	300-3000MHz
SHF	Super High Frequency	3-30GHz
EHF	Extra High Frequency	30-300GHz
		300-3000GHz

Básicamente se emplean tres tipos de ondas del espectro electromagnético para comunicaciones:

*Microondas:* 2 GHz - 40 GHz. Muy direccionales. Pueden ser terrestres o por satélite.

*Ondas radio:* 30 MHz - 1 GHz. Omnidireccionales.

*Infrarrojos:*  $3 \cdot 10^{11}$  - 200THz.

La zona del espectro de las microondas está dividido de la siguiente manera:

Banda	Frecuencias
L	1 - 2 GHz
S	2 - 4 GHz
C	4 - 8 GHz
X	8 - 12 GHz
Ku	12 - 18 GHz
K	18 - 27 GHz
Ka	27 - 40 GHz

### 9.3.1 Microondas terrestres.

La antena típica de este tipo de microondas es parabólica y tiene unos tres metros de diámetro; el haz es muy estrecho por lo que las antenas receptora y emisora deben estar muy bien alineadas.



A cuanto mayor altura se sitúen las antenas mayor la facilidad para esquivar obstáculos. La distancia que cubre un único radioenlace de microondas viene dada por la expresión:

$$d = 7.14 \cdot (k \cdot h)^{1/2}.$$

h = altura de la antena (m)    k = 1 si no consideramos los efectos de la gravedad. Generalmente se toma k = 3/4.

Para cubrir distancias mayores se usan radioenlaces concatenados.

**Aplicaciones:**

La transmisión a larga distancia, ya que requiere menos repetidores que el cable coaxil, aunque por contra necesita que las antenas están alineadas. El uso de microondas es frecuente en aplicaciones de TV y voz.

En enlaces punto-a-punto sobre distancias cortas, como circuitos cerrados de televisión, interconexión de redes locales y transmisión entre edificios. Las microondas cubren una parte importante del espectro, de los 2 a los 40 GHz; el ancho de banda potencial y la velocidad de transmisión aumentan con la frecuencia, por lo que sus prestaciones son muy buenas y tienen múltiples aplicaciones como la transmisión de video y de voz

<b>Banda (GHz)</b>	<b>Ancho de Banda (MHz)</b>	<b>Régimen de transmisión (Mbps)</b>
2	7	12
6	30	90
11	40	90
18	220	274

El problema fundamental de este tipo de comunicación es la atenuación, que dependerá de la longitud de onda que estemos utilizando, así como de las condiciones meteorológicas: por ejemplo a partir de los 10 MHz aumenta mucho la atenuación a causa de la lluvia. Además se dan problemas de interferencia entre unas y otras emisiones, por lo que es necesario regular las bandas.

<b>4-6 (GHz)</b>	<b>Transmisión a larga distancia</b>
12 GHz	Directos
22 GHz	Televisión por cable

### Microondas por satélite

El satélite se comporta como una estación repetidora que recoge la señal de algún transmisor en tierra y la retransmite difundiéndola entre una o varias estaciones terrestres receptoras, pudiendo regenerar dicha señal o limitarse a repetirla.

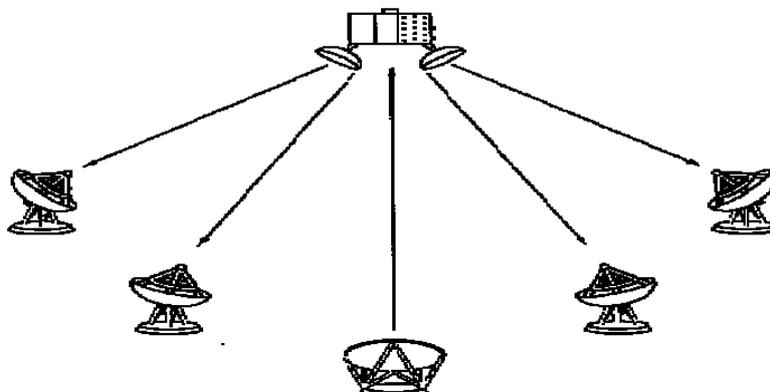
Las frecuencias ascendente y descendente son distintas:  $f_{asc} < f_{desc}$ . Para evitar interferencias entre satélites está normalizada una separación entre ellos de un mínimo de  $3^\circ$  (en la banda de la 12/14GHz) o  $4^\circ$  (4/6GHz).

Ascendente (GHz)	Descendente (GHz)	Ancho de banda (MHz)
4	6	500
12	14	500
19	29	2.500

- El rango de frecuencias óptimo para la transmisión comprende 1-10 GHz.
- Por debajo de 1 GHz aparecen problemas debidos al ruido solar, galáctico y atmosférico.
- Por encima de 10 GHz, predominan la absorción atmosférica así como la atenuación debida a la lluvia. Cada satélite opera en una banda de frecuencia determinada conocida como Transpondedor.

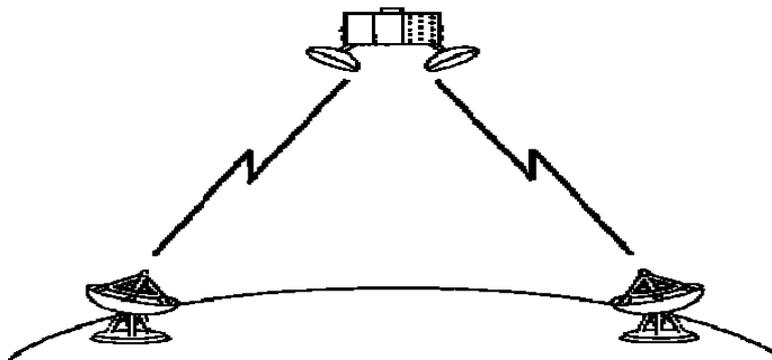
Entre las aplicaciones figuran tanto enlaces punto-punto entre estaciones terrestres distantes como la difusión:

**Difusión de TV:** el carácter multidestino de los satélites los hace especialmente adecuados para la difusión, en particular de TV, aplicación para la que están siendo ampliamente utilizados.



**Telefonía:** los satélites proporcionan enlaces punto-a-punto entre centrales telefónicas en las redes públicas de telefonía. Es el medio óptimo para enlaces internacionales con un alto grado de utilización, y tecnológica y económicamente es competitivo con otros tipos de enlaces internacionales.

**Redes privadas:** la capacidad del canal de comunicaciones es dividido en diferentes canales de menor capacidad que se alquilan a empresas privadas que establecen su propia red sin necesidad de poner un satélite en órbita.



**Ejemplo de transmisión por satélite:** Sistemas VSAT. Estos sistemas hacen uso de algunos de los canales en que se divide los transpondedores, conectando redes terrestres.

Un problema importante que surge en la transmisión de microondas vía satélite es el retardo debido a las largas distancias que recorren las ondas (aprox. 0.25 segundos) lo que dificulta el control de errores y flujo .

### 9.3.2 Ondas de radio

Se caracterizan por ser omnidireccionales, por lo que no necesitaremos antenas parabólicas. Utilizarán la banda comprendida entre 30 MHz - 1GHz, para transmitir señales FM, TV (UHF, VHF), datos...

Este rango de frecuencias es el más adecuado para transmisiones simultáneas (difusión,...). Las perturbaciones que sufriremos en este tipo de comunicaciones son provocadas por las reflexiones que se producen tanto en la tierra como en el mar, debidas a interferencias multitrayecto.

La distancia cubierta por el enlace vendrá dada por:

$$d = 7.14 \cdot (k \cdot h)^{1/2}$$

h = altura de la antena (m)

$k = 1$  si no consideramos los efectos de la gravedad. Generalmente se toma  $k = 3/4$ .

Para cubrir distancias mayores se usan más radioenlaces concatenados.

### 9.3.3 Infrarojos

#### Características fundamentales:

- Reflexión directa.
- Utilización de transductores que modulan la luz infrarroja no coherente.
- Deberán estar alineados o tener una reflexión directa.
- No pueden atravesar obstáculos.
- Rapidez en la instalación, ya que no es necesario tener ningún permiso.
- Imposibilidad de establecer enlaces en medios abiertos debido al cambio de las condiciones climatológicas, que pueden actuar a modo de obstáculos.

## 9.4 CABLEADO ESTRUCTURADO

### DEFINICION 1

Podemos definirlo como una infraestructura de conectividad de telecomunicaciones de datos, imágenes, voz, audio y vídeo, que representa el 4º servicio de los edificios inteligentes:

- Agua
- Electricidad
- Calefacción y aire acondicionado
- Sistema de telecomunicaciones

Este es un sistema que combina cable de par trenzado, cable de fibra óptica y un conjunto de componentes básicos, que soportan la mayoría de las aplicaciones existentes y las de los 5 próximos años.

Viene a estar determinado también por el tipo de topología empleado, pues deberemos elegir la más conveniente para poder aligerar los costes de la instalación, así como facilitar una futura expansión, siendo su intención la de:

- Realizar una instalación acorde con las tecnologías actuales y futuras
- Tener la suficiente flexibilidad para realizar los movimientos internos de personas y máquinas dentro de la instalación.
- Permitir una fácil supervisión, mantenimiento y administración.

## DEFINICION 2

El cableado estructurado consiste en el tendido de cables en el interior de un edificio con el propósito de implantar una red de área local. Suele tratarse de cable de par trenzado de cobre, para redes de tipo IEEE 802.3. No obstante, también puede tratarse de fibra óptica o cable coaxial. La idea del cableado estructurado es simple:

- Tender cables en cada planta del edificio.
- Interconectar los cables de cada planta.

El desarrollo actual de las comunicaciones, vídeo conferencia, telefax, servicios multimedia, redes de ordenadores, hace necesario el empleo de un sistema de cableado estructurado avanzado capaz de soportar todas las necesidades de comunicación.

Estas tecnologías se están utilizando en: Hospitales, Hoteles, Recintos feriales y de exposiciones, áreas comerciales, edificios industriales, viviendas, etc. Las técnicas de cableado estructurado se aplican en:

- Edificios donde la densidad de puestos informáticos y teléfonos es muy alta: oficinas, centros de enseñanza, tiendas, etc.
- Donde se necesite gran calidad de conexión así como una rápida y efectiva gestión de la red: Hospitales, Fábricas automatizadas, Centros Oficiales, edificios alquilados por plantas, aeropuertos, terminales y estaciones de autobuses, etc.
- Donde a las instalaciones se les exija fiabilidad debido a condiciones extremas: barcos, aviones, estructuras móviles, fábricas que exijan mayor seguridad ante agentes externos.

Los organismos que se encargan del normalizar este trabajo son:

- AWG (American Wire Gauge)
- EIA (Electronics Industries Association)
- IEEE (Institute of Electrical & Electronic Engineers)
- NEMA (National Electric Manufacturers Association)
- UL (Underwriter's Laboratory Association)

#### 9.4.1 Norma EIA/TIA-568 (A /B)

Norma de cableado estructurado para edificios, internacionalmente aceptada, revisión y evolución continua, aspectos que abarca:

- Topología física
- Tipo de cables
- Longitud de los cables
- Conectores
- Conectorización

##### Topología física del cableado estructurado

La única topología física permitida en el cableado estructurado es la topología de estrella reduciéndolas todas a esta. Todos los puestos se unirán a través de elementos de interconexión física a un único punto.

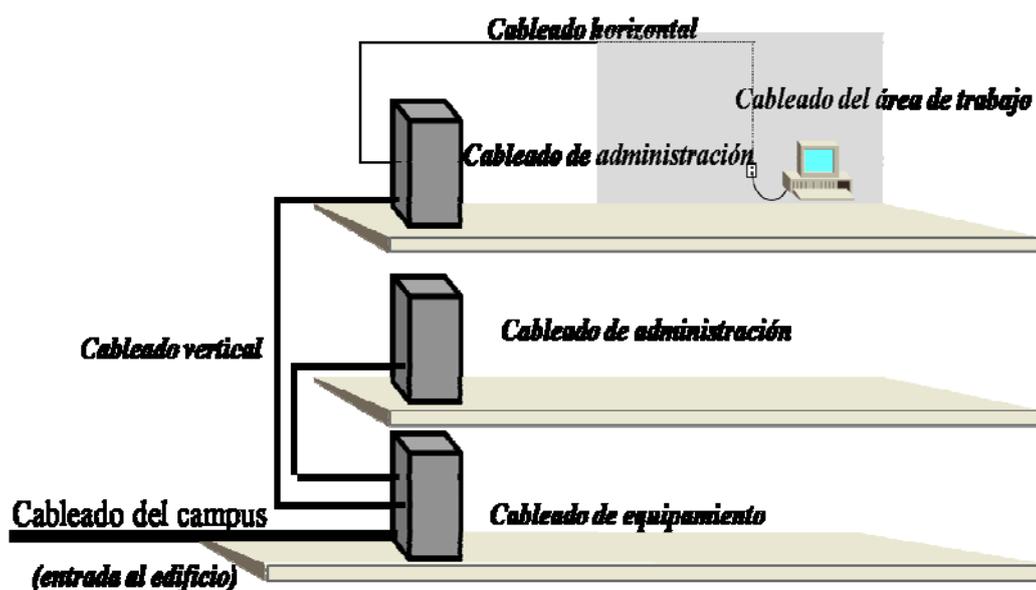


Fig. 9.8 Estructura del cableado

##### Estructura del cableado:

- Área de trabajo
- Cableado horizontal
- Cableado de administración (clóset de cableado)
- Cableado vertical (cableado central)
- Cableado de equipamiento (closet del edificio)
- Cableado del campus (entrada al edificio)

#### **9.4.2 Normativas para el cableado estructurado**

Un sistema de cableado estructurado tiene (en su parte física) dos partes fundamentales:

- El cable: para cada cable se exigen unas determinadas formas de comportamiento relacionadas con la velocidad de transmisión, longitud del cable y atenuación que produce en la señal.
- Modo de conexionar el cable: fijándose una serie de recomendaciones en el sentido de hacer lo más común para todas las instalaciones en cuanto a conectar los diferentes subsistemas que forman la red.

##### **1) Tipos de cables**

Se utilizan dos tipos de cables:

###### **Par trenzado**

UTP categorías 3, 4, 5 y 5e

FTP categorías 5 y 5e

STP

###### **Fibra óptica**

62.5 / 125 m

El cable coaxial solo se puede utilizar en conexiones punto a punto o dentro de los racks

###### **Cables de par trenzado:**

- Es el más antiguo y el más utilizado.
- Consiste en dos alambres de cobre aislados que se entrelazan de forma helicoidal para reducir la interferencia electromagnética
- Se pueden usar tanto para transmisión analógica como digital, y su ancho de banda depende de la sección de cobre utilizado y la distancia que tenga que recorrer.
- La mayor fuente de ruidos en cables de par trenzado es el fenómeno de la diafonía que consiste en una filtración de información entre cables adyacentes.
- El ruido en ambientes digitales se origina sobre todo en sistemas de iluminación fluorescente, motores, hornos microondas, teléfonos, fotocopiadoras, etc. Estos niveles se pueden medir mediante SCANNERS.
- Se puede utilizar tanto UTP como STP.
- La distancia máxima entre el puesto de trabajo y el armario de distribución es de 100 metros.

- Como máximo debe haber tres discontinuidades entre el puesto de trabajo y la electrónica que suministra el servicio.
- El cableado horizontal se hace de una tirada.
- El grosor del cable se suele definir según la norma AWG. A medida que el grosor del cable aumenta AWG disminuye.

### **Fibra óptica:**

La transmisión de información se hace a través de pulsos de luz, un pulso de luz puede utilizarse para indicar un bit de valor 1, y la ausencia de luz un bit de valor cero. La luz visible tiene una frecuencia de alrededor de  $10^8$  MHz., por lo que el ancho de banda de su sistema de transmisión es casi infinito, un sistema de transmisión óptica consta de tres componentes:

- Medio de transmisión: fibra ultradelgada de vidrio o silicio fundido.
- Fuente de luz: puede ser un LED (diodo emisor de luz) o un diodo láser.
- Detector: Es un fotodiodo que genera un pulso eléctrico en el momento en el que recibe un rayo de luz.

Se pueden llegar a alcanzar transmisiones de datos de 1000 Mbps. en un Km., no se ven afectadas por interferencias electromagnéticas y alteraciones de voltaje. Se usan conectores llamados ST (Rx y Tx).

### **Conceptos básicos sobre categorías**

En los sistemas de cableado estructurado, entran en juego nuevos conceptos que antes no se daban. Para entenderlo, pondremos un ejemplo. No podremos reutilizar la línea existente entre dos teléfonos para una conexión punto a punto entre dos ordenadores, debido a que no sabemos las características de los cables montados y además, si quisiéramos medirlas, nos saldría más caro (en tiempo y equipo necesario para cada tipo de cable).

Por ello aparece el concepto de Categoría. Esto significa predefinir varios anchos de banda, y darles a cada una un nombre.

CATEGORIA	VELOCIDAD MÁXIMA	DISTANCIA MÁXIMA
3	10Mbps	100 m
4	20 Mbps	100 m
5	100Mbps	100 m

Lo que esta tabla quiere decir es que por ejemplo para una categoría 3 la velocidad máxima de transmisión por ella es de 10 Mbps a una distancia de 100 m. Como se puede observar lo que se vende a los clientes es una velocidad máxima de transmisión a una distancia máxima, pero en esto hay que hacer una salvedad, como siempre en una línea si la velocidad de transmisión la bajamos por supuesto la distancia donde llega la señal aumentará.

De todas formas todo ello tendría que ser calculado por el técnico que diseñe la red, quién será el que determinará la distancia máxima (en la práctica). No olvidemos que la tabla es el estándar definido internacionalmente y es lo que en los folletos comerciales se les ofrece a los clientes.

## Longitudes máximas de los cables

### Longitudes máximas permitidas

	<b>Cableado vertical</b>	<b>Cableado adm.</b>	<b>Cableado horizontal</b>
<b>Fibra óptica (62.5/125 <math>\mu</math>)</b>	$\leq 1,500$ mts $\leq 2,000$ mts (s/Horiz.)	$\leq 10$ mts	$\leq 490$ mts
<b>UTP/FTP (100 <math>\Omega</math>)</b>	$\leq 800$ mts (voz) $\leq 100$ mts (datos)	$\leq 10$ mts	$< 90$ mts
<b>STP (150 <math>\Omega</math>)</b>	$\leq 100$ mts	$\leq 10$ mts	$< 90$ mts

## 2) **Conexionado:**

La manera de conectar viene fijada por la norma EIA/TIA 568 (Electronic Industries Association/ Telecommunications Industry Association).

La EIA/TIA establece la utilización de 4 pares trenzados por manguera, asignándose a los servicios más normales los siguientes pares:

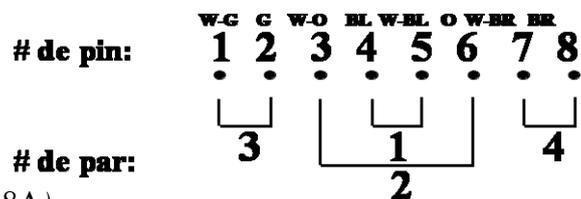
patillas 4 - 5 VOZ  
 patillas 4 - 5 y 3 - 6 RDSI  
 patillas 4 - 5 y 3 - 6 TOKEN - RING  
 patillas 3 - 6 y 1 - 2 ETHERNET 10 - BASE - T  
 todas las patillas ETHERNET 100 VG - Any LAN (100 Mbps)  
 patillas 1 - 2 y 7 - 8 aplicaciones ATM

Aún utilizando cables y conectores de alguna Categoría, la instalación puede quedar fuera del estándar si el conexionado no se realiza de acuerdo a dicho estándar, o por utilizar herramienta inadecuada.

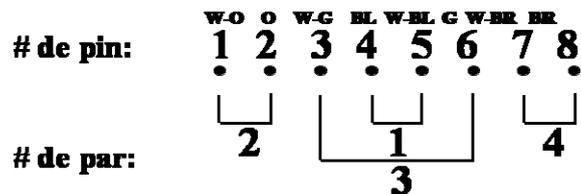
En todo caso se debe preservar el trenzado de los pares aspecto en donde incide el mayor número de fallas iniciales y de mantenimiento.

### Normas del conexionado del cable UTP

EIA/TIA-568A



EIA/TIA-568B(AT&T 258A)



¡¡ La conexión pin-a-pin o cualquier otra configuración no está normada y no se debe utilizar !!

### Extremo del usuario

Conector RJ-45 para datos

Conector RJ-11 o RJ-45 para teléfono/fax

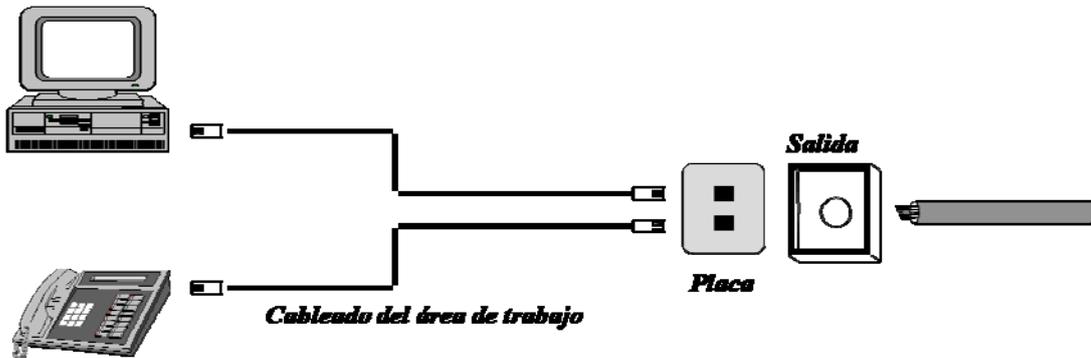


Fig. 9.9: Extremo del usuario

### 9.4.3 COMPONENTES DE UN SISTEMA

En conjunto, a todo el cableado de un edificio se llama SISTEMA y a cada parte en la que se subdivide se llama SUBSISTEMA. Se llama estructurado porque obedece a esta estructura definida.

Existen varios tipos de cableado estructurados según la aplicación en que se usen, las variaciones de unas a otras son, el tipo de componentes utilizados según el ambiente donde se usen, como por ejemplo cables y elementos especiales para ambientes ácidos o húmedos.

#### Subsistemas

Todo un sistema de red local se puede dividir en subsistemas para su mejor comprensión, aunque cableados simples tengan algunos de ellos agrupados en uno solo, y redes complejas los tengan duplicados o triplicados.

Estos subsistemas se pueden dividir en:

- Subsistema de punto de trabajo
- Subsistema horizontal
- Subsistema de administración
- Subsistema vertical
- Subsistema de campus

Cada subsistema está limitado a una zona muy concreta de la red y a una utilización para diferentes tipos de usuario de diferentes niveles. El usuario final

no tiene por qué saber como está diseñada la red de cableado que soporta su conexión con el resto de los equipos. Para ello existen los administradores.

### **Subsistema de punto de trabajo**

Son los elementos que conectan la toma de usuario al terminal telefónico o de datos. Puede ser un simple cable con los conectores adecuados o un adaptador para convertir o amplificar la señal.

- **BALUN** (balanced - unbalanced): es un adaptador que nos permite conectar el cable de pares a una tarjeta que no tenga conector de pares. Normalmente serán para pasar a conectores de cables de tipo coaxial, twinaxial, etc. Evidentemente las tarjetas que dispongan de conector de pares no precisan de este adaptador.
- **LATIGUILLO**: es un cable de pares de una longitud precisa (normalmente de 1,5 a 3 metros) para alcanzar la roseta de la pared desde el puesto de trabajo, y acabado en sus dos extremos con conectores macho RJ45.
- **ROSETA**: conector hembra situado cerca del punto de trabajo. Es muy normal encontrarse rosetas dobles o bloques de rosetas.
- Tanto para los conectores macho de los latiguillos como para las rosetas, se suelen utilizar conectores RJ45 (RJ49 si es blindado).

No utilizar nunca un mismo cable para conectar dos equipos.

### **SUBSISTEMA horizontal**

- Es la conexión entre el punto de trabajo y el subsistema de administración.
- Está formado por las distintas tiradas de cable que recorren la planta hasta el cuarto donde se encuentran los armarios (RACK,s).
- Se utiliza normalmente cable de 4 pares trenzados apantallados o no apantallados.
- En casos de puestos con mucho tráfico se puede utilizar fibra óptica.



**Fig. 9.10: Cableado horizontal**

### **SUBSISTEMA de administración (Patch panel)**

- Es el formado por los distintos armarios de la planta (RACK, 19" de ancho), y contienen los bloques de distribución y asignación (PATCH PANNEL).
- Es el administrador de la red el que decide como colocar los armarios, pues no existe ninguna normativa.

Están divididos en:

**Tomas de usuario:** formado por paneles con bocas hembra (como las rosetas). Existirán tantas bocas como usuarios existan, más algunas de reserva. Estos se encuentran comercialmente en bloques de 12 ó 16 y sus correspondientes múltiplos. Los cables que vienen del usuario se conectan por detrás.

**Tomas de asignación:** Son paneles similares a los anteriores, pero las terminaciones de los usuarios acaban también en rosetas, haciendo más cómodo el ensamblado de la red. Así el administrador de la red puede cambiar a un usuario su servicio, o su situación en el edificio sin necesidad de recablear toda la instalación.

**Electrónica de la red:** Se encarga de distribuir el servicio. Está conectada a su vez con las otras plantas, o con el general a través del subsistema vertical. Algunos equipos llevan incorporado en su frontal esta parte, con lo que no ahorraría los paneles de tomas, aunque es preferible conectar aparte.

### **Subsistema vertical**

- Es el subsistema que se extiende desde el closet de cableado del edificio al closet de cableado de cada piso.

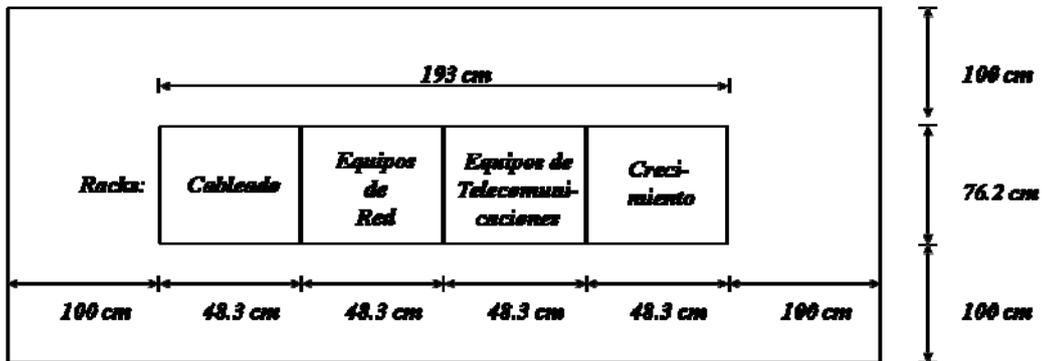
- Está constituido por el conjunto de cables que interconectan las diferentes planta y zonas ente los puntos de distribución y administración (llamado también troncal).
- Enlaza todos los cableados del edificio a un centro único. También llamado BACKBONE, suministra la interconexión entre los distintos armarios de la planta con el armario principal.
- En los casos que suponga un elevado tráfico de datos, se recomienda usar fibra óptica. El tipo de sistema más usado es el de Backbone colapsado, que consiste en conectar cada armario con el armario principal punto a punto. Suele ser necesario un para de fibras por cada conexión (Tx, Rx), pero como norma de seguridad se suelen conectar 4 fibras por cada conexión. Esto no permitirá contar con fibras de reserva en caso de averías, o incluso para realizar una doble conexión.
- Con el fin de abaratar costes de instalación, se permiten conexiones de armario a armario entre las diferentes plantas del edificio, sin necesidad de tirar fibra hasta el principal desde cada uno de ellos.

#### **SUBSISTEMA DE campus (entrada al edificio)**

- Entre el closet de cableado del edificio y los closets de cableado de otros edificios, conexionando los distintos edificios que se encuentran dentro de un área geográfica próxima.
- Se utiliza fibra óptica, las coberturas de las fibras serán diferentes a las tiradas en los edificios, ya que estas van enterradas por el exterior del edificio (antihumedad, antirroedores, etc.)
- En caso de conectar edificios alejados más de 2 Km, es conveniente utilizar fibra monomodo.

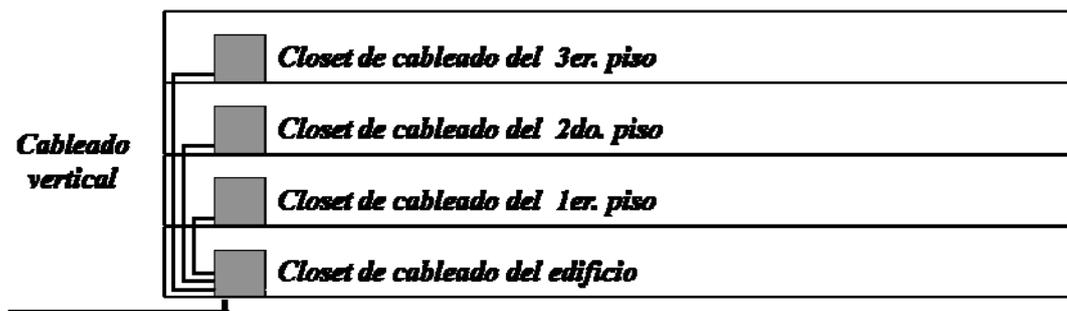
#### **Closet de cableado**

- Cuarto donde se centralizaran las conexiones en cada piso o en el edificio, el espacio del closet depende del número de racks a instalarse.
- Por lo común debe preverse un espacio de 3 x 4 mts<sup>2</sup>, y puede requerirse un área mayor si existe un gran número de puestos de trabajo (más de 200 servicios nicias)



### Closets de cableado

- Hay al menos un closet de cableado por cada piso
- Hay un closet de cableado general o principal por cada edificio



### Cableado del campus

#### Racks y paneles

El número de racks que se utilizan depende del número de usuarios, de acuerdo al promedio de 10 mts<sup>2</sup> por puesto de trabajo, se requerirán 100 servicios de teléfono y 100 servicios de datos (200 en total), proporcionado con un solo rack. Si hay más de 100 puestos de trabajo, se requerirá otro rack, los tipos de racks son:

- Cableado: interconexiones (puede sustituirse por un bastidor de madera con las regletas o bloques de conexión)
- Equipos de Red: Hubs, Switches y Routers
- Equipos de Telecomunicaciones: Routers, descanalizadores, etc.

**Densidad de usuarios**

- Máximo 25 mts<sup>2</sup> por usuario
- Mínimo 3 mts<sup>2</sup> por usuario
- Promedio 10 mts<sup>2</sup> por usuario

**Memoria técnica**

- Planos de la instalación, en donde se indica la ubicación de los puestos de trabajo, la de los closets, y las trayectorias y características de las canalizaciones
- Tipo de cables y conectores ocupados, indicando sus características.
- Diagramas auxiliares pertinentes
- Constancia de la certificación del cableado a cada puesto de trabajo, realizada de extremo a extremo del cable, pasando por el cableado de administración
- Utilizar un certificador

# CAPITULO 10: Telematica

---

## 10.1 TELEMATICA

El término *telemática* (fusión de *telecomunicaciones* e *informática*) trata del uso de las telecomunicaciones para enriquecer las posibilidades de la informática (y no al revés), es decir, del uso de medios de comunicación a distancia para conexiones informáticas (computador - computador o computador - periférico).

La información puede transmitirse de forma analógica, digital o mixta, pero esto es transparente al usuario, que la maneja de forma digital únicamente. La telemática se ocupa del tratamiento y transmisión de la información.

