

Información Importante

La Universidad Santo Tomás, informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea del CRAI-Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la CRAI-Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento, para todos los usos que tengan **finalidad académica**, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el Artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, la Universidad Santo Tomás informa que “los derechos morales sobre documento son propiedad de los autores, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.”

**Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación, CRAI-Biblioteca
Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**Análisis de cambios en características fundamentales de la Telefonía Celular desde 1G
hasta 5G**

Ever Barrera Vargas y Rafael Dionisio Ortega Almeida

Trabajo de grado para optar al Título de Especialista en Gerencia Comercial de Proyectos de
Telecomunicaciones

Director

Universidad Santo Tomas, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización Gerencia Comercial de Proyectos de Telecomunicaciones

2017

Tabla de Contenido

Introducción	9
1 Formulación Del Problema	10
2. Justificación.....	11
3. Objetivos	12
3.1 Objetivo general	12
3.2 Objetivo específicos	12
4. Marco de Referencia	13
5. Metodología	13
6. Telefonía móvil celular y sus generaciones	13
6.1 Definiciones	13
6.1.1 Telefonía Celular.....	14
6.1.2 Telefonía Celular Móvil	14
6.1.3 Telefonía Celular Low Mobility.....	14
6.1.4 Wireless Local Loop (WLL).	14
6.1.5 Acceso Fijo Inalámbrico (FWA).	14
6.1.6 Personal Communications System (PCS).	15
6.1.7 Cobertura.	15
6.1.8 Área de Cobertura Celular.....	15
6.1.9 Celda – Célula.	16
6.1.10 Terminal celular móvil	17
6.1.11 Estación base.	17
6.1.12 Estación de control y conmutación.	17
6.1.13 Radio Canales.....	18
6.2 Tipos de Radio Canales.....	18
6.2.1 Canal de Control (CCH).....	18
6.2.2 Canal de Tráfico (TCH)	18
6.3 Centrales de conmutación de Telefonía Celular.....	19
6.4 Unidades de telefonía móvil (teléfonos móviles y portátiles)	21
6.4.1 Bandas de frecuencia.....	21
6.4.2 Espectro Electromagnético.....	22

ANÁLISIS	DE	CAMBIOS	TELEFONÍA	CELULAR
4				
6.4.3	Señal Analógica.....			22
6.4.5	Señal Digital.....			22
6.4.6	Reutilización de Frecuencias.....			23
6.4.7	Protocolo de Comunicaciones.....			23
6.4.8	Antenas de Telefonía Móvil.....			23
6.4.9	Codificador de Voz.....			23
6.4.10	Modulación.....			24
6.4.11	Técnicas de modulación.....			24
6.4.12	Multiplexación.....			24
6.4.13	Frequency Division Duplex (FDD).....			24
6.4.14	Time Division Duplex (TDD).....			25
6.4.15	Acceso Múltiple.....			25
SC-FDMA				31
6.4.17	Conmutación de circuitos.....			32
6.4.18	Conmutación de paquetes.....			33
6.4.19	Generaciones en la Telefonía Celular.....			33
6.4.20	Estándares de Comunicación.....			34
6.4.21	Internet de las cosas.....			36
7.	Orígenes de la Telefonía Celular en el mundo.....			36
7.1	El Origen (0G).....			36
7.1.1	Primera Generación (1G).....			37
7.1.2	Segunda Generación (2G).....			38
7.1.3	Tercera Generación (3G).....			39
7.1.4	Cuarta Generación (4G).....			40
7.2	¿Qué es lo siguiente?.....			41
7.3	Mucha más velocidad.....			42
8.	Comparativos de características fundamentales de las diferentes Generaciones Celulares.....			47
9.	Análisis comparativo de costos y precios de la Telefonía Celular en Colombia para el usuario.....			58
10.	Expectativas sobre las capacidades y requerimientos de las futuras redes móviles para facilitar la integración del IoT.....			64

11. Conclusión.....	67
12. Bibliografía.....	68

Lista de Tablas

Tabla 1 Cuadro comparativo de estándares y velocidades de las tecnologías predominantes de la generación 3G.....49

Tabla 2 Cuadro comparativo de los mercados, servicios y tecnologías de las 3 primeras Generaciones de la Telefonía Celular.50

Lista de Figuras

<i>Figura 1</i> La figura muestra un área de cobertura total, formada por áreas de cobertura más pequeñas llamadas células o celdas, de allí el nombre de sistema celular.	16
<i>Figura 2</i> La figura muestra la representación en hexágonos de las celdas en telefonía celular (forma ideal).	16
<i>Figura 3-</i> La figura muestra la representación real de las celdas.	17
<i>Figura 4</i> La figura muestra la topología general de un sistema celular.	19
<i>Figura 5</i> La figura muestra gráficamente la estructura básica de una red celular.	20
<i>Figura 6</i> Señal analógica vs señal digital.	22
<i>Figura 7</i> FDD vs TDD.	25
<i>Figura 8</i> TDMA.	27
<i>Figura 9</i> CDMA.	28
<i>Figura 10</i> - FDMA.	30
<i>Figura 11</i> OFDMA.	31
<i>Figura 12</i> FDMA vs TDMA vs CDMA.	31
<i>Figura 13</i> Esquema del transmisor SC-FDMA (Diferencias con OFDMA).	32
<i>Figura 14</i> Generaciones de la Telefonía Celular	34
<i>Figura 15</i> Algunos estándares de las distintas generaciones móviles.	35
<i>Figura 16</i> Martin Cooper - Padre del teléfono móvil “Sistema radioteléfono” 1973	38
<i>Figura 17</i> 5G: El salto a un nuevo estándar.	43
<i>Figura 18</i> Diferencias entre 4G y 5G.	45
<i>Figura 19</i> Cuadro comparativo de estándares y velocidades de las diferentes generaciones de Telefonía Celular.	53

<i>Figura 20</i> Cuadro comparativo de velocidades, servicios y protocolos de las diferentes generaciones de Telefonía Celular.	54
<i>Figura 21</i> Cuadro comparativo de velocidades y de las diferentes generaciones de Telefonía Celular.	54
<i>Figura 22</i> Cuadro comparativo de las diferentes generaciones de Telefonía Celular	55
<i>Figura 23</i> Evolución de terminales para las distintas generaciones móviles.	56

Introducción

Los teléfonos celulares son radio transmisores personales. Siendo un sistema de comunicación telefónica totalmente inalámbrica, los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite.

Lo maravilloso del teléfono celular reside en que una ciudad puede ser dividida en pequeñas "células" (o celdas), que permiten extender la frecuencia por toda una ciudad.

Debido al acelerado crecimiento que las comunicaciones inalámbricas han tenido, en un futuro próximo, serán capaces de llegar a más personas por diferentes caminos. A pesar que la telefonía celular fue concebida estrictamente para la voz, las mejoras en calidad, seguridad e integración de servicios multimedia la han convertido en una herramienta indispensable para las personas. Como resultado, los investigadores en cooperación con institutos de normalización invierten tiempo y recursos en encontrar nuevos sistemas de mayor capacidad, y en consecuencia, de menor costo.

La Telefonía celular están en una evolución constante permitiendo cada día una comunicaciones más rápidas, eficientes y confiables entre dos o varias personas; las personas pueden comunicarse entre sí sin importar en qué lugar del mundo se encuentren, facilitando con esto una interacción en tiempo real.

En este documento nos vamos a permitir mostrar la evolución de la tecnología desde sus inicios a épocas actuales mostrando sus evoluciones, como por ejemplo gran tamaño de equipos móviles y funcionalidades a muy pequeños y digitales, con funcionalidades como envió de mensajes de texto, pantalla a color, acceso a internet etc.

1 Formulación Del Problema

Para la gran mayoría de personas la percepción es que los cambio que ha tenido la telefonía celular en el tiempo, son pocos, pero para las personas que estamos en el mundo de las telecomunicaciones sabemos que esta evolución ha traído infinidad de cambios, no solo en la forma de transmisión de la voz sino en muchos más, tales como frecuencias utilizadas, bandas de frecuencias, velocidades, modulaciones, sistemas de antenas, codificaciones, técnicas de acceso, coberturas, servicios, costos y precios de las tecnologías para el usuario. La información existente sobre telefonía celular muestra de una manera separada las características de cada estándar y es allí donde nosotros vemos la necesidad de realizar de una manera sencilla y por medio de cuadros comparativos los cambios de fondo de cada una de las tecnologías de telefonía celular utilizadas en Colombia. Porque con cuadros comparativos, el cuadro comparativo es un organizador de información, que permite identificar las semejanzas y diferencias de dos o más objetos o eventos.

Esta recopilación de información dará la posibilidad de tener un documento que nos muestre en que ha evolucionado la telefonía celular y hacia dónde se encaminan los futuros estándares o generaciones.

Para la gran mayoría de personas la percepción es que los cambio que ha tenido la telefonía celular en el tiempo, son pocos, pero para las personas que estamos en el mundo de las telecomunicaciones sabemos que esta evolución ha traído infinidad de cambios, no solo en la forma de transmisión de la voz sino en muchos más, tales como frecuencias utilizadas, bandas de frecuencias, velocidades, modulaciones, sistemas de antenas, codificaciones, técnicas de acceso, coberturas, servicios, costos y precios de las tecnologías para el usuario. La información existente sobre telefonía celular muestra de una manera separada las características de cada estándar y es allí donde nosotros vemos la necesidad de realizar de una manera sencilla y por medio de cuadros comparativos los cambios de fondo de cada una de las tecnologías de telefonía celular utilizadas

en Colombia. Porque con cuadros comparativos, el cuadro comparativo es un organizador de información, que permite identificar las semejanzas y diferencias de dos o más objetos o eventos.

Esta recopilación de información dará la posibilidad de tener un documento que nos muestre en que ha evolucionado la telefonía celular y hacia dónde se encaminan los futuros estándares o generaciones.

2. Justificación

La importancia de tener a la mano un documento con la comparación de todas las tecnologías de la telefonía celular está en que no sólo recoge lo hecho, sino que una vez realizado y archivado, con el paso del tiempo se convierte en una parte de la historia, que puede ser actualizada con la aparición de nuevas tecnologías. Además de un soporte, es una forma de aprender del avanzar la tecnología.

Por otro lado el actual desarrollo de las telecomunicaciones en nuestra sociedad, ha cambiado la forma como entendemos e interactuamos con el mundo. Los avances tecnológicos, el progreso de la informática y de las comunicaciones, han alterado nuestro entorno en un nuevo tipo de sociedad: la sociedad de la información.

