

1

Evolución de la Tecnología en Televisión y Sistemas de Comunicación Móvil

1.1. Evolución de la Televisión Digital

Televisión analógica

La televisión es un sistema para la transmisión y recepción de video y audio a distancia que se realiza mediante ondas de radio y/o redes especializadas para el servicio. La recepción de estas señales se realiza en un aparato que conocemos como televisor, el cual interpreta las señales y muestra en pantalla una sucesión de imágenes, que finalmente con su respectivo audio se convierten en los programas de TV.

En sus inicios los televisores que se utilizaban eran muy caros, de grandes tamaños y con pantallas de baja resolución que solamente procesaban información del brillo de las imágenes (blanco y negro, lo que se conoce como luminancia). Sin embargo, a pesar de estas limitaciones la televisión fue un medio de difusión masiva, que rápidamente ganaba la confianza del público debido a que permitía a los televidentes llevarlos a mundos increíbles, contarles historias que ellos no podían siquiera imaginar y proporcionarles información al instante con sólo encender el televisor.

El desarrollo de la televisión no sólo se enfocó en crear contenidos para entretener al televidente, también se pensó utilizar el canal para proporcionar otros servicios. A finales de los años 80 se implementó el teletexto que transmite noticias e información en formato de texto utilizando los espacios libres de información de la señal de vídeo.

Con el pasar de los años, la televisión permitió mostrar video en color gracias a diversos estudios que se realizaron para determinar la percepción del color en el ojo humano. Como resultado surgieron varios estándares de televisión a color cuyos principios se basaban en mostrar una sucesión de imágenes en un cierto tiempo (cuadros por segundo).

La exploración de una imagen se realiza mediante su descomposición, primero en fotogramas a los que se llaman cuadros y luego en líneas, leyendo cada cuadro. El número de cuadros debía de ser al menos de 24 por segundo (luego se emplearon por otras razones 25 y 30) y el número de líneas debía ser superior a 300.

Las señales básicas que constituyen al video para televisión son la luminancia (Y), que nos da el brillo y es lo que se muestra en los receptores monocromos; y las componentes de color, dos señales diferencia de color, R-Y y B-Y. Esta doble selección permite dar un tratamiento diferenciado al color y al brillo. El ojo humano es mucho más sensible a las variaciones y definición del brillo que a las del color, esto hace que los anchos de banda de ambas señales sean diferentes, lo cual facilita su transmisión ya que ambas señales se implementan en el mismo ancho de banda.

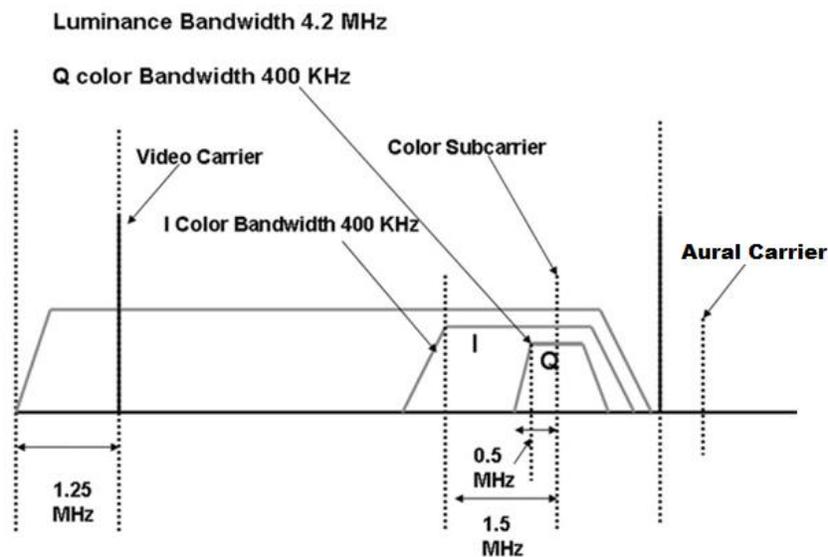


Figura 1.1. Ancho de banda de una señal de televisión.

Los tres estándares de televisión a color que actualmente ya se encuentran en su etapa final dentro de la transmisión de televisión analógica son el NTSC, el PAL y el SECAM. Estos estándares tuvieron una larga vida en la transmisión de televisión, pero debido al surgimiento de la televisión digital, es que hoy en día están a punto de desaparecer.

Características	NTSC	PAL	SECAM
Líneas/Campo	525/60	625/50	625/50
Frecuencia Horizontal	15,734 kHz	15,625 kHz	15,625 kHz
Frecuencia Vertical	60 Hz	50 Hz	50 Hz
Subportadora de color	3,579 545 MHz	4,433 618 MHz	4,433 618 MHz
Ancho de banda de Video	4,2 MHz	5,0 MHz	5,0 MHz
Portadora de sonido	4,5 MHz	5,5 MHz	5,5 MHz
Modulación	Fase	Fase	Frecuencia

Tabla 1.1. Comparación de los estándares de TV analógica.

Para recibir estas transmisiones a color se necesitaba colocar una antena externa dirigida de varias decenas de centímetros que trabajara en la banda de frecuencias asignada a cada país para el servicio de radiodifusión de TV. La recepción de la señal dependía del estado de la antena, los conectores y cables, una buena recepción se lograba con el direccionamiento adecuado de la antena que debía estar ubicada en lugares altos sin estar rodeada de obstáculos que ocasionaran multitrayectos y por ende retardos de la misma señal, produciendo lo que conocemos como efecto fantasma.

Las transmisiones analógicas proporcionaban una variedad de canales no muy extensa, y no hacían un uso eficiente del espectro, (ya que un sólo canal ocupa un ancho de banda de 6 MHz), con calidad aceptable que dependía de las condiciones del lugar donde se colocaba la antena y que muchas veces debido a obstáculos en el área de recepción no permitía una buena visualización de los contenidos.

Televisión Digital

La televisión digital ó DTV se refiere al conjunto de tecnologías de transmisión y recepción de imágenes y audio, a través de señales digitales. La televisión digital codifica sus señales de forma binaria, habilitando así la posibilidad de crear vías de retorno entre consumidor y productor de contenidos, incrementando la posibilidad de crear aplicaciones interactivas, con la capacidad de transmitir varias señales en un mismo canal asignado, gracias a la diversidad de formatos existentes.