## 10.2 TEORÍA DE LAS REDES INFORMÁTICAS

### 10.2.1 ¿Qué es una red?

- Sistema de interconexión de computadores que permite compartir recursos e información.
- También se puede definir como estructura formada por un conjunto de elementos tanto físicos como lógicos, con el fin de conseguir la interconexión de varias estaciones de teleproceso y poder así llevar la información de unas a otras.

Una red de computadores está formada por diferentes elementos.

- Adaptadores o tarjetas de red que capaciten al PC conectarse a la red.
- Un cable entre los adaptadores a través del cual viajan los datos.
- Finalmente, una determinada topología y una estructura de red.

### 10.2.2 Beneficios de las redes de comunicación

- Comunicación entre diferentes puestos de trabajo: En una empresa los trabajadores debían comunicarse por teléfono o desplazándose.
- Información oportuna donde se requiere: Facilita el intercambio de información entre los distintos miembros de un grupo de forma rápida y sencilla.

- Racionalización del uso de recursos.
- Abaratamiento de costos:
  - Compartición de recursos software y hardware.
  - Compartición de bases de datos.

### 10.2.3 Como funciona una red

- La información que se desea transmitir se divide en paquetes con el formato impuesto por el protocolo que se utiliza en la transmisión.
- Cada puesto o nodo, tiene una dirección, y la información irá desde el origen hacia el destino.
- Esto se realiza a través de los medios de transmisión (cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica, aire, etc.)
- Toda la información pasa a través de unos niveles, dependiendo del protocolo utilizado, y cada uno de ellos añade información de control, que el mismo nivel en el nodo destino irá eliminando (control de errores, reorganización de la información transmitida, fragmentación en tramas, etc.)
- Normalmente, el nodo destino examina todas las tramas que circulan por la red y examina la dirección de destino. Si la información es para él la recoge.
- Dependiendo del protocolo utilizado, el nodo destino puede mandar un mensaje diciendo que se ha recibido la información completa o no.

### 10.2.4 Conceptos básicos asociados a redes

**HOST** : Aunque en general este término suele relacionarse con Servidores, en un sentido amplio llamaremos HOST a cualquier equipo que se conecta a una red.

**PROTOCOLO**: Conjunto de comandos establecido por convención que deben conocer tanto emisor como receptor para poder establecer una comunicación en un red de datos. Constituyen el software de la red.

**DTE**: Data Terminal Equipment es el equipo terminal de datos, la computadora o terminal que es el extremo final de la red.

**DCE**: Data Communication Equipment es el equipo de comunicación. Generalmente un modem u algún otro dispositivo que establece el enlace físico y lógico con la red.

**INTERNET:** aunque todos sabemos lo que es Internet, aquí lo utilizaremos también en otro sentido. Una Internet es un conjunto de dos o más redes diferentes que se interconectan mediante los medios adecuados.

### **10.3 COMPONENTES DE HARDWARE DE UNA RED**

Una red en general puede constar de algunos o todos de los siguientes elementos básicos:

**PLACAS DE RED o NIC's** (Network interface Connector): proporcionan la interfaz entre las PCs o terminales y el medio físico.

**CONCENTRADORES O HUBS:** se utilizan como punto de partida del cableado UTP (léase tipo telefónico) . De allí salen los cables a cada una de los terminales. Su funcionamiento se basa en "repetir" la señal que llega por una boca en las demás. Pueden conectarse en cascada constituyendo una estructura tipo "árbol".

**SWITCHES:** cumplen la misma función que los hubs pero poseen una cierta inteligencia que los hace más eficientes. En vez de repetir la señal a todas las bocas sólo la envía a la salida correspondiente. esto permite reducir el tráfico en la red.

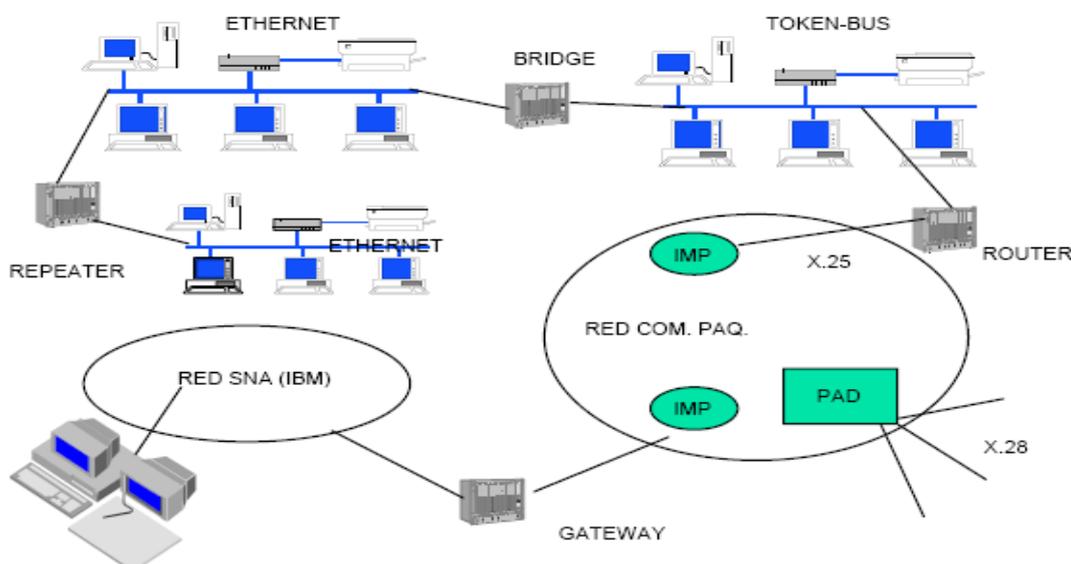
#### **Interconexión de Redes**

**GATEWAY (Pasarela):** permiten conectar dos redes diferentes

**REPEATER (Repetidor):** une dos redes iguales (amplifica la señal) son elementos activos que se utilizan como "refuerzo" de la señal. Permiten incorporar nuevos segmentos de cableado.

**BRIDGE (Puente):** une redes con diferente nivel de enlace  
(dos redes de área local diferentes)

**ROUTER (Encaminador):** une dos redes con diferente nivel de red  
(red de área local <=> Red X.25)



**Fig. 10.1: Interconexión de redes**

## 10.4 CLASIFICACION DE LAS REDES

Una red de computadores es una serie de host (terminales) autónomos y dispositivos especiales intercomunicados entre sí, este concepto genérico de red incluye multitud de tipos diferentes de redes y posibles configuraciones de las mismas.

No existe una clasificación generalmente aceptada dentro de la cual entren todas las redes de computadoras, pero dos características sobresalen como importantes: la tecnología de transmisión y la escala o extensión.

### 10.4.1 CLASIFICACION Según la tecnología de transmisión

En términos generales, hay dos tipos de tecnología de transmisión:

#### 1) REDES DE DIFUSION (BROADCASTING):

Las redes de difusión tienen un solo canal de comunicación compartido por todas las máquinas de la red, los mensajes cortos (llamados paquetes en ciertos contextos) que envía una máquina son recibidos por todas las demás.

Un campo de dirección dentro del paquete especifica a quien se dirige, al recibir un paquete una máquina, verifica el campo de dirección, si el paquete está dirigido a ella, lo procesa: si está dirigido a otra máquina, lo ignora.

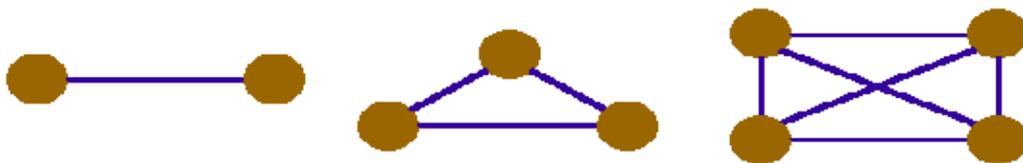
Los sistemas de difusión generalmente también ofrecen la posibilidad de dirigir un paquete a todos los destinos colocando un código especial en el campo de dirección, cuando se transmite un paquete con este código, cada maquina en la red lo recibe y procesa, este modo de operación se llama difusión(broadcasting).

**2) REDES PUNTO A PUNTO:**

Las redes punto a punto consisten en muchas conexiones entre pares individuales de maquinas, para ir del origen al destino, un paquete en este tipo de red puede tener que visitar primero una o mas maquinas intermedias .

A veces son posibles multiples rutas de diferentes longitudes, por lo que los algoritmos de ruteo desempeñan un papel importante en las redes punto a punto. Como regla general(aunque hay muchas excepciones), las redes pequeñas geográficamente localizadas tienden a usar la difusión, mientras que las redes mas grandes suelen ser punto a punto.

Las redes punto a punto también son conocidas como redes de conectividad total o redes malladas. Estos nombres se deben a que todos los equipos están conectados entre sí.



**Fig. 10.2:Redes punto a punto**

Como se aprecia en la imagen, para dos equipos tenemos un medio, para tres equipos tenemos 3 medios y para 4 equipos seis medios. Iterando, se llega a la conclusión de que para N equipos necesitamos  $N(N-1)/2$  medios, y N-1 interfaces por equipo.

Este tipo de red posee como ventaja su sencillez. Sin embargo, para un número elevado de equipos el coste de la red es muy elevado debido al número de medios y de interfaces

### 10.4.2 Redes de Conmutación.

Este tipo de red es el único que utiliza medios de conmutación, de ahí su nombre, los distintos equipos no están conectados entre sí directamente, como en los casos anteriores, sino que lo están a través de nodos de conmutación.

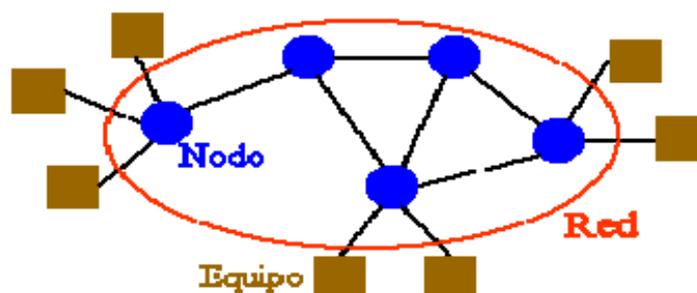


Fig. 10.2:Redes de conmutacion

Los nodos de conmutación transfieren información de sus entradas a sus salidas, comunicando unas con otras. Estos nodos pueden ser de dos tipos:

- Nodo de tránsito: son aquellos nodos que no tienen ningún equipo conectado a ellos.
- Nodo periférico: aquellos que tienen conectados uno o más equipos terminales.

Si un nodo tiene conectados equipos, y además se comunica con otros nodos, entonces son simultáneamente nodos de tránsito y periféricos.

Los nodos no se suelen comportar exclusivamente como un repetidor pasivo sino que pueden llevar a cabo el control de errores y de flujo, además de encaminar (decidir por dónde debe ir un mensaje o un paquete) en algunos casos.

Por tanto, la velocidad a la que los nodos procesan la información es muy importante. Por norma general, los nodos de tránsito son más rápidos.

No todos los nodos de conmutación están conectados entre sí. Debe existir por lo menos un camino posible entre dos nodos cualesquiera, y no tiene que ser directo. Por razones de fiabilidad (garantizar el servicio), es recomendable que existan al menos dos caminos.

La clasificación de este tipo de redes se hace en función de la tecnología utilizada por los nodos para conmutar:

- a. Redes de conmutación de circuitos.
- b. Redes de conmutación de mensajes.
- c. Redes de conmutación de paquetes.

**a) Redes de Conmutación de Circuitos.**

Son el primer tipo de redes de conmutación inventadas. Se utilizan desde el invento de la central telefónica automática. En este tipo de red, se establece un camino directo y dedicado entre el equipo origen y el destino.

**Transmisión de Datos.**

El proceso de comunicación se lleva a cabo en tres fases:

1. establecimiento de la conexión.
2. transferencia de información.
3. liberación de la conexión.

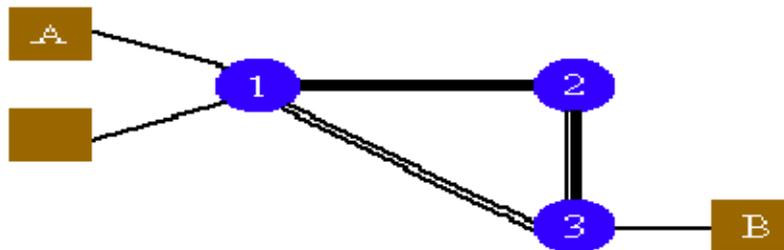


Fig. 10.3 Conexión equipo A con equipo B

Para comprenderlo mejor, se utiliza el siguiente ejemplo (ver imagen), siendo el equipo "A" el que se quiere conectar al "B", pasando la llamada a través de los nodos de conmutación "1" y "3".

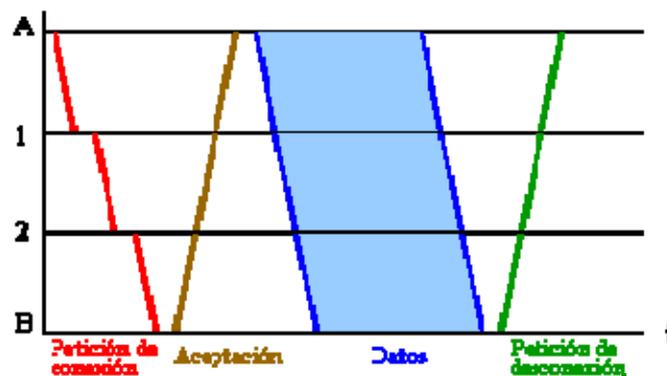


Fig. 10.4: Tiempos en la conexión de equipo A con equipo B

Primero se establece la conexión. Para ello, el equipo origen solicita la conexión con el destino, mandando a tal efecto la dirección al nodo periférico. Este toma una decisión de encaminamiento, buscando el camino más rápido y cómodo.

Se requieren dos caminos, uno de ida y otro de vuelta, que pasen ambos por los mismos nodos. Esta petición de conexión llega al siguiente nodo, que vuelve a decidir el mejor camino, así hasta llegar al destino, el cual contesta con una señal de aceptación, que vuelve a hacer el camino pero en sentido inverso.

La petición de conexión sufre un retardo en cada nodo por el que pasa debido a que estos deben tomar decisiones. Sin embargo, la señal de aceptación no sufre retardo alguno al haberse establecido el circuito anteriormente.

A continuación, con el circuito establecido y en exclusiva, los dos terminales pueden intercambiar información durante todo el tiempo que sea necesario. Dicha información no sufre retardo alguno.

Por último, cuando uno de los dos equipos desea finalizar la conexión (el destino, por ejemplo), se envía una señal de petición de desconexión. Al pasar esta por cada nodo, estos cierran o liberan las conexiones entre entradas y salidas que establecen el circuito. Esta señal tampoco sufre retardo.

### **Prestaciones de la Red.**

El origen de este tipo de redes son las redes telefónicas. Hoy en día se utilizan para transmitir datos, pues incluso en la actualidad la red telefónica es digital. Otro ejemplo claro de red de conmutación de circuitos es la ISDN o RDSI (Red Digital de Servicios Integrados), que permite transmitir voz y datos.

El mecanismo de conmutación permite crear un circuito dedicado entre origen y destino, a través de los distintos nodos de la red. Este circuito es de uso exclusivo y durante tiempo ilimitado, hasta la petición de desconexión. En definitiva, equivale a poseer una línea privada entre origen y destino.

La otra gran ventaja de este tipo de redes estriba en la sencillez de la tecnología empleada, y además en que se posee gran experiencia en el uso de dicha tecnología. Sin embargo, este tipo de red también posee sus inconvenientes. El principal es que el equipo origen y el equipo destino deben transmitir a la misma velocidad, pues si no, el sistema no funciona al no existir mecanismos de control de flujo.

Por lo tanto, el sistema resulta muy poco flexible, ya que se debe transmitir continuamente, y además siempre con un flujo de datos constante, se tenga necesidad de transmitir o no. El sistema no acepta transmisión a ráfagas.

Otro inconveniente es el de saturación de la red que se congestiona si se realizan muchas llamadas, es decir, si muchos usuarios quieren conectarse a la vez. Esto se debe a que el número de canales disponibles es limitado, por lo que si todos ellos ya están siendo utilizados, ningún otro usuario puede conectarse, quedándose sin servicio.

En compensación, los usuarios que sí están conectados, reciben siempre un servicio perfecto, independientemente del número de usuarios conectados.

#### **b) Redes de Conmutación de Mensajes.**

Este otro tipo de red está específicamente diseñado para transmitir bits, son redes digitales. En este caso, los nodos de conmutación son ordenadores con un dispositivo de almacenamiento.

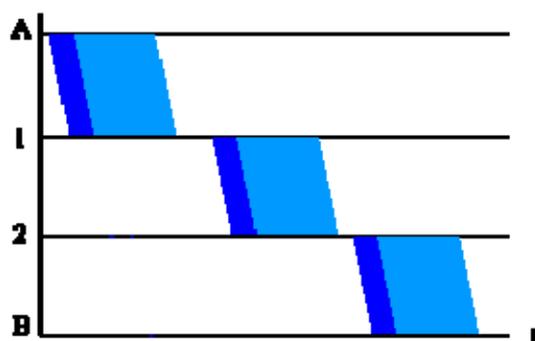
En estas redes, no se establece ningún tipo de camino dedicado entre emisor y receptor. Simplemente, los equipos transmiten por el canal que les une al nodo que les proporciona servicio. Este nodo, es el encargado de hacer llegar el mensaje al destinatario. En la transmisión de un mensaje o cadena de bits por parte de un equipo fuente se debe incluir en la cabecera de dicho mensaje la dirección del destinatario.

Cuando el mensaje llega al nodo, proveniente de cualquier equipo, es almacenado. El nodo lee la dirección del destinatario, y decide por dónde debe encaminar el mensaje, es decir, a que nodo debe mandar el mensaje para que llegue a su destino. Una vez tomada la decisión, reenvía el mensaje. Este proceso lo realiza cada nodo con cada mensaje; cuando un mensaje llega al nodo al que esta conectado el sistema final al que va dirigido, dicho nodo envía el mensaje directamente al equipo.

Debido al modo de funcionamiento de estas redes, también se las conoce como redes de almacenamiento y reenvío. El ejemplo más claro para comprender su funcionamiento es el sistema de correo.

En estas redes el mensaje se transmite siempre a la máxima capacidad del enlace (por ejemplo, de equipo a nodo a 64 Kbps, y de nodo a nodo a 2 Mbps). Sin embargo, un mensaje puede tardar mucho tiempo en ser reenviado hacia el siguiente nodo o hacia el equipo, pues un nodo solo puede enviar un paquete cada vez por cada enlace usando el cien por cien de su capacidad.

Hay que tener en cuenta que un nodo puede recibir a la vez tantos mensajes como enlaces posea, y que antes de enviarlos de nuevo debe almacenarlos y decidir el encaminamiento, por lo que todos los mensajes sufren un retardo variable por cada nodo que pasan. Esto se aprecia en la imagen, en la cual la cabecera del mensaje está en un color más oscuro, y se utiliza el mismo ejemplo de red que en el apartado anterior.



**Fig. 10.4:Diagrama de tiempos**

Este tipo de red posee bastantes ventajas, entre ellas el hecho de que los recursos disponibles tienen un uso exhaustivo, por lo que es muy eficaz. Otra ventaja importante es el hecho de que cada equipo puede enviar y transmitir a la velocidad que necesiten, no tienen que transmitir todos a la misma velocidad.

Además, el comportamiento de la red en caso de saturación es gradual, es decir, que la red se va degradando poco a poco, y que todos los usuarios se ven afectados por igual, pudiendo transmitir todos ellos.

Sin embargo, posee un gran inconveniente, y es que si no se fija un tamaño máximo de mensaje, el retardo puede ser indefinido.

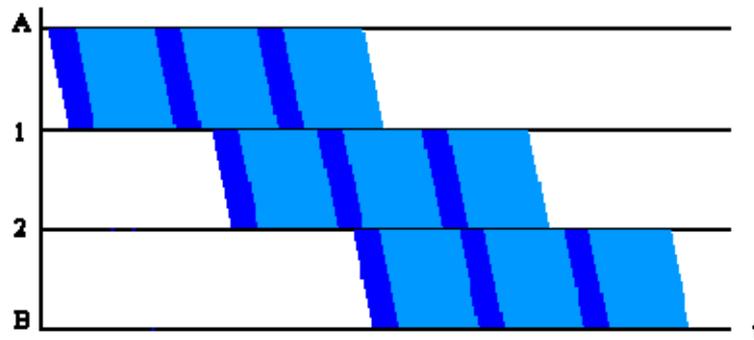
**c) Redes de Conmutación de Paquetes.**

Estas redes utilizan la misma filosofía que las de conmutación de mensajes, salvo que el mensaje se fragmenta en paquetes para su transmisión. Estas redes se subdividen en dos tipos, en función del mecanismo de encaminamiento elegido para esos paquetes: conmutación de paquetes por datagramas y conmutación de paquetes por circuitos virtuales.

**Conmutación por Datagramas.**

En este caso, cada fragmento tiene una longitud máxima que depende de la red en concreto. Cada uno de esos fragmentos o paquetes lleva su

correspondiente cabecera donde consta la dirección del destino. El funcionamiento de la red es idéntico al de conmutación de mensajes, salvo que cada paquete se encamina por separado. Es como si cada paquete equivaliera a un mensaje distinto. Esto se aprecia en la imagen.



**Fig. 10.4: Conmutación por datagramas**

Esta realización conlleva un retardo menor, tal y como puede apreciarse, pero sin embargo es posible que cada paquete vaya por un camino distinto, incluso pueden llegar desordenados debido a que cada camino introducirá sus respectivos retardos, que son variables.

Como el mensaje debe ser fragmentado para poder ser enviado, es el equipo origen el encargado de la fragmentación, debiendo incluir en cada fragmento información sobre el orden de los paquetes, su tamaño, el número de paquetes, etcétera. Los paquetes se vuelven a unir en el destino, reordenándolos si fuese necesario.

Un inconveniente de este tipo de red es que de hecho se realiza muchas veces la misma tarea, pues si un mensaje tiene  $N$  paquetes, se debe encaminar  $N$  veces hacia el mismo sitio, lo que no sucedía con la conmutación de mensajes.

### **Conmutación por Circuitos Virtuales.**

Este tipo de red se desarrolla para evitar que el encaminamiento de los distintos paquetes de un mismo mensaje se tengan que encaminar uno a uno. También evita que los paquetes se desordenen.

Eso se consigue con el siguiente sistema, tal y como se puede apreciar en la imagen.

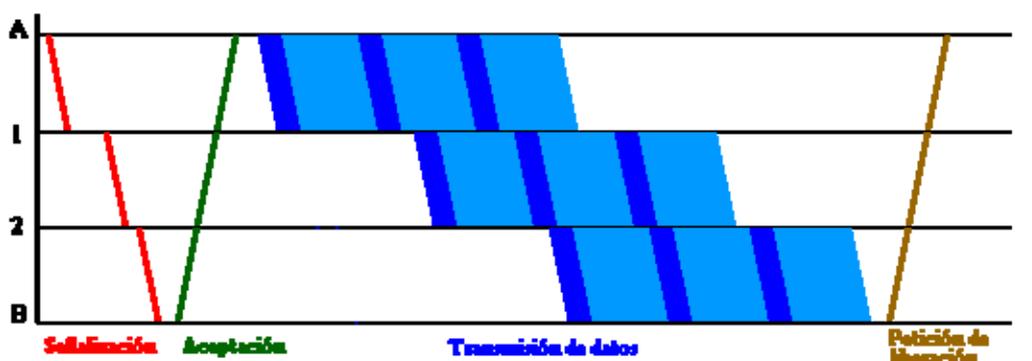


Fig.10.5: Conmutación por circuitos virtuales

En primer lugar, se envía un pequeño paquete de señalización que solicita el establecimiento de un circuito virtual. Este paquete sólo lleva la dirección del destino. A medida que pasa de nodo a nodo, se va estableciendo el circuito virtual, pues al paquete se le asigna un identificador de circuito virtual, y cada nodo guarda la información de por donde deben ir los siguientes paquetes. Luego el destino confirma su establecimiento y acepta la conexión con un mensaje de vuelta.

Entonces cada paquete que se dirige a ese destino, y provenga del mismo origen, utiliza el mismo camino que el paquete de señalización. Cada uno de esos paquetes debe llevar en la cabecera el identificador de circuito virtual, evitando así repetir cada vez el encaminamiento, pues cada nodo por el que pasa el mensaje ya sabe por donde debe enviarlo. De esta forma se consigue un retardo todavía menor.

Por último, se finaliza la conexión con una petición de liberación del circuito virtual. Con este funcionamiento, se establece un circuito, pero es virtual debido a que su uso no es exclusivo. Si el emisor no manda ningún paquete por ese circuito, no se ocupa recurso alguno en la red.

El sistema empleado obliga a invertir tiempo en el establecimiento del circuito virtual, pero permite que todos los paquetes lleguen siempre ordenados. Si se usan paquetes lo suficientemente pequeños se puede transmitir tráfico isócrono, como vídeo en tiempo real. De hecho, de todas las redes, este es el único que lo permite.

El tamaño de los paquetes depende de cada red en concreto. Por ejemplo, en redes Frame Relay se fija un máximo de 1600 bytes por paquete, mientras que en redes ATM se fija un tamaño fijo de 53 bytes por paquete.

### 10.4.3 Clasificación de las redes según su escala o extensión:

1. **Redes LAN.** Las redes de área local (Local Area Network) son redes de ordenadores cuya extensión es del orden de entre 10 metros a 1 kilómetro.

Son redes de propiedad privada dentro de un solo edificio o campus, se usan ampliamente para conectar computadoras personales y estaciones de trabajo en oficinas de compañías y fábricas con objeto de compartir recursos (impresoras, intercambio de información).

Las LAN se distinguen de otro tipo de redes por tres características: su tamaño, su tecnología de transmisión y su topología. Las LAN están restringidas en tamaño, lo cual significa que el tiempo de transmisión del peor caso está limitado y se conoce de antemano.

Conocer este límite hace posible usar ciertos tipos de diseños que de otra manera no serían prácticos y también simplifica la administración de la red. Las LAN a menudo usan la tecnología de transmisión llamada difusión (broadcasting) que consiste en un cable sencillo al cual están conectadas todas las máquinas.

Las LAN tradicionales operan a velocidades de 10 a 100 Mbps (Megabits por segundo), tienen bajo retardo (décimas de microsegundos) y experimentan muy pocos errores. Las LAN más nuevas pueden operar a velocidades muy altas, de hasta cientos de megabits/seg.

2. **Redes MAN.** Las redes de área metropolitana (Metropolitan Area Network) son básicamente una versión más grande de una LAN y normalmente se basa en una tecnología similar.

Podría abarcar un grupo de oficinas corporativas cercanas o una ciudad y podría ser privada o pública, en su tamaño máximo, comprenden un área de unos 10 kilómetros. Una MAN puede manejar datos y voz, e incluso podría estar relacionada con la red de televisión por cable local.

Una MAN solo tiene uno o dos cables y no contiene elementos de conmutación, los cuales desvían los paquetes por una de varias líneas de salida potenciales, al no tener que conmutar, se simplifica el diseño.

La principal razón para distinguir las MAN como una categoría especial es que se ha adoptado un estándar para ellas, se llama DQDB(distributed queue dual bus, o bus dual de cola distribuida) o la norma IEEE 802.6.

El DQDB consiste en dos buses (cables) unidireccionales, a los cuales están conectadas todas las computadoras, como se muestra en la figura 9.2 cada bus tiene una cabeza terminal(head-end), un dispositivo que inicia la actividad de transmisión, el tráfico destinado a una computadora situada a la derecha del emisor usa el bus superior, el tráfico hacia la izquierda usa el de abajo.

Un aspecto clave de las MAN es que hay un medio de difusión(dos cables, en el caso de la norma 802.6) al cual se conectan todas las computadoras, esto simplifica mucho el diseño comparado con otros tipos de redes.

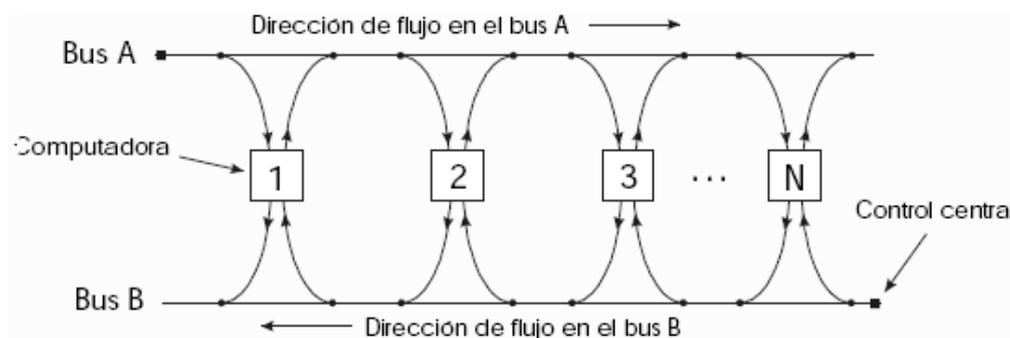


Fig. 10.6: Arquitectura de la red de área metropolitana DQDB

3. **Redes WAN.** Las redes de área extensa (Wide Area Network) se extienden sobre un área geográfica extensa, a veces un país o un continente; contiene una colección de máquinas(hosts) dedicadas a ejecutar programas de usuario(es decir , de aplicación) o de redes LAN conectadas por una subred.

Esta subred está formada por una serie de líneas de transmisión interconectadas por medio de routers, aparatos de red encargados de rutear o dirigir los paquetes hacia la LAN o host adecuado, enviándose éstos de un router a otro, su tamaño no tiene limite(mas de 10 Km. )

Distancia entre procesadores	Procesadores ubicados en el mismo ...	Ejemplo
1 m	Sistema	Multiprocesador
10 m	Habitación	LAN
100 m	Edificio	
1 Km	Campus	
10 Km	Ciudad	MAN (o WAN)
100 Km	País	WAN
1.000 Km	Continente	
10.000 Km	Planeta	

## 10.5 TOPOLOGÍAS DE REDES

La Topología es la forma que se interconectan los dispositivos de una red, es decir, define únicamente la distribución del cable que conecta los diferentes ordenadores.

### **Diferenciación entre topología física y topología lógica:**

Las topologías física y lógica son distintas aunque a veces se confundan. En redes locales (LAN) el cableado debe tener siempre la topología física de estrella, sin importar la topología lógica, salvo en casos plenamente justificados.

**TOPOLOGÍAS FÍSICAS :** La topología física es la conexión real del cableado entre los dispositivos . Hay una gran variedad, nosotros enumeraremos las 4 principales.

- Topología en bus.
- Topología en anillo.
- Topología en estrella.
- Topologia en arbol

### **Topologías lógicas:**

- Topología en anillo-estrella.
- Topología en bus-estrella.

Las topologías física y lógica son distintas aunque a veces se confundan. En redes locales (LAN) el cableado debe tener siempre la topología física de estrella, sin importar la topología lógica, salvo en casos plenamente justificados.

### 10.5.1 Topología en bus

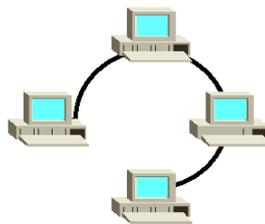
- Consiste en un cable lineal que se extiende de un ordenador al siguiente de un modo serie.
- Los extremos del cable terminan con una resistencia llamada **terminador**, que además de indicar que no existen más estaciones de trabajo, permite cerrar el bus.
- Utilizan conectores en forma de T (**BNC**) y cable coaxial.