La penetración de la telefonía móvil ha supuesto una transformación en la forma de interactuar con la sociedad, cambios en el ámbito personal, en el trabajo y con la familia. Tanto los desarrollos de estándares tecnológicos como la fuerte implantación social, han hecho de la telefonía celular y el teléfono móvil el dispositivo para unir buena parte de los usos que caracterizan a la sociedad de la información, sentando las bases para una verdadera integración de opciones y servicios. La telefonía celular es por tanto, uno de los fenómenos más importantes de los últimos años, llegando a posicionarse como el principal generador de ingresos dentro del

sector de las telecomunicaciones a nivel mundial. Dada el alto grado de impacto de la telefonía celular con el internet de las cosas (IoT), Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas y esto se hará con el sistema de telefonía celular.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Realizar un análisis de los cambios en características fundamentales que se han dado en la telefonía celular, haciendo un repaso evolutivo de las tecnologías 2G, 3G, 4G y 5G, los cambios tecnológicos, la difusión y los usos y cambios hacia el usuario final, con el fin de dejar en documento que sirva de referencia en el estudio de la telefonía celular

3.2 Objetivo específicos

- ✓ Elaborar cuadros comparativos de las tecnologías desde 2G hasta 5G, de características fundamentales como: frecuencias, bandas de frecuencias, velocidades, modulaciones, sistemas de antenas, codificaciones, técnicas de acceso, coberturas y servicios al usuario final.
- ✓ Realizar análisis comparativo de costos y precios de las tecnologías para el usuario. Análisis de costos-beneficios.
- ✓ Investigar expectativas sobre las capacidades y requerimientos de las próximas redes móviles para facilitar la integración del IoT.

4. Marco de Referencia

Análisis de los cambios en las frecuencias, bandas de frecuencias, velocidades, modulaciones, sistemas de antenas, codificaciones, técnicas de acceso, coberturas, análisis comparativo de costos y precios de las tecnologías para el usuario, análisis de costos-beneficios. Describir todas las diferentes generaciones de la telefonía celular en la historia, que se ha logrado en avances tecnológicos y servicios para el usuario final, mostrando los avances en las centrales de conmutación celular y en los dispositivos móviles. Todo esto basado, no solo en la información disponible, sino aportando nuestros conocimientos en el tema, ya que contamos con más de 20 de años de experiencia en el campo de la telefonía celular en Colombia.

5. Metodología

Nuestro proyecto de telefonía celular se basara en investigación de la información existente al respecto, para desarrollar el objetivo de analizar los cambios con la evolución de la Telefonía celular a través de cuadros comparativos

6. Telefonía móvil celular y sus generaciones

6.1 Definiciones

6.1.1 Telefonía Celular. Es aquella telefonía en la cual el área de cobertura es dividida en celdas y sectores. El medio de Tx/Rx entre el abonado y la central es inalámbrico, a través de canales de radiofrecuencia.

6.1.2 Telefonía Celular Móvil. Extensión del servicio de telefonía convencional fija a abonados móviles. No es posible su conexión permanente a una central de conmutación Requiere enlaces radioeléctricos.

Es aquella telefonía celular en la cual, el terminal del abonado puede desplazarse de un lugar a otro (manteniendo una [comunicación](#) establecida) con una [velocidad](#) de desplazamiento de hasta 200 Km/h.

6.1.3 Telefonía Celular Low Mobility. Es aquella [telefonía celular](#) en la cual, el terminal se puede desplazar pero a una baja velocidad (low mobility), de entre 10 a 40 Km/h. En realidad es un sistema [wireless](#) local loop, pero goza de movilidad gracias a un [algoritmo](#) de compensación de [tiempo](#) de retardo, y utiliza el mismo tipo de equipo telefónico de los celulares móviles, pero con acceso en el tiempo (TDD).

6.1.4 Wireless Local Loop (WLL). Permite prestar el servicio de telefonía fija, también bajo los criterios de la telefonía celular, pero el terminal no dispone de movilidad. La trayectoria desde la central de conmutación hasta el abonado (local loop) es por [medios](#) inalámbrica (wireless). Cuando la voz es paquetizada se denomina WLL-IP.

6.1.5 Acceso Fijo Inalámbrico (FWA). Es el tramo entre el abonado (fijo) y la estación base, utilizando como medio de transmisión el espectro radioeléctrico. Puede pasar cualquier servicio como: telefonía, [internet](#), broad band, etc.

6.1.6 Personal Communications System (PCS). Es aquel que proporciona accesibilidad universal a [servicios](#) como: voz, [datos](#), [video](#), audio, mensajes, [posicionamiento](#), Internet, etc., en forma inalámbrica, a usuarios móviles. Comúnmente se le asocia a la telefonía móvil celular.

6.1.7 Cobertura. En telecomunicaciones, el término cobertura se refiere al área geográfica en la que se dispone de un servicio.¹ Suele aplicarse a comunicaciones radioeléctricas, pero también puede emplearse en servicios de cable. Las estaciones transmisoras y las compañías de telecomunicaciones generan mapas de cobertura que le indican a sus usuarios el área en la ofrecen sus servicios. La cobertura referida a servicios de telefonía móvil suele dividirse en exterior o interior y de voz o de datos (Internet móvil).

6.1.8 Área de Cobertura Celular. El área de cobertura total del servicio, se divide en áreas de cobertura más pequeñas llamadas "células" o "celdas".

Área de cobertura

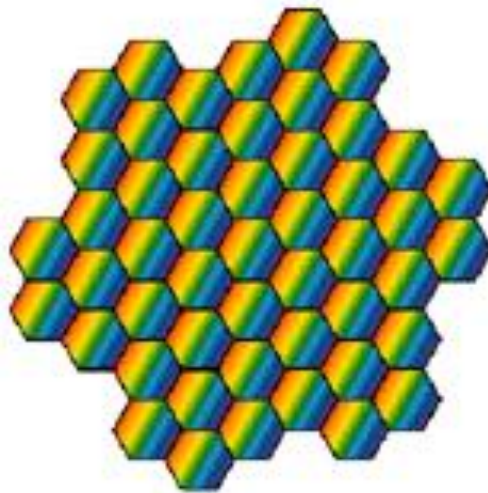


Figura 1 La figura muestra un área de cobertura total, formada por áreas de cobertura más pequeñas llamadas células o celdas, de allí el nombre de sistema celular.

6.1.9 Celda – Célula. Es el área alcanzada por la señal de una estación base celular. Para efectos de análisis matemáticos, se tomó el hexágono para representar las celdas. Pueden variar de forma y tamaño en función de la topografía y el tráfico.

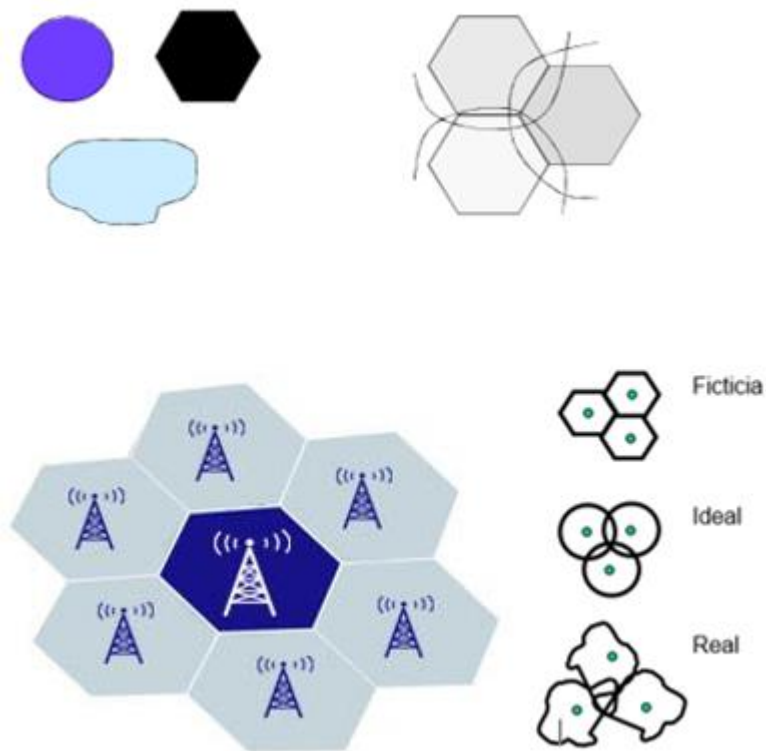


Figura 2 La figura muestra la representación en hexágonos de las celdas en telefonía celular (forma ideal).

Formas reales de las celdas

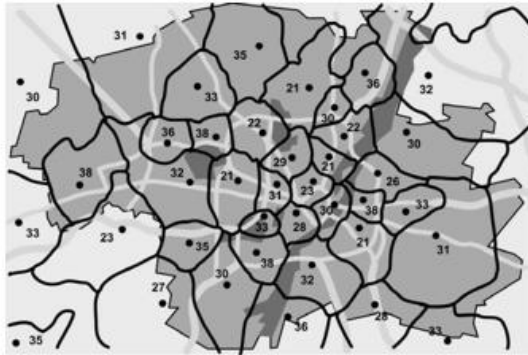


Figura 3- La figura muestra la representación real de las celdas.

6.1.10 Terminal celular móvil. Es el equipo electrónico que permite a un abonado hacer o recibir llamadas, está compuesto por: unidad de control, fuente de alimentación, transmisor/receptor, antena. Es portátil, transportable, movable de un lugar a otro. Realiza una actualización periódica de la señal recibida de la estación base, envía información para registrarse en la estación base.

6.1.11 Estación base. Es la estación central dentro de una celda, conocida como BTS (Base Transceiver Station), realiza el enlace de RF a los terminales celulares, transmite información entre la celda y la estación de control y conmutación, monitorea la comunicación de los abonados.

6.1.12 Estación de control y conmutación. Conocido comúnmente como MTSO (Mobile Telephony Switching Office), cuando aplica [tecnología](#) GMS se denomina MSC (Mobile Switching Center), y para [redes](#) Wireless Local Loop se denomina XBS.

Es el elemento central del sistema, sus funciones principales son:

- ✓ Coordina y administra todas las BTS
- ✓ Coordina las llamadas entre la oficina de telefonía fija y los abonados, así como las

llamadas entre los terminales celulares y los abonados, a través de las BTS

- ✓ Se encarga de la facturación (Billings)
- ✓ Dirige el Hand off entre cell site
- ✓ Tiene un software de gestión : Network Management System
- ✓ Se interconecta a centrales TANDEM para comunicarse con otras redes telefónicas.

6.1.13 Radio Canales. Se entiende por Radio Canal al par de frecuencias portadoras más un time slot, que van a servir como canales de tráfico en una comunicación. De estas 2 frecuencias una va a ser la frecuencia de Tx de la estación base y Rx del terminal, la otra frecuencia va a ser la de Rx de la estación base y Tx del terminal. Transportan datos y voz entre el abonado y las estaciones base, cada abonado sólo puede usar un canal a la vez.