Las ventajas de la televisión digital respecto a la televisión analógica son claras. La televisión digital permite transmitir alrededor de 4 a 6 canales estándar en un ancho de banda de 6 MHz, a comparación de uno sólo en analógico. La calidad del video y audio en televisión digital es superior, la cantidad de canales de video y audio en el mismo ancho de banda es mayor, el procesamiento de una señal digital es bastante simple en un receptor de señales digitales hoy en día, la robustez de la señal en el aire es mucho mejor que la analógica. Simplemente televisión digital es mejor que televisión analógica. Sin embargo, la implantación de algún sistema en particular depende de aspectos políticos, sociales y tecnológicos.

La televisión digital acepta varios formatos de transmisión, a diferentes resoluciones, lo que permite a los productores de televisión crear sub canales de transmisión.

480i y 480p - La imagen mide 720x480 píxeles.

576i y 576p - La imagen mide 720x576 píxeles.

720p - La imagen mide 1280x720 píxeles.

1080i y 1080p - La imagen mide 1920x1080 píxeles.

La “i” quiere decir entrelazado, es decir, que se representan 30 ó 25 cuadros completos por segundo y la “p” significa progresivo con la que se representan 60 ó 50 cuadros por segundo de acuerdo al estándar de transmisión. Gracias a esta variedad de formatos, por ejemplo, un canal de televisión puede optar por transmitir un solo programa en Alta Definición, o varios programas en definición Standard.

Actualmente se realiza la transición de televisión analógica a televisión digital en algunos países, algunos de los cuales aún no se deciden por utilizar alguno de los estándares creados por diversos grupos en todo el mundo. Los estándares actuales para proporcionar la televisión digital son: la plataforma utilizada en Norteamérica y algunos países centroamericanos, ATSC (Advanced Television System Committee); ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting) en Japón; ISDB-Tb (variante del ISDB-T) en Brasil y la mayoría de los países sudamericanos (Perú, Argentina, Chile y Venezuela); T-DMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast) en la República Popular China, Hong Kong y Macau; DVB-T (Digital Video Broadcasting) en los países europeos, Australia, partes de África y países de América Latina (Colombia, Uruguay y Panamá).

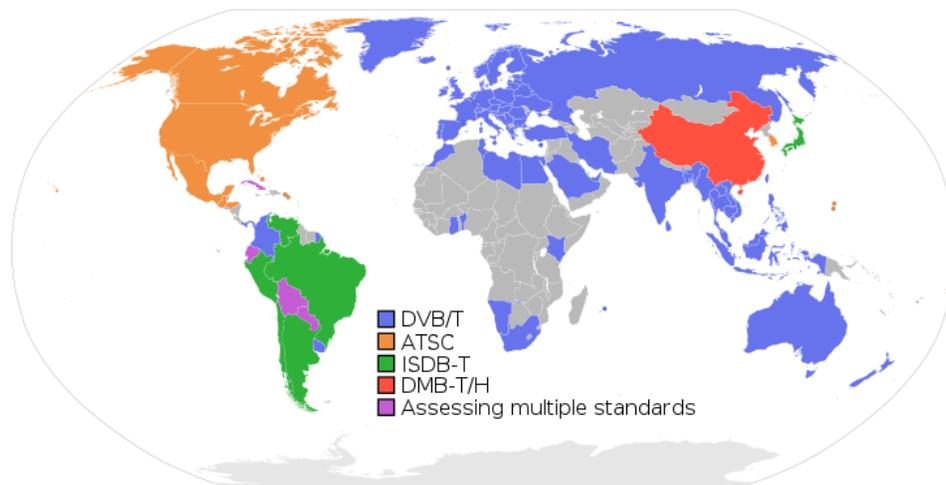


Figura 1.2. Distribución de estándares de TV digital alrededor del mundo.

Estos estándares proveen muchas mejoras respecto a la televisión analógica, sin embargo, se necesita un receptor adecuado para aprovechar todas las ventajas que nos proporciona este servicio, ya que requiere decodificar la información que viaja en el aire, procesar adecuadamente la información de los canales de audio, video, la resolución del video, etc.

Características	ATSC	DVB-T	ISDB-T
Multicanales SDTV	Posible	Posible	Posible
Servicio HDTV	Posible	Posible	posible
Recepción móvil	En pruebas	posible	Posible
Avisos de emergencia	Posible	Posible	Integrado
Países con el estándar	5	118	2
Transmisión	Una portadora	Varias portadoras OFDM	Varias portadoras OFDM
Ancho de banda	6/7/8 MHz	6/7/8 MHz	6/7/8 MHz
Modulación	8-VSB	QPSK/16QAM/64QAM	DQPSK/QPSK/16QAM/64QAM
Corrección de errores	Codificación Trellis +Reed Solomon	Códigos convolucionales+ Reed Solomon	Códigos convolucionales+ Reed Solomon

Tabla 1.2. Comparación técnica y de características de los estándares de DTV.

1.2. Evolución de las redes celulares

Primera Generación

La Primera Generación de la telefonía móvil hizo su aparición con los sistemas descritos en la siguiente tabla, sus principales características son muy básicas, es decir, son analógicos y estrictamente para voz. En general tenían baja velocidad, todos estaban basados en FDMA (Frequency Division Multiple Access) y la seguridad no existía.