#### **Ventajas:**

- Es una topología fácil de instalar y mantener.
- No existen elementos centrales del que dependa toda la red, cuyo fallo dejaría inoperativas a todas las estaciones.

#### **Inconvenientes:**

- Si se rompe el cable en algún punto, la red queda inoperativa por completo.



### 10.5.2 Topología en anillo

Es un caso especial y similar a la topología en bus.

El cable forma un bucle cerrado, y todas las estaciones se conectan a él.

Utiliza cable coaxial y conectores BNC.

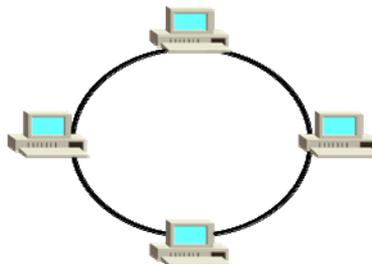
El método de acceso al cable es el de paso de testigo.

#### **Sus principales inconvenientes son:**

Si se rompe el cable se paraliza toda la red.

Es difícil de instalar.

El mantenimiento es complicado.



### 10.5.3 Topología en estrella

- Todos los ordenadores de la red están conectados a un concentrador (Hub o Switch), que sirve de punto de unión.
- El concentrador se encarga de distribuir los paquetes de datos desde el origen hasta el destino.
- El método de acceso al cable (o medio) más habitual es el POLLING, siendo el nodo central el que se encarga de su implementación.

Para poder establecer comunicación entre dos ordenadores, es obligado pasar por el punto central.

Se puede utilizar cable coaxial, par trenzado y fibra óptica  
Velocidad alta entre el nodo central y los extremos.

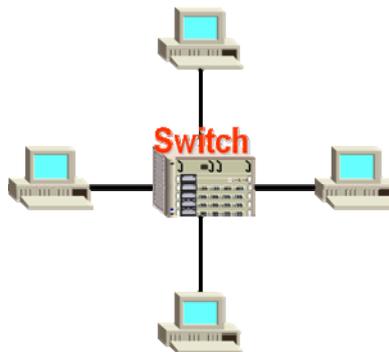
#### **Ventajas:**

Si se rompe el cable sólo se pierde conexión con el nodo que interconectaba.

Es fácil detectar problemas en la red.

#### **Inconvenientes:**

Alto costo.



### 10.5.4 Topología en árbol

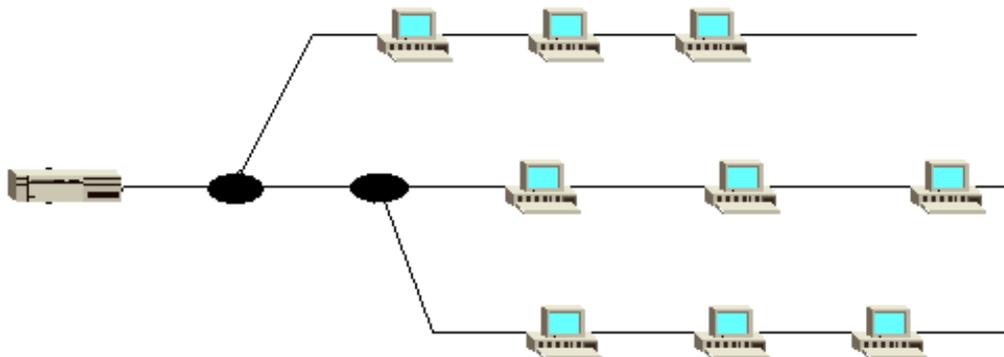
Partiendo de un dispositivo central los equipos se van ramificando. También se la conoce como "estructura jerárquica".

Se basa en un conjunto de canales de distribución, es decir buses unidos entre sí.

Normalmente uno de ellos se utiliza como bus central o principal, y a él se le unen los demás.

A los buses que no sean el central se les denomina complementarios.

Las uniones de estos con el central es por medio de unos divisores.



### 10.5.5 Topologías lógicas

La topología lógica se refiere comportamiento de los datos en la red independientemente del conexionado físico.

Topología en anillo-estrella.

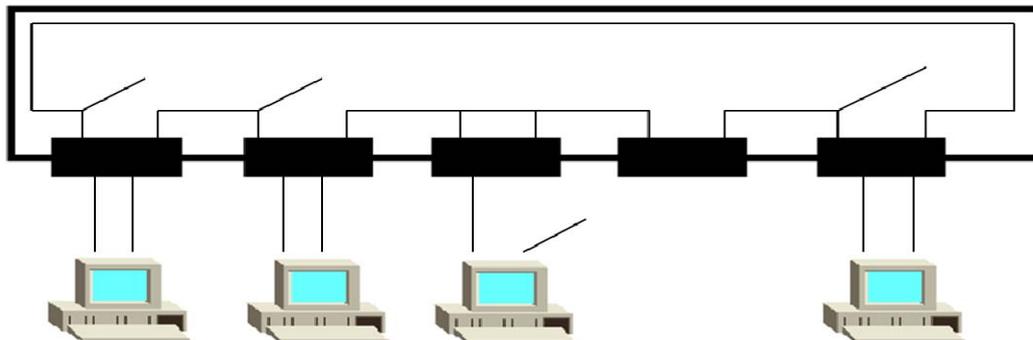
Topología en bus-estrella.

#### 10.5.5.1 Topología anillo-estrella:

- Se diseña para no tener los problemas de la topología en anillo por rotura del cable.
- Se utiliza un concentrador como dispositivo central o incluso un servidor de red (que a veces es uno de los nodos de la red). Así si se rompe un cable sólo queda inoperativo el nodo que lo conectaba.
- El concentrador utilizado se denomina MAU (Unidad de Acceso Multiestación). Contiene un anillo interno que se extiende a un anillo externo.
- A simple vista parece una estrella, pero trabaja como un anillo.

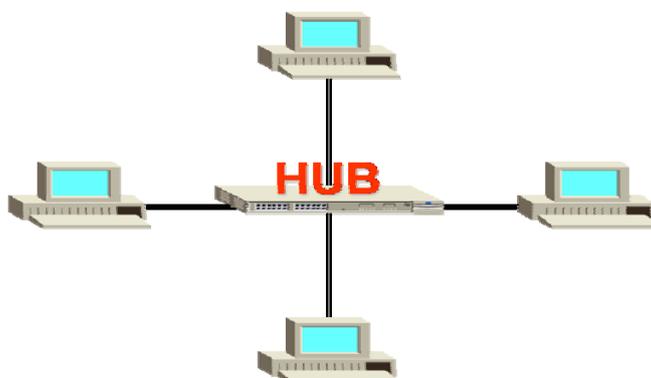


Cuando la MAU(UNIDAD DE ACCESO MULTIESTACION) detecta que un nodo se ha desconectado, puentea su entrada y salida para cerrar el anillo



#### **10.5.5.2 Topología bus-estrella**

- Su topología es de estrella pero funciona como un bus.
- El método de acceso al medio es CSMA/CD, típica del bus.
- Como punto central tiene un concentrador pasivo (hub), que implementa internamente el bus, al que están conectados todos los puestos.
- La única diferencia con la topología mixta es el método de acceso al medio.



## 10.6 SERVICIOS

### 10.6.1 Tipos de Servicio.

Existen dos tipos diferentes de servicio:

- *Orientados a conexión (CO)*: el usuario establece primero la conexión, la usa y finalmente la libera. El ejemplo más claro es una llamada telefónica: se descuelga, se habla y se cuelga. Realmente lo que se hace es establecer un canal exclusivo de comunicación de una cierta capacidad para un usuario en concreto.
- *Sin conexión (CL)*: cada mensaje lleva su propia dirección, pero la ruta que va a seguir hasta su destino no está predeterminada en el origen, sino que se va encaminando por la red independientemente de los demás mensajes. Esto quiere decir que los mensajes no tienen que llegar ordenados al destino, pues habrán llevado rutas diferentes. El ejemplo típico es el sistema de correos.

### 10.6.2 Calidad de Servicio.

Los servicios se caracterizan por la calidad que ofrecen. Se dice que un servicio es fiable cuando la información ni se pierde ni se duplica. Una forma de controlar la fiabilidad de un servicio es mediante el acuse de recibo (ACK, ...): el receptor indica con un mensaje al emisor si la información ha llegado.

Pero el colocar más mensajes recarga la línea y aumenta los retrasos. Un servicio que es no orientado a conexión y no es fiable se denomina *servicio de datagramas*, y es típico de las redes TCP/IP.

## 10.7 INTRODUCCIÓN A LOS PROTOCOLOS

Los protocolos son reglas y procedimientos para la comunicación. El término «protocolo» se utiliza en distintos contextos. Por ejemplo, los diplomáticos de un país se ajustan a las reglas del protocolo creadas para ayudarles a interactuar de forma correcta con los diplomáticos de otros países.

De la misma forma se aplican las reglas del protocolo al entorno informático. Cuando dos equipos están conectados en red, las reglas y procedimientos técnicos que dictan su comunicación e interacción se denominan protocolos. Cuando piense en protocolos de red recuerde estos tres puntos:

- **Existen muchos protocolos.** A pesar de que cada protocolo facilita la comunicación básica, cada uno tiene un propósito diferente y realiza distintas tareas. Cada protocolo tiene sus propias ventajas y sus limitaciones.
- **Algunos protocolos sólo trabajan en ciertos niveles OSI.** El nivel al que trabaja un protocolo describe su función. Por ejemplo, un protocolo que trabaje a nivel físico asegura que los paquetes de datos pasen a la tarjeta de red (NIC) y salgan al cable de la red.
- **Los protocolos también puede trabajar juntos en una jerarquía o conjunto de protocolos.** Al igual que una red incorpora funciones a cada uno de los niveles del modelo OSI, distintos protocolos también trabajan juntos a distintos niveles en la jerarquía de protocolos. Los niveles de la jerarquía de protocolos se corresponden con los niveles del modelo OSI. Por ejemplo, el nivel de aplicación del protocolo TCP/IP se corresponde con el nivel de presentación del modelo OSI. Vistos conjuntamente, los protocolos describen la jerarquía de funciones y prestaciones.

### 10.7.1 Cómo funcionan los protocolos

La operación técnica en la que los datos son transmitidos a través de la red se puede dividir en dos pasos discretos, sistemáticos. A cada paso se realizan ciertas acciones que no se pueden realizar en otro paso. Cada paso incluye sus propias reglas y procedimientos, o protocolo.

Los pasos del protocolo se tienen que llevar a cabo en un orden apropiado y que sea el mismo en cada uno de los equipos de la red. En el equipo origen, estos pasos se tienen que llevar a cabo de arriba hacia abajo. En el equipo de destino, estos pasos se tienen que llevar a cabo de abajo hacia arriba.

### **El equipo origen**

Los protocolos en el equipo origen:

- Se dividen en secciones más pequeñas, denominadas paquetes.
- Se añade a los paquetes información sobre la dirección, de forma que el equipo de destino pueda determinar si los datos le pertenecen.
- Prepara los datos para transmitirlos a través de la NIC y enviarlos a través del cable de la red.

### **El equipo de destino**

Los protocolos en el equipo de destino constan de la misma serie de pasos, pero en sentido inverso.

- Toma los paquetes de datos del cable y los introduce en el equipo a través de la NIC.
- Extrae de los paquetes de datos toda la información transmitida eliminando la información añadida por el equipo origen.
- Copia los datos de los paquetes en un búfer para reorganizarlos enviarlos a la aplicación.

Los equipos origen y destino necesitan realizar cada paso de la misma forma para que los datos tengan la misma estructura al recibirse que cuando se enviaron.

### **Jerarquías estándar**

La industria informática ha diseñado varios tipos de protocolos como modelos estándar de protocolo. Los fabricantes de hardware y software pueden desarrollar sus productos para ajustarse a cada una de las combinaciones de estos protocolos. Los modelos más importantes incluyen:

- La familia de protocolos ISO/OSI.
- La arquitectura de sistemas en red de IBM (SNA).
- Digital DECnet.
- Novell NetWare.
- Apple Talk de Apple.
- El conjunto de protocolos de Internet, TCP/IP.

Los protocolos existen en cada nivel de estas jerarquías, realizando las tareas especificadas por el nivel. Sin embargo, las tareas de comunicación que tienen que realizar las redes se agrupan en un tipo de protocolo entre tres. Cada tipo está compuesto por uno o más niveles del modelo OSI.

## 10.8 MODELOS DE REFERENCIA

Vamos a hablar ahora de las dos arquitecturas de redes más importantes en la actualidad, correspondientes a los protocolos OSI (Open Systems Interconnection) y TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).

Conviene destacar que la arquitectura es una entidad abstracta, más general que los protocolos o las implementaciones concretas en que luego se materializan éstos. Típicamente para cada capa de una arquitectura existirán uno o varios protocolos, y para cada protocolo habrá múltiples implementaciones.

Las implementaciones cambian continuamente; los protocolos ocasionalmente se modifican o aparecen otros nuevos que coexisten con los anteriores o los dejan anticuados; sin embargo una vez definida una arquitectura ésta permanece esencialmente intacta y muy raramente se modifica.

### 10.8.1 El modelo de referencia OSI

El modelo OSI (Open System Interconnection) es el comienzo de cualquier estudio de redes. Es un modelo idealizado de 7 capas o niveles que representa la subdivisión de tareas teórica que se recomienda tener en cuenta para el estudio o diseño de un sistema.

Esto no significa que todas las redes cumplan o deban cumplir exactamente con este modelo - y de hecho, normalmente no lo hacen- pero de todas formas se recomienda siempre tener en cuenta el modelo OSI como referencia, ya que conocimiento del mismo posibilita la correcta comprensión de cualquier red e inclusive facilita el poder realizar la comparación entre sistemas diferentes.

A cada capa se le asigna una función bien específica y las mismas se apilan desde la inferior a la superior de forma que cada una depende de la inmediata inferior para su funcionamiento.

Cada capa dialoga con la capa de arriba, y con su par en el otro equipo accedando la capa de abajo, este diálogo se le llama protocolo: conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de datos entre entidades de un mismo nivel.

La unidad de información que intercambian las entidades de cada capa se le denomina PDU (Protocol Data Unit), cada capa o nivel tiene una misión distinta y no se preocupa de lo que debe hacer otro nivel. Las 7 capas son las siguientes:



#### **CAPA 1 : Physical (Física):**

- Define las reglas para transmitir el flujo de bits por el medio físico
- A este nivel se definen las características mecánicas, eléctricas, electromagnéticas, luminosas, etc., de los elementos que intervienen en la red, así como las funciones y procedimientos necesarios para establecer la conexión entre dispositivos a nivel físico: como deben ser los conectores, intensidad, resistencia, impedancia, etc., de los cables.
- Se encarga de pasar bits al medio físico utilizado y suministra información a la siguiente capa.

Ejemplo: La norma RS - 232 - C que suele emplearse para la conexión de impresoras en serie a Pc,s, se sabe que los conectores que especifica, tienen 25 patillas y que por la patilla nº 2 se emiten los datos y por la patilla nº 3 se reciben los datos desde el otro extremo.

Así, al conectar una impresora a un ordenador, el cable debe tener un hilo que conecte la patilla 2 del conector con la patilla 3 del conector de la impresora.

#### **CAPA 2 : Data Link (Enlace) :**

Organiza los bits en grupos lógicos denominado tramas o frames. Proporciona además control de flujo y control de errores. Proporciona transmisión confiable entre dos puntos adyacentes de la red, es decir, en él se definen los procedimientos para conseguir el establecimiento, mantenimiento y liberación de la conexión entre dos interlocutores. Es uno de los niveles más importantes, y en él deben ejecutarse:

- Formación de las tramas (de la capa 2) en base a los paquetes (de la capa 3), añadiéndole direcciones físicas, chequeo de integridad, inserción de información de control, banderas de sincronía y delimitadores
- Sincronización de las estructuras de la información que se intercambian.
- Detección y corrección de errores de transmisión (CRC, HAMILING)
- Control de la comunicación, para asegurar que el caudal de información se encuentre dentro de los márgenes adecuados al emisor y al receptor, ya que si varios dispositivos intentan emitir o recibir a la vez, se deben organizar para que esté garantizada la integridad de las comunicaciones, haciendo posible que todos los terminales puedan acceder a la red.

En este nivel se sitúan los protocolos de conexión como: HDLC (High Level Data Control) o BSC (Binary Synchronous Communication). Identifica a las computadoras por su dirección física. Para redes WAN es una capa monolítica, pero para redes LAN y MAN está formada por dos subcapas:

- **MAC (Media Access Control):** subcapa más relacionada con el medio físico, y que maneja el método de acceso para la transmisión confiable y que realiza la micro-fragmentación, y que se encarga de enviar paquetes a su destino.
- **LLC (Logical Link Control):** Es la subcapa más cercana al nivel de red, y es una subcapa que se encarga de permitir la interconectividad entre diferentes tipos de redes.

Esta capa debe encargarse que los datos se envíen con seguridad a su destino y libres de errores. Cuando la conexión no es punto a punto, esta capa no puede asegurar su cometido y es la capa superior quien lo debe hacer.

### **CAPA 3 : Network (Red) :**

- Proporciona la posibilidad de rutear la info agrupada en paquetes.
- Selecciona la ruta que deben tomar los paquetes (PDU de la capa 3) dentro de las redes, es decir, se encarga de enlazar con la red y encaminar los datos hacia sus lugares o direcciones de destino.
- Esta y las dos capas inferiores son las encargadas de todo el proceso externo al propio sistema y que están tanto en terminales como en repetidores.
- Forma los paquetes en base a los mensajes (PDU de las capas superiores) añadiéndole direcciones lógicas, realizando la macro-fragmentación, y el reensamblado de los mismos.

- En él se definen los procedimientos necesarios para establecer, mantener y liberar la transferencia de información en forma de paquetes, y por tanto habrá que definir su estructura, las técnicas de control de errores, y la secuencia correcta de los mismos.
- La unidad de información en este nivel es el paquete.

#### **CAPA 4 : Transport (Transporte):**

- Realiza el control de extremo a extremo de la comunicación, proporcionando control de flujo y control de errores. Esta capa es asociada frecuentemente con el concepto de confiabilidad.
- Primer capa que sólo reside en los equipos finales (emisor y receptor), garantiza que el conjunto de paquetes que conforma el mensaje (PDU de esta capa) estén formados en orden (secuencia), sin errores ni duplicaciones.
- Controla la transmisión de los mensajes a través de la red, dividiendo los mensajes en paquetes que son entregados a los mecanismos del nivel 3, para que los transporte a su destino, y una vez allí los devuelva al nivel 4, que los unirá en su secuencia correcta, reconstruyendo así el mensaje original.
- También se ocupa de analizar las siguientes rutas y elegir las que más convengan en su caso, así como garantizar la integridad de los mensajes y su secuencia temporal, almacenando los paquetes si hay desfase entre ellos. La unidad a este nivel es el mensaje.

#### **CAPA 5 : Session (Sesión):**

- conexión y mantenimiento del enlace
- Permite establecer sesiones entre emisor y receptor, tanto si son de diferentes sistemas como si no lo son.
- Establece el diálogo entre programas de los equipos terminales, sincroniza la operación entre las tareas de dichos programas.
- Puede agrupar datos de diversas aplicaciones para enviarlos juntos o incluso detener la comunicación y restablecer el envío tras realizar algún tipo de actividad.
- Inserta puntos de pruebas que permitan la comprobación de la transmisión, así como controlar y sincronizar las operaciones que se efectúan sobre conjuntos de datos, de cara a asegurar su integridad. La unidad a este nivel es la transacción.

#### **CAPA 6 : Presentation (Presentación):**

- frecuentemente forma parte del sistema operativo y se encarga de dar formato los datos.

- Formatea los datos para la capa de aplicación, siendo responsable de la presentación de la información a los usuarios de forma comprensible.
- Traduce los códigos y funciones de diferentes equipos finales para brindar funcionalidad y presentación similares.
- Encripta y desencripta la información que se transmite para evitar que sea utilizada por usuarios no autorizados.
- Resumiendo, este nivel se encarga de la sintaxis de los datos.

#### **CAPA 7 : Application (Aplicación) :**

- Permite acceder a las facilidades del sistema para intercambiar información.
- Es el responsable de que se ejecuten las aplicaciones que proporcionan los servicios requeridos por el usuario, y para ello se crea un interfaz con el usuario final (persona o programa), ofreciendo los servicios de la red:
  - Emulación de terminal.
  - Transferencia de archivos.
  - Correo electrónico.
  - Directorio de usuarios.
  - Administración de la red.

Este nivel permite que varias aplicaciones compartan la red. Es importante aclarar con respecto a esta última que no cualquier aplicación que corra dentro de una PC encuadra en la capa Aplicación del modelo OSI, sino solamente las aplicaciones a los efectos del trabajo en red.

#### **10.8.2 El modelo de referencia TCP/IP**

El Protocolo de control de transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP) es un conjunto de Protocolos aceptados por la industria que permiten la comunicación en un entorno heterogéneo (formado por elementos diferentes).

Además, TCP/IP proporciona un protocolo de red encaminable y permite acceder a Internet y a sus recursos. Debido a su popularidad, TCP/IP se ha convertido en el estándar de hecho en lo que se conoce como *interconexión de redes*, la intercomunicación en una red que está formada por redes más pequeñas.

TCP/IP se ha convertido en el protocolo estándar para la interoperabilidad entre distintos tipos de equipos. La interoperabilidad es la principal ventaja de TCP/IP. La mayoría de las redes permiten TCP/IP como protocolo. TCP/IP también permite el encaminamiento y se suele utilizar como un protocolo de interconexión de redes.

Entre otros protocolos escritos específicamente para el conjunto TCP/IP se incluyen:

- **SMTP** (Protocolo básico de transferencia de correo). Correo electrónico.
- **FTP** (Protocolo de transferencia de archivos). Para la interconexión de archivos entre equipos que ejecutan TCP/IP.
- **SNMP** (Protocolo básico de gestión de red). Para la gestión de redes.

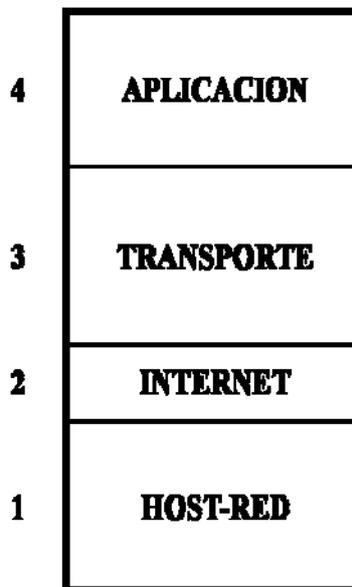
Diseñado para ser encaminable, robusto y funcionalmente eficiente, TCP/IP fue desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos como un conjunto de protocolos para redes de área extensa (WAN). Su propósito era el de mantener enlaces de comunicación entre sitios en el caso de una guerra nuclear.

Actualmente, la responsabilidad del desarrollo de TCP/IP reside en la propia comunidad de Internet. La utilización de TCP/IP ofrece varias ventajas:

- **Es un estándar en la industria.** Como un estándar de la industria, es un protocolo abierto. Esto quiere decir que no está controlado por una única compañía, y está menos sujeto a cuestiones de compatibilidad. Es el protocolo, de hecho, de Internet.
- **Contiene un conjunto de utilidades para la conexión de sistemas operativos diferentes.** La conectividad entre un equipo y otro no depende del sistema operativo de red que esté utilizando cada equipo.
- **Utiliza una arquitectura escalable, cliente/servidor.** TCP/IP puede ampliarse (o reducirse) para ajustarse a las necesidades y circunstancias futuras. Utiliza sockets para hacer que el sistema operativo sea algo transparente.

### **TCP/IP y el modelo OSI**

El protocolo TCP/IP no se corresponde exactamente con el modelo OSI. En vez de tener siete niveles, sólo utiliza cuatro.



Pasemos a describirlas brevemente.

#### **La capa host-red**

Esta capa engloba realmente las funciones de la capa física y la capa de enlace del modelo OSI. El modelo TCP/IP no dice gran cosa respecto a ella, salvo que debe ser capaz de conectar el host a la red por medio de algún protocolo que permita enviar paquetes IP.

Podríamos decir que para el modelo TCP/IP esta capa se comporta como una 'caja negra'. Cuando surge una nueva tecnología de red (por ejemplo ATM) una de las primeras cosas que aparece es un estándar que especifica de que forma se pueden enviar sobre ella paquetes IP; a partir de ahí la capa internet ya puede utilizar esa tecnología de manera transparente.

Proporciona la interfaz entre la arquitectura de red (como Token Ring, Ethernet) y el nivel Internet.

#### **La capa internet**

Esta capa es el 'corazón' de la red. Su papel equivale al desempeñado por la capa de red en el modelo OSI, es decir, se ocupa de encaminar los paquetes de la forma más conveniente para que lleguen a su destino, y de evitar que se produzcan situaciones de congestión en los nodos intermedios.

Debido a los requisitos de robustez impuestos en el diseño, la capa internet da únicamente un servicio de conmutación de paquetes no orientado a conexión.

Los paquetes pueden llegar desordenados a su destino, en cuyo caso es responsabilidad de las capas superiores en el nodo receptor la reordenación para que sean presentados al usuario de forma adecuada.

A diferencia de lo que ocurre en el modelo OSI, donde los protocolos para nada intervienen en la descripción del modelo, la capa internet define aquí un formato de paquete y un protocolo, llamado IP (Internet Protocol), que se considera el protocolo 'oficial' de la arquitectura.

Los routers son dependientes del protocolo. Funcionan a este nivel del modelo y se utilizan para enviar paquetes de una red a otra o de un segmento a otro. En la capa internet trabajan varios protocolos.

### **La capa de transporte**

Esta capa recibe el mismo nombre y desarrolla la misma función que la cuarta capa del modelo OSI, consistente en permitir la comunicación extremo a extremo (host a host) en la red.

Aquí se definen dos protocolos: el TCP (Transmission Control Protocol) ofrece un servicio CONS fiable, con lo que los paquetes (aquí llamados segmentos) llegan ordenados y sin errores. TCP se ocupa también del control de flujo extremo a extremo, para evitar que por ejemplo un host rápido sature a un receptor más lento. Ejemplos de protocolos de aplicación que utilizan TCP son el SMTP (Simple Mail Transfer Program, correo electrónico) y el FTP (File Transfer Protocol).

El otro protocolo de transporte es UDP (User Datagram Protocol) que da un servicio CLNS, no fiable. UDP no realiza control de errores ni de flujo. Una aplicación típica donde se utiliza UDP es la transmisión de voz y vídeo en tiempo real; aquí el retardo que introduciría el control de errores produciría más daño que beneficio: es preferible perder algún paquete que retransmitirlo fuera de tiempo. Otro ejemplo de aplicación que utiliza UDP es el NFS (Network File System); aquí el control de errores y de flujo se realiza en la capa de aplicación.

### **La capa de aplicación**

Esta capa desarrolla las funciones de las capas de sesión, presentación y aplicación del modelo OSI. La experiencia ha demostrado que las capas de

sesión y presentación son de poca utilidad, debido a su escaso contenido, por lo que la aproximación adoptada por el modelo TCP/IP parece mas acertada.

La capa de aplicación contiene todos los protocolos de alto nivel que se utilizan para ofrecer servicios a los usuarios. Entre estos podemos mencionar tanto los ‘tradicionales’, que existen desde que se creó el TCP/IP: terminal virtual (TelNet), transferencia de ficheros (FTP), correo electrónico (SMTP) y servidor de nombres (DNS), como los mas recientes, como el servicio de news (NNTP), el Web (HTTP), el Gopher, etc.

**Comparación de los modelos TCP/IP y OSI**

<b>5</b>	<b>APLICACION</b>	<b>7</b>	<b>APLICACION</b>
		<b>6</b>	<b>PRESENTACION</b>
<b>4</b>	<b>TRANSPORTE</b>	<b>5</b>	<b>SESION</b>
		<b>4</b>	<b>TRANSPORTE</b>
<b>3</b>	<b>INTERNET</b>	<b>3</b>	<b>RED</b>
<b>2</b>	<b>ENLACE</b>	<b>2</b>	<b>ENLACE</b>
<b>1</b>	<b>HOST - RED</b>	<b>1</b>	<b>FISICA</b>



# CAPITULO 11:

## Redes de area local

---

### 11.1 DEFINICIÓN DE LAN

Podemos encontrar varias definiciones que nos resumirían el concepto de una LAN (Local Area Network). Una primera idea de red de área local sería tener dos o más computadores conectados, que se comunican entre si a través de algún medio físico, tal como el cable coaxial o el cable de par trenzado.

Estos computadores comparten dispositivos periféricos y datos a una velocidad de transferencia de al menos 1Mbps. Normalmente, se localizan dentro de una zona limitada como puede ser una oficina, o un piso de un edificio. Como veremos más adelante, también hay LAN's que se implementan vía radio, por enlace infrarrojo o fibra óptica.

El IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) nos da la siguiente definición: "Sistema de comunicación de datos que permite un cierto número de dispositivos comunicarse directamente entre sí, dentro de un área geográfica reducida y empleando canales físicos de comunicación de velocidad moderada o alta".

### 11.2 CARACTERÍSTICAS DE UNA LAN

Las características básicas de una LAN son:

- Compartición de recursos. Como impresoras, scanners, módems, discos remotos,...
- Interconexión de equipos informáticos.
- Es una red privada corporativa. Ya que la red es propiedad de la organización.
- Cobertura geográfica limitada (max. 10Km)
- Velocidades de transmisión elevadas (1-100Mbps).
- Tasas de error de transmisión muy bajas ( $\sim 10^{-9}$ ).
- Permite un uso transparente. El uso de equipos remotos como la impresora o módem es como si estuvieran en nuestro equipo local.
- Fácil instalación y explotación.
- Gestión y administración de la LAN.

### 11.3 ¿QUÉ BENEFICIOS APORTA?

Los principales beneficios de una LAN son:

- La compartición de recursos. Esto nos permite tener datos e información actualizados; acceso a periféricos remotos (impresoras, discos duros,...); y nos permite usar programas y aplicaciones de una forma centralizada.
- Incremento de la capacidad de comunicaciones. Nos da un gran abanico de posibilidades, como correo electrónico, intranet, etc.
- Reducción de costes. Directamente porque el número de recursos a utilizar son menos ya que estos se comparten por un conjunto de ordenadores. E indirectamente por el aumento de la productividad.

### 11.4 CONCEPTOS DE REDES LOCALES.

Conviene tener claros una serie de conceptos sobre las redes de area local:

- Elementos de una LAN.
- Arquitecturas de Red.
- Organizaciones de Estandarización.
- Topologías de Red.
- Técnicas de Acceso al Medio.

#### 11.4.1 Elementos de una LAN.

Los componentes básicos requeridos para que funcione un LAN se pueden dividir en dos categorías: Hardware y Software.

Una red de área local requiere los siguientes componentes hardware: El servidor de ficheros, las estaciones de trabajo, el cableado, equipamiento de conectividad (concentradores, conectores,...) y las targetas de red o NICs (Network Interface Card).

El software necesario para que una LAN funcione correctamente está formado por el sistema operativo del servidor de ficheros (sistema operativo de red) y el de la estación de trabajo. Por ejemplo tener Windows NT Server en el Servidor y Windows 95 en las estaciones de trabajo.

#### 11.4.2 Arquitecturas de Red.

Una LAN puede estar constituida por diferentes dispositivos de diferentes fabricantes, y para que la red funcione debidamente, estos dispositivos deben poder comunicarse entre si. Una arquitectura combina los estándares y protocolos existentes necesarios para crear una red que funcione.