6.2 Tipos de Radio Canales

Los canales o radio canales celulares son aquellos que van a hacer posible una comunicación de telefonía celular. Pueden ser de 2 tipos:

6.2.1 Canal de Control (CCH). Este canal permite enviar y recibir datos entre la BTS y el portátil.

6.2.2 Canal de Tráfico (TCH). Conocido también como Canal de Voz, es el encargado de conducir el tráfico (voz y datos) entre la estación base y el portátil cuando se está en un proceso

de llamada. También es usado para mandar mensajes de señalización por parte de la BTS hacia el portátil, también para manejar el proceso de hand over, y el control de potencia de transmisión del terminal. Los datos provenientes del BTS se llaman "datos en adelante" y los provenientes del terminal se denominan "datos reversos", ambos son enviados a 10 Kbps.

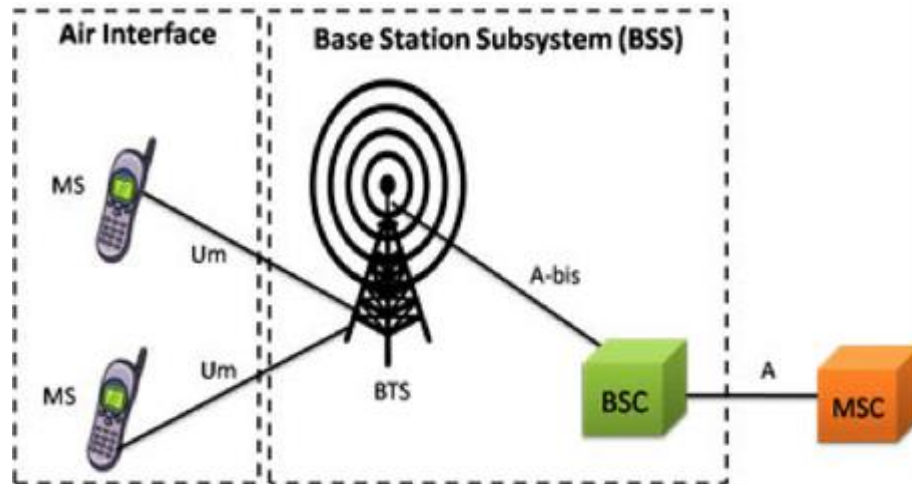


Figura 4 La figura muestra la topología general de un sistema celular.

6.3 Centrales de conmutación de Telefonía Celular.

Centro de Conmutación Electrónica (CCE). *Controlador de sitio de células* computarizado que maneja un control del sitio de la célula y funciones de conmutación. El conmutador se *llama Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil* (MSTO). Una estación base se compone de un transmisor/receptor de baja potencia en elevación alta. La función de la estación base es una interfaz entre los teléfonos móviles celulares y el MSTO. Se comunica con el MSTO sobre enlaces de información dedicada, metálica y no metálica, y se comunica con las unidades móviles, sobre las ondas del aire, utilizando un canal de control. La función de MSTO es

controlar el procesamiento y establecimiento de llamadas así como la realización de llamadas, lo cual incluye señalización, supervisión, conmutación y distribución de canales de RF.

El MSTO también proporciona una administración centralizada y el mantenimiento crítico para toda la red e interfaces con la *Red de Telefonía Pública Conmutada* (PSTN), asimismo los servicios de telefonía con líneas alámbricas convencionales.

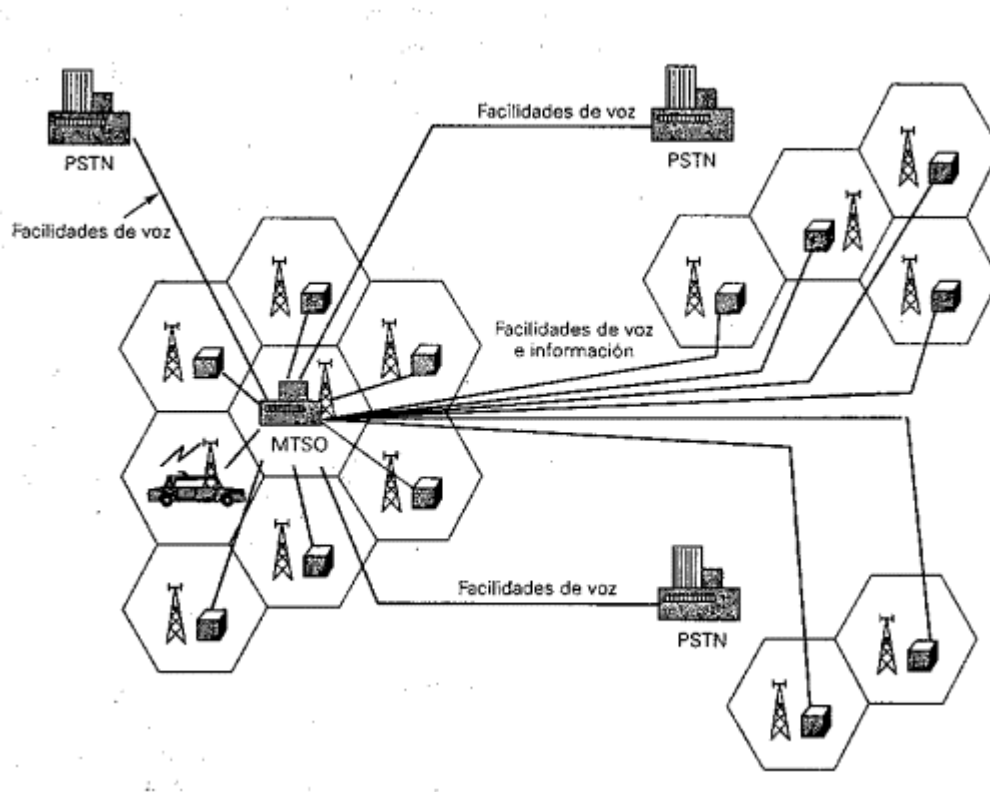


Figura 5 La figura muestra gráficamente la estructura básica de una red celular.

Un MSTO se conoce por diferentes nombres, dependiendo del fabricante y la configuración del sistema. MSTO (Oficina de Conmutación de Telefonía Móvil) fue el nombre dado por Laboratorios Bell; EMX (Intercambio Móvil Electrónico), por Motorola, AEX por Ericsson; NEAX por NEC, Centro de Conmutación de Servicios Móviles (MSC) por SIEMENS. Centro de Conmutación Electrónica. Es un conmutador telefónico digital es el corazón del sistema celular.

El conmutador realiza dos funciones esenciales: (1) controla la conmutación entre la red telefónica pública y los sitios de células para todas las llamadas de línea alámbrica a móvil, móvil a línea alámbrica y móvil a móvil; y (2) procesa información recibida de los controladores de sitio de célula que concierne al estado de la unidad móvil, información de diagnóstico y compilación de información de facturas. Controlador del sitio de célula. Cada célula contiene un controlador de sitio de célula que opera bajo la dirección del centro de conmutación. El controlador del sitio de célula administra cada uno de los canales de radio en el sitio, supervisa llamadas, enciende y apaga el transmisor y receptor de radio, inyecta información a los canales de control y usuario y realiza pruebas de diagnóstico en el equipo de sitio de la célula.

6.4 Unidades de telefonía móvil (teléfonos móviles y portátiles)

Las unidades de teléfonos móviles y portátiles son básicamente la misma cosa. La única diferencia es que las unidades portátiles tienen una potencia de salida más baja y una antena menos eficiente. Cada unidad de teléfono móvil consiste de una unidad de control, un transmisor/receptor de radio, una unidad lógica y una antena móvil. La unidad de control alberga todas las interfaces del usuario, incluyendo un auricular. El transmisor/receptor utiliza un sintetizador de frecuencia para sintonizar cualquier canal celular asignado. La unidad lógica interrumpe las acciones del suscriptor y los comandos del sistema y maneja al transmisor/receptor y las unidades de control.

6.4.1 Bandas de frecuencia. Son intervalos de frecuencias del espectro electromagnético asignados a diferentes usos dentro de las radiocomunicaciones. Su uso está regulado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones y puede variar según el lugar.

6.4.2 Espectro Electromagnético. El espectro radioeléctrico es el medio por el cual se transmiten las ondas de radio electromagnéticas, las cuales permiten hacer uso de medios de comunicación como la radio, televisión, Internet, telefonía móvil y televisión digital terrestre, entre otros.

6.4.3 Señal Analógica. La información se transmite de forma analógica entre dos teléfonos móviles. Esto significa que dicha información se transmitía “tal cual” se recogía en el teléfono transmisor, como una señal u onda de sonido analógica que en ningún momento se digitaliza.

6.4.5 Señal Digital. Se convierte la onda de sonido en bits (unos y ceros). Este cambio de tecnologías analógicas a digitales permitió muchas mejoras en la calidad de transmisión, seguridad, cantidad y variedad de información transmitida, etc.

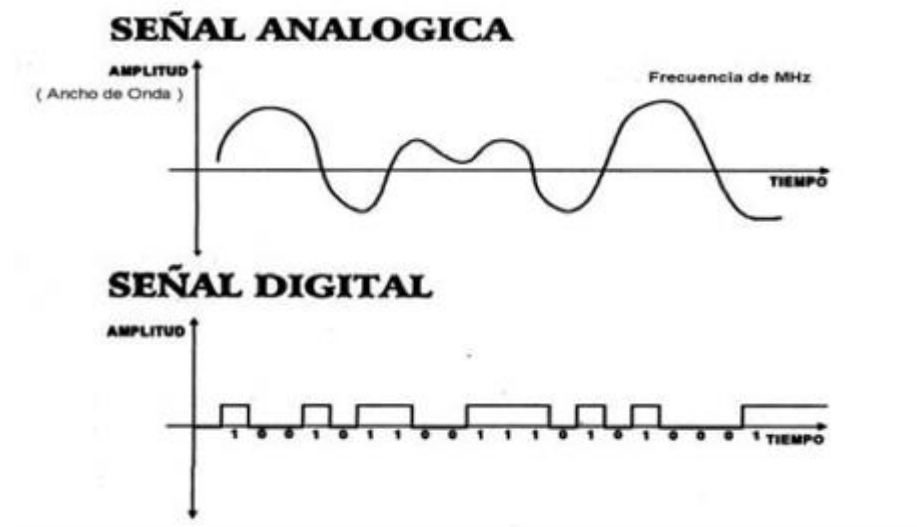


Figura 6 Señal analógica vs señal digital.

6.4.6 Reutilización de Frecuencias. La reutilización de frecuencias consiste en utilizar la misma banda de frecuencias varias veces de manera que sea posible aumentar la capacidad del sistema para un determinado ancho de banda B

6.4.7 Protocolo de Comunicaciones. Gobierna la manera en que una llamada telefónica es establecida. Los protocolos celulares difieren entre países. En Estados Unidos se utiliza el estándar del Servicio de Telefonía Móvil Avanzado (AMPS), en Canadá el sistema AURORA 800, y cada país Europeo utilizaba hasta hace poco uno propio. Más adelante se explicará con más detalles algunas características de estos y otros protocolos de comunicación.