Tecnología	Rango de Frecuencias Ascendente/Descendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre Canales	Servicio	Región de operación	Año en que se implementó el estándar
AMPS	824-849 / 869-894	FDMA	30 kHz	Voz	EUA, Australia, Sureste de Asia y África	1983
NMT-450	453-457,5 / 463-467,5	FDMA	25 kHz	Voz	Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca	1981
NMT-900	890-915 / 935-960	FDMA	12,5 kHz	Voz	Suecia, Finlandia, Noruega y Dinamarca	1986
TACS	890-915 / 935-960	FDMA	25 kHz	Voz	Reino Unido, Austria, Irlanda, Italia y España	1985
ETACS	872-905 / 917-950	FDMA	25 kHz	Voz	Reino Unido	1987
NTT-DoCoMo	925-940 / 870-885	FDMA	25 ó 6,25 kHz	Voz	Japón	1980
NTT-IDO	915-918,5 / 860-863,5	FDMA	6,25 kHz	Voz	Japón	1980
NTT-DDI	922-925 / 867-870	FDMA	6,25 kHz	Voz	Japón	1988
RMTS	450-455 / 460-465	FDMA	25 kHz	Voz	Italia	80s
C-450	450-455,74 / 460-465,74	FDMA	10 kHz	Voz	Alemania y Portugal	1981
NTACS-DDI	898-901 / 843-846	FDMA	25 ó 12,5 kHz	Voz	Japón	1991
JTACS-DDI	915-925 / 860-870	FDMA	25 ó 12,5 kHz	Voz	Japón	1991
Radiocom 2000	192,5-199,5 / 200,5-207,5	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985
Radiocom 2000	215,5-233,5 / 207,5-215,5	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985
Radiocom 2000	165,2-168,4 / 169,8-173	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985
Radiocom 2000	414,8-418 / 424,8-428	FDMA	12,5 kHz	Voz	Francia	1985

Tabla 1.3. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 1G.

Segunda Generación

La Segunda Generación llegó hasta la década de los 90s y la principal diferencia con la 1G es que es una generación digital. Los sistemas 2G utilizan protocolos de codificación más sofisticados y se emplean en algunos de los sistemas de telefonía celular actuales. Además, cabe mencionar que los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas por voz, pero aún limitados en comunicación de datos. Incluso estos sistemas son capaces de ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS. A su vez se caracterizan porque en su mayoría los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En general, se denomina a los sistemas de 2G como PCS (Personal Communication Services).

Tecnología	Rango de Frecuencias Ascendente/Descendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre canales	Tasa de Transmisión en el canal	Servicios	Región de operación	Organización que desarrolló el estándar	Año en que se implementó el estándar
IS-54 (D-AMPS)	869-894 / 824-849	TDMA/FDMA	30 kHz	48,6 kbps	Voz y datos	EUA	ANSI/TIA/EIA	1990
PDC-800	869-898 / 824-849	TDMA/FDMA	25 kHz	42 kbps	Voz, datos, SMS	Japón	NTT DoCoMo	1991
PDC-900	900	TDMA/FDMA	25 kHz	42 kbps	Voz, datos, SMS	Japón	NTT DoCoMo	1991
PDC-1400	1400	TDMA/FDMA	25 kHz	42 kbps	Voz, datos, SMS	Japón	NTT DoCoMo	1991
GSM-900	935-960 / 890-915	TDMA/FDMA	25 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	Europa	ETSI	1991
GSM-1800	1710-1785 / 1805-1880	TDMA/FDMA	25 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	Europa	ETSI	1991
PCS-1900	1900	TDMA/FDMA	25 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	América	ANSI	1994
IS-136	869-894 / 824-849	TDMA/FDMA	30 kHz	48,6 kbps	Voz, datos, SMS	EUA	ANSI	90s
IS-95 (cdmaOne)	869-894 / 824-849	CDMA/FDMA	1 250 kHz	14,4 kbps	Voz, datos, SMS	EUA	TIA-EIA	1995

Tabla 1.4. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 2G.

Generación 2.5

Debido a la necesidad creciente de mayores tasas de datos, las redes móviles 2G se mejoraron en lo que comúnmente se conoce como redes 2.5G para cumplir con las demandas de mayores tasas de datos para servicios móviles. Las redes 2.5G proveen un aumento significativo en las capacidades de los sistemas de radio así como en las tasas de datos para los usuarios, sin embargo, estas mejoras no alcanzan las capacidades que prometen las redes 3G.

Tecnología	Rango de Frecuencias Descendente/Ascendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre canales	Tasa de Transmisión en el canal	Servicios	Región de operación	Organización que desarrolló el estándar	Año en que se implementó el estándar
GPRS	824-849/869-894	TDMA	200 kHz	170 kbps	Voz, datos, SMS, MMS, e-mail.	Todo el mundo Excepto Japón y Korea	ETSI / 3GPP	2001
IS-95B	1850-1910/1930-1990	CDMA	1,23/1,25 MHz	115,2 kbps	Voz, datos, SMS, MMS, e-mail.	Norteamérica, Korea y algunos países asiáticos	TIA / EIA	1997
EDGE	1850-1910/1930-1990	TDMA	200 kHz	384 kbps	Voz, datos, SMS, MMS, e-mail.	Todo el mundo Excepto Japón y Korea	3GPP	2002

Tabla 1.5. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 2.5G.

Tercera Generación

La Tercera Generación es capaz de soportar una convergencia de voz y datos con acceso inalámbrico a Internet; por lo cual es apta e idónea para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Ello se logra porque los protocolos que se utilizan en 3G brindan soporte a altas velocidades de información, además están dirigidos hacia diversas aplicaciones como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia y acceso rápido a Internet, entre otros. Incluso permiten que el usuario tenga una movilidad total, viajando a 120 km/h en ambientes exteriores. Y alcanza velocidades de hasta 2 Mbps. Sin embargo, permite sólo una movilidad limitada a los usuarios, caminando en ambientes locales de corto alcance o en interiores.

Tecnología	Rango de Frecuencias Ascendente/Descendente en MHz	Tecnología de Acceso Múltiple	Espaciamiento entre canales	Tasa de transmisión en el canal	Servicios	Región de operación	Organización que desarrolló el estándar	Año en que se implementó el estándar
W-CDMA (UMTS)	1920-1980/2110-2170	CDMA	5 MHz	384 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	Japón y Europa	ETSI&3GPP	2002/2004
cdma2000	1920-1980/2110-2170	CDMA / TDMA	1,23/1,25 MHz	144 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	Norteamérica, Asia, Australia, China, India, Rusia, África y Europa	3GPP2	2001
TD-SCDMA	1880-1920	CDMA/TDMA	1,6 MHz	384 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	China	CWTS/CCSA	2006
HSDPA (TD-SCDMA)	1880-1920/2010-2025	TDMA/CDMA	1,6 MHz	2,8 Mbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	China	3GPP	2007
1xEV-DO	1920-1980/2110-2170	CDMA	1,23/1,25 MHz	384 kbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	Norteamérica, Asia, Australia, China, India, Rusia, África y Europa	3GPP2	2006
HSDPA/HSUPA /FDD)	1749,9-1784,9/1844,9-1879,9	TDMA/CDMA	5 MHz	14 Mbps/ 5 Mbps	Voz, datos, video, videoconferencia, Internet.	EEUU, Europa y Japón	3GPP	2006/2007
WiMAX	2,3/2,5/3,5/4,9/5,8 GHz	FDD/TDD/OFDMA	5/7/8,75 Y 10 MHz	75 Mbps	Redes MAN, Acceso inalámbrico móvil de banda ancha	Todo el mundo	IEEE	2006

Tabla 1.6. Comparación técnica y de características de los estándares de Telefonía Celular 3G.