En otras palabras, la red definida por medio de la combinación de estándares y protocolos se denomina 'arquitectura de red'. Por consiguiente, una arquitectura de red es también un estándar, ya que define las reglas y especificaciones de una red y como interactúan sus componentes.

Toda arquitectura debe tener una serie de características: Conectividad, Modularidad, Facilidad de implementación, Facilidad de uso, Fiabilidad y Facilidad de modificación. Para ello las arquitecturas de red se dividen en 'niveles', siendo cada nivel responsable de una cierta tarea. Cuando se combinan estas tareas, se obtiene un servicio realizado por la red.

Cada nivel puede comunicarse con el nivel superior e inferior a él (los protocolos definen como se establece la comunicación entre los niveles y como se deben intercambiar los datos entre ellos). Cuando cada nivel completa su función, pasa los datos y el control del servicio al nivel inmediatamente superior o inferior. Todas las redes se construyen sobre niveles de protocolos, y dichos niveles son los bloques de construcción utilizados por las organizaciones de estándares para crear arquitecturas de red.

Son varias las organizaciones de estandarización que intentan establecer las bases sobre las que construir las redes de área local. Aunque las empresas informáticas están tendiendo a seguir estos estándares, a un fabricante de ordenadores no se le puede obligar a que se adhiera a un estándar. Estos pueden ser únicamente recomendaciones.

De hecho, ya existen muchos protocolos que son incompatibles entre sí, debido principalmente a que la mayoría de las compañías de ordenadores tienen establecidos sus propios estándares de conexiones de red y comunicaciones.

Este problema ha creado una demanda para disponer de un estándar independiente de los fabricantes para todas las arquitecturas de red en niveles. Esto ha dado lugar al modelo OSI, que ya fue explicado en el capítulo 10.

#### **11.4.3 Organizaciones de Estandarización.**

Existen varias organizaciones y comités reconocidos que están recomendando ciertos estándares: el CCITT (Consultative Committee on International Telegraphy and Telephony), ISO (International Standards Organization) y el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

El CCITT es una organización internacional de estándares con sede en Ginebra, Suiza. Ha desarrollado estándares para diferentes aspectos de las comunicaciones de datos (se describen en recomendaciones tales como X.25,

X.400, etc) y transmisión telefónica. Estos estándares han tenido un mayor impacto en las redes de área extendida que en las locales.

ISO, también con sede en Ginebra, ha desarrollado un modelo de referencia para las redes de ordenadores conocido como OSI (Open System Interconnect). Y que forma la base de muchos de los estándares actuales.

El IEEE es una organización internacional que ha desarrollado un juego de estándares para redes LAN y que siguen muchos fabricantes. Se trata del Proyecto 802 del comité "Computer Society Local Network" del IEEE. En este proyecto se dividió el nivel de 'enlace de datos' en dos grupos:

- El subnivel inferior denominado nivel MAC (Media Access Control, control de acceso al medio), que proporciona el acceso compartido al nivel físico de la red de modo que múltiples estaciones puedan compartir el medio físico.
- Y el subnivel superior llamado nivel LLC (Logical Link Control, control de enlace lógico), que proporciona un servicio de enlace de datos, ensamblado y desensamblado, multiplexación y comprobación de direcciones.

El comité del proyecto 802 se dividió en seis grupos de trabajo y dos grupos consultivos técnicos que han dado lugar a una serie de documentos:

- 802.1. Una introducción al trabajo del proyecto que define el modelo de referencia LAN. También se ocupa de temas tales como formatos, gestión de red y conexiones entre redes.
- 802.2. Describe los servicios y primitivas del nivel LLC que se usan en todas las redes de área local especificadas por el IEEE.
- 802.3. Define los estándares para el nivel físico y subnivel MAC de una red de topología lógica en bus basada en CSMA/CD.
- 802.4. Define los estándares para el nivel físico y subnivel MAC de una red de bus que tiene como técnica de acceso al medio el paso de testigo.
- 802.5. Define los estándares para el nivel físico y subnivel MAC de una red en anillo que tiene como técnica de acceso al medio el paso de testigo de banda base.
- 802.6. Define los estándares para el nivel físico y subnivel MAC de una red basada en DQDB.
- 802.7. Un grupo consultivo técnico relacionado con las redes de banda ancha. Aconseja a los demás grupos sobre los problemas relacionados con la transmisión de banda ancha.

- 802.8. Un grupo consultivo técnico relacionado con la fibra óptica para explorar las formas en que esta tecnología puede contribuir en otros grupos.

Como veremos más adelante, los grupos 802.3, 802.4 y 802.5 forman las bases de tres arquitecturas actuales que son respectivamente Ethernet, Token Bus y Token Ring.

#### **11.4.4 Topología de Red.**

Las estaciones de trabajo y el servidor de ficheros de una LAN deben estar conectados mediante un medio de transmisión o cableado. La disposición física de la red se denomina 'topología'. La arquitectura también determina la topología de la red de área local. Existen tres topologías básicas que son: estrella, bus y anillo. También podemos encontrarnos derivaciones de las anteriores como las topologías en árbol, doble anillo y malla.

Llegados a este punto, conviene hacer una distinción entre topología física y lógica. La definición que hemos dado antes se refiere a la disposición física de los nodos en la red, con lo que nos estamos refiriendo a la topología física. Con topología lógica nos estamos refiriendo al modo en que se accede al medio.

Así en una red Ethernet podemos tener varias estaciones conectadas mediante un Hub (concentrador) donde la topología física es en estrella, pero el funcionamiento es como si tuvieramos un bus (topología lógica en bus).

Así en una red Ethernet podemos tener varias estaciones conectadas mediante un Hub (concentrador) donde la topología física es en estrella, pero el funcionamiento es como si tuvieramos un bus (topología lógica en bus).

tener una red Token Ring donde las estaciones, unidas por una MAU (un concentrador para este tipo de redes), también tienen una topología física en estrella; pero funcionan como si estuvieran conectadas en anillo (topología lógica en anillo).

#### **1.4.5 Técnicas de Acceso al Medio**

Como ya hemos visto, una LAN con múltiples estaciones de trabajo puede instalarse utilizando diferentes topologías. Pero en todas ellas se dispone de un único medio físico. Puesto que no pueden acceder todas los ordenadores a la vez, deberán existir una serie de normas o técnicas de acceso al medio. Los métodos de acceso al medio más comunes son:

- CSMA/CD.
- Paso de Testigo.
- Sondeo.

CSMA/CD es el acrónimo de Carrier Sense Multiple Access and Collision Detection. El funcionamiento consiste en que cada ordenador (nodo) de la red está escuchando el medio físico. Y solo transmitirá cuando no lo esté haciendo otra estación.

En el caso de que el canal esté libre y dos estaciones transmitan al mismo tiempo, se produce una colisión. CSMA/CD dispone además de mecanismos para detectar estas colisiones y volver a retransmitir en caso necesario.

En la segunda técnica de acceso al medio, un testigo viaja a través de la red, parándose en cada nodo para ver si tiene algo que enviar. Si llega a un nodo que no tiene nada que transmitir, el testigo viaja al siguiente nodo.

En el caso de que si tenga que transmitir, se mandan los datos y la dirección de destino y el testigo viaja (esta vez como ocupado) hasta el nodo destino. Una vez que los datos han sido recibidos, el testigo vuelve al nodo transmisor y se desbloquea.

Los protocolos de sondeo requieren de un nodo central que es el que gestiona quién transmite en cada momento. El ordenador central es el que se encarga de sondear para ver qué nodo tiene que transmitir.

## 11.5 ETHERNET

### 11.5.1 Origen de Ethernet.

Fue a finales de los años 60 cuando la universidad de Hawai desarrolló el método de acceso CSMA/CD, empleado por primera vez en la red de área extendida ALOHA, en la que se basa la Ethernet actual. En 1972, Ethernet experimentó un fuerte desarrollo en Xerox, donde se conoció como *Experimental Ethernet*.

Esta empresa pretendía unir 100 PC's en una distancia de 1 Km. El diseño tuvo mucho éxito y su popularidad creció. Además Xerox también contribuyó al avance del proyecto 802 del IEEE. Más adelante, en 1982, Xerox junto con Intel y Digital Equipment Corporation, sacaron la versión 2.0 de Ethernet.

Hoy en día, Ethernet sigue el estándar 802.3 del IEEE. A continuación veremos qué define esta importante arquitectura a nivel físico y a subnivel MAC.

### 11.5.2 Ethernet y el Nivel Físico.

La velocidad que desarrolla Ethernet es de 10Mbps, pero la norma 802.3 de IEEE define otras velocidades que van desde 1Mbps hasta 1000Mbps. La codificación que emplea Ethernet es de tipo Manchester Diferencial. El medio de transmisión empleado pueden ser varios:

- Cable Coaxial: Puede ser fino (thinnet) o grueso (thicknet).
- Par Trenzado: No apantallado (UTP), apantallado (STP), totalmente apantallado (FTP).
- Fibra Óptica: Monomodo, multimodo o de índice gradual.

Según se emplee un tipo de cable u otro, la distancia máxima de un vano (segmento de cable que no pasa por ningún tipo de repetidor) será una u otra. Existe una nomenclatura que nos indica la velocidad, el tipo de medio físico empleado, la distancia máxima:

- 10Base2: Nos indica que es una red Ethernet a 10Mbps, con cable coaxial fino (thinnet) y cuya distancia máxima de un vano es de 200m (en realidad son 185m, pero por comodidad se representa con un 2). Como máximo se pueden unir 5 segmentos de 200m mediante 4 repetidores. Donde como mucho 3 de esos segmentos pueden llevar estaciones de trabajo, y 2 deben ir sin equipos. A esta especificación se la denomina la regla de diseño 5/4/3/2/1. El número máximo de nodos por segmento es de 30. El nombre de Base se refiere a que se trata de una transmisión en banda base.
- 10Base5: Igual que el anterior pero esta vez se emplea cable coaxial grueso (thicknet), que permite aumentar la distancia máxima hasta 500m. También cumple con la regla de diseño 5/4/3/2/1. El número de nodos por segmento está limitado a 100.
- 10BaseT: La sigla 'T' se refiere a que se emplea par trenzado. Con este tipo de cable es necesario usar un Hub (concentrador) donde se conectarán todas las estaciones de trabajo. De este modo dispondremos de una topología física en estrella, mientras que la lógica sigue siendo en bus. La distancia máxima de un ordenador a cualquiera de los repetidores es de 100m. El máximo número de nodos en una red completa 10BaseT es de 1024. Estas estaciones pueden estar en un mismo segmento o en varios. Recordemos que por segmento se entiende el trozo de cable que se conecta a uno de

los puertos del Hub. Como en los otros casos una señal no puede atravesar más de 4 repetidores (Hubs).

- 10BaseF: La notación 'F' indica que el medio de transmisión es fibra óptica. La velocidad es como las anteriores, de 10Mbps. Y la longitud máxima de un vano puede llegar a varios kilómetros.

### 11.5.3 Ethernet y el Subnivel MAC.

La técnica de acceso de Ethernet es CSMA/CD. Esta funciona bien cuando el tráfico cursado no es muy elevado. A veces ocurre que el tráfico en una LAN es muy elevado y se producen demasiadas colisiones haciendo que la red no funcione debidamente. Esto se puede solucionar separando la red en dos subredes mediante un Bridge.

Recordemos que un Hub no aísla el tráfico, en cambio un puente si. Otra característica de las redes Ethernet es que por su funcionamiento no puede garantizar un tiempo de acceso. Aunque por esta razón Ethernet no sería adecuada para aplicaciones en tiempo real, puede emplearse para transmitir voz y video cuando la red se sobredimensiona.

El Caudal Agregado de una red Ethernet es del 30%. Esto significa que si todas las estaciones transmitieran a más del 30% de 10Mbps (3.33Mbps) habría demasiadas colisiones y la red se saturaría. El Formato de Trama del protocolo IEEE 802.3 (trama MAC) consta de los siguientes campos:

- Preámbulo: Son una serie de ceros y unos alternados que sirven para establecer la sincronización a nivel de bit.
- Delimitador de comienzo de trama (SFD): Consiste en la secuencia de bits 10101011, que indica el comienzo real de la trama y posibilita al receptor localizar el primer bit del resto de la trama.
- Dirección de destino (DA): Indica a quién va dirigida la trama. Esta dirección puede ser una única dirección física, una dirección de grupo o una dirección global.
- Dirección de origen (SA): Especifica la estación que envió la trama.
- Longitud: Marca la longitud del campo de datos LLC.
- Datos LLC: Unidad de datos suministrada por LLC.
- Relleno: Son unos octetos de relleno para asegurar que la trama es lo suficientemente larga como para un correcto funcionamiento de la técnica de detección de colisión.
- Secuencia de comprobación de trama (FCS): Comprobador de redundancia cíclica de 32 bits (CRC-32). Este campo sirve para detectar errores, pero no para corregirlos.

<b>7B</b>	<b>1B</b>	<b>6B</b>	<b>6B</b>	<b>2B</b>			<b>4B</b>
Preámbulo	SFD	DA	SA	Tipo/Longitud	Datos LLC	Relleno	FCS

**Fig. 11.1 Formato de la trama IEEE 802.3**

Las direcciones en Ethernet están formadas por 6 octetos (48 bits). Una posible dirección podría ser, 01:A0:7F:10:04:AC. A continuación mostramos el formato:

<b>1b</b>	<b>1b</b>	<b>22b</b>	<b>24b</b>
Grupo	Global/Local	Fabricante	Nº de serie

**Fig. 11.2 Dirección Ethernet**

El primer bit indica si el mensaje va destinado a una máquina individual ('0') o a un grupo ('1'). El siguiente sirve para indicar si la dirección es global ('1') o local ('0'). La dirección por defecto que tiene la tarjeta de red (NIC), es una dirección global. A veces nos puede interesar modificarla por alguna razón.

Entonces pasa a ser local, pero será responsabilidad nuestra que esta no cree conflicto en nuestra LAN, pues puede haber dos máquinas con la misma dirección. Cuando en el campo de dirección destino aparece todo unos, es decir, FF:FF:FF:FF:FF:FF significa que se está emitiendo para todos los ordenadores conectados a la LAN (*multicast*).

El campo de longitud de la trama MAC en la norma 802.3 ya hemos dicho que indica la longitud del campo de datos, que como mucho puede ser de 1500 Bytes. Esta trama luego pasa al subnivel LLC, quien se encarga de multiplexarla al protocolo que corresponda (IP,IPX,ARP, ...).

Esta es una pequeña diferencia que existe con la arquitectura Ethernet, pues en este caso el campo de longitud marca el tipo de trama para saber a que protocolo corresponde. Se han reservado una serie de valores que van de 1500 en adelante.

El campo de relleno nos sirve para conseguir un tamaño mínimo de trama (64Bytes). Esto es para que funcione correctamente la detección de colisiones (CD). Supongamos dos equipos A y B conectados por medio un medio físico. El equipo B manda una trama hacia A, que debido al retardo de propagación del medio no le llega pasado un tiempo 't'.

Si justo antes de que le llegue la trama al equipo A, este transmite (pues ve que la línea no está ocupada por ningún otro medio), se produce una colisión. Esta tarda otro tiempo 't' en llegar al equipo B, que si todavía sigue transmitiendo la trama detecta la colisión y volvería a mandar la información.

El problema surge cuando el equipo B recibe la colisión una vez que ya ha terminado de transmitir la trama. Esto puede suceder porque la trama sea muy corta, el retardo del medio muy grande (distancias largas) o porque se transmite a mucha velocidad.

Por esta razón para una velocidad dada (10Mbps) se fija el retardo máximo (51.2 microseg) y esto fija el tamaño mínimo de la trama (64 Bytes). Con lo que una colisión solo se puede producir en los primeros 64 Bytes de una trama.

De este modo quedan relacionados estos tres parámetros. Por ejemplo para transmitir a mayor velocidad, manteniendo el tamaño mínimo de la trama, debe disminuir el retardo del medio (distancia máxima).

## 11.6 TOKEN RING

Forma, junto con Ethernet, la base de toda red de área local en la actualidad. Token Ring nació en 1985 a manos de IBM. Esta arquitectura sigue los estándares establecidos por el subcomité 802.5 de IEEE.

La red Token Ring tiene una topología en anillo, pero físicamente se suele conectar en estrella haciendo uso de un concentrador denominado MAU, *Multistation Access Unit* y del correspondiente par trenzado. La distancia de un nodo a la MAU se denomina *longitud de lóbulo*, y no suele superar los 100m. La distancia entre MAUs puede ser algo mayor (150m). La transmisión se realiza en banda base a 4 ó 16 Mbps.

La técnica de acceso al medio es el ya conocido paso de testigo. Recordemos que consiste en una trama denominada testigo (*token*), que circula por el anillo, sondeando los nodos para ver si desean transmitir.

Cuando una estación desea transmitir debe esperar a que le llegue el testigo y lo adquiere cambiando uno de sus bits, lo que lo convierte en el comienzo de una trama de datos. De este modo, cuando una estación está transmitiendo una trama, no existe testigo en el anillo, de manera que se evita que otra estación quiera transmitir.

La trama da una vuelta completa al anillo y es absorbida por el nodo que originó la transmisión. Quien insertará un nuevo anillo cuando haya terminado de enviar la información prevista. Una vez puesto en anillo en circulación, la siguiente estación en la secuencia que disponga de datos a transmitir podrá tomar el testigo y llevar a cabo el mismo procedimiento.

Según este funcionamiento, cuando se presenten situaciones de baja carga, el anillo con paso de testigo presenta cierta ineficiencia debido a que una estación debe esperar a recibir el testigo antes de transmitir. Sin embargo, en condiciones de alta carga, el anillo funciona como la técnica de rotación circular (*Round Robin*), que es bastante eficiente.

<b>Octetos</b>	<b>1B</b>	<b>1B</b>	<b>1B</b>	<b>2B66B</b>	<b>2B66B</b>	<b>variable</b>	<b>4B</b>	<b>1B</b>	<b>1B</b>
	SD	AC	FC	DA	SA	Unidad de datos	FCS	ED	FS

Fig. 11.3: formato general de la trama MAC

### El formato de trama MAC

- Delimitador de Comienzo (SD): Indica el comienzo de la trama mediante patrones de señalización distintos de los datos. La secuencia que sigue es: JK0JK000, donde J y K son símbolos no válidos en la codificación Manchester.
- Delimitador de Fin (ED): También emplea patrones de señalización además de dos bits: JK1JK1IE, donde 'E' es un bit de detección de error; e 'I' es el bit intermedio, usado para indicar la última trama en una transmisión de múltiples tramas.
- Control de Acceso (AC): Tiene el formato PPPTMRRR, donde 'PPP' y 'RRR' son variables de prioridad y reserva de token respectivamente. 'M' es el bit monitor que indica si la trama ha dado más de una vuelta al anillo. 'T' es el bit *token* que indica si es una trama de testigo o de datos. En el caso de ser una trama de testigo, el único campo posterior es el delimitador de fin (ED).
- Control de Trama (FC): Indica si es una trama de datos LLC. Si no, los bits de este campo controlan el funcionamiento del protocolo MAC en el anillo con paso de testigo. Incluye los siguientes bits: FFZZZZZZ, donde 'FF' especifican el tipo de trama; y 'ZZZZZZ' el control de bits.
- Dirección de Origen (SA) y Destino (DA): Estos campos son similares a los de Ethernet.
- Unidad de Datos: Contiene datos LLC.
- Secuencia de Comprobación de trama (FCS): Código de Redundancia Cíclica para la comprobación de errores.

- Estado de la Trama (FS): Tiene el formato ACrrACrr, donde 'r' son bits reservados; 'A' es el bit de reconocimiento de dirección; y 'C' es el bit de trama copiada. De este modo, la estación que originó la trama puede distinguir entre cuatro resultados:
  - Estación destino no existe o no está activa (A=0, C=0)
  - Estación destino existe pero la trama no se copió (A=1, C=0)
  - Estación destino no existe pero alguien ha copiado la trama (A=0, C=1)
  - Trama recibida (A=1, C=1)

La principal ventaja del anillo con paso de testigo es el flexible control de acceso que ofrece. El acceso es bueno en el sencillo esquema discreto. Además se pueden utilizar distintos esquemas para regular el acceso con el fin de proporcionar prioridad y servicios de concesión de ancho de banda.

### 11.7 LAN's DE ALTA VELOCIDAD.

Las arquitecturas de red vistas hasta ahora permiten velocidades de 10Mbps (para Ethernet) y de 4 o 16Mbps en Token Ring. Hoy en día estas velocidades pueden resultar escasas para ciertas aplicaciones. Ante este problema se optó por dos soluciones:

- Mantener CSMA/CD para conservar la compatibilidad pero a mayor velocidad.
- Cambiar a un nuevo protocolo aunque no compatible con el anterior.

Finalmente se opta por ambas opciones. La primera dió lugar a *Fast Ethernet* y la segunda a *100VG AnyLAN*.

#### 11.7.1 Fast Ethernet.

Fast Ethernet sigue la norma 802.3u(1995). La ventaja de Fast Ethernet es que es compatible y puede coexistir con redes Ethernet tradicionales. Ya que se mantienen todos los elementos de la norma 802.3 en cuanto a interfaces, estructura, y longitud de tramas, detección de errores, método de acceso, etc. Lo único que se modifica es el nivel físico, reduciendo el tiempo de bit en un factor de 10 (10ns), permitiendo un ancho de banda de 100Mbps. El cableado que se emplea es par trenzado (de categoría 3,4 ó 5) y fibra óptica.

En Fast Ethernet también se dispone de una nomenclatura para designar el medio físico empleado:

- 100BaseT4: Se emplea UTP de categoría 3. De los 4 pares (8hilos) emplea 3 para transmisión a 100Mbps (recordemos que Ethernet es semiduplex) y 1 para detección de colisiones. Se emplea una codificación 8B6T. La longitud máxima de un vano es de 100m.
- 100BaseTX: Se usa UTP de categoría 5. Utiliza 2 pares, uno para forwarding y otro para recepción (100Mbps). La codificación que emplea es 4B5B (compatible con FDDI). La longitud máxima también es de 100m.
- 100BaseFX: Emplea fibra óptica a una velocidad de 100Mbps (full duplex). La longitud máxima es de 2000m.

Mantener la técnica de acceso CSMA/ CD conlleva una serie de ventajas:

- Ethernet es conocida y aceptada por el mercado.
- Conlleva un bajo coste de implementación.
- Es compatible con componentes actuales y redes ya instaladas.

Pero también una serie de inconvenientes:

- La interrelación entre el tamaño mínimo de trama, velocidad de transmisión y retardo de propagación.
- El retardo variable de CSMA/CD hace que Ethernet no sea adecuado para aplicaciones sensibles al retardo.
- El ancho de banda es inversamente proporcional al número de usuarios en la red.

### 11.7.2 100VG-AnyLAN.

Esta red cumple con las especificaciones 802.12 del IEEE. Permite una capacidad de tráfico de 100Mbps, al igual que Fast Ethernet, pero no dispone de tanto soporte como esta.

A diferencia de Ethernet, usa un método de acceso determinístico, denominado *prioridad de petición* que consiste en que el hub explora cada puerto sucesivamente para transmitir los datos.

Esto evita muchas de las colisiones inherentes al método de acceso CSMA/CD. El medio físico que emplea es UTP (categoría 3,4 ó 5) y fibra óptica. La topología empleada es en estrella con hasta 5 repetidores entre los nodos terminales. Estos repetidores se pueden montar en cascada formando hasta 3 niveles.

La distancia entre niveles puede ser de 100m con UTP de categoría 3 y de 150m con cable de categoría 5. Si se utiliza cable de fibra óptica esta distancia puede ampliarse a 5000m. Por tanto puede haber hasta 6 segmentos de 150m

(UTP), lo que le proporciona una distancia de operación mayor que la de Fast Ethernet (210m de un nodo terminal a otro).

En resumen, tanto Fast Ethernet como 100VG-AnyLAN son dos nuevas redes que están intentando hacerse con el mercado de los 100Mbps. En la primera se ha optado por mantener la técnica de acceso *CSMA/CD* y en la segunda se ha introducido la *prioridad de petición* .

### 11.8 REDES MAN: FDDI.

La FDDI, *Interfaz de datos distribuida por fibra*, fue diseñada para cumplir los requerimientos de redes individuales de alta velocidad, y conexiones de alta velocidad entre redes individuales.

El estándar FDDI lo desarrolló el comité X3T9.5, que está reconocido por el Instituto Americano Nacional de Estándares (ANSI). FDDI está basado en el cable de fibra óptica, tiene una velocidad de 100 Mbps y utiliza el método de acceso de paso de testigo. Las principales razones para seleccionar la FDDI son la distancia, la seguridad y la velocidad.

Los estándares FDDI son similares al protocolo Token Ring 802.5 del IEEE, aunque difiere en los mecanismos de manejo del testigo, asignación de accesos y gestión de fallos. En Token Ring para coger el testigo se invierte un bit; con la FDDI, el testigo se coge y se guarda hasta que el nodo transmite y libera el testigo.

La inversión de bits no es útil para las altas velocidades de la FDDI. Otra diferencia es que la FDDI libera el testigo cuando se ha completado la transmisión de un paquete de datos, incluso se no ha recibido su propia transmisión.

Además de una alta velocidad de transmisión la FDDI está diseñada para proporcionar una comunicación altamente fiable. Se han incorporado al diseño de la FDDI ciertas técnicas para la mejora de la fiabilidad, que incluyen el uso de concentradores de cableado y conmutadores ópticos de puenteo automáticos, que facilitan la localización de fallos y el puenteo de las estaciones que no funcionan.

La FDDI también permite una configuración en doble anillo, en la que se usan dos anillos para interconectar estaciones. Uno de los anillos se designa como anillo primario y el otro como anillo secundario. Si se produce un fallo en un enlace, las estaciones del otro lado del enlace reconfiguran el anillo

secundario. Esto restablece el anillo y permite que la transmisión continúe. Si una estación falla, tiene lugar una reconfiguración similar.



## **CAPITULO 12: Internet**

---

### **12.1 INTERNET**

Internet es una red de redes a escala mundial de millones de computadoras interconectadas con el conjunto de protocolos TCP/IP. También se usa este nombre como sustantivo común y por tanto en minúsculas para designar a cualquier red de redes que use las mismas tecnologías que Internet, independientemente de su extensión o de que sea pública o privada.

Cuando se dice red de redes se hace referencia a que es una red formada por la interconexión de otras redes menores. Al contrario de lo que se piensa comúnmente, Internet no es sinónimo de World Wide Web, esta es parte de aquella, siendo la World Wide Web uno de los muchos servicios ofertados en la red Internet.

La Internet es una colección de redes de ordenadores interconectadas, ligada por los alambres de cobre, los cables de fibra óptica, etc.; el Web es un sistema de información mucho más reciente (1995), una colección de documentos interconectados, ligada por hyperlinks y URLs, y que emplea la red Internet como medio de transmisión.

La Internet, o simplemente la red, es el sistema mundial público accesible de las redes de ordenadores interconectadas que transmiten datos por conmutación de conjunto de bits usando el Protocolo de Internet (IP).

Se compone de millares de redes comerciales, académicas, domésticas, lleva una variedad de información y servicios, tales como correo electrónico, charla en línea, y las páginas ligadas del Web y otros documentos del Web mundial.

### **12.2 HISTORIA DE INTERNET**

A finales de 1972 se realizó la primera demostración pública de ARPANET, una nueva red de comunicaciones financiada por la DARPA que funcionaba de forma distribuida sobre la red telefónica conmutada.

El éxito de ésta nueva arquitectura sirvió para que, en 1973, la DARPA iniciara un programa de investigación sobre posibles técnicas para interconectar redes (orientadas al tráfico de paquetes) de distintas clases.

Para éste fin, desarrollaron nuevos protocolos de comunicaciones que permitiesen este intercambio de información de forma "transparente" para los ordenadores conectados. De la filosofía del proyecto surgió el nombre de "Internet", que se aplicó al sistema de redes interconectadas mediante los protocolos TCP e IP.

El 1 de enero de 1983 ARPANET cambió el protocolo NCP por TCP/IP. Ese mismo año, se creó el IAB con el fin de estandarizar el protocolo TCP/IP y de proporcionar recursos de investigación a Internet. Por otra parte, se centró la función de asignación de identificadores en la IANA que, más tarde, delegó parte de sus funciones en el IR que, a su vez, proporciona servicios a los DNS.

En 1986 la NSF comenzó el desarrollo de NSFNET que se convirtió en la principal red troncal de Internet, complementada después con las redes NSINET y ESNET, todas ellas en EE.UU. Paralelamente, otras redes troncales en Europa, tanto públicas como comerciales, junto con las americanas formaban el esqueleto básico ("backbone") de Internet.

A partir de 1989, con la integración de los protocolos OSI en la arquitectura de Internet, se inició la tendencia actual de permitir no sólo la interconexión de redes de estructuras dispares, sino también la de facilitar el uso de distintos protocolos de comunicaciones.

El protocolo de transferencia de archivos (FTP o *File Transfer Protocol*) es el protocolo estándar en la red para efectuar transferencias de archivos de un servidor a un ordenador o entre ordenadores. En 1989 también, en el CERN de Ginebra, un grupo de Físicos encabezado por Tim Berners-Lee, crearon el lenguaje HTML, basado en el SGML.

En 1990 el mismo equipo construyó el primer cliente Web, llamado WorldWideWeb (WWW), y el primer servidor web. Actualmente Internet incluye aproximadamente 5000 redes en todo el mundo y más de 100 protocolos distintos basados en TCP/IP, que se configura como el protocolo de la red.

Los servicios disponibles en la red mundial de PC, han avanzado mucho gracias a las nuevas tecnologías de transmisión de alta velocidad, como DSL y Wireless, se ha logrado unir a las personas con videoconferencia, ver imágenes por satélite (ver tu casa desde el cielo), observar el mundo por webcams, hacer llamadas telefónicas gratuitas, o disfrutar de un juego multijugador en 3D, un buen libro PDF, o álbumes y películas para descargar.

El 3 de enero de 2006 Internet alcanzó los mil millones de usuarios. Se prevé que en diez años, la cantidad de navegantes de la Red aumentará a 2.000 millones. En algunos países el acceso a Internet está restringido únicamente a entidades gubernamentales y empresas extranjeras o fuertemente controlado por el estado.

### 12.3 SERVICIOS QUE BRINDA INTERNET

Algunos de los servicios disponibles en Internet aparte de la Web son el acceso remoto a otras máquinas (SSH y telnet), transferencia de archivos (FTP), correo electrónico (SMTP), boletines electrónicos (news o grupos de noticias), conversaciones en línea (IRC y chats), mensajería instantánea (MSN Messenger, ICQ, YIM, AOL, Jabber), transmisión de archivos (P2P, P2M, Descarga Directa), etcétera.

#### Correo-electrónico

El correo electrónico es una de las herramientas más populares de internet. Nos permite enviar o recibir correspondencia, comunicarnos con otras personas que se encuentren en cualquier lugar del mundo, a través de la computadora a gran velocidad y bajo costo. También se le conoce como e-mail, abreviatura de “electronic mail”.

La persona a la que se le envía el mensaje no tiene que estar en su computador, ni siquiera tiene su computador que estar encendido. Usted simplemente se conecta a Internet y envía los mensajes a la persona deseada.

Estos mensajes llegan a la oficina electrónica (servidor) de correo de su proveedor local de Internet y éste los transfiere a su vez en cuestión de minutos a la oficina electrónica (servidor) de correo del proveedor con el cual el otro usuario está registrado.

Cuando un usuario lo desea, se conecta a Internet y le pregunta a su oficina de correo electrónico (servidor) si tiene nuevos mensajes y ésta entonces se los envía a su computador.