6.4.8 Antenas de Telefonía Móvil. Una antena es un dispositivo pasivo (un arreglo de conductores eléctricos) que convierte potencia RF (radiofrecuencia) en campos electromagnéticos o en su defecto intercepta éstos mismos y los convierte a energía RF. Una antena de telefonía móvil es una estación base, de instalación fija, que se conecta con los teléfonos móviles mediante ondas electromagnéticas de radiofrecuencia, asimismo las antenas se comunican con la central de su propia red.

6.4.9 Codificador de Voz. Codificar la voz consiste en transformar las ondas sonoras que la representan a otro tipo de representación que, aunque menos natural, sí resulta más adecuada para determinadas tareas. Veamos un posible ejemplo de codificación de voz: supongamos que disponemos de un ordenador que tiene conectado un micrófono, las ondas sonoras se pueden traducir a valores numéricos (que el ordenador puede almacenar) sin más que ir midiendo periódicamente el resultado de la excitación del micrófono. Posteriormente, los valores almacenados podrían utilizarse para excitar un altavoz, y así reproducir la voz.

6.4.10 Modulación. Engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación lo que posibilita transmitir más información de forma simultánea además de mejorar la resistencia contra posibles ruidos e interferencias. Según la American National Standard for Telecommunications, la modulación es el proceso, o el resultado del proceso, de variar una característica de una onda portadora de acuerdo con una señal que transporta información. El propósito de la modulación es sobreponer señales en las ondas portadoras. Básicamente, la modulación consiste en hacer que un parámetro de la onda portadora cambie de valor de acuerdo con las variaciones de la señal moduladora, que es la información que queremos transmitir.

6.4.11 Técnicas de modulación. Las distintas generaciones móviles utilizan distintas técnicas de modulación. Existen dos canales de intercambio de información entre equipos: el ascendente (uplink) y el descendente (downlink). Para que distintos equipos puedan transmitir sus propios datos sin interferir en las transmisiones de otros equipos vecinos, hay que tener en cuenta dos conceptos fundamentales:

6.4.12 Multiplexación. Es la transmisión de múltiples señales simultáneamente, utilizando para ello dos técnicas distintas:

6.4.13 Frequency Division Duplex (FDD). En la cual se divide el espectro frecuencial, asignando unas bandas de frecuencias para el enlace ascendente y otras bandas de frecuencias

diferentes para el enlace descendente. Se envía información a lo largo del tiempo, pero en distintas frecuencias.

6.4.14 Time Division Duplex (TDD), en la cual se transmite la información correspondiente al enlace ascendente en un instante temporal diferente al de la información correspondiente al enlace descendente. Se envía información a lo largo del espectro de frecuencias, pero en distintos instantes temporales.

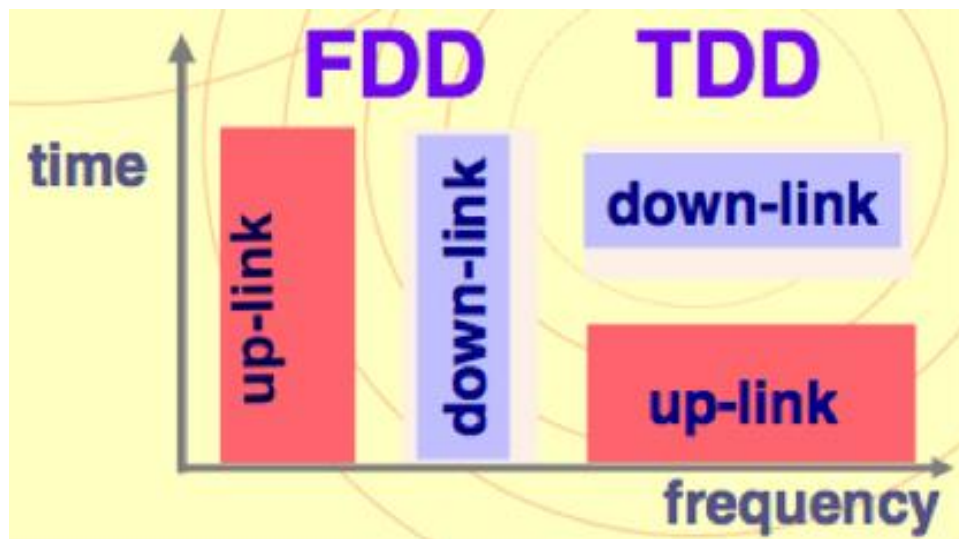


Figura 7 FDD vs TDD.

6.4.15 Acceso Múltiple. El concepto de acceso múltiple en un sistema de comunicación se refiere al caso en el cual existe un cierto número de aparatos de transmisión y recepción, cuando a la vez existe una cierta cantidad, menor a la anterior, de canales de comunicación por los cuales se conducen los mensajes que son dirigidos desde y hacia los aparatos; se da,

entonces, en este caso que cuando un usuario necesita comunicarse solicita el uso de un canal y el sistema le asigna cualquiera de los canales libres en ese momento.

Existen cuatro técnicas principales de acceso múltiple:

✓ **TDMA (*Time Division Multiple Access*)**. Time Division Multiple Access (TDMA), en el cual los distintos usuarios acceden a unos recursos en instantes diferentes de tiempo (unos después de otros, aunque tan rápido que ello no supone una desventaja para ninguno de ellos), utilizando las mismas frecuencias. Los usuarios comparten el recurso frecuencial. Este método de acceso múltiple está basado en el esquema de multiplexación por división en tiempo (TDM) en el que se asigna un time slot o intervalo de tiempo a cada flujo de datos. En el caso de TDMA, cada flujo de datos se corresponde a un usuario conectado al medio compartido. En comunicaciones móviles TDMA es utilizado en casi todos los sistemas de segunda generación, destacando GSM.

TDMA - Time Division Multiple Access

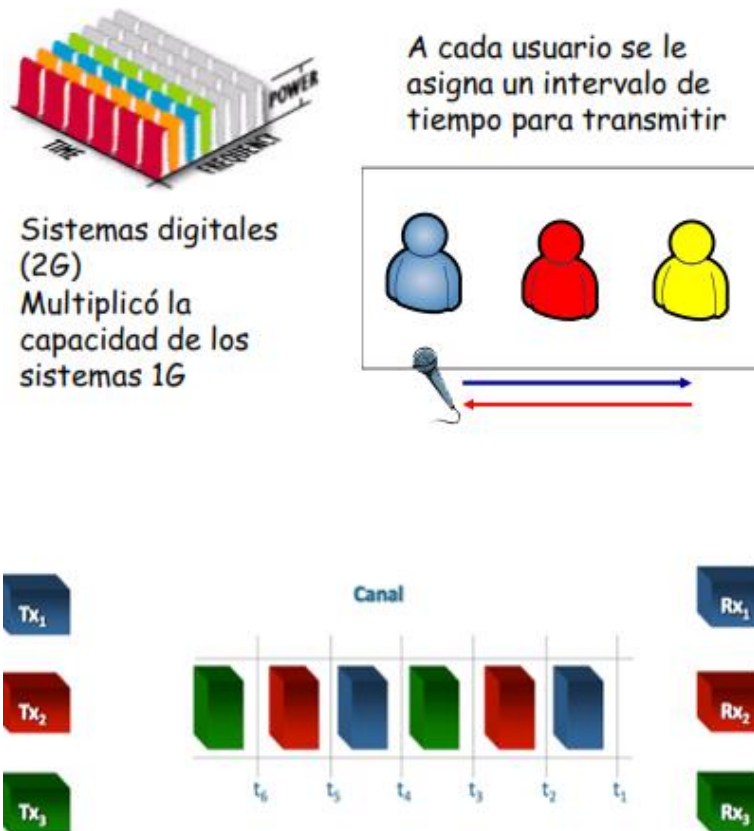


Figura 8 TDMA.

✓ **CDMA (Code Division Multiple Access).** Code Division Multiple Access (CDMA), en el cual cada usuario tiene asociado un código diferente, permitiendo que todos ellos puedan enviar información a la vez sobre un único canal (mismas frecuencias) sin causar interferencias con otros usuarios, a una mayor velocidad y a un mejor precio. Ello se consigue gracias al uso de códigos ortogonales y a una técnica llamada “espectro ensanchado”. Mientras que en TDMA y FDMA los recursos se dividen de forma temporal o en frecuencia, siéndole asignado un time slot o una banda de frecuencia solamente a un usuario determinado, en CDMA todos los usuarios

pueden transmitir al mismo tiempo y en la misma banda de frecuencia. Esto se consigue asignándole a cada usuario un código que los diferencia del resto. La modalidad de CDMA más común es DS-CDMA (Direct Sequence Spread Spectrum CDMA) donde el código asignado a cada usuario es una secuencia PN pseudoaleatoria que multiplica la señal correspondiente a un símbolo y usuario. La secuencia se divide en chips cuya duración es mucho menor que la del tiempo de símbolo. El resultado es una señal con apariencia ruidosa y un espectro expandido. CDMA soluciona los problemas de sincronización asociados a TDMA y FDMA, pero es más vulnerable al problema de near-far. El sistema 2G cdma-One y la mayoría de los sistemas 3G de telefonía móvil como CDMA2000 o UMTS incorporan



Figura 9 CDMA

✓ **FDMA (Frequency Division Multiple Access).** Frequency Division Multiple Access (FDMA), en la cual los distintos usuarios acceden a unos recursos al mismo tiempo, pero utilizando distintas frecuencias. Se reparte el ancho de banda en sub-canales. Los usuarios

comparten el recurso temporal. Para esta técnica de acceso al medio, el ancho de banda se divide entre múltiples usuarios, correspondiéndole a cada uno de ellos solamente una o varias subportadoras. OFDMA (Orthogonal FDMA) es la versión de FDMA en la cual las subportadoras son ortogonales entre sí y es una adaptación de la técnica de modulación OFDM para el acceso múltiple. SC-FDMA (Single Carrier FDMA) es la versión pre-codificada con DFT de FDMA.

Pese a que las técnicas FDMA presentan la desventaja de una exigente sincronización en frecuencia, implementaciones ingeniosas como OFDMA y SCFDMA poseen numerosos beneficios frente a TDMA o CDMA como la robustez al multitrayecto o la eliminación de una costosa ecualización en el dominio del tiempo

Para canales con largas dispersiones temporales como los inalámbricos, sustituyéndola por una ecualización en frecuencia mucho más sencilla. También destaca la facilidad para el reparto de recursos en frecuencia según las condiciones del canal, muy útil en canales selectivos en frecuencia como son los inalámbricos.