Generación 3.5

LTE (Long Term Evolution) es un nuevo desarrollo de interface aérea para sistemas de comunicación celular móvil. Es el último paso que se ha dado hacia las tecnologías de 4G diseñadas para incrementar la capacidad y la velocidad de las redes móviles. A pesar de que LTE es considerada por algunos como un sistema 4G cabe resaltar que no cumple completamente con los requerimientos de IMT para 4G.

LTE propone una serie de mejoras a las redes de UMTS introducidas desde la Publicación No.8 (Release 8) de 3GPP. Los beneficios que propone LTE es una red completamente basada en IP, con tasas máximas de transmisión de bajada de hasta 100 Mbps, una transmisión de subida de hasta 50 Mbps, tiempos de latencia menores de 10 ms, anchos de banda escalables (1,4 MHz a 20 MHz), soporte de FDD y TDD y el uso de Redes de Frecuencia Única. En el capítulo 4 se hablará más a fondo de LTE.

1.3. Evolución de las terminales móviles

En un principio las terminales móviles solamente se referían a teléfonos celulares de gran tamaño, hoy en día una terminal móvil es un teléfono celular, un PDA, una laptop, etc. La relación que ha tenido el teléfono celular con el desarrollo de las redes móviles y celulares, ha hecho de esta terminal una de las más importantes hoy en día y casi imprescindible para cualquier persona.

El teléfono móvil es un dispositivo inalámbrico electrónico que permite tener acceso a la red de telefonía celular o móvil. Se denomina celular debido a las antenas que conforman la red, cada una de las cuales es una célula. Su principal característica es su portabilidad, que permite comunicarse desde casi cualquier lugar. Aunque su principal función es la comunicación de voz, como el teléfono convencional, su rápido desarrollo ha incorporado otras funciones como son cámara fotográfica, agenda, acceso a Internet, reproducción de video e incluso GPS y reproductor mp3.

Los teléfonos celulares han revolucionado el área de las comunicaciones, redefiniendo cómo percibimos las comunicaciones de voz. Tradicionalmente, los teléfonos celulares se mantuvieron fuera del alcance de la mayoría de los consumidores debido a los altos costos involucrados en su fabricación. Como resultado, las compañías proveedoras de servicios móviles invirtieron tiempo y recursos en encontrar nuevos sistemas de mayor capacidad, y por ende, menor costo, comenzando así su desarrollo como producto de consumo masivo.

Los servicios móviles a los cuales pueden acceder las terminales también han cambiado con el tiempo. La primera generación de dispositivos sólo podía recibir voz y datos mediante la conmutación de circuitos, ambos servicios eran de baja velocidad. La segunda generación de móviles no sólo recibía voz y datos, también tenía acceso limitado a Internet y algunas otras aplicaciones como mensajes SMS, juegos y descargas de tonos. La tercera generación de terminales además de los servicios antes mencionados, es capaz de tener un acceso a Internet de alta velocidad, servicios multimedia como videos, canciones, juegos, algunos programas de TV, noticias, redes sociales, etc.

Gracias a la evolución que han tenido estas terminales móviles, ahora es posible tener en cualquier momento una infinidad de servicios personalizados. Este ha sido un proceso largo en el cual muchas terminales han sido desarrolladas con nuevas tecnologías en procesamiento, pantallas, consumo de energía, etc. En la Tabla 1.7 se observan algunos cambios a lo largo de los años en las terminales móviles.

Años	Evolución	Ejemplos de Modelos
1997 a 1999	<ul style="list-style-type: none"> - Primer teléfono que se abre horizontal, con pantalla panorámica, podía enviar y recibir faxes, SMS y emails, además podía acceder a Internet a través de mensajes SMS. - Primer terminal "candy bar". - Primer teléfono móvil con un navegador WAP. - Primer teléfono móvil con GPS integrado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia9000i. - Nokia 8810. - Nokia 7110. - BenefonEsc.
2001	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfono móvil con infrarrojo, un calendario y una radio FM. - Primer teléfono móvil con capacidad Bluetooth. - Primer teléfono móvil con pantalla en color. - Primer teléfono móvil con GPRS y 360kb de memoria interna. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia 8310. - EricssonT39. - EricssonT68. - SiemensS45.
2002	<ul style="list-style-type: none"> - Primer teléfono con cámara (muy baja calidad). - Primer teléfono móvil GPRS para servicios de Internet para el mercado de masas. - Teléfonos móviles presentan una pantalla LCD y conexión a Internet a través de GPRS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia 3510i. - Nokia 7650. - Sony Ericsson P800. - Sanyo SCP-5300.
2003	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfono móvil diseñado para ser utilizado como consola portátil de videojuegos, además de sus funciones básicas. - Primer teléfono PDA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nokia N-Gage. - Nokia 6600. - BlackBerry Quark 6210.
2004	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfonos móviles con plena conectividad a Internet. - Teléfonos móviles con cámaras digitales de 1 megapixel. - Teléfono móvil que permite la itinerancia mundial (roaming). 	<ul style="list-style-type: none"> - Ericsson P910. - Nokia 7610. - Nokia 3220. - Nokia 6630.
2007	<p>Surgimiento del iPhone. Teléfono móvil con un sensor de auto-rotación, un multi-sensor de contacto y una interfaz táctil que sustituye el tradicional teclado QWERTY.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - iPhone.
2008	<ul style="list-style-type: none"> - Teléfonos móviles con interfaz "Sensme" característica de la música para los diversos estados de ánimo. - Teléfonos móviles con sensores de movimiento, cámaras digitales de mayor resolución, teclados táctiles y reproductores de video y audio de mejor calidad. -Teléfonos móviles con memorias externas de mayor capacidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - iPhone 3G. - Sony Ericsson W760i. - Nokia N79. - LG Arena.