### PARTES Y PROCEDIMIENTOS DE UN CORREO ELECTRÓNICO

**Address.-** En este espacio digite la dirección de correo electrónico de la persona a la cual enviara el mensaje.

**Subject.-** Aquí inserte el asunto de la carta a modo de referencia para que el destinatario sepa de que trata el e-mail antes de abrirlo

**CC.** Abreviatura de “carbón copy ” (copia de carbón o “con copia a”), Este es un espacio opcional para poner las direcciones electrónicas de las personas a las que quiere enviar una copia del mensaje. Si va a enviar un mensaje a varias direcciones de correo, estas deberán escribirse separadas una de otra por un punto y coma

**BCC.** Abreviatura de “blind carbon copy”(copia de carbón oculta), al colocar direcciones de correo electrónico en este espacio podrá enviar copias del mensaje a distintos usuarios sin que cada uno de ellos pueda ver la dirección de los demás destinatarios.

**ATTACHMENT.**-Puede enviar cualquier archivo junto con su mensaje. Para ello, primero debe ubicar en su disco duro el archivo a enviar, mediante un pequeño explorador que se activara cuando acceda al comando.

**TEXT.**-Texto o también llamado cuerpo del mensaje, es el espacio donde debe escribir el mensaje en si.  
Finalmente se enviara el mensaje.

### **El Chat**

Es uno de los servicios mas conocidos de la Red y el que mayor adicción genera en el publico. Se trata de la opcion de charla en forma de texto. La palabra proviene del ingles “chat”, que significa “charlar”.es una charla en tiempo real.

**WORD WIDE WEB(WWW) o simplemente web (traducido a veces en Español como “telaraña mundial”):** es el servicio mas importante de internet. Se trata de un standard para presentar y visualizar paginas de información que contiene texto, gráfico, sonido, películas, etc.

Una de las características mas importantes de una pagina web (www) es el que contiene a otras paginas. Web que pueden estar en ordenadores de cualquier otra parte del mundo. Esta basado en una red global de documentos en formato Hipertexto que puede contener imágenes música, video digital, beneficiándose de una interfase totalmente gráfica.

Uno puede viajar durante horas a través de la red de un documento a otro, mediante referencias cruzadas entre documentos disperso. La selección de un termino en una pagina nos puede llevar en un instante a otro servidor que lo desarrolla, situado muy lejos quizá en otro país o continente.

Por si fuera poco, www no se limita a mostrar documentos textuales, sino que puede mostrar gráficos e iconos a todo color, e integra en sus paginas la posibilidad de acceso a servidores de información WAIS, GOPHER, FTP O establece conexiones Telnet cuando es necesario.

### **FTP TRANSFERENCIA DE FICHEROS:**

FTP es un protocolo estándar de transferencia de archivos. Su emisión es permitir a los usuarios de internet recibir y enviar archivos de todas las maquinas conectadas a la red (maquinas conocidas como servidores de archivos).

Es decir, una compañía, institución o usuario monta un computador con archivos e información que quiere distribuir, lo conecte a internet y ofrece la posibilidad de efectuar FTP.

El usuario ha de emplear un programa de intérprete el estándar FTP (o un programa web que soporte FTP). Con dicho podrá conectarse a un servidor FTP, moverse en los directorios (carpetas) de ese ordenador y traer los ficheros que consideren oportuno.

El usuario arranca la utilidad FTP específicas (varía según el proveedor de internet) introduce el nombre por dominios del computador se inicia una sesión de conexión de una forma muy parecida a telnet. Tras introducir un identificador de usuario y una palabra clave valida localmente, podemos transferir en los dos sentidos cualquier archivo disponible.

La regla FTP (file transfer protocol: protocolo de transferencia de ficheros) designa un método de envío y recepción de ficheros a internet a través de internet. Existen ordenadores en internet. (servidores FTP) que están preparados para que el usuario conecte con ellos y cargue los ficheros que le interesen.

### **NEWS O BOLETINES DE NOTICIAS UseNet:**

De modo similar a las listas de distribución, los boletines de noticias permiten debatir y compartir información a grupos de personas con intereses similares. La diferencia radica en que las News se comportan como un tablón de anuncios, en el que los mensajes que el usuario manda quedan a disposición de todo aquel que desee leerlos, y no sólo de los suscriptores (que aquí no existen), lo que provoca una comunicación menos formal.

Habitualmente se generan hilos de discusión cuando un mensaje es respondido por uno o más usuarios, que a su vez recibirán la correspondiente

respuesta y así sucesivamente, hilos que quedan registrados y pueden ser seguidos. También es posible que un mensaje no obtenga respuesta.

Este servicio no utiliza el correo, por lo que se requiere un programa cliente específico, y en caso de prolongada ausencia no sobrecarga, por tanto, nuestro buzón.

### **GOPHER:**

Gopher es un servicio de información en la que ésta se encuentra estructurada jerárquicamente, de forma similar al índice de un libro o al directorio del disco o estructura de carpetas de un ordenador.

La información se presenta clasificada por tipos y accesibles mediante menús jerárquicos. La mayor parte de servicios de la red, como archivos, áreas de mensajes, bases de datos accesibles via telnet, servidores documentación de todo tipo, etc.

Aunque inicialmente estaba destinado a la recuperación de documentos, a partir de la especificación Gopher mas el servicio permite la transferencia de todo tipo de archivos y la invocación automática del visualizador apropiado, facilitando enormemente la navegación por esta zona de Internet, causa por la que, hasta la aparición de la WWW y su especificación HTTP, este servicio se convirtió en el más popular de la red.

Desgraciadamente, el éxito de WWW ha provocado la migración de muchos servidores Gopher hacia la web, por lo que se han perdido buena parte de sus contenidos, aunque el gopher espacio sigue manteniendo un buen porcentaje de sus encantos.

GOPHER permite el ingreso y la navegación ingresando a los directorios y abriendo los archivos de información.

### **TELNET:**

Este es un servicio que permite la conexión remota entre dos ordenadores de modo que el usuario conectado puede actuar, en principio, como si estuviese sentado frente al ordenador al que se conecta.

Habitualmente requiere un nombre de usuario y clave autorizados, aunque existen algunas buenas bases de datos que toleran el acceso público. Para la conexión se requiere un cliente específico de Telnet, como WINTEL, TNVT, o TELNET, este último proporcionado con Windows 95 o versiones posteriores.

#### **12.4 REQUERIMIENTOS PARA TENER ACCESO A INTERNET**

Entre los requisitos tecnológicos necesarios para conectarse a Internet en forma particular, hace falta una computadora que tenga un módem conectado a la línea telefónica y el permiso de acceder a un equipo servidor (cuenta de usuario), que generalmente lo ofrecen empresas rotuladas como ISP (Internet Service Providers).

También algunas instituciones tienen acceso a Internet desde equipos sobre plataforma de red, prescindiendo de esta manera del módem y la línea telefónica. La generalización de estos recursos en algunos países del mundo, permitió que los mismos estén disponibles en lugares públicos como estaciones, trenes, locutorios, etc. siendo en muchos casos también gratuito el acceso.

Existen otro tipo de requerimientos que no tienen tanto que ver con el hardware (componentes físicos) y se incluyen dentro del software (componentes lógicos, programas) que son necesarios para administrar y operar la computadora.

Entre ellos se cuenta el sistema operativo que hace funcionar la máquina, y los programas necesarios para el tipo de comunicación a utilizar.

#### **12.5 EL INTERNET DE HOY**

Aparte de las conexiones físicas complejas que hacen para arriba su infraestructura, el Internet es ligado por los contratos comerciales bi- o multilateral (por ejemplo acuerdos que miran con fijeza) y por las especificaciones o los protocolos técnicos que describen cómo intercambiar datos sobre la red.

De hecho, el Internet esencialmente es definido por sus interconexiones y políticas del encaminamiento. En febrero del 2006, sobre 1 mil millones personas utilizaran el Internet según el Stats del mundo del Internet.

#### **12.6 INTERNET2**

Es un consorcio de universidades estadounidenses y empresas tecnológicas con el objetivo de crear nuevos protocolos y aplicaciones que mejoren el rendimiento y la calidad que se consigue en la actual Internet.

Los miembros de Internet2 han creado la Red Abilene con estas tecnologías. Esta red a menudo se denomina de manera informal, Internet2.

### 12.7 NUEVOS USOS DE INTERNET

En este nuevo siglo aparecieron formas nuevas de utilizar Internet como los juegos en línea, los servicios de mensajería instantánea (MSN Messenger, ICQ, YIM, AOL, Jabber), transmisión de archivos (P2P, P2M, Descarga Directa), las redes virtuales privadas (VPN), la transmisión de imágenes a través de tecnología celular o el vídeo y audio en vivo (stream).

### 12.8 INTERNET Y SOCIEDAD

Hoy en día, Internet ha llegado a gran parte de los hogares y de las empresas de los países ricos, en este aspecto se ha abierto una brecha digital con los países pobres, en los cuales la penetración de Internet y las nuevas tecnologías es muy limitada para las personas. Es muy común en países ricos y en vías de desarrollo el acceso a Internet en establecimientos especializados llamados cibercafé, cabinas públicas.

### 12.9 GENERO DE LA PALABRA INTERNET

El género de la palabra Internet es ambiguo según el Diccionario de la Real Academia Española. Es común escuchar hablar de "el Internet" o "la Internet". Algunas personas abogan por "la Internet", pues Internet es una red y el género de la palabra es femenino.

El artículo se utiliza como calco del inglés, *the Internet*, sin embargo, tampoco es necesario en castellano. A pesar de que normalmente se repita mucho lo de la gran red, la red de redes, Internet no es una red, sino un conjunto de ellas -un conjunto enorme, por cierto- pertenecientes a muchos ámbitos: universidades, empresas, gobiernos, centros de investigación, etc.

Internet engloba múltiples servicios, que si bien hace años estaban muy desperdigados y para poder hacer uso de ellos debían utilizarse muchos programas distintos, hoy día la web los ha ido acaparando poco a poco.

Una de sus mayores ventajas -para unos- o inconvenientes -para otros- es que nadie la controla, ni puede controlarla de forma global. Para algunos autores, Internet es un acrónimo de INTERconnected NETworks (Redes interconectadas).

Para otras personas, Internet es un acrónimo del inglés *INTERNational NET*, que traducido al español sería *Red Mundial*. Internet utiliza el protocolo (aunque mejor habría que decir conjunto de protocolos) TCP/IP.

### 12.10 ICANN

La corporación de Internet para los nombres y los números asignados (ICANN) es la autoridad que coordina la asignación de identificadores únicos en Internet, incluyendo nombres de dominio, direcciones de Protocolos de Internet, números del puerto del protocolo y de parámetros.

Un nombre global unificado (es decir, un sistema de nombres exclusivos para sostener cada dominio) es esencial para que el Internet funcione. ICANN se establece con jefatura en Marina del Rey, California, supervisado por una Junta Directiva Internacional con comunidades técnicas, comerciales, académicas, y O.N.G.

El gobierno de los EE.UU. continúa teniendo un papel privilegiado en cambios aprobados en el *Domain Name System*. Como Internet es una red distribuida que abarca muchas redes voluntariamente interconectadas, Internet, como tal, no tiene ningún cuerpo que gobierna.

Luego el papel de ICANN en coordinar la asignación de identificadores únicos la distingue como quizás el único cuerpo que coordina centralmente Internet, pero el alcance de su autoridad extiende solamente a los sistemas del Internet de los nombres del dominio, de las direcciones de Protocolos de Internet, N° del puerto de protocolos y de parámetros.

### 12.11 ACCESO PÚBLICO A INTERNET

Internet está teniendo un impacto profundo en trabajo, ocio, conocimiento y noticias mundiales. La Web mundial con la búsqueda de palabras a través de diferentes motores de búsqueda (Google, etc), millones de personas tienen acceso fácil, inmediato a una cantidad extensa y diversa de información en línea.

Comparado a las enciclopedias y a las bibliotecas tradicionales, la Web ha permitido una descentralización repentina y extrema de la información y de los datos. Algunas compañías e individuos han adoptado el uso de los 'weblogs', que se utilizan en gran parte como diarios actualizables.

Algunas organizaciones comerciales animan a su personal para incorporar sus áreas de especialización en sus sitios, con la esperanza de que impresionen a los visitantes con conocimiento experto e información libre. Un ejemplo de esta práctica es Microsoft, que reveladores del producto publican con su personal blogs para interés del público en su trabajo.

### 12.12 LA COLABORACIÓN

El compartir barato y casi instantáneo de ideas, de conocimiento y de habilidades ha revolucionado alguno, y ha dado lugar a nuevas áreas de la actividad humana. Un ejemplo de esto es el desarrollo y la distribución de colaboración del software de Free/Libre/Open-Source (SEDA) por ejemplo Linux, Mozilla y OpenOffice.org. Vea el software de colaboración.

### 12.13 IDIOMAS

En Internet la lengua más frecuente para la comunicación es el inglés. Esto puede ser debido a los orígenes de Internet. Puede también estar relacionado con la capacidad pobre de las primeras computadoras para manejar caracteres con excepción de los del alfabeto latino básico.

Después del inglés (el 32% de visitantes) los idiomas más solicitados en el World Wide Web son: 13 % chinos, 8 % japonés, castellano 7%; alemán 6%; francés 4% (de Stats del mundo de Internet, 30 de noviembre de 2005).

Por continente: 34% de los usuarios del Internet del mundo, Asia; 29%, Europa; 23% en Norteamérica (21 de noviembre de 2005). Las tecnologías de Internet se han desarrollado mucho con buenas instalaciones disponibles para el desarrollo y la comunicación en todos los idiomas. Sin embargo, todavía sigue habiendo algunas interferencias tales como mojibake.

### 12.14 CENSURA

Algunos países, tales como Irán y la República Popular de China, restringe qué gente en sus países puede ver en el contenido indeseado del Internet, especialmente político y religioso. La censura se hace a veces a través de los filtros de censura controlados gobierno, o por medio de la ley o de la cultura.

Sin embargo, muchos usuarios del Internet pueden puentear estos filtros, significando que la mayoría del contenido del Internet está disponible sin importar donde está uno en el mundo, siempre y cuando uno tiene la habilidad y los medios técnicos de conectar con él.

En el mundo occidental, es Alemania que tiene el índice más alto de la censura, especialmente de nazis. Sin embargo, la mayoría de los países en el mundo occidental no fuerzan a los Internet Service Provider ha bloquear sitios.

## CAPITULO 13: Redes de Telecomunicaciones

---

### 13.1 FUNDAMENTOS DE REDES DE TELECOMUNICACIONES

Un sistema de telecomunicaciones consiste en una infraestructura física a través de la cual se transporta la información desde la fuente hasta el destino, y con base en esa infraestructura se ofrecen a los usuarios los diversos servicios de telecomunicaciones.

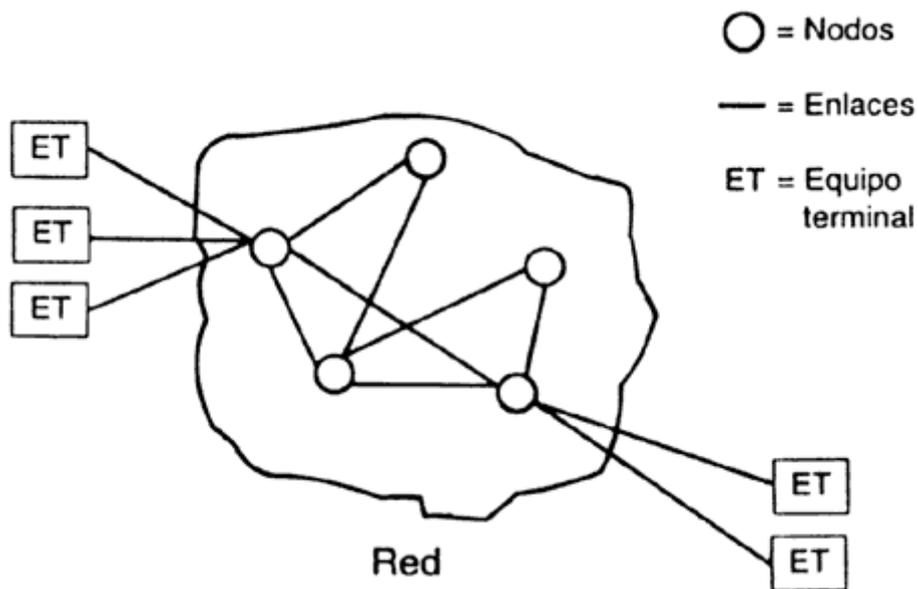


Fig. 13.1 Red y equipo terminal.

En lo sucesivo se denominará "red de telecomunicaciones" a la infraestructura encargada del transporte de la información. Para recibir un servicio de telecomunicaciones, un usuario utiliza un equipo terminal a través del cual obtiene entrada a la red por medio de un canal de acceso.

Cada servicio de telecomunicaciones tiene distintas características, puede utilizar diferentes redes de transporte, y, por tanto, el usuario requiere de distintos equipos terminales.

Por ejemplo, para tener acceso a la red telefónica, el equipo terminal requerido consiste en un aparato telefónico; para recibir el servicio de telefonía celular, el equipo terminal consiste en teléfonos portátiles con receptor y transmisor de radio, etcétera.

Para fines ilustrativos, se puede establecer una analogía entre las telecomunicaciones y los transportes. En los transportes, la red está constituida por el conjunto de carreteras de un país y lo que en ellas circulan son vehículos, que a su vez dan servicio de transporte a personas o mercancías.

En las telecomunicaciones se transporta información a través de redes de transporte de información. La principal razón por la cual se han desarrollado las redes de telecomunicaciones es que el costo de establecer un enlace dedicado entre cualesquiera dos usuarios de una red sería elevadísimo, sobre todo considerando que no todo el tiempo todos los usuarios se comunican entre sí.

Es mucho mejor contar con una conexión dedicada para que cada usuario tenga acceso a la red a través de su equipo terminal, pero una vez dentro de la red los mensajes utilizan enlaces que son compartidos con otras comunicaciones de otros usuarios.

Comparando nuevamente con los transportes, a todas las casas llega una calle en la que puede circular un automóvil y a su vez conducirlo a una carretera, pero no todas las casas están ubicadas en una carretera dedicada a darle servicio exclusivamente a un solo vehículo.

Las calles desempeñan el papel de los canales de acceso y las carreteras el de los canales compartidos. En general se puede afirmar que una red de telecomunicaciones consiste en las siguientes componentes: a) un conjunto de nodos en los cuales se procesa la información, y b) un conjunto de enlaces o canales que conectan los nodos entre sí y a través de los cuales se envía la información desde y hacia los nodos.

Desde el punto de vista de su arquitectura y de la manera en que transportan la información, las redes de telecomunicaciones pueden ser clasificadas en:

**a) Redes conmutadas.** La red consiste en una sucesión alternante de nodos y canales de comunicación, es decir, después de ser transmitida la información a través de un canal, llega a un nodo, éste a su vez, la procesa lo necesario para poder transmitirla por el siguiente canal para llegar al siguiente nodo, y así sucesivamente.

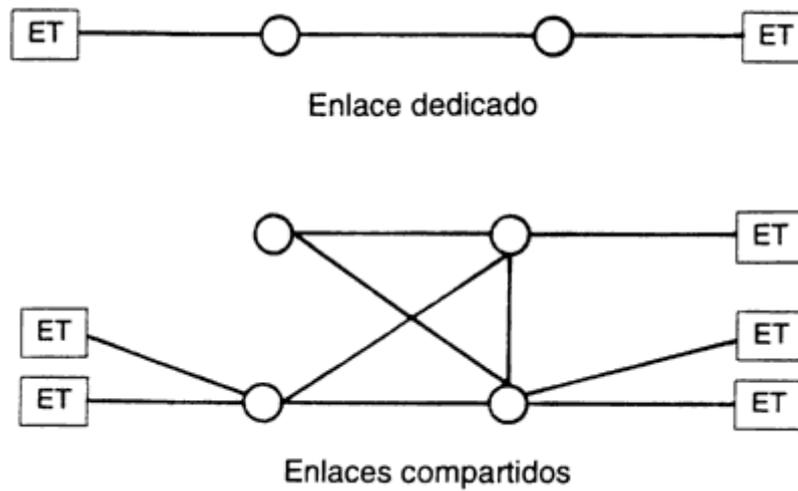


Fig. 13.2: Red conmutada.

Existen dos tipos de conmutación en este tipo de redes: conmutación de paquetes y conmutación de circuitos. En la conmutación de paquetes, el mensaje se divide en pequeños paquetes independientes, a cada uno se le agrega información de control (por ejemplo, las direcciones del origen y del destino), y los paquetes circulan de nodo en nodo, posiblemente siguiendo diferentes rutas.

Al llegar al nodo al que está conectado el usuario destino, se reensambla el mensaje y se le entrega.

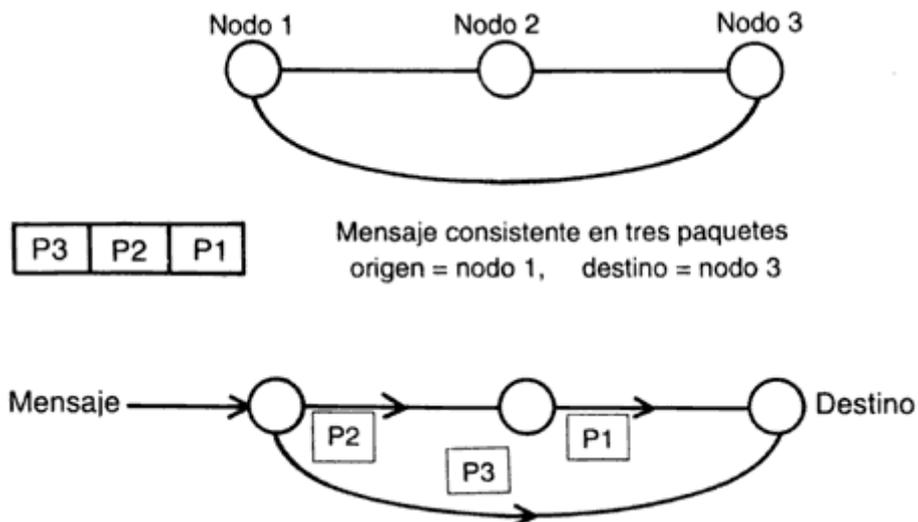


Fig. 13.3: Conmutación de paquetes.

Esta técnica se puede explicar por medio de una analogía con el servicio postal. Supongamos que se desea enviar todo un libro de un punto a otro geográficamente separado. La conmutación de paquetes equivale a separar el libro en sus hojas, poner cada una de ellas en un sobre, poner a cada sobre la dirección del destino y depositar todos los sobres en un buzón postal.

Cada sobre recibe un tratamiento independiente, siguiendo posiblemente rutas diferentes para llegar a su destino, pero una vez que han llegado todos a su destino, se puede reensamblar el libro.

Por otra parte, en la conmutación de circuitos se busca y reserva una trayectoria entre los usuarios, se establece la comunicación y se mantiene esta trayectoria durante todo el tiempo que se esté transmitiendo información.

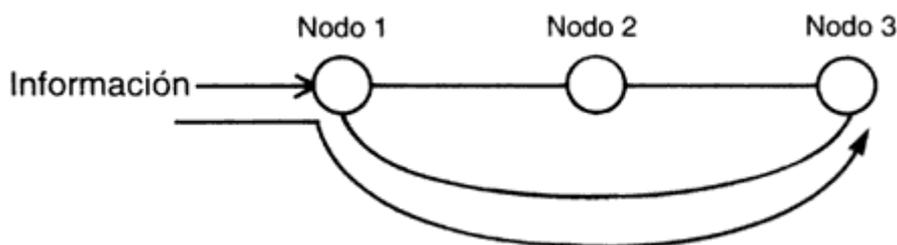


Fig.13.4:Conmutación de circuitos.

Para establecer una comunicación con esta técnica se requiere de una señal que reserve los diferentes segmentos de la ruta entre ambos usuarios, y durante la comunicación el canal quedará reservado precisamente para esta pareja de usuarios.

**b) Redes de difusión.** En este tipo de redes se tiene un canal al cual están conectados todos los usuarios, y todos ellos pueden recibir todos los mensajes, pero solamente extraen del canal los mensajes en los que identifican su dirección como destinatarios.

Aunque el ejemplo típico lo constituyen los sistemas que usan canales de radio, no necesariamente tienen que ser las transmisiones vía radio, ya que la difusión puede realizarse por medio de canales metálicos, tales como cables coaxiales.

En la figura 12.5 se presentan ejemplos de redes de difusión con diferentes formas y arreglos de interconexión (topologías), aplicables a redes basadas en radio o en cables. Lo que sí puede afirmarse es que típicamente las

redes de difusión tienen sólo un nodo (el transmisor) que inyecta la información en un canal al cual están conectados los usuarios.

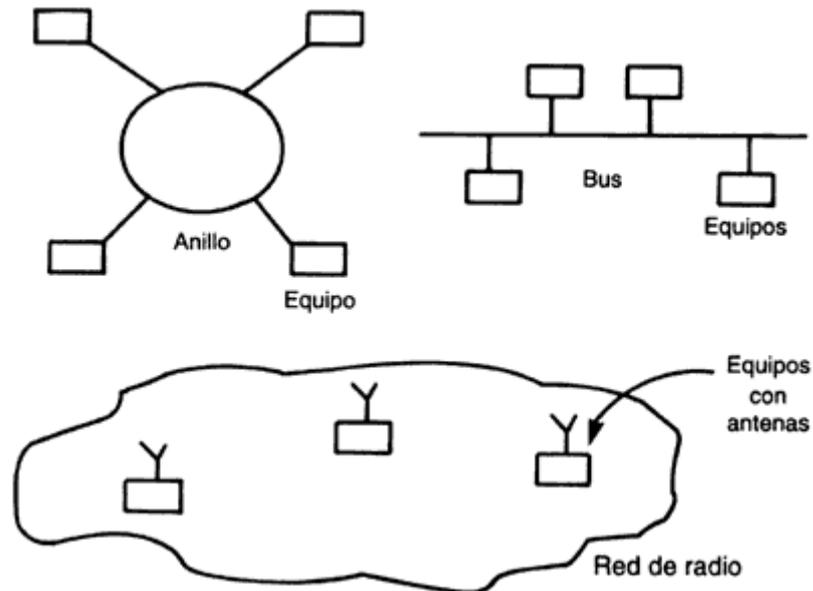


Fig. 13.5: Anillo, bus, red con radio.

Para todas las redes cada usuario requiere de un equipo terminal, por medio del cual tendrá acceso a la red, pero que no forma parte de la misma. De esta forma, un usuario que desee comunicarse con otro utiliza su equipo terminal para enviar su información hacia la red, ésta transporta la información hasta el punto de conexión del usuario destino con la red y la entrega al mismo a través de su propio equipo terminal (figura 12.6)

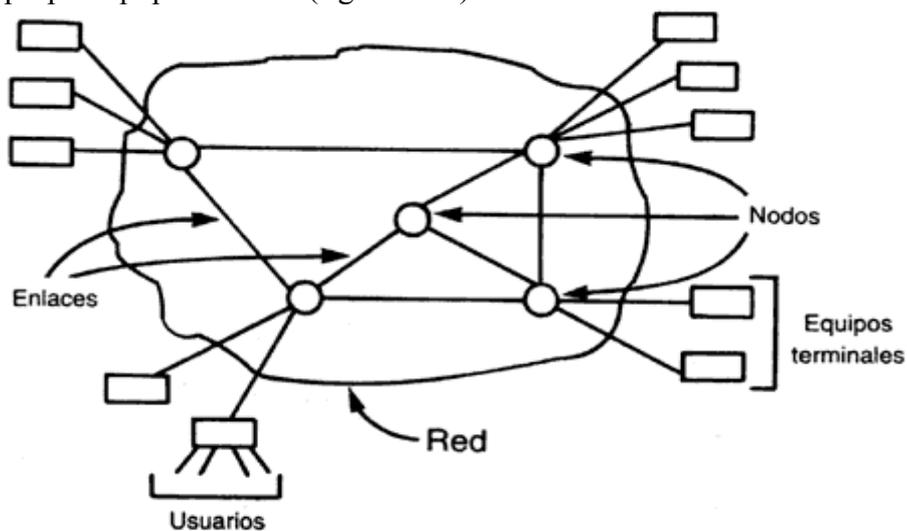


Fig. 13.6: Operación de una red.

Los usuarios no pueden transmitir información en todas las redes. Por ejemplo, en televisión o radiodifusión, los usuarios son pasivos, es decir, únicamente reciben la información que transmiten las estaciones transmisoras, mientras que, en telefonía, todos los usuarios pueden recibir y transmitir información.

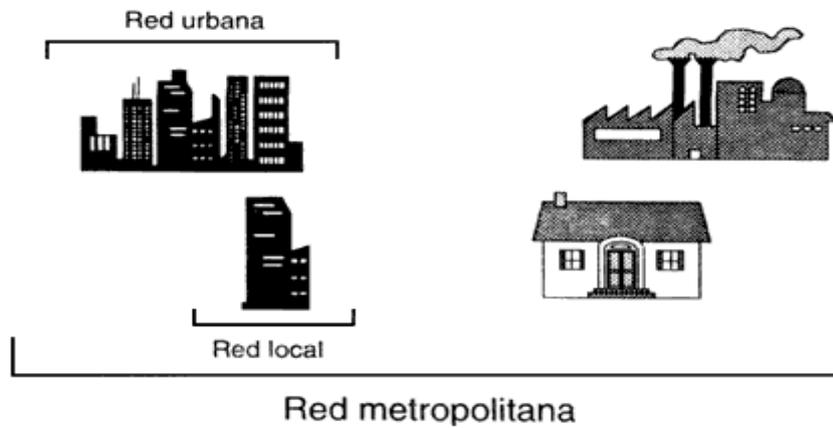
La función de una red de telecomunicaciones consiste en ofrecer servicios a sus usuarios, y cuando ésta es utilizada para que sobre ella se ofrezcan servicios de telecomunicaciones al público en general (por ejemplo, la red telefónica) se le denomina una red pública de telecomunicaciones.

Cuando alguien instala y opera una red para su uso personal, sin dar acceso a terceros, entonces se trata de una red privada de telecomunicaciones: una red de telecomunicaciones utilizada para comunicar a los empleados y las computadoras o equipos en general, de una institución financiera, es una red privada.

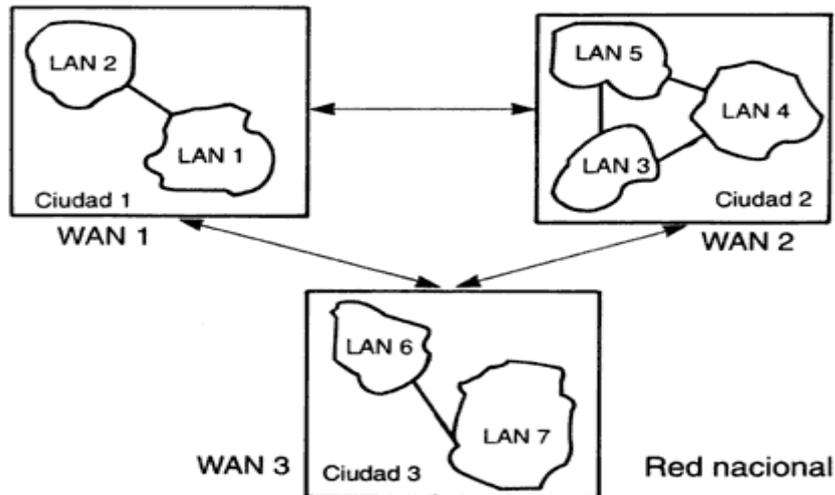
Una característica importante de una red es su cobertura geográfica, ya que ésta limita el área en que un usuario puede conectarse y tener acceso a la red para utilizar los servicios que ofrece.