Por este motivo, OFDMA y SC-FDMA son las técnicas de elección para la capa física de la interfaz radio del nuevo estándar para comunicaciones móviles LTE (Long Term Evolution for UMTS).

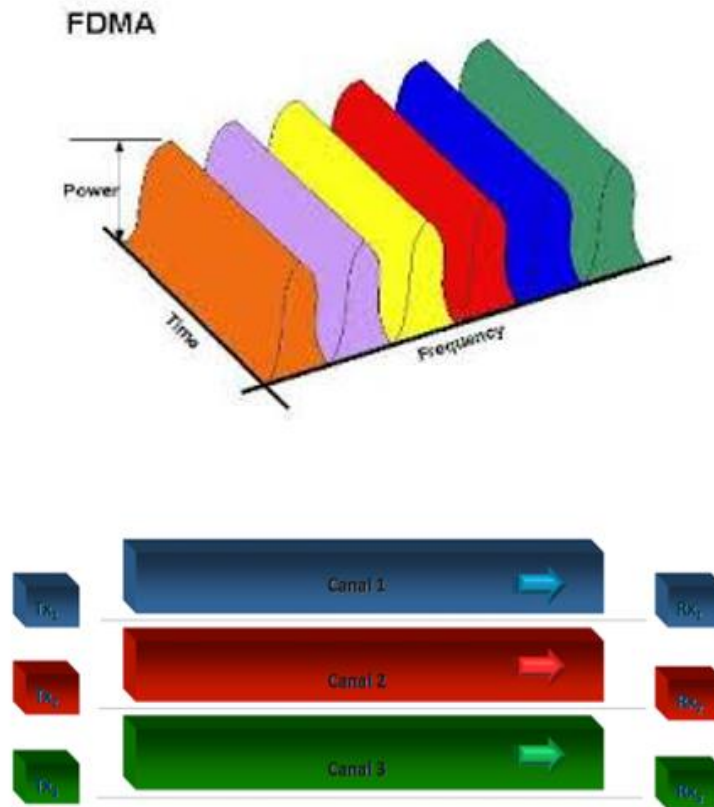


Figura 10 - FDMA.

✓ **Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA).** En el cual los usuarios dividen su información (símbolos) en distintas partes, y cada parte la envían usando frecuencias ortogonales con el resto de frecuencias asociadas a las otras partes. Así se consiguen menores interferencias entre símbolos, y muchos usuarios pueden transmitir al mismo tiempo, ya que son diferenciados por la ortogonalidad de las frecuencias que utilizan.

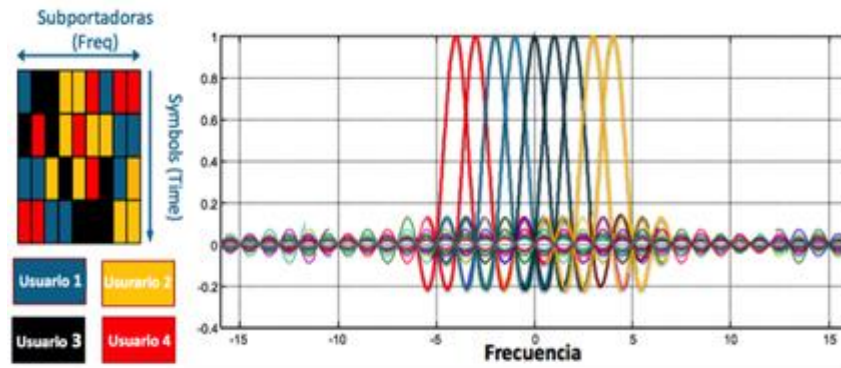


Figura 11 OFDMA.

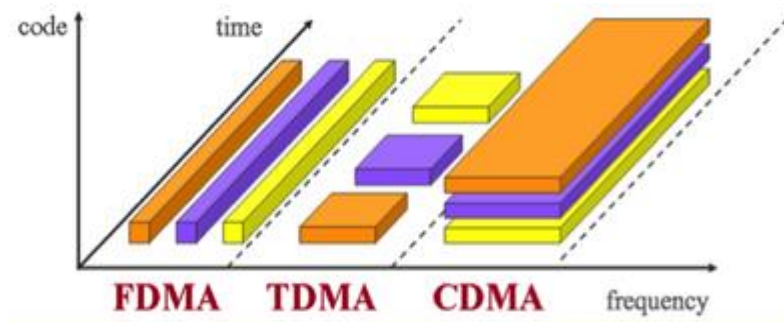


Figura 12 FDMA vs TDMA vs CDMA.

SC-FDMA. Se puede considerar como una versión precodificada, mediante la transformada discreta de Fourier (DFT), de OFDMA. Los símbolos en el dominio del tiempo modulados mediante un esquema -QAM o -PSK, pasan por un bloque DFT en el transmisor que convierte los símbolos al dominio de la frecuencia, esparciéndolos en todas las subportadoras que ocupan el ancho de banda destinado al usuario. Esta operación, evidentemente, deberá ser deshecha en el receptor, por lo que también se añade un bloque IDFT que no existía en OFDM. Haciendo esta operación de precodificación se logra un importante objetivo que es la reducción de PAPR con respecto a OFDMA, debido a la naturaleza de portadora única de la señal resultante que es introducida al HPA antes de la transmisión. Debido a esta virtud, SC-FDMA es la técnica elegida

en el enlace ascendente de la capa física de interfaz radio en LTE, ya que reduce el coste de un HPA muy lineal, disminuyendo el consumo de batería del teléfono móvil, aspecto éste cada vez más importante. Por otra parte, OFDMA es la técnica elegida en el enlace descendente ya que el alto PAPR no es un problema en el transmisor de la estación base y permite que el receptor en el teléfono móvil sea algo menos complejo. En la Figura 13 se pueden observar las diferencias entre OFDMA Y SC-FDMA a nivel de diagrama de bloques.

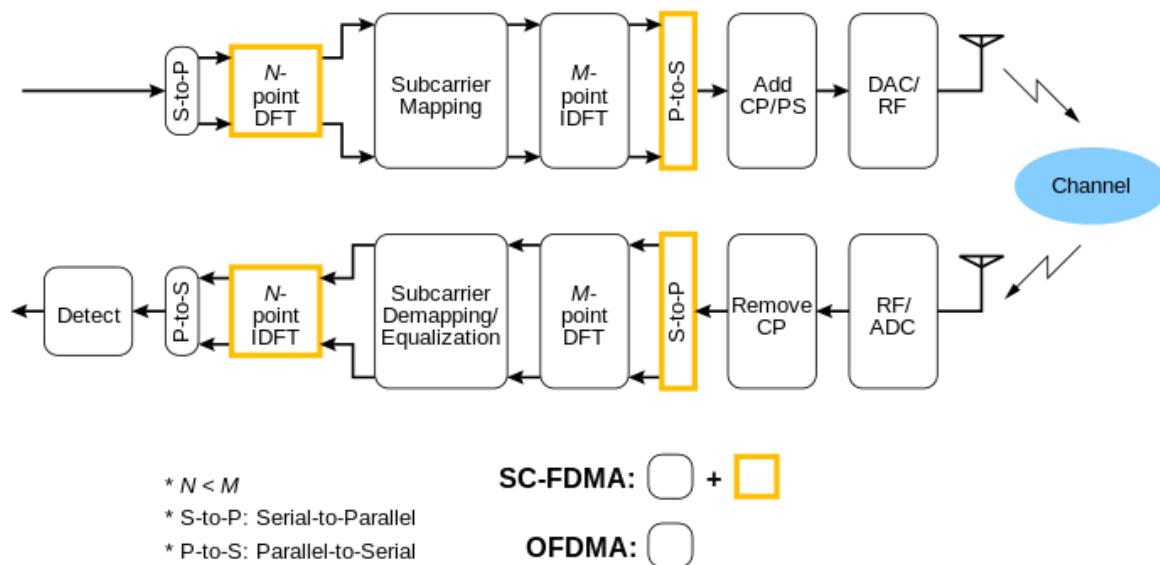


Figura 13 Esquema del transmisor SC-FDMA (Diferencias con OFDMA).

6.4.17 Conmutación de circuitos. El sistema de conmutación de circuitos está pensado para llamadas de voz. Al efectuar una llamada se reserva un canal de comunicación entre origen y destino. Una vez reservado, este canal permanecerá ocupado durante todo el tiempo que dure la conversación. En una llamada se ocupa todo el recurso de la conmutación. Este sistema es claramente ineficaz cuando nos referimos a la transmisión de datos. En Internet, por ejemplo, el

tráfico de datos es a “ráfagas”, es decir, se concentra en instantes determinados, permaneciendo el canal la mayor parte del tiempo vacío.

6.4.18 Conmutación de paquetes. En la conmutación de paquetes el canal de transmisión se requiere sólo cuando existe algo que transmitir o recibir. Esta transmisión se basa en dividir la información en pequeñas unidades llamadas paquetes. Estos paquetes son divididos y enviados de forma secuencial a través de los canales disponibles, permitiendo que varios usuarios compartan los mismos canales. Todos los paquetes, al llegar a su destino, vuelven a unirse formando el fichero en cuestión. No existe reserva previa de canales como ocurría con la técnica de conmutación de circuitos, con lo cual cuando un canal no esté transmitiendo datos puede ser utilizado por otro terminal. Esta técnica de conmutación de paquetes es la empleada en las redes de datos fijas como Internet

6.4.19 Generaciones en la Telefonía Celular. Es la mejora en velocidades, modulaciones, sistemas de antenas, codificaciones, técnicas de acceso, coberturas y servicios al usuario final de Telefonía Celular. Muy coincidencialmente vemos que aparece una nueva generación celular



Figura 14 Generaciones de la Telefonía Celular

6.4.20 Estándares de Comunicación. Un estándar, son acuerdos documentados que contienen especificaciones técnicas u otros criterios precisos para ser usados consistentemente como reglas, guías o definiciones de características para asegurar que los materiales, productos, procesos y servicios cumplan con su propósito. Por lo tanto un estándar de telecomunicaciones es un conjunto de normas y recomendaciones técnicas que regulan la transmisión en los sistemas de comunicaciones.