Tabla 1.7. Cambios en las terminales móviles a través de los años.

Evolución del teléfono móvil a través de las generaciones

Primeros intentos

Estos teléfonos móviles eran usualmente colocados en autos o camiones. Por lo general, el transmisor (Transmisor-Receptor) era montado en la parte trasera del vehículo y unido al resto del equipo (el dial y el tubo) colocado cerca del asiento del conductor. Eran vendidos a través de Empresas Telefónicas alámbricas, empresas Radio Telefónicas, y proveedores de servicios de radio de doble vía. El mercado estaba compuesto principalmente por constructores, celebridades, etc.

Primera Generación (1G)

El tamaño de las terminales era mucho mayor al que tienen en la actualidad. Fueron originalmente diseñados para el uso en los automóviles, únicamente para la comunicación de voz. Motorola fue la primera compañía en introducir un teléfono realmente portátil.

Segunda Generación (2G)

La introducción de esta generación trajo la desaparición de los "ladrillos" que se conocían como teléfonos celulares, dando paso a pequeñísimos aparatos que entran en la palma de la mano y oscilan entre los 80-200 g. Mejoras en la duración de la batería, pantallas a color, recepción de servicio de mensajes SMS, cámaras digitales con resolución VGA, memorias internas con mayor capacidad (MB) fueron las principales características de esta generación.

Tercera generación (3G)

Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir tanto voz y datos (una llamada telefónica) y datos no-voz (como la descarga de programas, intercambio de email, y mensajería instantánea).

Los teléfonos móviles de esta generación permiten aplicaciones como:

- Voz en banda estrecha a servicios multimedia en tiempo real y banda ancha.
- Apoyo para datos a alta velocidad para navegar por la world wide web (WWW), entrega de información como noticias, tráfico y acceso remoto inalámbrico a Internet e intranets.
- Servicios unificados de mensajes como correo electrónico multimedia.
- Aplicaciones de comercio electrónico móvil, incluye operaciones bancarias y compras.
- Aplicaciones audio/video en tiempo real como videoteléfono, videoconferencia interactiva, audio y música, aplicaciones multimedia especializadas como telemedicina y supervisión remota de seguridad.

El tamaño de los teléfonos es cada vez más pequeño con mayor capacidad de memoria, consumo más bajo de potencia, adaptadores inalámbricos Wi-Fi y Bluetooth, cámaras de video de mayor resolución y con mayor zoom digital, mejor calidad de reproducción de audio, sistemas operativos diseñados para móviles y otras características que en un futuro harán de las terminales móviles la forma más popular de entretenimiento y personalización.

1.4. Multimedia Digital

Los dispositivos móviles presentan muchas dificultades para aplicaciones que requieren un cierto consumo de energía y capacidad en el procesamiento de memoria. Esto implica que sólo pueden reproducir cierto tipo de video y audio que es adecuado para su tamaño de pantalla y sus cualidades de reproducción de contenidos.

Imagen

El elemento básico de multimedia es la imagen. Una imagen está definida por su color, intensidad y tamaño. La intensidad y el color son representados por los pixeles de cada imagen. El tamaño de una imagen depende del número de bytes utilizados para la representación de cada pixel.

Un píxel o pixel (acrónimo del inglés 'picture element', elemento de imagen) es la menor unidad homogénea en color que forma parte de una imagen digital. Los pixeles forman las imágenes, las cuales se definen por intensidad, color y tamaño. El tamaño de una imagen se representa por el número de pixeles que contiene.

Las imágenes utilizadas para la televisión estándar tienen 720x576 pixeles de acuerdo al CCIR 601 o bien 720x480pixeles para NTSC o 720x576 para PAL. La imagen para televisión de alta definición (HDTV) tiene un tamaño de 1920x1080 pixeles. En general varios tamaños de pantallas y resoluciones pueden ser representados por un número diferente de pixeles.

Existen varios formatos para tasas de video de resoluciones pequeñas, por ejemplo el formato CIF (Common Interchange Format) es utilizado para aplicaciones como videoconferencias. El formato CIF tiene dimensiones de 352x240 pixeles (en cada una de las 240 líneas hay 352 pixeles), este formato se encuentra por debajo de la definición de la televisión estándar.

La resolución de VGA se define por 640 x 480 pixeles, mientras que un cuarto de VGA (QVGA) tiene 320 x 240 pixeles, esta última resolución es utilizada como formato para aplicaciones de TV móvil. La mayoría de los teléfonos móviles actualmente pueden soportar resoluciones de 320 x 240 ó 640 x 480 pixeles.

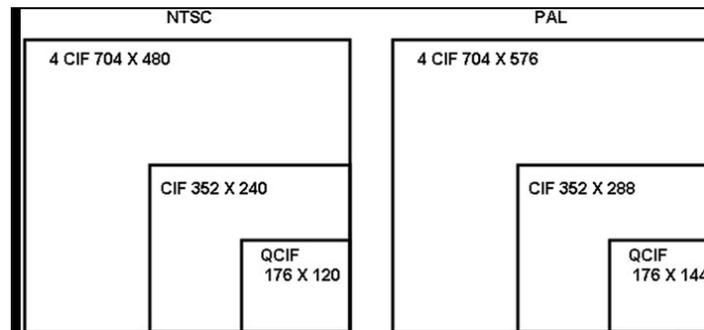


Figura 1.3. Resoluciones de imágenes.

La calidad de la imagen está determinada entonces por el número de pixeles utilizados para representar cierto tamaño o área de la imagen. Por ejemplo, si tenemos una imagen con un cierto tamaño, esta imagen puede variar en su resolución y por ende en su calidad.

Una imagen de tamaño muy grande necesita ser comprimida para su fácil almacenamiento y transmisión. La transmisión de una imagen sin comprimir no es práctica debido a su tamaño y el tiempo tan grande necesario para completar la transmisión. Existen varios caminos para reducir el

tamaño de una imagen. Algunos de estos caminos están definidos por una variedad de formatos y variantes con diferentes técnicas de compresión: JPEG, GIF, PNG, BMP.