Por ejemplo, existen redes locales que enlazan computadoras instaladas en un mismo edificio o una sola oficina (conocidas como LAN por su nombre en inglés: local area network).

Pero también existen redes de cobertura más amplia (conocidas como WAN por su nombre en inglés: wide area network), redes de cobertura urbana que distribuyen señales de televisión por cable en una ciudad, redes metropolitanas que cubren a toda la población de una ciudad, redes que enlazan redes metropolitanas o redes urbanas formando redes nacionales, y redes que enlazan las redes nacionales, las cuales constituyen una red global de telecomunicaciones (véanse las figuras 13.7 y 13.8).



**Fig. 13.7: Red local, red urbana, red metropolitana.**



**Fig. 13.8: Red nacional**

Uno de los desarrollos más sorprendentes de los últimos años es indudablemente la posibilidad de conectar todas las redes de cobertura limitada en una red global que, al menos en teoría, permite enlazar y comunicar usuarios ubicados en cualquier parte del mundo.

Esto es lo que ha dado origen a términos como globalización de la información. Actualmente existen redes de telecomunicaciones que permiten comunicación telefónica instantánea entre dos usuarios de dos países del planeta, que envían información financiera entre instituciones de dos países cualesquiera, que envían señales de televisión de un país a otro, o que permiten localizar personas por medio de receptores de radio en muchos países del mundo.

Como ya ha sido mencionado, las componentes de una red son un conjunto de nodos y otro de canales que permiten que los primeros se comuniquen. A continuación se proporcionarán detalles acerca de estas componentes.

### CANALES

El canal es el medio físico a través del cual viaja la información de un punto a otro. Las características de un canal son de fundamental importancia para una comunicación efectiva, ya que de ellas depende en gran medida la calidad de las señales recibidas en el destino o en los nodos intermedios en una ruta. Los canales pueden pertenecer a una de dos clases:

1) Canales que guían las señales que contienen información desde la fuente hasta el destino, por ejemplo: cables de cobre, cables coaxiales y fibras ópticas. Por estos tipos de canales pueden ser transmitidas las siguientes tasas:

cable de cobre (par trenzado)	hasta 4 Mbps (4 millones de bits por segundo)
cable coaxial	hasta 500 Mbps (500 millones de bits por segundo)
fibra óptica	hasta 2000 Mbps (2 000 millones de bits por segundo; o bien 2 "giga" bps: 2 Gbps)

Los cables de cobre son, sin lugar a duda, el medio más utilizado en transmisiones tanto analógicas como digitales; siguen siendo la base de las redes telefónicas urbanas. El material del que están formados produce atenuación en las señales, de manera tal que a distancias de entre 2 y 6 km, dependiendo de la aplicación, deben ser colocadas repetidoras.

Los cables coaxiales tienen un blindaje que aísla al conductor central del ruido en la transmisión; han sido muy utilizados en comunicaciones de larga distancia y en distribución de señales de televisión. Recientemente se han utilizado también en redes de transmisión de datos.

2) Canales que difunden la señal sin una guía, a los cuales pertenecen los canales de radio, que incluyen también microondas y enlaces satelitales. Las

microondas utilizan antenas de transmisión y recepción de tipo parabólico para transmitir con haces estrechos y tener mayor concentración de energía radiada.

Principalmente se utilizan en enlaces de larga distancia, desde luego con repetidoras, pero a últimas fechas se han utilizado también para enlaces cortos punto a punto. Los enlaces satelitales funcionan de una manera muy parecida a las microondas. Un satélite recibe en una banda señales de una estación terrena, las amplifica y las transmite en otra banda de frecuencias.

El principio de operación de los satélites es sencillo, aunque al transcurrir los años se ha ido haciendo más complejo: se envían señales de radio desde una antena hacia un satélite estacionado en un punto fijo alrededor de la Tierra (llamado "geostacionario" por ello).

Los satélites tienen un reflector orientado hacia los sitios donde se quiere hacer llegar la señal reflejada. Y en esos puntos también se tienen antenas cuya función es precisamente captar la señal reflejada por el satélite. De ese punto en adelante, la señal puede ser procesada para que por último sea entregada a su destino.

Las ventajas de las comunicaciones vía satélite son evidentes: se pueden salvar grandes distancias sin importar la topografía o la orografía del terreno, y se pueden usar antenas que tengan coberturas geográficas amplias, de manera tal que muchas estaciones receptoras terrenas puedan recibir y distribuir simultáneamente la misma señal que fue transmitida una sola vez.

Y por lo mismo, las comunicaciones vía satélite han servido para una gran variedad de aplicaciones que van desde la transmisión de conversaciones telefónicas, la transmisión de televisión, las teleconferencias, hasta la transmisión de datos.

Las tasas de transmisión pueden ser desde muy pequeñas (32 kbps) hasta del orden de los Mbps. Los requerimientos en cuanto a acceso múltiple, manejo de diversos tipos de tráfico, establecimiento de redes, integridad de los datos, así como seguridad, se satisfacen con las posibilidades ofrecidas por la tecnología VSAT (terminales de apertura muy pequeña o very small aperture terminals).

Entre los servicios que pueden ser ofrecidos por medio de la tecnología VSAT se encuentran: radiodifusión y servicios de distribución, bases de datos, información meteorológica y bursátil, inventarios, facsímiles, noticias, música programada, anuncios, control de tráfico aéreo, televisión de entretenimiento, educación, colección de datos y monitoreo, climatología, mapas e imágenes,

telemetría, servicios interactivos bidireccionales, autorizaciones de tarjetas de crédito, transacciones financieras, servicios de bases de datos, servicios de reservaciones, servicio a bibliotecas, interconexión de redes locales, correo electrónico, mensajes de emergencia, videoconferencias comprimidas, etcétera.

Para entender mejor la operación de los sistemas basados en transmisiones vía satélite (y su asociación con "antenas parabólicas"), a continuación se presenta el principio en que se basan este tipo de antenas. La geometría de una parábola es tal, que una emisión que llega a la parábola paralela a su eje es reflejada pasando por su foco, y una emisión que sale de su foco, al incidir sobre la superficie parabólica, es reflejada paralela a su eje.



**Fig. 13.10: Operación de una antena parabólica.**

Aplicando estas ideas a las telecomunicaciones se puede ver que si se orienta el eje de la antena parabólica hacia el satélite, las emisiones provenientes del mismo llegarán a la antena paralela a su eje, y aquellas emisiones provenientes del foco de la parábola seguirán una trayectoria paralela al eje de la parábola hasta llegar al satélite.

Como consecuencia, en el foco de la parábola debe ser colocado un "colector" de energía que capte todo lo que proviene del satélite (que fue reflejado por la parábola) y lo envíe a los circuitos de procesamiento. En ese mismo punto debe ser ubicado el transmisor, cuya función consiste en hacer llegar la información hacia el satélite para que éste, a su vez, la retransmita hasta su destino final.

Algunos lectores habrán observado que en muchos puntos de una ciudad existen antenas de tipo parabólico cuyas orientaciones son más horizontales que apuntando hacia un satélite. Éstas son antenas de microondas, en las cuales se utiliza el mismo principio de "direccionalidad" descrito antes.

Cabe destacar finalmente, que la diferencia principal entre emisiones de radio y de microondas está en que las primeras son omnidireccionales (en todas las direcciones), mientras que las segundas son unidireccionales: por lo tanto, la radio no requiere antenas de tipo parabólico.

Aunque, estrictamente hablando, el término radio incluye todas las transmisiones electromagnéticas, las aplicaciones de la radio se asignan de acuerdo con las bandas del espectro en que se realizan las transmisiones. Como la longitud de onda de una señal depende de su frecuencia, hablar de un segmento espectral en específico es equivalente a hablar del rango en que se encuentra la longitud de las ondas en ese segmento.

Por ejemplo, a las frecuencias entre 300 MHz y 300 GHz (1 GHz = 1 000 MHz) se les llama microondas: las longitudes de onda están contenidas en un rango de 100 cm y 1 mm, aunque al rango entre 30 GHz y 300 GHz (correspondiente a longitudes de onda entre 10 mm y 1 mm) también se lo conoce como ondas milimétricas.

En el siguiente cuadro se presentan las aplicaciones de los distintos rangos del espectro. Esta clasificación es muy burda, ya que dentro de cada uno de los rangos anteriores existen muchísimas más aplicaciones que no han sido mencionadas aquí.

Finalmente, cabe hacer hincapié en que una red moderna de telecomunicaciones normalmente utiliza canales de distintos tipos para lograr la mejor solución a los problemas de telecomunicaciones de los usuarios; es decir, con frecuencia existen redes que emplean canales de radio en algunos segmentos, canales vía satélite en otros, microondas en algunas rutas, radio en otras y, desde luego, en muchos de sus enlaces, la red pública telefónica.

<b>Banda</b>	<b>Nombre</b>	<b>Aplicaciones</b>
30-300 Khz	LF (low frequency) - baja frecuencia	navegación aérea y marítima
300-3000 Khz	MF (medium frequency) - frecuencia media	navegación, radio, comercial AM, enlaces privados fijos y móviles
3-30 Mhz	HF (high frequency) - alta frecuencia	Radiodifusión onda corta, enlaces fijos y móviles
30-300 Mhz	VHF (very high frequency) - muy alta frecuencia	televisión, radio FM, enlaces fijos y móviles

300-3000 Mhz	UHF (ultra high frequency) - frecuencia ultra alta	televisión y microondas, navegación meteorología
3-30 Ghz	SHF (super high frequency) - frecuencia super alta	microondas y satélite, radionavegación
30-300 Ghz	EHF (extra high frequency) - frecuencia extra alta	experimental

## NODOS

Los nodos, parte fundamental en cualquier red de telecomunicaciones, son los equipos encargados de realizar las diversas funciones de procesamiento que requieren cada una de las señales o mensajes que circulan o transitan a través de los enlaces de la red.

Desde un punto de vista topológico, los nodos proveen los enlaces físicos entre los diversos canales que conforman la red. Los nodos de una red de telecomunicaciones son equipos (en su mayor parte digitales, aunque pueden tener alguna etapa de procesamiento analógico, como un modulador) que realizan las siguientes funciones:

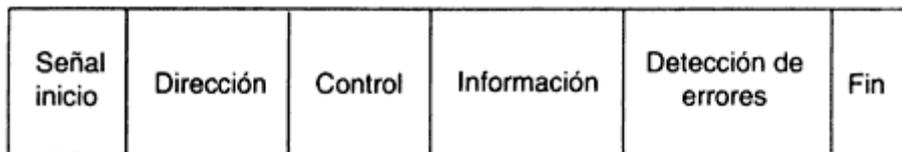
**a) Establecimiento y verificación de un protocolo.** Los nodos de la red de telecomunicaciones realizan los diferentes procesos de comunicación de acuerdo con un conjunto de reglas que les permiten comunicarse entre sí. Este conjunto de reglas se conoce con el nombre de protocolos de comunicaciones, y se ejecutan en los nodos para garantizar transmisiones exitosas entre sí, utilizando para ello los canales que los enlazan.

**b) Transmisión.** Existe la necesidad de hacer un uso eficiente de los canales, por lo cual, en esta función, los nodos de la red adaptan al canal la información o los mensajes en los cuales está contenida, para su transporte eficiente y efectivo a través de la red.

**c) Interfase.** En esta función el nodo se encarga de proporcionar al canal las señales que serán transmitidas, de acuerdo con el medio de que está formado el canal. Esto es, si el canal es de radio, las señales deberán ser electromagnéticas a la salida del nodo, independientemente de la forma que hayan tenido a su entrada y también de que el procesamiento en el nodo haya sido por medio de señales eléctricas.

**d) Recuperación.** Cuando durante una transmisión se interrumpe la posibilidad de terminar exitosamente la transferencia de información de un nodo a otro, el sistema, a través de sus nodos, debe ser capaz de recuperarse y reanudar en cuanto sea posible la transmisión de aquellas partes del mensaje que no fueron transmitidas con éxito.

**e) Formateo.** Cuando un mensaje transita a lo largo de una red, pero principalmente cuando existe una interconexión entre redes que manejan distintos protocolos, puede ser necesario que en los nodos se modifique el formato de los mensajes para que todos los nodos de la red (o de la conexión de redes) puedan trabajar exitosamente con dicho mensaje; esto se conoce con el nombre de formateo (o, en su caso, de reformateo) (en la figura 11 se muestra el formato típico de un paquete).



**Fig. 13.11: Formato típico de un paquete.**

**f) Enrutamiento.** Cuando un mensaje llega a un nodo de la red de telecomunicaciones, forzosamente debe tener información acerca de los usuarios de origen y destino; es decir, sobre el usuario que lo generó y aquel al que está destinado. Sin embargo, cada vez que el mensaje transita por un nodo y considerando que en cada nodo hay varios enlaces conectados por los que, al menos en teoría, el mensaje podría ser enviado a cualquiera de ellos, en cada nodo se debe tomar la decisión de cuál debe ser el siguiente nodo al que debe enviarse el mensaje para garantizar que llegue a su destino rápidamente. Este proceso se denomina enrutamiento a través de la red. La selección de la ruta en cada nodo depende, entre otros factores, de la situación instantánea de congestión de la red, es decir, del número de mensajes que en cada momento están en proceso de ser transmitidos a través de los diferentes enlaces de la red.

**g) Repetición.** Existen protocolos que entre sus reglas tienen una previsión por medio de la cual el nodo receptor detecta si ha habido algún error en la transmisión. Esto permite al nodo destino solicitar al nodo previo que retransmita el mensaje hasta que llegue sin errores y el nodo receptor pueda, a su vez, retransmitirlo al siguiente nodo.

**h) Direccionamiento.** Un nodo requiere la capacidad de identificar direcciones para poder hacer llegar un mensaje a su destino, principalmente cuando el usuario final está conectado a otra red de telecomunicaciones.

**i) Control de flujo.** Todo canal de comunicaciones tiene una cierta capacidad de manejar mensajes, y cuando el canal está saturado ya no se deben enviar más mensajes por medio de ese canal, hasta que los mensajes previamente enviados hayan sido entregados a sus destinos.

Dependiendo de la complejidad de la red, del número de usuarios que tiene conectados y a quienes les proporciona servicio, no es indispensable que todas las redes de telecomunicaciones tengan instrumentadas todas las funciones precedentes en sus nodos.

Por ejemplo, si una red consiste solamente en dos nodos a cada uno de los cuales están conectados una variedad de usuarios, es evidente que no se requieren funciones tales como direccionamiento o enrutamiento en los dos nodos que forman la red. Se han descrito aquí, sin embargo, las funciones más importantes que deben tener instrumentadas los nodos de una red compleja.

Una vez expuestas las componentes de una red de telecomunicaciones, a través de la cual se transmite información entre los usuarios, cabe mencionar que lo que realmente da valor a las telecomunicaciones es el conjunto de servicios que se ofrecen por medio de las redes y que se ponen a disposición de los usuarios.

Es decir, el valor depende del tipo de comunicación que puede establecer un usuario y del tipo de información que puede enviar a través de la red. Por ejemplo, a través de la red telefónica se prestan servicios telefónicos a personas y empresas. Entre estos servicios destinados a la comunicación oral están el servicio telefónico local (tanto residencial como comercial e industrial), el servicio telefónico de larga distancia nacional y el servicio telefónico de larga distancia internacional, aunque en los últimos años se pueden hacer también por esta red transmisiones de fax y de datos.

Por medio de una red de televisión por cable se pueden prestar servicios de distribución de señales de televisión a residencias en general, pero últimamente se han iniciado servicios restringidos a ciertos tipos de usuarios, como son los servicios del tipo "pago por evento".

Es posible que, gracias a los avances tecnológicos en diversos campos, en un futuro no muy lejano estén interconectadas las redes de telefonía con las de

televisión por cable, y a través de esta interconexión los usuarios podrán explotar simultáneamente la gran capacidad de las redes de cable para televisión y la gran cobertura y capacidad de procesamiento que tienen las redes telefónicas.



## **CAPITULO 14:**

# **La red telefónica basica**

---

### **14.1 ORIGEN**

La red telefónica surgió a finales del siglo XIX como respuesta a la necesidad de interconectar los diversos usuarios que deseaban establecer una comunicación mediante el teléfono. Aunque en un principio fue de iniciativa privada, pronto se convirtió en pública (además de establecerse un régimen de monopolio en la mayoría de los países), cobrando un intenso protagonismo.

Al considerarse la Telefonía Básica un servicio público, cualquier persona puede acceder al mismo y, mediante él, tener acceso a multitud de aplicaciones que suponen la transferencia remota de información de cualquier tipo.

Su empleo masivo y su desarrollo, gracias a la incorporación de técnicas digitales tanto en la transmisión como en la conmutación y en los propios terminales, hacen que esta red sea la más importante de todas cuantas existen. No sólo para las comunicaciones vocales, sino para transmisión de textos, datos e imágenes.

Cuando se establece una red de comunicaciones, es necesario disponer de unos nodos de conmutación y/o concentración y de unos medios de transmisión que los conecten. Según la complejidad y el tamaño de la red su número será distinto, así como la topología y la ubicación que se utilice.

Si los terminales a comunicar lo van a hacer siempre de la misma manera y ésta es fija o permanente, entonces lo adecuado será establecer un camino directo entre ellos, instalando lo que se denomina un circuito punto a punto. Éste es un caso muy común en la transmisión de datos donde, por ejemplo, se conecta una oficina remota con la central de la empresa con el fin de intercambiar datos en cualquier momento.

Si, por el contrario, la comunicación es esporádica y con distintos puntos, entonces no resulta adecuada la solución anterior y se requiere disponer de unos nodos que, a partir de la señalización recibida, dispongan en cada caso la ruta de interconexión entre los terminales que desean establecer contacto. Un ejemplo típico de esta situación es el servicio telefónico básico.

## 14.2 LAS CENTRALES DE CONMUTACIÓN

Al considerarse la Telefonía Básica un servicio público, cualquier persona puede acceder al mismo y, mediante él, tener acceso a multitud de aplicaciones que suponen la transferencia remota de información de cualquier tipo. Su empleo masivo y su desarrollo, gracias a la incorporación de técnicas digitales tanto en la transmisión como en la conmutación y en los propios terminales, hacen que esta red sea la más importante de todas cuantas existen. No sólo para las comunicaciones vocales, sino para transmisión de textos, datos e imágenes.

Cuando se establece una red de comunicaciones, es necesario disponer de unos nodos de conmutación y/o concentración y de unos medios de transmisión que los conecten. Según la complejidad y el tamaño de la red su número será distinto, así como la topología y la ubicación que se utilice.

Si los terminales a comunicar lo van a hacer siempre de la misma manera y ésta es fija o permanente, entonces lo adecuado será establecer un camino directo entre ellos, instalando lo que se denomina un circuito punto a punto. Éste es un caso muy común en la transmisión de datos donde, por ejemplo, se conecta una oficina remota con la central de la empresa con el fin de intercambiar datos en cualquier momento.

Si, por el contrario, la comunicación es esporádica y con distintos puntos, entonces no resulta adecuada la solución anterior y se requiere disponer de unos nodos que, a partir de la señalización recibida, dispongan en cada caso la ruta de interconexión entre los terminales que desean establecer contacto. Un ejemplo típico de esta situación es el servicio telefónico básico.

## 14.3 LA SEÑALIZACIÓN EN LA RED

Por señalización se entiende el intercambio de información entre llamante, llamado y la red, con el objetivo de establecer, mantener y liberar la llamada. La información de usuario (el contenido como tal de una conversación telefónica, por ejemplo) no entre en esta clasificación.

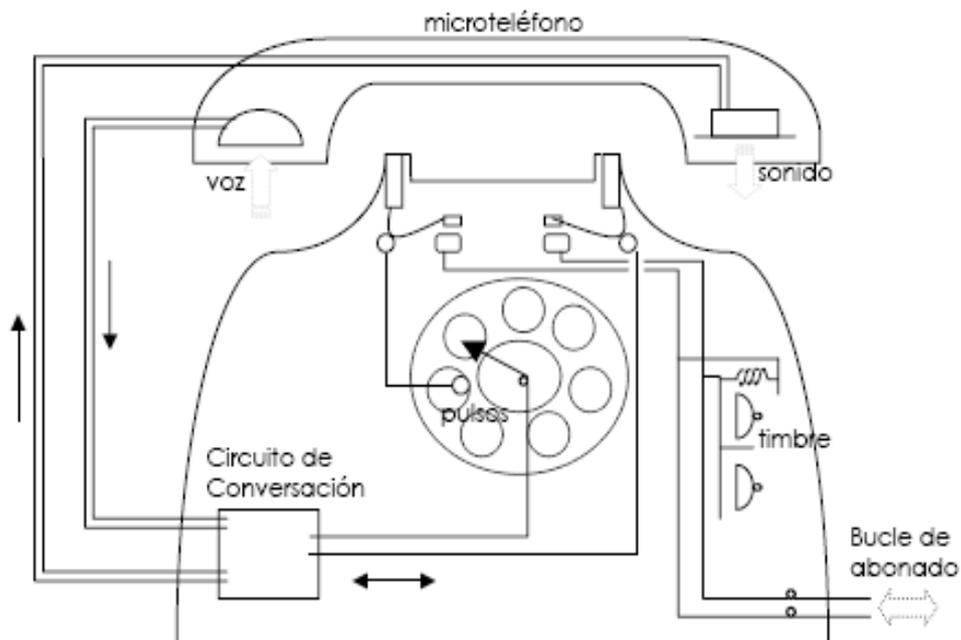
Como se ha explicado ya, de manera muy sencilla, se distinguen dos tramos diferentes en el camino que sigue una comunicación telefónica: uno, el comprendido entre el usuario y la central que le da servicio, el bucle de abonado. Otro, el que media entre las centrales origen y destino de la llamada, cuya longitud puede variar desde unos metros hasta decenas de miles de kilómetros en el caso de una llamada internacional, lo que implica el paso por múltiples centrales intermedias.

En ambos casos la señalización utilizada para el intercambio de comandos (usuario a red y entre nodos de red) es diferente y específica del mismo, debiendo cumplir el objetivo marcado y que el proceso sea imperceptible para el usuario, que en cualquier lugar del mundo actúa de la misma manera, sin necesidad de aprender nuevas reglas cuando se desplaza de un país a otro.

#### 14.4 EL TELÉFONO ANALÓGICO

Sobre principios del siglo XX(1905), el aparato telefónico incorpora discos de marcación que permiten emitir un número de pulsos en función del dígito marcado. Así mismo se mejoran los emisores y se elimina la batería local de alimentación, tomando la energía eléctrica directamente desde la central de conmutación.

El funcionamiento del aparato telefónico ha permanecido inalterado en su esencia desde 1925 hasta hoy en día. Básicamente consta de las siguientes partes:



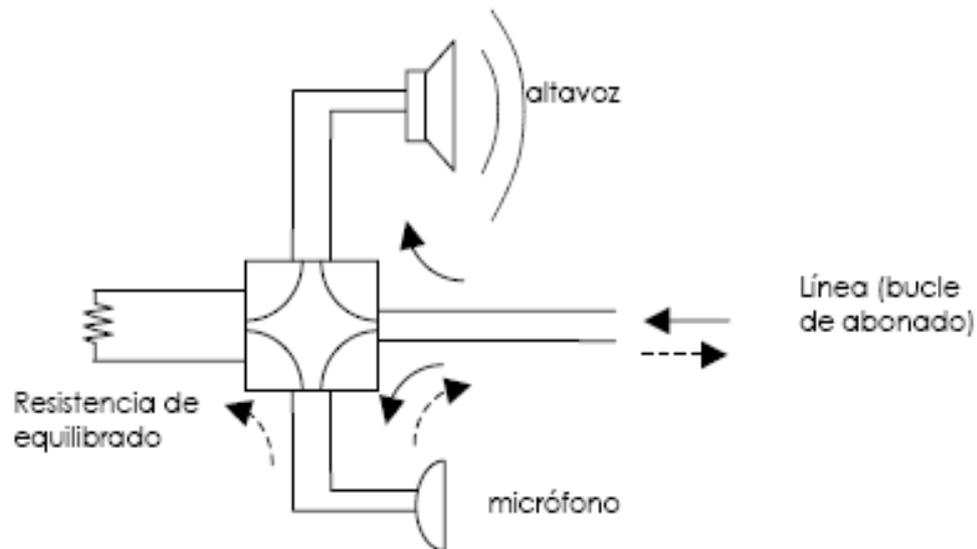
En primer lugar el microteléfono, cuyo emisor consiste en un micrófono de carbón que consta de un diafragma accionado por ondas sonoras que varían la presión ejercida sobre el granulado de carbón, cambiando así su resistencia.

Como el teléfono está alimentado eléctricamente a 48 V, la intensidad que atraviesa el micrófono variará conforme las ondas de presión sonoras, logrando emitir señales a distancias de hasta 20 Km. Hoy en día se utilizan micrófonos de mayor calidad (tipo condensador) aunque de menor alcance.

El parámetro que caracteriza al micrófono es su curva de sensibilidad, que nos ofrece, para las distintas frecuencias de la onda sonora, el rendimiento de la conversión electroacústica; esto es, voltios generados en función de los Pascales recibidos en la onda de presión.

En segundo lugar tenemos el circuito de conversación, que efectúa la conversión de dos a cuatro hilos, permitiendo el funcionamiento bidireccional y el acoplamiento de las impedancias del micrófono, auricular y línea.

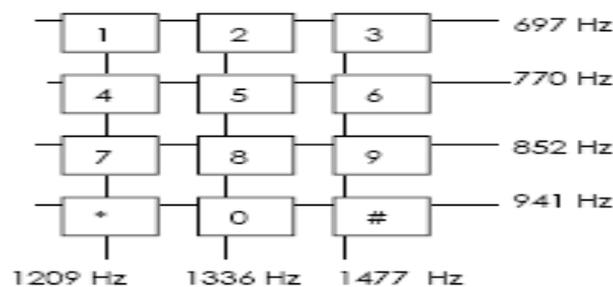
Se basa en una bobina híbrida, que no es más que un transformador especial que divide la potencia a partes iguales entre cualesquiera dos puertas adyacentes, impidiendo el paso de potencia a la puerta opuesta. En la siguiente figura se muestra el funcionamiento de la bobina híbrida:



Debemos tener en cuenta el efecto local, que se da cuando el equilibrado no es perfecto. Dicho efecto es responsable de que parte de la potencia del micrófono pase al altavoz, actuando así como realimentación para el hablante, que al no escuchar su voz por el auricular, tendería a elevar el volumen.

Por último el teléfono consta de una serie de **elementos de señalización y auxiliares**, como son el timbre, el gancho conmutador que desconecta la red de conversación y el disco marcador, que genera los pulsos a una velocidad de 10 por segundo con una interrupción de 1/16 segundos entre cada pulso.

Actualmente parte del teléfono se basa en la electrónica, permitiendo así la marcación por tonos (multifrecuencia o MF), donde cada número se representa por la suma de dos tonos:



#### 14.5 SEÑALIZACIÓN POR CANAL ASOCIADO Y CANAL COMÚN

En la parte de red es donde la señalización es más compleja y juega un papel fundamental para el funcionamiento de la red y la oferta de servicios hacia los usuarios, entre ellos los denominados servicios de red inteligente. La señalización se forma entre dos nodos de la red para establecer y controlar un canal de comunicación entre ellos, que prolongado por otros canales con otros nodos establecerá el circuito para es comunicación. Se pueden considerar dos tipos distinto de señalización: señalización por **canal asociado (CASD)** y señalización por **canal común (CCS)**.

- **Canal Asociado** (Channel Associated Signaling). La señalización, de línea (para el control del canal) y de registro (para seleccionar el camino a establecer), está directamente asociada al canal que transporta la información. La voz viaja por los mismos canales y conjuntamente con las señales de control, pudiendo ser la señalización por corriente continua, tonos de frecuencia o digital.
- **Canal Común** (Common Channel Signaling). La señalización de todos los canales se opera por un canal específico, dentro de los disponibles. Varios canales de información se combinan junto con los de señalización dentro de un medio de transmisión común, para lo cual las distintas señales se codifican y mezclan en el extremo

emisor, realizándose el proceso contrario en el receptor, para recuperar la señal digital original.

En el sistema de señalización por canal asociado (CAS) la señalización viaja junto con las conversaciones, mientras que con la señalización por canal común (CCS) las señales viajan por su propio camino, constituyendo éstos una red de señalización, que transporta la información entre las centrales.

La señalización por canal común, cuyo ejemplo más significativo es el Sistema de Señalización número 7 del CCITT, reporta muchas ventajas. Entre ellas la posibilidad de compartir un dispositivo de señalización común con capacidad de atender miles de llamadas, por lo que se ahorra en equipo, y se transmite mucha más información y más rápidamente que con una señalización multifrecuencia.

#### **14.6 EL TRÁFICO TELEFÓNICO**

Para cualquier análisis es fundamental conocer como se reparte el tráfico telefónico (número de llamadas generadas y su duración). La experiencia revela que las llamadas aparecen en cualquier instante, sin relación entre unas y otras – proceso aleatorio- y que son de duración variable pero con una media (para las de voz, ya que las de acceso a Internet están en torno a 20 minutos) entre dos y tres minutos, dependiendo del país.

La utilización media de una línea telefónica en nuestro país, durante el año 2002, ha sido tan solo de unos 20 minutos por día incluyendo el tráfico que genera el acceso a Internet, una cifra bastante pequeña si tenemos en cuenta que la disponibilidad es de 24 horas /días, aunque no muy inferior a la de otros países de nuestro entorno, pero sí a la de Estados Unidos, que es el triple.

Las medidas del tráfico generado, que realiza el operador de la red, le permiten dimensionar los recursos de la red compartidos por todos los usuarios, excepto el bucle de abonado. De no existir datos históricos, caso de un nuevo servicio, habrá, que realizar previsiones.

Un dimensionamiento inadecuado de los recursos será casusa de posible congestiones en la red (deterioro de la calidad de servicio, que se manifiesta en pérdida de llamadas, caídas de la red, retardos en el establecimiento de la comunicación, saltos erróneos de números, etc.) o de un sobredimensionamiento y, por tanto, un encarecimiento de la misma, mayor complejidad y dificultad de gestión, con lo cual perderíamos efectividad de costes.

## 14.7 ESTRUCTURA DE LA RED TELEFÓNICA

El gran número de usuarios y el alto tráfico que una red telefónica ha de poder soportar hace imprescindible agruparlos por áreas geográficas y hacerlos depender de varias centrales de conmutación que tengan acceso entre sí o a través de otras.

Aparece el concepto de “jerarquía”, la limitación en el número máximo de usuarios que una central admite, provoca el concurso de más centrales de conmutación para atenderlos una vez que éste se supera.

Las redes telefónicas nacionales de los distintos países que se suelen estructurar en 2 niveles básicos: **un nivel local** y **un nivel de tránsito**, aunque en algunos casos, y dependiendo de su antigüedad, pueden llegar a tener varios más.

- El **nivel local** está compuesto fundamentalmente por las centrales autónomas con sus unidades remotas. En algunos casos, si el tráfico lo justifica, se incluyen también centrales del tipo tándem, que operan el tránsito entre centrales locales. Entre las centrales locales, a su vez, se pueden distinguir entre centrales cabeceras y centrales congeladas funcionalmente (antiguas o muy limitadas en prestaciones o capacidad). Las centrales cabeceras asumen el crecimiento de nuevos servicios, por ejemplo, RDSI.
- El **nivel tránsito** está compuesto por las centrales nodales y por centrales de tránsito sectorial, donde la conexión de unas centrales con otras se realiza por caminos redundantes para tener un alto grado de fiabilidad, en previsión del fallo de alguna ruta.