Cada una de estas generaciones ha sido conformada por varios estándares. Antes de describir – sin entrar en demasiados detalles técnicos- las características más importantes de las distintas generaciones móviles, se muestran en la siguiente figura algunos de los estándares más importantes pertenecientes a las diferentes generaciones:

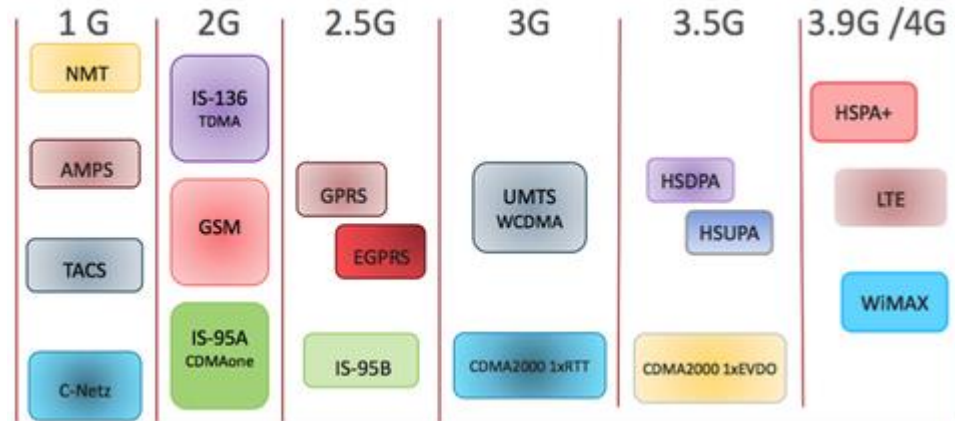


Figura 15 Algunos estándares de las distintas generaciones móviles.

AMPS: Advance Mobile Phone Service.

GSM: Global System for Mobile Communication.

GPRS: General Packet Radio Services.

EGPRS: Enhance General Packet Radio Service.

CDMA: Code Division Multiple Access.

CDMA2000 1xRTT: CDMA – Radio Transmission Technology.

CDMA2000 1xEVDO: CDMA – Evolution Data Only.

UMTS: Universal Mobile Telecommunication System.

WCDMA: Wide Code Division Multiple Access.

HSDPA: High Speed Download Packet Access.

HSUPA: High Speed Upload Packet Access.

HSPA: High Speed Packet Access.

LTE: Long Term Evolution.

WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access.

6.4.21 Internet de las cosas. (En inglés, Internet of things, abreviado IoT) es un concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos con internet. Alternativamente, Internet de las cosas es el punto en el tiempo en el que se conectarían a internet más “cosas u objetos” que personas. También suele referirse como el internet de todas las cosas o internet en las cosas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas de radio, podrían ser identificados y gestionados por otros equipos, de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos.

7. Orígenes de la Telefonía Celular en el mundo

7.1 El Origen (0G)

Los orígenes de la telefonía móvil se remontan a los inicios de la Segunda Guerra Mundial (1940), durante esos años, Motorola creó un equipo llamado Handie Talkie H12-16, que permitía el contacto con las tropas vía ondas de radio cuya banda de frecuencias en ese tiempo no superaban los 60 MHz.

La 0G representa a la telefonía móvil previa a la era celular. Los teléfonos móviles de esta generación eran unos radioteléfonos disponibles como un servicio comercial conectado a la red de telefonía fija, con sus propios números, eran una especie de red como la radio policíaca o el servicio de despacho de taxis.

Esos teléfonos móviles usualmente eran montados en carros o camionetas, aunque también se fabricaron modelos portátiles (portafolio). Por lo general, el transmisor (Transmisor-Receptor) era montado en la parte posterior del vehículo (su peso era de unos 50 kg) y unido al resto del equipo (auricular, pantalla y teclado) colocado cerca del asiento del conductor. Los teléfonos

celulares (cell phone) aparecieron debido a la invención de las células hexagonales en 1947, los ingenieros de Bell Labs en AT&T desarrollaron más a fondo esta tecnología durante los años 60. Durante una llamada, la frecuencia del canal no se podía cambiar automáticamente a partir de una célula (área de cobertura de la celda) a otra célula cuando la persona (con su equipo móvil) viajaba del área de una célula al área de otra célula.

7.1.1 Primera Generación (1G). Los sistemas de comunicaciones móviles de primera generación o 1G representan al conjunto de estándares celulares que emplean tecnologías analógicas, por lo que comúnmente se habla indistintamente de sistemas analógicos o 1G.

Se trataba de sistemas pioneros que introducían por primera vez una característica revolucionaria para los servicios de comunicación comerciales de los años 80, como era la movilidad. Por ello a pesar de que sus prestaciones fueron ampliamente superadas por sistemas más modernos (de 2G), significaron un punto de partida de éxito para el posterior desarrollo de las comunicaciones móviles. La principal característica de estos sistemas era su capacidad para ofrecer servicios de comunicación de voz sobre conmutación de circuitos. Además de la voz, permitían la transmisión de datos empleando módems analógicos convencionales, aunque con una capacidad muy limitada (difícilmente superaban los 4800 bps). Una de las limitaciones de esta tecnología es que la señalización se realizaba "en banda", por lo que, además de ser perceptible por el usuario, no permitía el uso de telefax y módems. La Primera Generación de comunicaciones móviles está basada en FDMA (Frequency Division Multiple Access) y se caracteriza por ser analógica y estrictamente para voz. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System) usada principalmente en los Estados Unidos.

Algunos otros estándares de primera generación fueron el NMT (Nordic Mobile Telephone), usado inicialmente en los países Nórdicos, Holanda, Europa del Este y Rusia; TACS (Total Access Communications System) en el Reino Unido; C-450 en Alemania Oriental, Portugal y el Sur de África; Radiocom 2000 en Francia y RTMI en Italia. En Japón se implementaron múltiples sistemas, principalmente tres estándares, TZ-801, TZ-802, TZ-803, desarrollados por NTT.



Figura 16 Martin Cooper - Padre del teléfono móvil “Sistema radioteléfono” 1973

7.1.2 Segunda Generación (2G). Se conoce como 2G a la segunda generación de sistemas de comunicación móvil. 2G no es un estándar o un protocolo en si mismo, sino más bien una forma de marcar el cambio de la comunicación móvil analógica a digital con la incorporación de TDMA (Time Division Multiple Access) [3]. 2G arribó alrededor de 1990 y su desarrollo derivó de la necesidad de poder manejar un mayor número de llamadas en prácticamente los mismos espectros de frecuencia.

Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System por Mobile Communications), IS-136 (conocido también como TIA/EIA136 o ANSI-136), CDMA (Code Division Multiple

Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón. En Estados Unidos y otros países a 2G se la conoce también como PCS (Personal Communication Services).

2G, a fin de satisfacer un mayor requerimiento en las tasas de transmisión de datos, evolucionó a partir de 3 actualizaciones de TDMA: High Speed Circuit Switched Data (HSCSD), General Packet Radio Service (GPRS) y Enhanced Data Rate for GSM Evolution (EDGE), estos últimos categorizados comercialmente como 2.5 y 2.75G respectivamente y que se caracterizan por incorporar nodos de conmutación de paquetes (Packet Switch, PS) a los ya existentes nodos de conmutación de circuitos (Circuit Switch, CS) [4], la razón es que se trata de tipos de tráfico absolutamente distintos. Por un lado en Circuit Switch se deben garantizar los recursos de ancho de banda, mientras que en Packet Switch la red utiliza realiza lo que se conoce como "best effort" para asignar el ancho de banda.

7.1.3 Tercera Generación (3G). Los sistemas de comunicaciones móviles 3G se caracterizan por la convergencia de voz y datos con acceso a Internet; en otras palabras, es apta para aplicaciones multimedia y altas tasas de transmisión de datos.

Los sistemas de este estándar son básicamente una mejora lineal de los sistemas 2G y al igual que sus evoluciones intermedias, está basado en una infraestructura de backbone paralela, consistente por un lado en nodos de conmutación de circuitos y por otro lado en nodos de conmutación de paquetes (Circuit-Switched and Packet-Switched Domains).

La International Telecommunication Union (ITU) definió las demandas de las redes 3G bajo el estándar IMT-2000. Este sistema se desarrolló principalmente bajo las tecnologías UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) usando WCDMA como sucesora 3G de GSM. Desde 1985 se establecieron en la UIT grupos de trabajo para buscar soluciones a las limitantes

de GSM y GRPS. La UIT impulso un proyecto de amplia cooperación internacional conocido como ITM-2000 o Telecomunicaciones Móviles Internacionales 2000, más adelante también conocidos como sistemas móviles de tercera generación o 3G.

Aspectos claves:

- Alto grado de uniformidad de diseño a escala mundial
- Itinerancia (roaming) mundial
- Capacidad para aplicaciones multimedia y una amplia gama de servicios y terminales (ej. video y teleconferencia, Internet de alta velocidad, voz y datos de alta velocidad, datos hasta 2 Mbps).

Permite a los operadores ofrecer servicios como telefonía inalámbrica, videollamadas y datos inalámbricos de banda ancha en un entorno móvil.

Provee velocidades de datos de canal de hasta 14.4 Mbps de bajada y 5.8 Mbps de subida.

Basada en la familia de estándares IMT-2000 de UIT

3GPP (3rd Generation Partnership Project) continuó el trabajo definiendo un sistema que cumple el estándar: UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).

7.1.4 Cuarta Generación (4G). Conocida también como LTE o Long Term Evolution, 4G es el estándar de comunicaciones móviles más moderno que existe, tanto que todavía no ha sido implementado en muchos países. Sin duda alguna, la característica más importante de este nuevo protocolo es la alta tasa de transmisión que puede llegar a alcanzar, en teoría unos 300 Mb/s. 4G fue diseñada con el propósito de satisfacer la demanda de los usuarios que requerían un mayor ancho de banda y capacidad para poder utilizar con comodidad servicios como la televisión móvil, web 2.0, videoconferencias y demás. Si bien la primera implementación comercial de LTE

se realizó en Estocolmo en el año 2009, no ha sido implementada totalmente, por lo que muchos usuarios de telefonía móvil del mundo todavía no pueden beneficiarse de esta fantástica tecnología.

Es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G, y precede a la próxima generación, la 5G. Al igual que en otras generaciones, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) creó un comité para definir las especificaciones. Este comité es el IMT-Advanced y en él se definen los requisitos necesarios para que un estándar sea considerado de la generación 4G. Entre los requisitos técnicos que se incluyen hay uno muy claro: las velocidades máximas de transmisión de datos deben estar entre 100 Mbit/s para una movilidad alta y 1 Gbit/s para movilidad baja. De aquí se empezó a estudiar qué tecnologías eran las candidatas para llevar la “etiqueta 4G”. Hay que resaltar que los grupos de trabajo de la UIT no son puramente teóricos, sino que la industria forma parte de ellos y estudian tecnologías reales existentes en el momento. Por esto, el estándar LTE (Long Term Evolution) de la norma 3GPP no es 4G porque no cumple los requisitos definidos por la IMT-Advanced en características de velocidades pico de transmisión y eficiencia espectral. Aun así la UIT declaró en 2010 que los candidatos a 4G, como era aquel, podían publicitarse como 4G. La 4G está basada completamente en el protocolo IP, siendo un sistema y una red, que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cable e inalámbricas.

7.2 ¿Qué es lo siguiente?