1.4.1 Video Digital

El video digital se genera por el muestreo de las señales de video y audio analógicas tomando en cuenta el Teorema de Nyquist de la tasa de muestreo, el cual establece que el muestreo debe hacerse con una tasa de muestreo de al menos el doble de la frecuencia máxima de la señal a muestrear. En la práctica el muestreo del cuádruple de la frecuencia de la subportadora de color es utilizado para prevenir el 'aliasing' (efecto que causa que señales continuas distintas se tornen indistinguibles cuando se les muestrea digitalmente).

Para aplicaciones en donde se utilizan pantallas pequeñas, el número de píxeles y bits utilizados se reduce considerablemente para poder utilizar dichas aplicaciones, este proceso se le llama escalamiento espacial. Si se reducen las tasas de bits reduciendo la cantidad de cuadros para ciertas aplicaciones, tenemos un escalamiento temporal, los cuadros pueden ser reducidos de 30 (o 25) a 15 o menos cuadros por segundo.

La compresión de video es un proceso complejo donde se desea mantener una calidad aceptable de video manipulando diversos factores. Las compresiones de video pueden ser con pérdidas o sin pérdidas. En la compresión con pérdidas la imagen original no puede ser recuperada con su resolución original. Todas las técnicas de compresión toman ventaja de las redundancias que están presentes en la señal de video para reducir la tasa de bits del video para TV digital, TV móvil, IP TV y otras aplicaciones. En la Tabla 1.8 se mencionan algunos formatos de compresión utilizados comúnmente.

Formato de Compresión	Presentación de la imagen	Aplicación	Tasas de bits
MPEG-1	352 x 288 SIF	Video CD	0 – 1,5 Mbps
MPEG-2	720 x 480 CCIR	Broadcast TV, DVD	1,5 – 15 Mbps
MPEG-4	176 x 144 QCIF 352 x 288 QSIF	Internet TV móvil	28,8 – 512 kbps
H.261	176 x 144 QCIF 352 x 288 QSIF	Video conferencia	384 kbps – 2 Mbps
H.263	128 x 96 a 720 x 480	Video conferencia	28,8 – 768 kbps

Tabla 1.8. Comparación de estándares de compresión de video.

MPEG-4

La familia de estándares de MPEG-4 tiene su origen en la necesidad de desarrollar algoritmos de compresión para nuevas aplicaciones como el flujo de datos y la transferencia de archivos multimedia. Las tasas de bits para dichas aplicaciones necesitan ser bajas, de entre 5 kbps a 64 kbps para video QCIF.

Los algoritmos de compresión de MPEG-4 consideran los objetos del video y el fondo como diferentes partes de una imagen. MPEG-4 analiza una imagen como un solo fondo que generalmente se encuentra estático y un número de objetos que están en movimiento, de esta forma los objetos son identificados y comprimidos por separado. La información de movimiento de los objetos de video se envía por separado como parte de la trama MPEG-4. Y en el decodificador, la reconstrucción de la imagen se realiza combinando el fondo y los objetos individuales, con su movimiento respectivo.

El proceso de compresión de MPEG-4 se basa en los siguientes pasos:

Identificación de los objetos de video: La imagen es descompuesta en varios objetos de video y un fondo.

Codificación de los objetos de video: Cada objeto de video es codificado individualmente.

La alta eficiencia de video y audio proporcionada por MPEG-4 ha incrementado su uso en diversas aplicaciones como IP, TV por flujos de datos, TV móvil, etc. Todo esto gracias a que la codificación basada en objetos permite trabajar separadamente con video, audio, graficas, texto y otros. Los objetos pueden ser creados e incorporados dentro de la imagen decodificada. La flexibilidad que tiene para adaptarse a diferentes tasas de transmisión hace que MPEG-4 sea ideal para ambientes móviles donde el usuario se mueve constantemente provocando que las tasas de bits varíen constantemente.

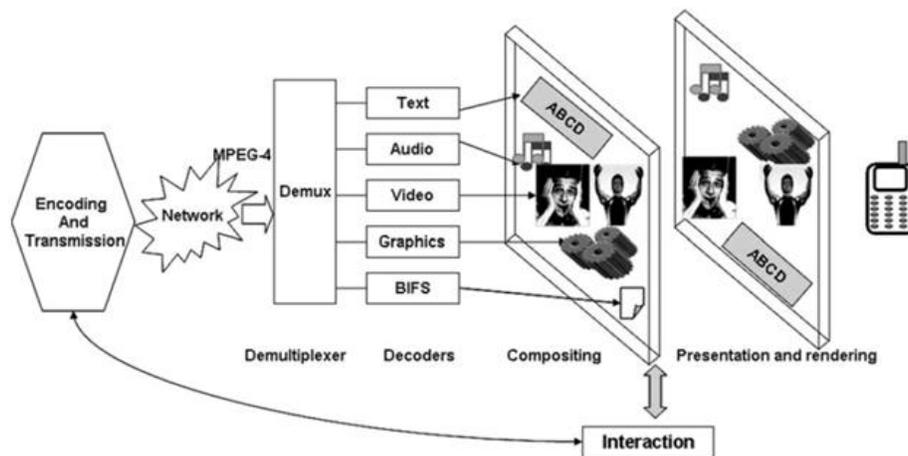


Figura 1.4. Decodificación basada en objetos en MPEG-4.

H.264/MPEG-4 AVC

H.264 o MPEG-4 parte 10 es una norma que define un codec de vídeo de alta compresión, desarrollada conjuntamente por ITU-T Video Coding Experts Group (VCEG) e ISO/IEC Moving Picture Experts Group (MPEG). La intención del proyecto H.264/AVC fue la de crear un estándar capaz de proporcionar una buena calidad de imagen con tasas de bits notablemente inferiores a

los estándares previos (MPEG-2, H.263 o MPEG-4 parte 2), además de no incrementar la complejidad de su diseño.

El Joint Video Team (JVT) formado por expertos del VCEG y MPEG nació en diciembre de 2001 con el objetivo de completar el desarrollo técnico del estándar hacia el año 2003. La ITU-T planeó adoptar el estándar bajo el nombre de ITU-T H.264 e ISO/IEC bajo el nombre de MPEG-4 Parte 10 Codec de Vídeo Avanzado (AVC), de aquí surgió el nombre híbrido de H.264/MPEG-4 AVC.