Una particularidad derivada de la existencia de varias operadoras en la red, son las **centrales de interconexión** o centrales frontera entre operadores. Estas centrales pueden pertenecer a ambos niveles dependiendo de los acuerdos entre operadores. Además de estos dos niveles se puede considerar un tercer nivel formado por la red de señalización, constituida por nodos independientes.

## 14.8 LOS SERVICIOS 900. RED INTELIGENTE

Sobre la red telefónica, actualmente, se ofrece una extensa gama de variados servicios que han producido un incremento en el número de llamadas y en el tráfico. Ello es posible gracias a la incorporación de aplicaciones informáticas sobre nodos especiales conectados o superpuestos a la infraestructura de conmutación telefónica, lo que viene a configurar la denominada Red Inteligente o IN (Intelligent Network).

La Red Inteligente sirve para prestar servicios que requieren el manejo eficiente de un considerable volumen de datos, mediante la centralización de determinadas funciones de control y proceso. El fundamento consiste en disociar las funciones propias del servicio telefónico dado a un usuario, como son la tasación y el destino final de las llamadas entrantes, de la terminación de red que le presta el servicio.

Esto se realiza asignando a ese usuario otro número específico del servicio de red inteligente, el cual informa a los usuarios llamantes del tipo de tarifa que se le aplicará por las llamadas a ese número. La IN prolonga las llamadas recibidas al número contratado de IN a el/los números de red telefónica básica que determine el cliente, donde son atendidas.

Esta red ha sido posible gracias a la confluencia de la tecnología de conmutación digital con los nuevos sistemas de señalización, que permiten el intercambio de información entre todos los puntos de la red rápidamente y en grandes volúmenes, junto con la tecnología de la información y las modernas técnicas de manejo de bases de datos.

La Red Inteligente, a través de los números 900 XX YY ZZ, ofrece unos servicios con prestaciones adicionales a las que se obtienen de la red telefónica básica, tanto para los clientes que contratan el servicio como para los usuarios que acceden al mismo.

#### **14.9 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS**

La RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) es, básicamente, la evolución tecnológica de la Red Telefónica Básica (RTB). Al digitalizar todos los elementos de la comunicación, integra multitud de servicios, tanto de voz como de datos, en un único acceso de usuario que permite la comunicación digital a alta velocidad entre los terminales conectados a ella (teléfono, telefax, ordenador, etc.).

La RDSI se presentó como una red básica de comunicaciones que trataba de integrar redes y servicios que tradicionalmente se cubrían de muy diversas maneras. Esto significa que para ciertos servicios los usuarios van a disponer de varias alternativas para satisfacer sus necesidades concretas: por un lado, las redes convencionales de voz o de datos y, por otro, la solución basada en la RDSI.

La RDSI de banda estrecha admite como máximo hasta 2 Mbit/s, mientras que la RDSI de banda ancha empieza a partir de ellos. Es una red evolucionada de la red telefónica integrada digital, que proporciona conectividad

digital extremo-a-extremo y soporta una amplia gama de servicios, a los que acceden los usuarios por medio de un conjunto limitado de interfaces multipropósito.

La técnica de multiplexación empleada es por división en el tiempo (TDM) y todos sus terminales son digitales. La RDSI, frente a la red telefónica pública convencional, ofrece una serie de ventajas, como son: audio de alta calidad, enlaces digitales a 64 kbit/s, señalización potente (por un canal asociado para el acceso de usuario, y por canal común entre centrales) que proporciona una gran funcionalidad; un único canal de acceso transfiere voz, datos e imagen, además de mejora la rapidez en el establecimiento de las llamadas.

#### 14.9.1 Modalidades de servicio

La RDSI comprende el siguiente grupo de servicios:

Dos tipos de modalidad **de acceso para el usuario**: básico y primario.

- **Servicios portadores**, aquellos servicios de telecomunicación para la transmisión de las señales que envía las interfaces de usuario a la red.
- **Servicios suplementarios**, proporcionan facilidades adicionales a los usuarios. Se ofrecen junto a los servicios portadores.
- **Teleservicios**, procuran la completa capacidad de comunicación entre los usuarios conforme a protocolos establecidos, mediante acuerdos entre los operadores de telecomunicación.

#### 14.9.2 Canales en la RDSI

Las líneas RDSI contemplan varios tipos de canales :

- **Canal B:** Transporta la voz o los datos generados por el terminal del usuario (a una velocidad nominal de 64 kbit/s).
- **Canal D:** Transporta la señalización de usuario para la llamada (a una velocidad de 16 ó 64 kbit/s) y también puede utilizarse para transmitir simultáneamente datos por conmutación de paquetes.

Estos canales se pueden agrupar desde el punto de vista de instalación del cliente, bien en la modalidad más sencilla o Acceso Básico (dos canales B y un canal D de 16 kbit/s) o en forma de acceso Primario (30 canales B y un canal D, en este caso de 64 kbit/s).



## **CAPITULO 15: DAB (Digital Audio Broadcasting)**

---

### **15.1 RADIODIFUSIÓN**

La radiodifusión (en inglés broadcasting) es la distribución de señales de audio y video de radio y televisión analógica a un número de destinatarios (los oyentes o televidentes según el medio) conformando una audiencia masiva.

Esta audiencia puede ser el público en general o un subgrupo relativamente grande del mismo. En la radiodifusión una estación base emite su señal de radiofrecuencia a través del aire. Los receptores de televisión o radio recogen dicha señal casi simultáneamente.

Este caso pone de manifiesto la necesidad de que tanto emisores como receptores dispongan de un medio de transmisión común y compartido.

### **15.2 DAB**

Digital Audio Broadcast (Radiodifusión de audio digital) o DAB es un estándar de emisión de radio digital desarrollado por Eureka 147 como un proyecto de investigación para la Unión Europea (Proyecto número EU147).

La tecnología fue principalmente desarrollada en la década de 1980, aunque el proyecto comenzó en 1987 y finalizó en 2000. Más de 285 millones de personas en todo el mundo pueden recibir más de 550 servicios DAB diferentes.

El Reino Unido fue el primer país que recibió un amplio rango de estaciones de radio vía DAB, con más de servicios públicos de la BBC y comerciales, disponibles en Londres en 2001.

#### **15.2.1 Características del sistema DAB**

El Sistema DAB proporciona radiodifusión digital multiservicio de alta calidad, destinada a receptores móviles, portátiles y fijos, tanto para la radiodifusión terrenal como para radiodifusión por satélite.

Es un sistema flexible que permite una amplia gama de opciones de codificación de los programas, de los datos asociados a los programas radiofónicos y de los servicios de datos adicionales. Sus principales características son las siguientes:

**Eficiencia en la utilización del espectro y la potencia.** Se utiliza un único bloque para una Red nacional, territorial o local terrenal, con transmisores de baja potencia.

**Mejoras en la recepción.** Mediante el sistema DAB se superan los efectos que la propagación multitrayecto causan, debido a las reflexiones en edificios , montañas , etc. , produce en los receptores estacionarios, portátiles y móviles y se protege la información frente a interferencias y perturbaciones. Estas mejoras se logran mediante la transmisión COFDM que utiliza un sistema de codificación para distribuir la información entre un elevado numero de frecuencias.

**Rango de frecuencias de transmisión:** El sistema DAB está diseñado para poder funcionar en el rango de frecuencias de 30 MHz. a 3.000 MHz.

**Distribución:** Se puede realizar por satélite y/o transmisiones terrenales o de cable utilizando diferentes modos que el receptor detectará automáticamente.

**Calidad de sonido:** Es equivalente a la del Disco Compacto (CD). En el sistema DAB se aprovecha el efecto de enmascaramiento que se produce debido a las características psicoacústicas del oído humano, ya que no es capaz de percibir todos los sonidos presentes en un momento dado, y por tanto no es necesario transmitir los sonidos que no son audibles.

El sistema DAB utiliza un sistema de compresión de sonido llamado MUSICAM para eliminar la información no audible, consiguiendo así reducir la cantidad de información a transmitir.

**Multiplexado:** De manera análoga a como se entra en un multicine donde se exhiben varias películas y seleccionamos una de ellas, es posible “entrar” en un múltiplex DAB y seleccionar entre varios programas de audio o servicios de datos.

El sistema DAB permite multiplexar varios programas y servicios de datos para formar un bloque y ser emitidos juntos, obteniéndose el mismo área de servicio para todos ellos.

**Capacidad:** Cada bloque (múltiplex) tiene una capacidad útil de aproximadamente 1,5 Mbit/s, lo que por ejemplo permite transportar 6 programas estéreo de 192 kbit/s cada uno, con su correspondiente protección, y varios servicios adicionales.

**Flexibilidad:** Los servicios puede estructurarse y configurarse dinámicamente. El sistema puede acomodar velocidades de transmisión entre 8 y 380 kbit/s incluyendo la protección adecuada.

**Servicios de Datos:** Además de la señal de audio digitalizada, en el múltiplex se transmiten otras informaciones.

**El canal de información:** Transporta la configuración del múltiplex, información de los servicios, fecha y hora, servicios de datos generales como: radiobusqueda, sistema de aviso de emergencia, información de tráfico, sistema de posicionamiento global, etc.

**Los datos asociados al programa** se dedican a la información directamente relacionada con los programas de audio: títulos musicales, autor, texto de las canciones en varios idiomas, etc.

**Servicios adicionales:** Son servicios que van dirigidos a un grupo reducido de usuarios, como por ejemplo: cancelación de tarjetas de crédito robadas, envío de imágenes y textos a tableros de anuncios electrónicos, etc. Todos estos datos se reciben a través de una pantalla incorporada al receptor .

**Coberturas:** la cobertura puede ser local, regional nacional y supranacional. El sistema es capaz de añadir constructivamente las señales procedentes de diferentes transmisores en el mismo canal, lo que permite establecer redes de frecuencia única para cubrir un área geográfica determinada en la que es posible utilizar pequeños transmisores para cubrir las zonas de sombra dejadas por aquellos. Entre las ventajas más importantes que se esperan de la DAB, pueden resumirse las siguientes:

- Sonido con calidad digital CD para las estaciones de FM actuales, una calidad de FM estéreo para las estaciones de AM y calidad FM mono para las transmisiones en Onda Corta, SW.
- La eliminación de interferencias y desvanecimientos causadas en los receptores móviles como producto de los multitrayectos en transmisiones de FM.
- Protección contra interferencias por canales adyacentes
- Alta resistencia contra interferencias por ruidos en AM
- Posibilidad de la implantación de cadenas nacionales en una sola frecuencia.
- Un menor consumo de potencia de transmisión
- La posibilidad del envío de datos auxiliares hasta los receptores, como es información del tiempo, datos del clima, situación de

tráfico, datos de GPS, etc, así como el envío de información referente al programa en curso, como es la identificación del mismo, información de la pieza musical al aire, nombre del artista que la ejecuta, etc,etc, esto a través de texto o imágenes de alta definición.

Al momento, tres son las opciones propuestas para la implementación de la DAB:

**a) IBOC - HD RADIO**

Esta propuesta, creada básicamente para el mercado de los móviles en los Estados Unidos, es presentada por parte de la Corporación iBiquity Digital IBOC (In-Band On-Channel) Digital Audio Broadcasting, y propone la reutilización de las bandas de AM y FM actualmente en uso analógico.

Esta posibilidad de seguir utilizando bandas conocidas no haría necesaria la migración a otra banda o rango de frecuencias para la transmisión de señales de radio. HD RADIO permitiría además que las transmisiones de AM y FM se hagan de manera simultánea tanto en manera analógica como digital en lo que se ha denominado transmisión híbrida, dejando al receptor la recepción en manera analógica o digital, según sea la tecnología del mismo, siendo esta cualidad una de las ventajas que ofrece HB RADIO, pues ni el radiodifusor se vería afectado perdiendo su audiencia histórica, ni el oyente estaría en la necesidad de adquirir los receptores nuevos de manera inmediata.

Sin embargo, para que la posibilidad de que la transmisión híbrida sea factible manteniendo su alta calidad, la iBiquity propone el uso de un ancho de 30 KHz para la banda de AM y mantener los 400 KHz para FM, lo cual en algunos medios no necesariamente será bien acogido por los concesionarios en AM ya que la canalización que usan, propone la separación cada 20 KHz.

Otro de los problemas que la adopción de esta tecnología podría causar en el medio, es la alta inversión que la misma demanda.

**b) Digital Radio Mondiale (DRM)**

Digital Radio Mondiale o DRM es un estándar de radiodifusión sonora de radio digital desarrollado por el Consorcio Digital Radio Mondiale, para mejorar la calidad de las transmisiones analógicas de la radio en las bandas de Amplitud Modulada.

Hay que destacar que ningún país es propietario de éste sistema de radio digital, por lo cual dicho sistema desarrollado por el Consorcio DRM (Digital Radio Mondiale) se considera mundial.

Las bandas de Amplitud Modulada son: Onda Larga de 150 kHz a 529 kHz (LW por sus siglas en inglés de Long-wave), Onda Media de 530 kHz a 1710 kHz (MW por sus siglas en inglés de Medium-wave) y Onda Corta de 1711 kHz a 30 MHz (SW por sus siglas en inglés de Short-wave).

Logrando así una señal digital completamente nítida, sin interferencias, ni ruido ni desvanecimiento. Si una emisora decide utilizar para sus transmisiones el sistema de radio digital DRM, puede transmitir su señal utilizando un transmisor de baja potencia y tener una cobertura aceptable en comparación con el sistema de radio analógico.

En muchos países, las radiodifusoras de Amplitud Modulada han probado este sistema de Radio Digital. Existiendo en la actualidad, muchas transmisiones regulares de DRM en diferentes países.

Entre el año 2007 y 2009, el Consorcio DRM iniciará su sistema DRM+ de radio digital para las radiodifusoras que emiten en la banda de Frecuencia Modulada, después de haber realizado los estudios y las pruebas necesarias.

### **CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DRM: Digital Radio Mondiale**

- Estándar abierto para la radiodifusión por debajo de 30 MHz, ampliado a 120 MHz en Abril de 2004
- El único sistema NO-PROPIETARIO en estas bandas de trabajo
- Es un consorcio y también un estándar **www.drm.org**
- Redes en frecuencia única (SFN)
  - Una frecuencia emitida desde varios transmisores, mejora la eficiencia espectral
  - Ampliación de la cobertura en la misma frecuencia
- Alternative Frequency Switching (AFS)
  - Transmisión de la misma señal por dos canales -Mejora la fiabilidad
- Compatibilidad con las bandas y uso del espectro actual y futuro
- Una migración asegurada desde la radiodifusión analógica a la digital. Varios modos de simulcast
- DRM permite una mejor calidad de sonido y mayores servicios para los oyentes
- Disponibilidad de receptores de bajo coste a través de una especificación del sistema no propietaria. Primeros modelos de bajo costo desde Agosto del 2005

- Máxima reutilización de la infraestructura de radiodifusión existente

### c) UREKA 147

Esta tecnología propuesta y ya en desarrollo en Europa y Canadá, concentra sus investigaciones en la posibilidad de hacer RSD ya no en las bandas tradicionales de AM y FM sino, en las bandas de VHF ( 174 - 230 MHz) y en la conocida como Banda L (1452 - 1468 MHz).

Eureka 147 garantiza una buena calidad en los canales de audio, comparables a la calidad CD, así como en el envío de los auxiliares, pues sus anchos de banda así como las velocidades de transmisión son superiores a los que ofrecen tanto HD RADIO como DRM.

Sin embargo las inversiones iniciales son altas y por tanto están a cargo de los organismos estatales quienes sacan a licitación la concesión de frecuencias. Esta opción ya está siendo investigada en algunos países sudamericanos como Argentina, México y Brasil como una alternativa ante el congestionamiento que han sufrido de los espectros de AM y FM en sus capitales y otras grandes ciudades.

## 15.3 TELEVISIÓN DIGITAL (DTV)

La televisión digital (DTV, por sus siglas en inglés) es una nueva tecnología de transmisión que transformará su experiencia como telespectador. **La DTV permite a las emisoras de televisión transmitir la programación con una calidad de imagen y sonido como las del cine. También permite la multidifusión y funciones interactivas.**

La DTV es una tecnología de emisión más flexible y eficiente que la tecnología de emisión de programas que se emite hoy en día, llamada “análoga.” Por ejemplo, en vez de estar limitado a proveer una señal de programación analógica, la estación televisora será capaz de proveer un programa nítido de “alta definición” (HDTV) o programas digitales múltiples de “definición estándar” simultáneamente.

El proveer varios flujos de programación usando el espectro digital se le conoce “multicasting.” El número de programas que una estación puede enviar usando el espectro digital depende del nivel de detalle de la imagen, también conocida como “resolución” deseada en cada flujo de programación. La DTV puede dar imágenes de alta resolución, video interactivo, y servicios de información que fácilmente sobrepasan las capacidades de la tecnología “analógica.”

La conversión a la DTV también liberará parte de las tan valiosas y escasas ondas de difusiones. Aquellas porciones del espectro podrán ser entonces utilizadas para otros importantes servicios tales como los servicios a la comunidad y seguridad pública (la policía y departamento de bomberos, servicios de emergencia y rescate), y servicios inalámbricos avanzados.

Hoy en día las estaciones de televisión que sirven a todos los mercados en los Estados Unidos están transmitiendo programas con señal digital, aunque, la mayoría seguirá transmitiendo programación analógica hasta el 17 de febrero del 2009. En esa fecha, toda potencia transmisora de TV cesará de transmitir por sus presentes canales análogos, y el espectro que ellos utilizan para su transmisión analógica será recuperado y será utilizado para otros fines.

Hoy en día las estaciones de televisión que sirven a todos los mercados en los Estados Unidos están transmitiendo programas con señal digital, aunque, la mayoría seguirá transmitiendo programación analógica hasta el 17 de febrero del 2009.

En esa fecha, toda potencia transmisora de TV cesará de transmitir por sus presentes canales análogos, y el espectro que ellos utilizan para su transmisión analógica será recuperado y será utilizado para otros fines.

## **PREGUNTAS FRECUENTES**

### **Cómo puedo obtener la señal para la DTV?**

Para recibir señales remotas de la DTV se requiere una antena y un receptor de DTV para decodificar las señales digitales. En general, una antena que tenga una recepción de buena calidad de las señales remotas analógicas de TV (VHF-UHF) servirá para recibir señales digitales.

Los abonados al servicio de televisión por cable tal vez necesiten un nuevo equipo de DTV para poder ver programas en formato digital. Ud deberá preguntarle a su proveedor de cable que es lo que necesitará y cuando.

Los abonados al servicio de TV por cable podrán comprar televisores con dispositivos “listo para servicio de cable digital” (DCR por sus siglas en inglés) o también los televisores llamados “Plug-and-Play” que se conectan directamente en el enchufe del cable y no necesita decodificador.

Los suscriptores con televisores DCR deberán obtener una tarjeta decodificadora o CableCARD de sus compañías de cable, para poder recibir programación codificada y programación unidireccional especial. Como

alternativa, los abonados al servicio de TV por cable podrán alquilar aparte una caja decodificadora de su compañía proveedora de cable o comprarla en una tienda especializada en electrodomésticos.

Los abonados al servicio de televisión por satélite podrían necesitar un nuevo equipo para DTV para recibir y ver la programación digital de alta definición. Ud deberá verificar con su compañía de servicio por satélite que es lo que necesitara y cuando. Una lista de las estaciones de televisión de DTV que operan está disponible en la siguiente dirección de Internet <http://www.dtv.gov/>.

Los proveedores del servicio de televisión por satélite y la mayoría de proveedores de cable están actualmente ofreciendo programación digital. Los abonados deberán verificar con sus compañías proveedoras que programación esta disponible en su área.

#### **¿Necesitaré un nuevo televisor si tengo un televisor análogo?**

Ud todavía podrá usar su televisor análogo con una caja de conversión. Las cajas de conversión para televisores analógicos que reciben transmisiones de señales remotas estarán disponibles en tiendas de electrodomésticos durante ese tiempo.

Estas cajas de conversión reciben las señales digitales y las convierten en formato analógico para poder ser vistas en su televisor análogo. A comienzos del 2008, su hogar podrá recibir hasta dos cupones de un valor de 40 dólares cada uno para la compra de cajas de conversión.

La Administración Nacional de Información y Telecomunicaciones (NTIA por sus siglas en inglés) es responsable de la administración del programa de cupones, y emitirá normas acerca de estos cupones en el futuro. Más información acerca de este programa puede ser encontrada en <http://www.fcc.gov/fcc-bin/bye?http://www.ntia.doc.gov>.

Si ud es un abonado del servicio de televisión por cable o satélite, comuníquese con su proveedor y pregúntele si necesitara una caja de conversión para su televisor análogo.

Disponibilidad de los receptores digitales y los requerimientos de la FCC sobre los sintonizadores.

Recuerde que aunque tenga la caja de conversión, su actual televisor análogo no mostrará la calidad total de un televisor digital. Para poder disfrutar la calidad de imagen digital en su totalidad, ud deberá tener un televisor digital o

tener por separado un dispositivo receptor del DTV y un monitor para ver la imagen.

Hoy, la FCC requiere que los receptores de televisión vendidos en los Estados Unidos sean capaces de recibir las señales de televisión digital. Para Marzo del 2007, todos los televisores (y otros dispositivos que estén destinados a recibir las transmisiones de las señales de televisión) están requeridos de tener un sintonizador digital incorporado.

### **¿Cómo son los televisores DTV y cual será su costo?**

Casi todos los televisores DTV tienen pantallas más anchas que los televisores analógicos actuales. Las pantallas más anchas permiten ver imágenes más anchas que son similares a aquellas que se ven en los cines. Los televisores DTV vienen en una variedad de tamaños.

Al igual que la mayoría de electrodomésticos nuevos, los televisores DTV han bajado de precio desde su primer lanzamiento hace unos años atrás. Se espera que sus precios continúen bajando mas con el tiempo y estos variarán de acuerdo al tamaño de la pantalla, la tecnología proporcionada y de otras funciones.

### **¿Cuál es la diferencia entre un DTV integrado y un monitor digital?**

Un DTV integrado es un televisor digital con un receptor digital y decodificador incorporado. Si ud tiene un DTV integrado y vive en un área que recibe transmisiones de señales digitales, necesitará solamente de una antena (preferiblemente una antena aérea) para recibir señales remotas de transmisiones de programación digital.

Los televisores integrados también podrán recibir y mostrar imágenes de señales análogas actuales. En contraste, un monitor digital no es capaz de recibir y sintonizar programación de televisión digital sin un equipo adicional.

La caja de conversión para un DTV deberá ser conectada entre la antena y el monitor para recibir y mostrar transmisión de programación digital de señales remotas. También si ud es un abonado de servicio de televisión por cable o por satélite, necesitará una nueva caja de conversión para recibir el contenido de la transmisión digital.

Cerciórese, con su vendedor, que el receptor del DTV o caja de conversión sea compatible y tenga los cables correctos para interconectarse con el monitor del DTV que este comprando. Muchos monitores tienen receptores analógicos

incorporados y pueden mostrar programación analógica. Ellos también pueden mostrar imágenes de un DVD y VCRs a través de sus conectores.

### **¿Muestran los DTVs integrados y los monitores digitales televisión de alta definición?**

DTV integrados y los monitores digitales no necesariamente muestran en su totalidad el formato de programación de la HDTV. Algunos televisores integrados y monitores mostraran televisión digital en resoluciones menores tales como formatos de “definición estándar” o “definición mejorada.”

Así es que aunque los televisores estén siendo vendidos con etiquetas o descripciones que insinúen que sea una HDTV, consúltelo con su vendedor antes de hacer la compra, si HDTV es la calidad que ud desea.

### **¿Por qué no puedo tener ambos la DTV y el sistema de televisión que tengo ahora?**

Los servicios inalámbricos y de transmisión televisiva dependen del uso de las ondas aéreas. La tecnología del DTV es mucho más eficiente que la tecnología analógica actual y permitirá la emisión de mucho mas contenido. en programas usando menos espectro de emisión. El efectuar una transición a una transmisión digital liberará recursos para la seguridad pública y otros servicios nuevos e innovadores para el consumidor estadounidense.

## **15.4 HDTV**

**High Definition Television** (Televisión de alta definición), o **HDTV**. Es uno de los formatos que, sumados a la televisión digital (DTV), se caracteriza por emitir las señales televisivas en una calidad digital superior a los sistemas ya existentes (PAL, NTSC y SECAM).

La HDTV es un tipo de servicio de DTV. La HDTV proporciona programación de alta resolución en formato de pantalla ancha. Una imagen actual de televisión análoga puede proporcionar una imagen con una resolución de hasta 480 líneas horizontales.

Una imagen de HDTV puede dar una resolución de hasta 1080 líneas, proveyendo una imagen detallada.

El formato de pantalla ancha se refiere a una proporción del aspecto de la altura/longitud de la imagen, que es una comparación del ancho de la pantalla con la altura de la misma.

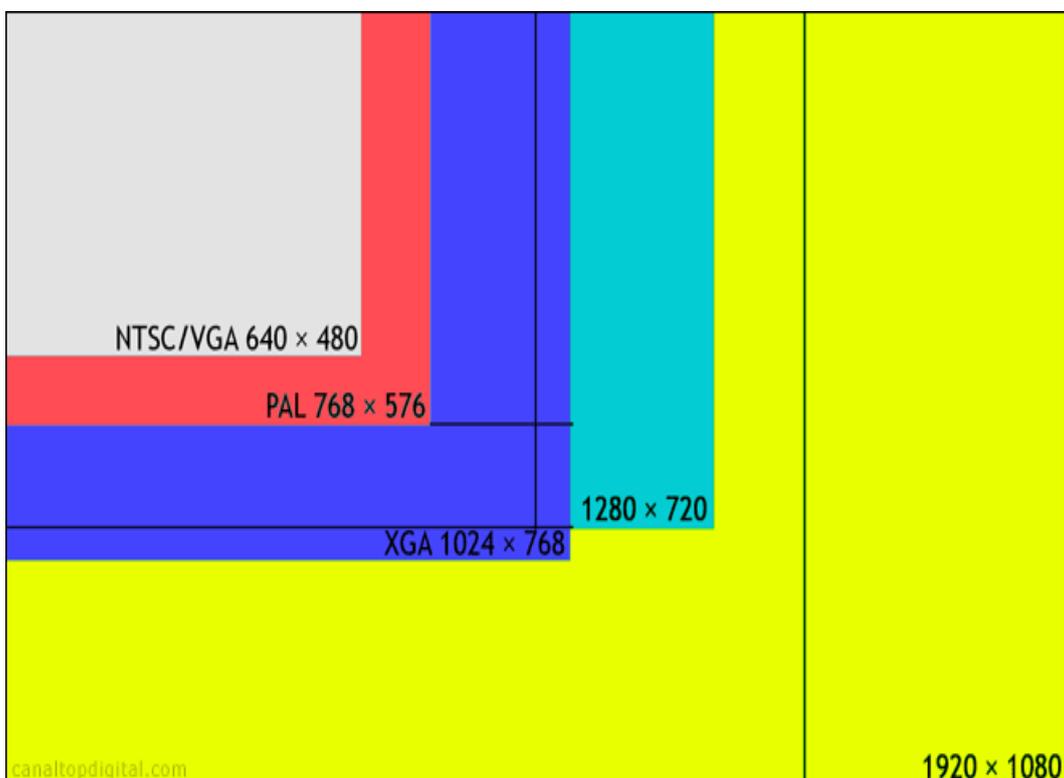
La televisión análoga tiene una proporción de 4 a 3, lo que significa que la pantalla es 4 pulgadas de ancho por cada 3 pulgadas de alto, mientras que la pantalla ancha de HDTV tiene una proporción de 16 por 9. Los programas de la HDTV incluyen sonido digital Dolby, que es el mismo que se usa en los cines y en los DVDs.

### **ETALLES TECNICOS**

La pantalla HDTV utiliza una proporción del aspecto 16 : 9. La alta resolución de las imágenes (1920 píxeles × 1080 líneas o 1280 píxeles × 720 líneas) permite mostrar mucho más detalle comparado con la televisión analógica o de Standard Definition (720 píxeles × 576 líneas según el estándar PAL).

El códec utilizado para la compresión puede ser MPEG-2, H.264 o wmvhd (Windows Media Video High Definition), aunque el MPEG-2 se está quedando desfasado actualmente por su baja eficiencia de compresión comparado con los otros códecs.

Las imágenes HDTV son hasta 5 veces más definidas que las de la televisión de definición normal, comparando el formato PAL con la resolución HDTV más alta.



La resolución 1920x1080 suele estar en modo entrelazado, para reducir las demandas del ancho de banda. Las líneas son rastreadas alternativamente 60 veces por segundo, de forma similar entrelazado a 60 Hz en NTSC.

Este formato se denomina 1080i, o 1080i60. En las áreas donde tradicionalmente se utiliza la norma PAL a 50 Hz se utiliza 1080i50. También son utilizados los formatos de rastreo progresivo con una velocidad de 60 cuadros por segundo.

El formato 1280x720 en la práctica siempre es progresivo (refrescando el cuadro completo cada vez) y es así denominado 720p. Varias televisoras americanas actualmente transmiten en 720p/60.

## **PRIMEROS SISTEMAS**

### **MUSE**

Japón tuvo el primer sistema HDTV que funcionó, sus diseños se remontan a 1979. Japón comenzó la emisión de señales HDTV analógicas a principios de los años 1990, usando una resolución de 1035 líneas entrelazadas (*1035i*). El sistema japonés MUSE, desarrollado por los laboratorios de ciencia e investigación técnica de NHK en los años 1980, empleando sistemas de filtrado para reducir la señal fuente original y así disminuir el ancho de banda necesario.

Por ejemplo, tres elementos de cuadro sucesivos en una línea derivaban realmente de tres barridos separados. Una panorámica de cámara completa perdería un 50% de la resolución horizontal. Desde entonces, Japón ha cambiado a un sistema HDTV digital basado en ISDB.

### **HD-MAC**

La Comisión Europea estableció un estándar europeo para HDTV digital sin compresión mediante una directiva en 1986 (MAC). Sin embargo, nunca fue popular entre estaciones transmisoras. Requería que todos los emisores por satélite de alta potencia usaran MAC a partir de ese año.

Debido al avance tecnológico y el lanzamiento de satélites de media potencia por SES Astra, las estaciones podían trabajar sin MAC para bajar así los costes de transmisión. HD-MAC (la variante de alta definición de MAC) se dejó para enlaces satélite intercontinentales.

Otra causa del fracaso de HD-MAC fue que no era realista usar 36 Mhz para una señal de alta definición en transmisiones terrestres (SDTV usa 6, 7

(VHF) u 8 Mhz (UDF). HD-MAC sólo podía ser usado por compañías de cable y satélite, donde hay un mayor ancho de banda disponible.

Así, la HDTV análoga no pudo reemplazar la tradicional SDTV (terrestre) PAL/SECAM, haciendo los equipos HD-MAC poco atractivos a potenciales consumidores. Las olimpiadas de Barcelona'92 fueron grabadas en éste formato analógico (formato 4:3, con una definición de 1250 líneas verticales).

Para almacenarlas se usaron unas cintas magnetofónicas gigantes del tamaño de una maleta cada una. Dichas cintas incorporaban unas asas en su carcasa para hacer más fácil su transporte y manipulación. El estándar HD-MAC fue abandonado en 1993, y desde entonces todos los esfuerzos de la UE y la UER se han enfocado en el sistema DVB (Digital Video Broadcasting), que soporta tanto SDTV como HDTV.