Además de la evolución tecnológica que nos lleva a alcanzar mayores velocidades, aún queda pendiente garantizarla, es decir, que tengamos una velocidad de acceso a Internet desde nuestro móvil garantizada e independiente de la cantidad de usuarios que haya a nuestro alrededor. Aún

hoy, todos los usuarios compiten por los mismos recursos, no hay mecanismos para dar prioridad a unos sobre otros.

Dependiendo de la zona en la que estamos, de la cantidad de gente que haya y de otros factores fuera de nuestro control, podemos sentir y medir cambios en la velocidad con la que navegamos o recibimos mensajes, aunque no podamos precisar a qué se debe ese cambio.

En la actualidad, esta es la mayor queja de los usuarios de servicios móviles, no sólo por la poca visibilidad que tenemos sino también por lo imprevisible en lo que puede llegar a convertirse el servicio. Garantizar la velocidad de navegación es uno de los próximos cambios que esperamos ver.

7.3 Mucha más velocidad

La quinta generación de redes móviles (5G) será el verdadero mundo de Internet móvil, el cual estará soportado por LAS-CDMA, OFDMA, MC-CDMA, UWB, Network-LMDS e IPv6. En telecomunicaciones, 5G son las siglas utilizadas para referirse a la quinta generación de tecnologías de telefonía móvil. Es la sucesora de la tecnología 4G. Actualmente se encuentra sin estandarizar y las empresas de telecomunicación están desarrollando sus prototipos. Está previsto que su uso común sea entre 2018 y 2020.

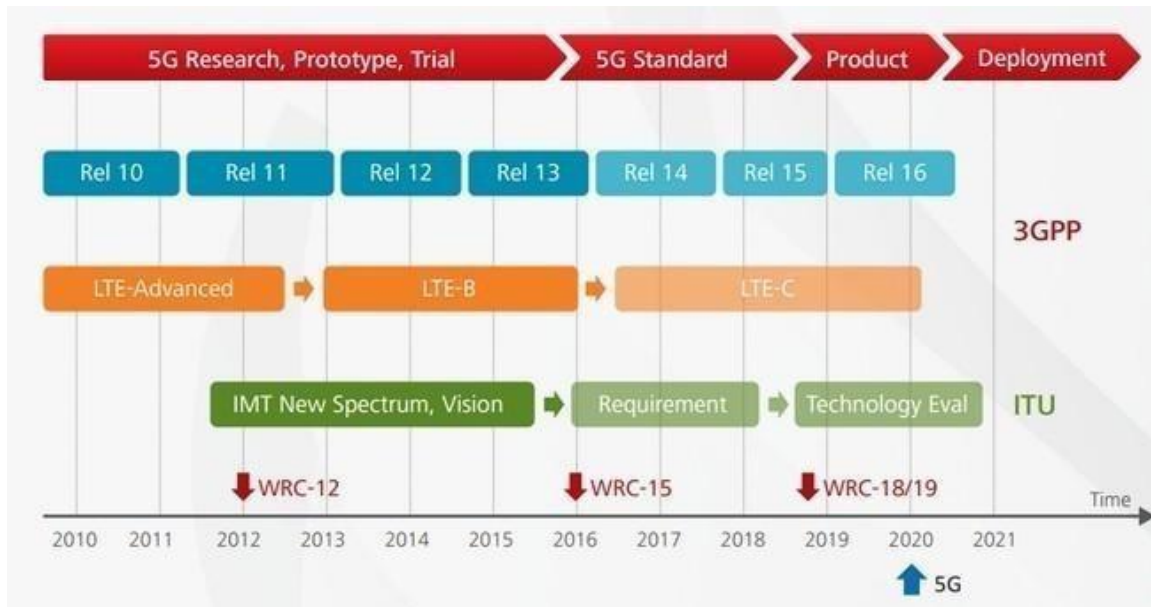


Figura 17 5G: El salto a un nuevo estándar

La compañía sueca Ericsson ha conseguido alcanzar velocidades de 5 Gbps reales, con demostraciones en directo del estándar previo a la tecnología de red (pre-estándar) 5G. En noviembre de 2014, la compañía china Huawei anuncia la firma de un acuerdo con la operadora móvil rusa Megafon para estandarizar y desarrollar redes 5G de prueba, en vistas a la Copa Mundial de Fútbol de 2018.

A pesar de que actualmente son muchos para los que el 4G todavía es un sueño lejano, fabricantes y operadores ya están mirando más allá. Los hasta 300 Mbps de bajada que nos ofrecen a día de hoy las redes 4G parecen no ser suficientes para las demandas futuras y la industria ya está preparando el nuevo salto, la llegada del 5G.

Pero aunque se está empezando a hablar de ello, lo cierto es que los fabricantes todavía están con los cimientos de una tecnología que ya ha demostrado que puede llegar a ofrecer hasta más de 7 Gbps en entornos reales. Conozcamos con más detalle cómo funcionaría y que nos traerá de nuevo la tecnología 5G.

Efectivamente, entre 2018 y 2020 probablemente empezará a llegar pero ya está en marcha. Con el 4G todavía en despliegue, los fabricantes de dispositivos de redes ya han establecido un calendario para ponerse a trabajar en el 5G. Hasta la llegada de 2016 es tiempo para las investigaciones, pruebas y prototipos, dándose posteriormente dos años para la creación del estándar, otro año para el desarrollo de productos y, finalmente, su despliegue en 2020.

La realidad es que actualmente el 5G acaba de salir de los laboratorios. A finales de 2014 vimos como Samsung realizaba unas pruebas en entornos reales realmente prometedoras. En la prueba realizada en un vehículo que viajaba a cuatro kilómetros por hora la velocidad llegó a alcanzar los 7.5 Gbps de velocidad de descarga.

Pero es que viajando a 100 kilómetros por hora, bastante problemático con otro tipo de redes debido a los saltos entre antenas que suponen en muchas ocasiones pérdidas de conexión, los coreanos lograron una tasa de descarga de 1.2 Gbps, logrando además que la conexión se mantuviese estable, sin desconexiones o interrupciones.

Para los que quieran soñar aún más los investigadores de la universidad de Surrey, en Reino Unido, han logrado un récord fuera de todas las quinielas, 1 Tbps de bajada. En su caso hablamos de pruebas en un entorno aislado, con una transmisión a tan solo 100 metros de distancia, pero quien sabe a dónde llegaremos en un futuro.

El objetivo de toda nueva generación de red móvil es multiplicar la velocidad de la conexión, pero detrás del 5G hay más que eso. Ya no se trata solo de ofrecer velocidades de vértigo, también hacer que las conexiones ganen en calidad, por un lado mejorando el número de terminales al que puede dar servicio cada antena simultáneamente pero también reducir la latencia.

La primera gran diferencia entre el actual 4G y la idea de 5G que hay actualmente es la frecuencia que se usa. Mientras en 4G lo más habitual es usar frecuencias bajas, entre los 800

MHz y 2.6 GHz, en el caso de las pruebas de 5G que se han llevado a cabo hasta ahora se han utilizado bandas situadas entre los 26 y 38 GHz.

Pero además de la velocidad la latencia es uno de los puntos importantes en las futuras redes 5G. Estaríamos hablando de que esta nueva tecnología sería capaz de reducirla hasta valores cercanos al milisegundo. ¿Qué se busca con esto? La mejora por ejemplo en juegos online sería evidente, pero aún más importante es a la hora de mantener videoconferencias, en las que tener el menor retardo posible es de vital importancia para una comunicación fluida que nos permita trabajar con alguien que esté lejos de nosotros.

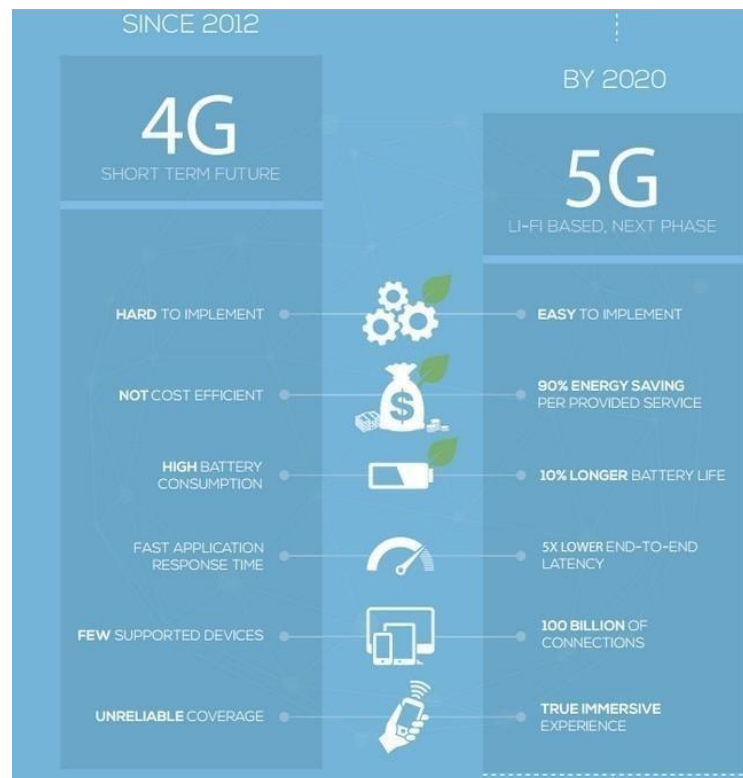


Figura 18 Diferencias entre 4G y 5G.

Los retos de implantar una nueva tecnología van más allá de la velocidad y la latencia. Lo primero de todo será que todos los países se pongan de acuerdo en cuáles serán concretamente las bandas que se destinarán al 5G, a fin de que dicho espacio del espectro se deje disponible, pero también para que podamos viajar sin preocuparnos de las bandas que usen en otros países.

Además el uso de frecuencias tan altas puede suponer un problema a la hora de que la señal penetre en edificios, problema que tendremos que ver como se enfrenta.

Fuera aparte del consumo de batería de los dispositivos, prometen que disminuirá aunque habrá que ver como lo consiguen, otro importante problema a examinar será el del coste de los despliegues. Corea del Sur y Europa ya han anunciado que el objetivo pasa por el comienzo de los despliegues en 2020, aunque los operadores también tendrán que estar por la labor de invertir. Éstos obviamente tendrán que buscar la manera de rentabilizar dichas inversiones.

No solo para tu Smartphone

Llegados a este punto todos estamos pensando en la rapidez con la que podremos descargar una película desde nuestro celular, o esos vídeochats sin interrupciones ni retardos que podremos hacer en un futuro con el 5G. Pero las redes móviles, pensadasu día para comunicar personas, darán un gran paso con esta nueva evolución, revolucionando la comunicación entre maquinas.