H.264/MPEG-4 AVC puede proporcionar vídeo de calidad DVD con una tasa de bits 40% inferior a la de MPEG-2. Es prometedor para vídeo en imagen completa terrestre, por satélite y mediante conexiones de banda ancha en Internet. También es uno de los codecs de video que se han elegido para el Blu-ray y el HD-DVD.

H.264 hace uso las redundancias espaciales, temporales, y psico-visuales para mejorar la eficiencia de la codificación de video. A continuación una comparación entre diversos formatos de compresión.

Características	MPEG-2	MPEG-4 ASP (parte 2)	MPEG-4 H.264 (parte 4)
Frames I, P, B	Sí	Sí	Sí
Codificación	Huffmann	Huffmann	Huffmann o aritmética
Tamaño del bloque	16 x 16	16 x 16	Variable (4x4 - 16x16)
Resolución de cuarto de píxel	No	Sí	Sí
Filtro de macheo	No	No	Sí
Predicción de movimiento basada en slices	No	No	Sí
Frames con referencias múltiples	No	No	Sí
Predicción ponderada	No	No	Sí
Conmutación de imágenes	No	No	Sí
Comparación de tasa de bits (bitrate)	100%	60%	40%

Tabla 1.9. Resumen de comparación de características entre formatos.

1.4.2 Audio Digital

El rango de frecuencias audible para el oído humano va de 20 Hz a 20 kHz, para poderlo muestrear se respeta el Teorema de Nyquist con al menos el doble de la frecuencia máxima. Se definen algunas tasas de muestreo en base al teorema:

- CD Audio: 44,1 kHz a 16 bits por muestra por canal (1,411 Mbps para estéreo).
- DATs (Cintas de Audio Digital): 48 kHz a 16 bits por muestra.
- DVDs: 48 kbps -192 kbps con 16 a 24 bits por muestra.

El tratamiento de la señal de audio en términos de muestreo depende del tipo de señal y la calidad deseada. Si utilizamos pocos bits tendremos una fidelidad baja del audio. Para la perspectiva de TV móvil es útil distinguir entre música (con calidad de CD) y voz (mono y con ancho de banda de 4 kHz).

Fuente de Audio	Banda de Frecuencia	Tasa de muestreo
Voz en telefonía	200 Hz a 3,4 kHz	8 kHz
Voz de banda ancha	100 Hz a 7 kHz	16 kHz
Música	50 Hz a 15 kHz	32 kHz
Música (calidad CD)	20 Hz a 20 kHz	44,1 kHz
Música (profesional y broadcast)	20 Hz a 20 kHz	48 kHz

Tabla 1.10. Tasas de muestreo para diversas fuentes de audio.

En la mayoría de aplicaciones el audio debe ser transmitido en tasas de transmisión de 8 – 12 kbps (celulares) a 64kbps (línea telefónica digital) ó 144 kbps (música estéreo), por lo que hay una necesidad en la compresión de audio. La compresión de audio está basada en las características del oído humano, el cual no percibe de igual forma todas las frecuencias:

- Límite de la percepción estereofónica: El oído no reconoce sonidos estéreo debajo de 2kHz, por lo tanto se puede utilizar audio mono debajo de los 2kHz.
- Umbral del oído: El oído humano es más sensible a una banda intermedia de frecuencias que a las frecuencias bajas o frecuencias altas.
- Enmascaramiento Temporal: Un sonido con un nivel de amplitud mayor puede cubrir a un sonido con un nivel de amplitud bajo cuando ocurren al mismo tiempo, por lo que los sonidos con niveles bajos de amplitud son descartados para la compresión.

MPEG-1 capa 3 (MP3)

La compresión MPEG-1 capa 3 (MP3) es utilizada ampliamente en Internet para el flujo de datos de audio y descargas de archivos de audio. Las tasas de muestreo para MPEG-1 están entre 32kHz, 44,1kHz y 48 kHz. El formato MP3 es un estándar utilizado en el video digital y asociado a tasas de transmisión hasta 1,5 Mbps para VCD (Video CD). MP3 se ha hecho muy popular al utilizar bajas tasas de transmisión y proveer una buena calidad de sonido, de hecho se ha vuelto un estándar de facto (norma generalmente aceptada y ampliamente utilizada por iniciativa propia de un gran número de interesados) en las descargas de música.

Advanced Audio Coding (MPEG-2 parte 7 y MPEG-4)

AAC (Advanced Audio Coding) es un formato de codificación de audio digital basado en el algoritmo de compresión con pérdida, un proceso por el que se eliminan algunos de los datos de audio para poder obtener el mayor grado de compresión posible, resultando en un archivo de salida que suena lo más parecido posible al original.

El formato AAC corresponde al estándar internacional “ISO/IEC 13818-7” como una extensión de MPEG-2. Debido a su excepcional rendimiento y la calidad, la codificación de audio avanzada (AAC)

se encuentra en el núcleo del MPEG-4, 3GPP y 3GPP2. Es el codec de audio de elección para Internet, conexiones inalámbricas y para radiodifusión digital. También ha sido elegido por Apple como formato principal para los iPods y para su software iTunes. Incluso es utilizado en otras aplicaciones por Winamp y Nintendo DSi.

El AAC utiliza una frecuencia de bits variable (VBR), un método de codificación que adapta el número de bits utilizados por segundo para codificar datos de audio, en función de la complejidad de la transmisión de audio en un momento determinado.

AAC es un algoritmo de codificación de banda ancha de audio que tiene un rendimiento superior al del MP3, que produce una mejor calidad en archivos pequeños y requiere menos recursos del sistema para codificar y decodificar. Está orientado a usos de banda ancha y se basa en la eliminación de redundancias de la señal acústica. No compatible con MPEG-1. Las frecuencias de muestreo que utiliza son 24 kHz, 22,05 kHz, 16 kHz. Entre 320 y 384 kbps soporta 5 canales de máxima calidad.