## **SISTEMAS ACTUALES**

### **Europa**

Por ahora, muchos de los países muestran un limitado interés por la HDTV, lo mas comun es la EDTV usando DVB. Aunque la HDTV aún es posible con DVB-T, la mayoría de los países prefieren "más canales un un sólo multiplex", en lugar de "un sólo canal en HDTV", más común en USA, Canadá, Japón y Australia.

Como un sólo canal de HDTV ocuparía hasta cuatro canales SDTV, la HDTV no conviene para las necesidades de emisión terrestre en Europa. Además, algunos gobiernos quieren conmutar a digital en lugar de reasignar las frecuencias VHF para otros usos.

Una nueva versión de DVB-S (DVB-S2), combinada con el códec H.264/AVC (MPEG-4 Parte 10) puede ser la clave del futuro del éxito de la HDTV en Europa.

En Enero 2005, la EICTA anunció planes para una etiqueta "HD ready" (apto para HD) para equipos que cumplan ciertos requerimientos, incluyendo el soporte de 720p y 1080i a 50 y 60Hz. Las pantallas deben incluir interfaces YUV y DVI o HDMI y tener una resolución vertical nativa de 720 líneas o más.

### **UNION EUROPEA**

La Comisión Europea analizó el estado de las emisiones a 16:9, así como de la HDTV en el documento The contribution of wide-screen and high

definition to the global roll-out of digital television (La contribución de la pantalla ancha y la alta definición a la expansión global de la televisión digital).

Este documento expone que los anteriores objetivos para la introducción a ámbito europeo de la HDTV de 1999 (o HD-MAC en 1992) no se alcanzaron porque el mercado se enfocó en las tecnologías digitales y servicios más fáciles de implementar. Por tanto, los consumidores europeos nunca tuvieron la oportunidad de probar la HDTV.

También apunta algunas causas de la pobre representación de la HDTV en la UE:

- Los dominadores del mercado europeo pensaron que la HDTV fracasaría en Europa.
- Los emisores prefirieron centrarse en la SDTV multicanal, más barata.
- Una resolución de pantalla SDTV tiene un coste efectivo mejor que una HDTV equivalente.

Más tarde, los comisionados sugirieron que se requería alguna coordinación en la UE para servicios HDTV para que esta estuviese al alcance de todos los estados miembros.

### **Francia**

M6 y TF1 han expresado su intención de emitir algunos programas en HD en un futuro cercano, sin embargo, estos no están disponibles en el servicio de televisión digital terrestre que comenzó en 2005.

TPS, competidor de Canal Satellite Numérique también tiene intención de comenzar su emisión HD en 2005. Los canales terrestres de pago por visión usarán H.264 / MPEG-4 AVC desde Septiembre de 2005, para permitir contenido premium (de primera calidad) HDTV.

### **Alemania**

La plataforma de pago Premiere comenzará a emitir tres canales HD en Noviembre de 2005. Estos canales presentarán distintos contenidos (películas, deportes y documentales). Al contrario que HD1 y HDe, usarán MPEG6 en lugar de MPEG2.

### **Reino Unido**

La BBC ya produce algunos programas (principalmente documentales) en HD para mercados extranjeros, como EEUU y Japón. La Corporación tiene

intención de producir todos sus programas en HD para el año 2010. Se cree que la BBC aprobará 720p por su tecnología de barrido progresivo.

No hay planes para versiones en HDTV de Freeview y Top Up TV para servicios de televisión terrestre digital, debido al hecho de no hay ancho de banda libre disponible.

Esto debe cambiar después de que se desconecten las señales de televisión analógica, pero la fecha para esta desconexión aún se está debatiendo.

La plataforma de pago Sky planea lanzar sus servicios HD por satélite en 2006. Estará limitado a algunos canales y eventos especiales. Sky ha confirmado que estarán disponibles tanto 720p como 1080i.

Los informes recientes sugieren que Sky pondrá en disposición eventos deportivos de primera línea, como partidos de fútbol, para pubs antes del lanzamiento del servicio HD doméstico. Casi se puede asegurar que los proveedores de televisión por cable se actualizarán a HD tan pronto los canales estén disponibles.

### **Japón**

Japón ha sido pionero en HDTV por décadas con una implementación analógica. Su antiguo sistema no es compatible con los nuevos estándares digitales. En Japón, la emisión terrestre de HD por ISDB-T empezó en diciembre de 2003. Hasta la fecha se han vendido ya dos millones de receptores HD en Japón.

### **Corea del Sur**

Tras una larga polémica entre el gobierno y las emisoras, el formato ATSC fue elegido frente a DVB-T. En 2005, los servicios digitales estarán disponibles en todo el país. Será necesario que emitan al menos 10 horas cada semana contenidos en HD durante el primer año del servicio digital comercial.

### **Australia**

Australia empezó a emitir en HD en enero de 2002 pero el contenido en HD no fue obligatorio hasta agosto de 2003. La mayoría de las ciudades en Australia con más de 40.000 habitantes disponen de al menos un canal de TDT (por ejemplo, en Albany, Australia Occidental, se dispone de TDT desde hace casi un año a fecha de mayo de 2005). De todas formas, la mayoría de las emisoras australianas de TDT están aún experimentando con transmisiones en HDTV.

### **Brasil**

Las universidades brasileñas e instituciones de investigación y del gobierno están debatiendo las mejores políticas para implantar un sistema de DTV en Brasil. Se espera la realización de pruebas en 2005.

### **México**

La compañía de televisión mexicana Televisa empezó a hacer emisiones experimentales en HDTV a principio de los años 90 en colaboración con la compañía japonesa NHK. A día de hoy ya hay algunos programas en HDTV, pero su uso es realmente limitado.

Durante la primera mitad de 2005, al menos un proveedor de cable en la Ciudad de México (Cablevision) empezó a ofrecer cinco canales en HDTV a los suscriptores que comprasen un grabador digital de vídeo (DVR).

### **Grabación, Compresión y Medios Pregrabados**

HDTV puede grabarse en D-VHS (Data-VHS), W-VHS, o en una grabadora de vídeo digital que soporte HDTV como la TiVo ofrecida por DirecTV o las DVR 921 y DVR 942 ofrecidas por DISH Network.

Actualmente, en los Estados Unidos la única opción de grabado es D-VHS. D-VHS graba en forma digital a una velocidad de 28.2 Mb en una cinta VHS cualquiera, requiriendo un transporte digital FireWire (IEEE 1394) para acoplar la trama comprimida MPEG-2 desde el dispositivo modulador hasta la grabadora.

Desafortunadamente, la enorme capacidad de almacenamiento de datos necesaria para guardar datos sin comprimir hacen que sea poco probable que una opción de almacenamiento sin compresión aparezca en el mercado en años próximos.

La compresión en tiempo real MPEG-2 de una señal de HDTV no comprimida también es extremadamente cara, lo cual la hace prohibitiva para el mercado, aunque se predice que su costo bajará en algunos años (aunque esto realmente es más del interés de los consumidores de cámaras de vídeo HD que para los de grabadores de HDTV).

Además, grabadoras de cinta analógicas con un ancho de banda suficiente para el almacenamiento de señales de HD análogas como las grabadoras W-VHS ya están discontinuadas en el mercado del consumidor y son caras y difíciles de conseguir en el mercado secundario.

## CAPITULO 16: Las nuevas tecnologías

---

### 16.1 POWER LINE COMMUNICATIONS

PLC (Power Line Communications), también denominada BPL (Broadband over Power Lines) es una tecnología basada en la transmisión de datos utilizando como infraestructura la red eléctrica.

Esto implica la capacidad de ofrecer, mediante este medio, cualquier servicio basado en IP, como podría ser telefonía IP, Internet, videoconferencia, datos a alta velocidad, etc...

Hay dos tipos principales de Power Line Communications:

- **PLOC** ( Power Line Outdoors Telecoms o comunicaciones extrahogareñas utilizando la red eléctrica ). Esto es, la comunicación entre la subestación eléctrica y la red doméstica (electro-modem). El estándar es ETSI
- **PLIC** ( Power Line Indoors Telecoms o comunicaciones intrahogareñas utilizando la red eléctrica ). Esto es, utilizando la red eléctrica interior de la casa, para establecer comunicaciones internas. Un ejemplo: PLIC es una de las vías utilizadas en domótica ( otra que se suele utilizar también es la comunicación vía radio).

#### ¿Cómo funciona?

El concepto técnico es sencillo, desde la estación de transformación hasta el usuario final se utiliza la red eléctrica y a partir de la estación de transformación se conecta con la red de telecomunicaciones convencional. Esto supone que se podrá tener acceso a Internet en cualquier punto de la geografía donde llegue la red eléctrica no siendo necesario acceso a la red telefónica, lo que posibilita el acceso a internet en puntos donde la red telefónica no llega y por lo tanto no te permite tener acceso al ADSL y sí lo hace la red eléctrica.

La señal utilizada para transmitir datos a través de la red eléctrica suele ser de 1,6 a 30 Mhz, la cual difiere mucho de la frecuencia de la red eléctrica convencional (50 Hz - 60 Hz, según el país) esto supone que la posibilidad de interferencias entre ambas señales es prácticamente nula.

### **Características destacadas**

- Tecnología de banda ancha
- Velocidades de transmisión de hasta 200 Mbps en el tramo de la Media y Baja Tensión.
- Proceso de instalación sencillo y rápido para el cliente final
- Enchufe eléctrico (Toma única de alimentación, voz y datos)
- Sin necesidad de obras ni cableado adicional
- Equipo de conexión Módem PLC
- Transmisión simultánea de voz (VoIP) y datos
- Conexión de datos permanente (activa las 24 horas del día)
- Permite seguir prestando el suministro eléctrico sin ningún problema

### **Topología**

Para acceder a este servicio, es necesario un módem especial PLC por cada conexión particular doméstico o empresa). Este módem, que es el único aparato del que se tendrá que preocupar el usuario, se conecta con un equipo denominado 'repetidor' situado en el cuarto de contadores del edificio o manzana. Este último equipo puede atender hasta 256 módems.

La arquitectura de una red PLC consta de dos sistemas formados por tres elementos:

El primer sistema denominado “de Outdoor o de Acceso”, cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce “última milla”, y que para el caso de la red PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.

Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera (primer elemento de la red PLC) que conecta a esta red con la de transporte de telecomunicaciones o backbone. De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

El segundo sistema se denomina “de Indoor”, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todos los toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor, segundo elemento de la red PLC. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un módem terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del

equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor.

El tercer y último elemento de la red PLC lo constituye el módem terminal o módem cliente, que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe. De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico.

### **Ventajas**

- La principal: se emplea la infraestructura existente.
- Los servicios ofertados son competitivos en calidad y en precio.
- Alternativa válida a las conexiones ADSL y CATV.
- Gran ubicuidad: permite un despliegue masivo de la tecnología, ya que la red ya está implantada.
- Se puede integrar una gran variedad de servicios sobre un mismo medio (telefonía ip, mensajería, videoconferencia, etc.).

### **Desventajas**

- La principal: Dependiendo de las frecuencias utilizadas y de la tecnología elegida, produce radiación en bandas HF, interfiriendo en frecuencias correspondientes a las fuerzas de seguridad, frecuencias de emergencia de la aviación civil y bandas de radioaficionados. Al no tener licencia para emitir ondas en esas frecuencias, ha forzado a algunas autoridades civiles en Estados Unidos y Austria a clausurar servicios de PLC. Por esas mismas razones, la tecnología PLC fue formalmente prohibida por el gobierno japonés. Pese a que las nuevas generaciones de dispositivos PLC permiten la atenuación selectiva de radiación ilegal en algunas frecuencias (técnica llamada en inglés *notching*), no todas las frecuencias se ven libres de interferencia.
- La rentabilidad de tales servicios no siempre está asegurada.

## **16.2 WI-FI**

Wi-Fi es un conjunto de estándares para redes inalámbricas basado en las especificaciones IEEE 802.11. Wi-Fi no es un acrónimo de "Wireless Fidelity"; véase este artículo para más detalles. Wi-Fi se creó para ser utilizada en redes locales inalámbricas, pero es frecuente que en la actualidad también se utilice para acceder a Internet.

Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi Alliance (anteriormente la Wireless Ethernet Compatibility Alliance), la organización comercial que prueba y certifica que los equipos cumplen los estándares IEEE 802.11x.

### **Normalización**

Hay, al menos, dos tipos de Wi-Fi, basado cada uno de ellos en un estándar IEEE 802.11. Los estándares IEEE 802.11b e IEEE 802.11g que disfrutaron de una aceptación internacional debido a que la banda de 2.4 GHz está disponible casi universalmente, con una velocidad de hasta 11 Mbps y 54 Mbps, respectivamente.

Existe también el estándar IEEE 802.11n que trabaja a 2.4 GHz a una velocidad de 108 Mbps. Aunque estas velocidades de 108 Mbps son capaces de alcanzarse ya con el estándar 802.11g gracias a técnicas de aceleramiento que consiguen duplicar la transferencia teórica. Actualmente existen ciertos dispositivos que permiten utilizar esta tecnología, denominados Pre-N, sin embargo, no son del todo seguros ya que el estándar no está completamente revisado y aprobado.

En los Estados Unidos y Japón, se maneja también el estándar IEEE 802.11a, conocido como WIFI 5, que opera en la banda de 5 GHz y que disfruta de una operatividad con canales relativamente limpios. En otras zonas, como la Unión Europea, 802.11a no está aprobado todavía para operar en la banda de 5 GHz, y los reguladores europeos están todavía considerando el uso del estándar europeo HIPERLAN...

La tecnología inalámbrica Bluetooth también funciona a una frecuencia de 2.4 GHz por lo que puede presentar interferencias con Wi-Fi, sin embargo, en la versión 1.2 y mayores del estándar Bluetooth se ha actualizado su especificación para que no haya interferencias en la utilización simultánea de ambas tecnologías.

### **Prospectiva**

Algunos argumentan que Wi-Fi y las tecnologías de consumo relacionadas tienen la llave para reemplazar a las redes de telefonía móvil como GSM. Algunos obstáculos para que esto ocurra en el futuro próximo son la pérdida del roaming, la autenticación más precaria y la estrechez del espectro disponible.

A pesar de dichos problemas, compañías como SocketIP y Symbol Technologies están ofreciendo plataformas telefónicas (reemplazos de centrales y terminales (teléfonos)) que utilizan el transporte Wi-Fi.

### **Seguridad**

Uno de los problemas más graves a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología Wi-Fi es la seguridad. Un muy elevado porcentaje de redes son instaladas por administradores de sistemas y redes por su simplicidad de implementación sin tener en consideración la seguridad y, por tanto, convirtiendo sus redes en redes abiertas, sin proteger la información que por ellas circulan.

Existen varias alternativas para garantizar la seguridad de estas redes. Las más comunes son la utilización de protocolos de seguridad de datos específicos para los protocolos Wi-Fi como el WEP y el WPA que se encargan de autenticación, integridad y confidencialidad, proporcionados por los propios dispositivos inalámbricos, o IPSEC (túneles IP) y el conjunto de protocolos IEEE 802.1X, proporcionados por otros dispositivos de la red de datos y de reconocida eficacia a lo largo de años de experiencia.

Actualmente existe el protocolo de seguridad llamado WPA2, que es una mejora relativa a WPA, es el mejor protocolo de seguridad para Wi-Fi en este momento. Para su utilización en PCs con Windows XP se requiere el Service Pack 2 y una actualización adicional.

### **Compartición**

RedLibre es la primera comunidad inalámbrica (de redes libres) de habla hispana del mundo (2001). Los miembros de la comunidad crean una red de acceso libre y gratuito. Varios años más tarde, a finales del 2005, Jazztel, en España, es el primer proveedor de acceso a Internet que abre sus redes a FON, la comunidad de usuarios que comparten sus accesos a Internet inalámbricos (Wi-Fi) a cambio de una cuota. La utilización de esta tecnología todavía no es masiva, con lo que la cobertura de una red que entrelace los distintos puntos de acceso Wi-Fi aún es muy limitada.

### **16.3 LMDS**

LMDS o Local Multipoint Distribution Service (Sistema de Distribución Local Multipunto) es una tecnología de conexión vía radio inalámbrica que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a internet, comunicaciones de datos en redes privadas, y video bajo demanda.

#### **Aspectos interesantes**

Del nombre de la tecnología se dice que es "Multipunto", que quiere decir que se hace una transmisión vía radio hacia múltiples instalaciones de abonado desde un sólo punto, la estación base, mientras que desde los abonados a la base

se hace de manera punto a punto. Una base puede tener varios sectores, y cada sector, un área de cobertura del sistema multipunto.

Está concebida de una manera celular, ésto es, existen una serie de antenas fijas (no móviles) en cada estación base, que son los sectores que prestan servicio a determinados núcleos poblacionales (usuarios agrupados geográficamente dentro de una determinada zona de cobertura), lo cual resulta muy apetecible para las operadoras, puesto que se evitan los costosos cableados de fibra óptica o de pares de cobre necesarios para dar cobertura a zonas residenciales/empresariales.

Así por ello, es muy fácil y rápido desplegar esta tecnología por la zona, ya que sólo requiere de una o varias estación base, de antenas colocadas estratégicamente en los emplazamientos de las estaciones base, y de circuitos troncales punto a punto para interconectar las bases entre sí, asegurando la escalabilidad de la red montada según demanda geográfica o de mercado.

No obstante, cada vez está siendo más utilizada la tecnología portátil WiMAX, que no necesita teléfono móvil y funciona con LMDS.

### **Características del LMDS**

LMDS usa señales en la banda de las microondas, en concreto la banda Ka (en torno a los 28 Ghz)(y además dependiente de las licencias de uso de espectro radioeléctrico del país), por lo que las distancias de transmisión son cortas (a ésto se debe la palabra "Local" en el nombre de la tecnología), a tan altas frecuencias la reflexión de las señales es considerable (nótese que la banda Ka, es la banda del espectro usado para las comunicaciones satelitales). Pero también en muchos países europeos, se trabaja en 3,4 - 3,5GHz

A continuación, una tabla con las bandas de frecuencia (van separados en dos bloques, ya que usan unas N secciones de frecuencia para usar en total un ancho banda X) que son las asignadas por la FCC (Federal Communications Commision), y que se pretenden que sea el estándar:

#### **Bloque A**

Frecuencias->BW usado

27,500 - 28,350 GHz->850 MHz

29,100 - 29,250 GHz->150 MHz

31,075 - 31,225 GHz->150 Mhz

Total BW del Bloque A: 1150 Mhz

**Bloque B**

Frecuencias->BW usado

31,000 - 31,075 GHz->75 MHz

31,225 - 31,300 GHz->75 MHz

Total BW del Bloque B: 150 Mhz

Como se comentó antes, la reflexión en las señales de alta frecuencia es enorme, ya que son incapaces de atravesar obstáculos, cosa que sí es posible con las señales de baja frecuencia; debido a esto, desde la estación base hasta la antena de abonado ha de estar totalmente libre de obstáculos o no habrá servicio.

Puesto que es lógico pensar, la orografía/geografía de la zona en la que hay que desplegar la tecnología LMDS desempeña un papel muy importante a tener en cuenta. En general, pueden formarse unas zonas de sombra (zonas "imposibles" de ofrecer servicio), pero éstas se pueden paliar con la colocación estratégica de las estaciones base/antenas para que una misma zona tenga acceso a varias células y también mediante el uso de amplificadores y reflectores

Otro problema a tener en cuenta es la derivación de la energía de la señal transmitida en la molécula de agua (recordemos que estamos hablando de microondas), por lo que la potencia de la señal se reduce. Este efecto se palió mediante la subida de la potencia entregada o la reducción del tamaño de la célula.

Esta interacción con la molécula de agua, invita a pensar que en condiciones lluviosas el servicio LMDS se cae, y es cierto; es lo que se le denomina en inglés "rainfall" (caída por lluvia) y para conseguir que el usuario reciba señal en estas condiciones se usa la corrección de errores hacia adelante, la adaptación dinámica de potencia y la adaptación dinámica de la modulación usada.

**Otros datos técnicos**

Distancia de enlace: desde los 100m hasta 35km (dependiendo de la sensibilidad de las unidades de abonado y la calidad de servicio a ofrecer. Los sistemas de comunicación LMDS en la banda de 3,5GHz tienen la ventaja de no verse afectados por la niebla, la lluvia o la nieve.

- Modulación: se usa generalmente QAM o QPSK.
- Régimen binario: hasta 8 Mbps (no concretado, en algunas fuentes nombran hasta 45Mbps).

- Metodología de acceso: FDD, FDMA, TDD, TDMA y FH (frequency hopping).
- Protocolo de Transporte: Celdas ATM, PPP y Ethernet por el aire.

#### 16.4 WiMAX

WiMAX (del inglés Worldwide Interoperability for Microwave Access, Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas) es un estándar de transmisión inalámbrica de datos (802.MAN) proporcionando accesos concurrentes en áreas de hasta 48 kilómetros de radio y a velocidades de hasta 70 Mbps, utilizando tecnología portátil LMDS.

Integra la familia de estándares IEEE 802.16 y el estándar HyperMAN del organismo de estandarización europeo ETSI. El estándar inicial 802.16 se encontraba en la banda de frecuencias de 10-66 GHz y requería torres LOS.

La nueva versión 802.16a, ratificada en marzo de 2003, utiliza una banda del espectro más estrecha y baja, de 2-11 GHz, facilitando su regulación. Además, como ventaja añadida, no requiere de torres LOS sino únicamente del despliegue de estaciones base (BS) formadas por antenas emisoras/receptoras con capacidad de dar servicio a unas 200 estaciones suscriptoras (SS) que pueden dar cobertura y servicio a edificios completos.

Su instalación es muy sencilla y rápida (culminando el proceso en dos horas) y su precio competitivo en comparación con otras tecnologías de acceso inalámbrico como Wi-Fi. Esta tecnología de acceso transforma las señales de voz y datos en ondas de radio dentro de la citada banda de frecuencias.

Está basada en OFDM, y con 256 subportadoras puede cubrir un área de 48 kilómetros permitiendo la conexión sin línea vista, es decir, con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de hasta 75 Mbps con una eficiencia espectral de 5.0 bps/Hz y dará soporte para miles de usuarios con una escalabilidad de canales de 1,5 MHz a 20 MHz.

Este estándar soporta niveles de servicio (SLAs) y calidad de servicio (QoS). WiMAX se sitúa en un rango intermedio de cobertura entre las demás tecnologías de acceso de corto alcance y ofrece velocidades de banda ancha para un área metropolitana.

El WiMAX Forum es un consorcio de empresas (inicialmente 67 y hoy en día más de 100) dedicadas a diseñar los parámetros y estándares de esta tecnología, y a estudiar, analizar y probar los desarrollos implementados.

En principio se podría deducir que esta tecnología supone una grave amenaza para el negocio de tecnologías inalámbricas de acceso de corto alcance en que se basan muchas empresas, pero hay entidades muy importantes detrás del proyecto. Las principales firmas de telefonía móvil también están desarrollando terminales capaces de conectarse a estas nuevas redes.

Después de la fase de pruebas y estudios cuya duración prevista es de unos dos años, se espera comenzar a ofrecer servicios de conexión a Internet a 4 Mbps a partir de 2007, incorporando WiMAX a los ordenadores portátiles y PDA.

El 7 de diciembre de 2005, el IEEE aprobó el estándar del WiMAX MÓVIL, el 802.16e, que permite utilizar este sistema de comunicaciones inalámbricas con terminales en movimiento. Muchos fabricantes de hardware y operadores estaban esperando a esta decisión para empezar a desplegar redes de wimax. Ahora ya pueden hacerlo.

Lo que ocurría en la práctica es que pocos se atrevían a invertir en wimax bajo el único estándar aprobado hasta ahora, el 802.16d, que sólo sirve para aquellos terminales que están en un punto fijo.

En Corea se ha materializado las ventajas de un WiMAX móvil trabajando en 2,3Ghz y se le ha acuñado el nombre de WiBRO (Wireless Broadband), esta iniciativa empieza sus despliegues comerciales en el 2006.

### **REDES WIMAX**

Una malla combinada de Wi-Fi e implementación WiMAX, oferta una solución más eficiente en base a costos que una implementación exclusiva de antena direccional de Wi-Fi o una malla de Wi-Fi se conecta con backhaul protegido con alambre para atados que quieren extender la red de área local o cubre la última milla.

Las redes Wi-Fi conducen la demanda para WiMAX aumentando la proliferación de acceso inalámbrico, aumentando la necesidad para soluciones del backhaul eficiente en base a costos y más rápida la última milla. WiMAX puede estar acostumbrado a agregar redes de Wi-Fi (como malla se conectan topologías y hotspots) y usuarios de Wi-Fi para el backend, mientras WiMAX le ofrece un backhaul de gran distancia y última solución de milla.

La mejor solución es una combinación de los dos La red tienen una colección variada de opciones inalámbricas de implementación para cubrir áreas grandes y la última cobertura de milla. Lo mejor que la solución varía basada en

los modelos de uso, el tiempo de implementación, la posición geográfica y la aplicación de red (tanto en datos, VoIP y video).

Cada implementación puede estar hecha a la medida que encuentre las necesidades de la red los usuarios. Wi-Fi WLANs coexistirán con WiMAX. Las recomendaciones para las implementaciones:

- 802.16-2004 la aplicación se adapta en las áreas rurales.
- EL intercambio de redes autorizadas de Wi-Fi trae servicio inalámbrico barato para las áreas urbanas y suburbanas.
- WiMAX (802.16-2004) le provee la conectividad inalámbrica de banda ancha a las áreas más allá del alcance de banda ancha tradicional ( xDSL y T1) y permite crecimiento de topología de Wi-Fi la red de malla. Con atención enfocada en WiMAX, es fácil de olvidarse de que Wi-Fi también rápidamente evoluciona. Las radios de Wi-Fi aparecen no sólo en computadoras portátiles y asistentes digitales personales (PDAs), pero en equipo tan diverso como teléfonos móviles, cámaras y equipo anfitrión de entretenimiento.

El IEEE 802.16 el estándar con revisiones específicas se ocupa de dos modelos de uso:

- Fijo
- Móvil

### **Fijo**

El estándar del 802.16-2004 del IEEE (el cuál revisa y reemplaza versiones del IEEE del 802.16a y 802.16d) es diseñado para el acceso fijo que el uso modela. Este estándar puede ser al que se refirió como "fijo inalámbrico" porque usa una antena en la que se coloca en el lugar estratégico del suscriptor.

La antena se ubica generalmente en el techo de una habitación o en el mástil, parecido a un plato de la televisión del satélite. 802.16-2004 del IEEE también se ocupa de instalaciones interiores, en cuyo caso no puede ser tan robusto como al aire libre.

El 802.16-2004 para el estándar es una solución inalámbrica tiene acceso a Internet de banda ancha que provee un íter operable, solución de clase de transportador para la última milla. WiMAX pues acceso fijo funciona desde 2.5-GHz autorizado, 3.5-GHz y 5.8-GHz exento en la licencia se agrupa.

Esta tecnología le provee una alternativa inalámbrica al módem cablegráfico, las líneas digitales del suscriptor de cualquier tipo (xDSL).

### **Móvil**

El estándar del 802.16e del IEEE es una enmienda para la especificación de la base 802.16-2004 y le apunta al mercado móvil sumando portabilidad y la habilidad para clientes móviles con IEEE Los adaptadores del 802.16e para conectarse directamente al WiMAX enlazan en red del estándar. Se espera que el estándar 802.16e ha sido ratificado en 2005.

El estándar del 802.16e usa Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), lo cual es similar a OFDM en que divide en las subportadoras múltiples. OFDMA, sin embargo, se pasa un paso más allá para entonces agrupando subportadoras múltiples en subcanales.

Una estación del cliente solo del suscriptor podría usar todos los subcanales dentro del periodo de la transmisión, o los clientes múltiples podría transmitir con cada uno usando una porción del número total de subcanales simultáneamente. El estándar del 802.16-2004 del IEEE mejora última entrega de milla en varios aspectos cruciales:

- La interferencia del multicamino
- El retraso difundido
- La robustez

La interferencia del multicamino y retraso mejora la actuación en situaciones donde no hay una línea de vista directo entre la estación base y la estación del suscriptor. El Control de Acceso a Medios emergente del 802.16-2004 es optimizado para enlaces de gran distancia porque es diseñado para tolerar retrasos más largos y variaciones de retraso.

El 802.16 especificación acomoda mensajes de la gerencia de Control de Acceso a Medios que le permiten la estación base interrogar a los suscriptores, pero hay una cierta cantidad de retraso de tiempo. El equipo WiMAX manejando en las bandas de frecuencia exentas en la licencia usará duplicación por división de tiempo (TDD); El equipo funcionando adentro las bandas de frecuencia autorizadas usará ya sea TDD o duplicación por división de frecuencia (FDD).

El estándar del 802.16-2004 del IEEE usa a OFDM para la optimización de servicios inalámbricos de datos. Los sistemas basados en los estándares emergentes del 802.16-2004 del IEEE son el OFDM base sólo estandarizado, el área metropolitana inalámbrico enlaza en red (WMAN) plataformas. En caso de 802.16-2004, la señal OFDM está dividida en 256 trasportadores en lugar de 64 al igual que con lo 802.11 estándar.

Como previamente se ha indicado, el mayor número de subportadoras sobre la misma banda da como resultado subportadoras más estrechas. WIMAX viene con fuerza, por varias razones:

- La capacidad de cubrir zonas rurales ofreciendo un servicio de Banda Ancha y con un bajo coste, zonas antes sólo cubiertas con equipos costos o en el caso de la tecnología móvil con un pequeño ancho de banda.
- Además demuestra una gran escalabilidad para aplicación a nivel WAN, contando además con compatibilidad WiFi, con lo que su implantación sería rápida.
- En el caso de la tecnología 3G, se presenta como serio rival, ofreciendo un mayor ancho de banda con una cobertura similar.
- Aunque WIMAX también peca de un problema, que es asignatura pendiente de todas las redes inalámbricas actuales, la SEGURIDAD.
- A pesar de este último punto, creemos que WIMAX estará muy pronto presente en nuestra sociedad, como ya ocurre en modo de pruebas en algunos puntos de Latino América, ya que los puntos a su favor son muy difícilmente ignorables.

## BIBLIOGRAFÍA

- TELECOMUNICACIONES: <http://es.wikipedia.org>
- INFORMACION Y TELECOMUNICACIONES  
AUTORES: FEDERICO KUHLMANN / R. ANTONIO ALONSO C.
- EL MODEM: <http://es.wikipedia.org>
- INFORMACION Y TELECOMUNICACIONES  
AUTORES : FEDERICO KUHLMANN / R. ANTONIO ALONSO C.
- ONDAS : <http://www.xtec.es>
- **EL DECIBELIO:** [www.eveliux.com](http://www.eveliux.com)
- PLC: <http://es.wikipedia.org>
- WI-FI , WI-MAX, LMDS : <http://es.wikipedia.org>
- SEÑALES: AUTORES JOHN R. PIERCE / A. MICHAEL NOLL
- SEÑALES Y SISTEMAS: AUTOR FERREL STREMLER
- REDES DE COMPUTADORAS: AUTOR: ANDREW S. TANENBAUM
- MANUAL DE TELECOMUNICACIONES:AUTOR: JOSE M. HUIDOBRO
- ADVANCED ELECTRONIC COMMUNICATIONS SYSTEMS:  
AUTOR:WAYNE TOMASI
- BREVE HISTORIA DE LAS TELECOMUNICACIONES EN EL PERU: WWW.OSIPTEL.GOB.PE