High-Efficiency AAC V2 (MPEG-4 parte 3)

Codificador avanzado de audio de alta eficiencia (High-Efficiency Advanced Audio Coding) es un formato de compresión de audio digital con pérdidas, definido en MPEG-4 Parte 3 para audio en ISO/IEC 14496-3 basado en SBR (Spectral Band Replication) y PS (Parametric Stereo).

HE-AAC está considerado como un codificador de calidad alta. Las tasas de bits que se consiguen en audio estéreo de “buena calidad” van de 16 a 48 kbps dependiendo de la versión. Las frecuencias de muestreo que soporta están entre los 24 y 96 kHz. Soporta canales mono, estéreo y multicanal (5.1, 7.1). Las herramientas que utiliza para ello son las siguientes:

Replicación de Banda Espectral (SBR). En este método el codec transmite las frecuencias más bajas de una señal y el SBR reconstruye las altas frecuencias a partir de la información proporcionada por estas frecuencias bajas y un pequeño flujo de datos asociado. Estas ideas se basan en el principio en que el cerebro humano tiende a considerar las altas frecuencias como un fenómeno armónico asociado a las bajas frecuencias, o simplemente ruido y por eso mismo es menos sensible al contenido exacto de estas frecuencias en las señales de audio.

Estéreo Paramétrico (PS). Un archivo AAC HE v2 contiene un único canal de audio (una señal mono), junto a una pequeña información lateral adicional (del orden de los 2-3 kbps), necesaria para la eventual reconstrucción de la señal estéreo original en tiempo de ejecución. Al agregar la información PS junto al contenido de audio monoaural, el decodificador puede regenerar en tiempo real una aproximación bastante creíble del sonido estéreo original, a tasas de codificación excepcionalmente bajas. Mediante esta técnica de compresión, una señal de audio de baja tasa de bits codificada con estéreo paramétrico tendrá una calidad de sonido mejor que un archivo AAC convencional con ese mismo bitrate (y sustancialmente mejor que un archivo MP3 de igual tamaño).

HE-AAC tiene dos versiones que utilizan las técnicas ya mencionadas:

HE-AAC v1: También conocido como AAC Plus, es la primera versión de HE-AAC. Combina el codec de audio AAC-LC con la Replicación de banda espectral (SBR), herramienta de expansión debido a que ofrece la misma experiencia de sonido con aproximadamente la mitad de la tasa de bits respecto a otros codecs de audio. Algunos ejemplos de tasas de bits que consigue para audio de “buena calidad” son: monoaural 32 a kbps, estéreo a 48 kbps, 5.1 canales a 128 kbps.

HE-AAC v2: También conocido como AAC Plus v2, es la segunda versión de HE-AAC. HE-AAC v2 surge de la combinación de las tecnologías usadas en la v1 (AAC-LC y SBR) con el Estéreo Paramétrico (PS).

La mayoría de aplicaciones que utilizan HE-AAC están relacionadas con la necesidad de obtener tasas de bits bajas debido al uso de canales de transmisión con capacidad limitada (ancho de banda limitado). En la Tabla 1.11 podemos apreciar algunas aplicaciones.

Versión	Aplicaciones	Tasas de bits
HE-AAC v1	XM Radio Mobile music download Digital Radio Mondiale	64 kbps (estéreo)
HE-AAC v2	3GPP music download Digital Radio DAB+ (estéreo) Internet radio streaming	48 kbps (estéreo)

Tabla 1.11. Aplicaciones de HE-AAC en sus dos versiones

1.5 Referencias

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_de_alta_definici%C3%B3n
- <http://www.ocw.espol.edu.ec/facultad-de-ingenieria-en-electricidad-y-computacion/procesamiento-de-audio-y-video-1/1136/50695/formatos.ppt>.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Televisi%C3%B3n_digital
- <http://es.wikipedia.org/wiki/ISDB-T>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/DTMB>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/DVB-T>
- <http://dev.emcelettronica.com/digital-tv-standards-dvb-t-atsc-isdb-t>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_AMPS
- http://es.wikipedia.org/wiki/Personal_Digital_Cellular
- <http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>
- <http://www.yourdictionary.com/telecom/pcs-1900>
- <http://en.wikipedia.org/wiki/IS-95>
- http://en.wikipedia.org/wiki/General_Packet_Radio_Service

- <http://www.umtsworld.com/technology/gprs.htm>
- <http://www.wireless-center.net/Wireless-Internet-Technologies-and-Applications/1830.html>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Enhanced_Data_Rates_for_GSM_Evolution
- <http://www.umtsworld.com/technology/edge.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Wideband_Code_Division_Multiple_Access
- <http://www.umtsworld.com/technology/wcdma.htm>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/CDMA2000>
- <http://www.umtsworld.com/technology/cdma2000.htm>
- http://es.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access
- http://en.wikipedia.org/wiki/High-Speed_Downlink_Packet_Access
- <http://en.wikipedia.org/wiki/TD-SCDMA>
- <http://www.umtsworld.com/technology/tdscdma.htm>
- <http://www.yucatan.com.mx/especiales/celular/3g.asp>
- <http://www.monografias.com/trabajos11/cdma/cdma.shtml>
- http://en.wikipedia.org/wiki/3GPP_Long_Term_Evolution
- http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil
- <http://www.educatehoy.com/funciones-y-evolucion-del-telefono-celular/>
- <http://www.muymovil.com/2009/10/10/la-evolucion-de-los-telefonos-moviles/>
- <http://www.3djuegos.com/foros/tema/868393/0/la-evolucion-del-telefono-movil/>
- <http://www.monografias.com/trabajos34/telefon%C3%ADa-celular/telefon%C3%ADa-celular2.shtml>
- ✓ “Telecomunicaciones Móviles”; 2ª. Edición; Editorial Marcombo; España; 1998.
- ✓ Amitabh Kumar, ‘*Mobile TV. DVB-H, DMB, 3G Systems and Rich Media Applications*’, Editorial Focal Press; USA, 2007.
- ✓ Borko Furht and Syed Ahson, ‘*Handbook of Mobile Broadcasting. DVB-H, DMB, ISDB-T and MediaFLO*’, CRC Press, Estados Unidos, 2008.
- ✓ Yan Zhan, Shiwen Mao, Laurence T. Yang and Thomas M. Chen, ‘*Broadband Mobile Multimedia. Techniques and applications*’, CRC Press, Estados Unidos; 2008