Hay dos puntos importantes en el 5G que harán que esta generación sea la de las maquinas. Por un lado las velocidades de las que hemos hablado antes no son velocidades que se repartirán entre los dispositivos conectados a una misma antena, sino que las estaciones bases serán capaces de dar dichas velocidades a cada terminal conectado, reduciendo los habituales problemas que se dan en grandes aglomeraciones.

Pensamos en aglomeraciones de personas con sus móviles, pero con el crecimiento de dispositivos conectados que veremos de aquí a 2020 (coches, wearables, ropa y a saber qué otras cosas que hoy ni nos imaginaríamos) los móviles solo representarán una pequeña parte de los aparatos conectados a las antenas.

El otro punto que hace del 5G la generación de las maquinas será su capacidad de trabajar con distintos tipos y generaciones de redes. Sobre el papel los dispositivos compatibles con la quinta

generación serán capaces de cambiar de red (hacia otras redes móviles, WiFi u otro tipo de redes) sin que el usuario perciba ese cambio e instantáneamente

8. Comparativos de características fundamentales de las diferentes Generaciones Celulares

Una vez que tenemos una visión esquemática de todo el conjunto, es el momento de pasar a explicar las características más significativas de las distintas generaciones.

Los sistemas de primera generación surgen a finales de los años 70 y principios de los 80, nacen en Japón, se caracterizaron por ser analógicos y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces era muy baja, tenían baja velocidad aproximadamente 2400 baudios (número de cambios de señal que se producen en 1 segundo). Estos sistemas celulares, emplean principalmente técnicas de modulación en frecuencia (FM) de banda estrecha, modulación que es ampliamente aconsejable, al ser muy robusta frente al ruido, a las interferencias y al desvanecimiento. Los servicios a los que iban destinados estas tecnologías eran únicamente de transmisión de voz, con una calidad similar a la de un canal analógico. Todos los sistemas celulares de primera generación emplean Múltiplexación por división en frecuencia (FDMA), como tipo de acceso al medio, asignando a cada canal una única banda de frecuencia. Como modo de transmisión utiliza Duplexado en Frecuencia (FDD), es decir, separan el ancho de banda total en dos frecuencias, una para el enlace desde la estación móvil a la base y otra para el enlace desde la base a la estación móvil.

La segunda generación de sistemas celulares arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El rápido crecimiento en el número de usuarios y la proliferación de varios sistemas incompatibles entre sí fueron la principal razón de su evolución. 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados los cuales se emplean en los sistemas de telefonía

celular actuales. Todos los sistemas de la segunda generación emplean modulaciones digitales. Las tecnologías predominantes de esta generación son:

D-AMPS (Digital Advanced Mobile Phone System).

PCS (Personal Communications Services).

GSM (Global System for Mobile Communications).

CDMA (Code Division Multiple Access).

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para transmisión de voz, pero limitados en cuanto a comunicación de datos. Además ofrece servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service).

Las principales ventajas que aporta esta tecnología son:

Confidencialidad de las comunicaciones.

Transmisión conjunta de voz y datos a diferentes tasas binarias.

Señalización digital.

Las técnicas de acceso como TDMA y CDMA simplifican los circuitos.

Mayor eficiencia espectral.

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a la tercera generación. Pero que es la tecnología 2.5G. Es una tecnología mucho más rápida, que permitirá actualizar a 3G de manera más económica.

La generación 2.5G ofrece características extendidas, ya que cuenta con más capacidades adicionales que los sistemas 2G, como:

- ✓ GPRS (General Packet Radio System)
- ✓ HSCSD (High Speed Circuit Switched)

Tabla 1 *Cuadro comparativo de estándares y velocidades de las tecnologías predominantes de la generación 3G*

Características	AMPS	D-AMPS	GSM	CDMA
Normalización	IS-19	IS-54	ETSI	IS-95
Año de inicio del	1983	1992	1992	1994
Banda de frecuencia	850	850	800	850/180
Forward: base-a-móvil	-	935-960	870-	1710-
Reverse: móvil-a-base	-	890-915	8254-	1805-
Tipo de acceso	FDM	F/TDMA	F/TDM	F/CDM
Tipo de duplexado	FDD	FDD	FDD	FDD
Separación entre	30	30	200	1250
Números de portadoras	666	666	100	60
Canales por portadora	1	3(6)	8 (16)	52-62
Número de canales	666/8	832	124	798
Radio de la celda km	2 a 20	0.5 a 20	0.5 A	0.5 a 10
Canal de telefonía	Analó	ANALOGI	DIGIT	DIGITA
Tipo de modulación	FM	FM	GMSK	QPSK

La 3G se caracteriza por soportar altas velocidades de información y están enfocados para aplicaciones más allá de la voz o la transmisión de datos, como audio (mp3), video en movimiento, videoconferencia o Internet de alta velocidad con la misma calidad que los sistemas fijo, es apta para aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. El objetivo final de los sistemas 3G es alcanzar velocidades de hasta 384 kbps, permitiendo una movilidad total a usuarios, viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores. También alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps, permitiendo una movilidad limitada a usuarios, caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en edificios. El principal sistema digital de tercera generación es: UMTS (Universal Mobile Telephone Services) con interfaz aire W- CDMA (Wideband Code Division Mutiple Access).

Tabla 2 Cuadro comparativo de los mercados, servicios y tecnologías de las 3 primeras Generaciones de la Telefonía Celular.

1ª Generación	2ª Generación	3ª Generación
Mercado	Mercado	Mercado
Telefonía: Baja demanda.	Telefonía: Demanda masiva.	Telefonía: Demanda masiva.
Datos: Muy baja demanda.	Datos: Demanda media.	Datos: Demanda masiva.
	Multimedia: Baja demanda	Multimedia: Alta demanda
Servicio	Servicio	Servicio
Telefonía: Básica. Datos: Baja Velocidad.	Telefonía: Información de negocios, ISDN.	Telefonía: Sofisticados, ISDN.
	Datos: Alta velocidad.	Datos: Alta velocidad.
Tecnología	Tecnología	Tecnología
Telefonía: Analógica.	Telefonía: Digital. Datos:	Telefonía: Digital. Datos:
Datos: Sobre red Analógica.	Digital. Multimedia: Internet, 64Kbs.	Digital. Multimedia: Internet, 2Mbs, Tv.

4G, conocida también como LTE o Long Term Evolution, 4G es el estándar de comunicaciones móviles más moderno que existe, tanto que todavía no ha sido implementado en muchos países. Sin duda alguna, la característica más importante de este nuevo protocolo es la alta tasa de transmisión que puede llegar a alcanzar, en teoría unos 300 Mb/s.

4G fue diseñada con el propósito de satisfacer la demanda de los usuarios que requerían un mayor ancho de banda y capacidad para poder utilizar con comodidad servicios como la televisión móvil, web 2.0, videoconferencias y demás. Si bien la primera implementación comercial de LTE se realizó en Estocolmo en el año 2009, no ha sido implementada totalmente, por lo que muchos usuarios de telefonía móvil del mundo todavía no pueden beneficiarse de esta fantástica tecnología.

Es la sucesora de las tecnologías 2G y 3G, y precede a la próxima generación, la 5G. Al igual que en otras generaciones, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) creó un comité para definir las especificaciones. Este comité es el IMT-Advanced y en él se definen los requisitos necesarios para que un estándar sea considerado de la generación 4G. Entre los requisitos técnicos que se incluyen hay uno muy claro: las velocidades máximas de transmisión de datos deben estar entre 100 Mbit/s para una movilidad alta y 1 Gbit/s para movilidad baja. De aquí se empezó a estudiar qué tecnologías eran las candidatas para llevar la “etiqueta 4G”. Hay que resaltar que los grupos de trabajo de la UIT no son puramente teóricos, sino que la industria forma parte de ellos y estudian tecnologías reales existentes en el momento. Por esto, el estándar LTE (Long Term Evolution) de la norma 3GPP no es 4G porque no cumple los requisitos definidos por la IMT-Advanced en características de velocidades pico de transmisión y eficiencia espectral. Aun así la UIT declaró en 2010 que los candidatos a 4G, como era aquel, podían publicitarse como 4G.

La 4G está basada completamente en el protocolo IP, siendo un sistema y una red, que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cable e inalámbricas.

✓ LTE: Long Term Evolution

✓ Año 2010

✓ Ancho de banda 20-100 MHz

✓ Velocidad >100 Mbps

✓ Baja latencia.

✓ Modulación: OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing) para enlace descendente y SC-FDMA (Single Carrier FDMA) para enlace ascendente.

Características:

- ✓ Basada completamente en el protocolo IP.
- ✓ Ancho de banda 20-100 MHz
- ✓ Velocidades de acceso mayores de 100 Mbps en movimiento y 1 Gbps en reposo, sin

perder la calidad del servicio.

Aunque en la actualidad es un paradigma que está en pleno desarrollo, la 5G será una realidad a partir de 2020. Entre las características que conformarán la futura 5G, destacan las siguientes:

Velocidades de transmisión muy elevadas (hasta 100 veces más que las actuales).

Latencias muy bajas (5 veces menores que las actuales).

Comunicación con una fiabilidad ultra-elevada.

Enorme cantidad de dispositivos y usuarios soportados (entre 10 y 100 veces más que en la actualidad).

Muchísima menos potencia necesaria y energía consumida (las baterías durarán 10 veces más que en la actualidad).

Coste bajo.

Avanzada capacidad de movilidad y conectividad en situaciones hostiles.

Capacidad masiva de comunicación máquina-máquina.

Uso de las bandas de frecuencias de 3 a 300 GHz, las cuales se desecharon en la época del 2G por sus problemas de propagación. Sin embargo, en áreas de población densa, no funcionan tan mal.

La división en células de los sistemas de telefonía móvil evolucionará, dando lugar a pequeñas células, que incluso llegarán a dar cobertura sólo a pequeñas habitaciones.

Aparecerán nuevos conceptos de compartición del ancho de banda, gracias a los cuales los usuarios que lo necesiten, podrán utilizar el ancho de banda que otros usuarios no estén utilizando, permitiendo un uso colectivo y educado del espectro de frecuencias.

1 G	Standard AMPS	Velocidad 1.9 Kbps
2 G	Standard TDMA, CDMA, GSM	Velocidad 14.4 Kbps
2.5 G	Standard GPRS, EDGE	Velocidad 32 Kbps
3 G	Standard WCDMA	Velocidad 2 Mbps
3.9 G	Standard WCDMA MEJORADO	Velocidad 100 Mbps
4 G	Standard LTE	Velocidad 200 Mbps- 1 Gbps
5 G	Standard LAS-CDMA, OFDMA, MC- CDMA, UWB, Network- LMDS, IPv6.	Velocidad 2-5 Gbps

Figura 19 Cuadro comparativo de estándares y velocidades de las diferentes generaciones de Telefonía Celular.



Figura 20 Cuadro comparativo de velocidades, servicios y protocolos de las diferentes generaciones de Telefonía Celular.

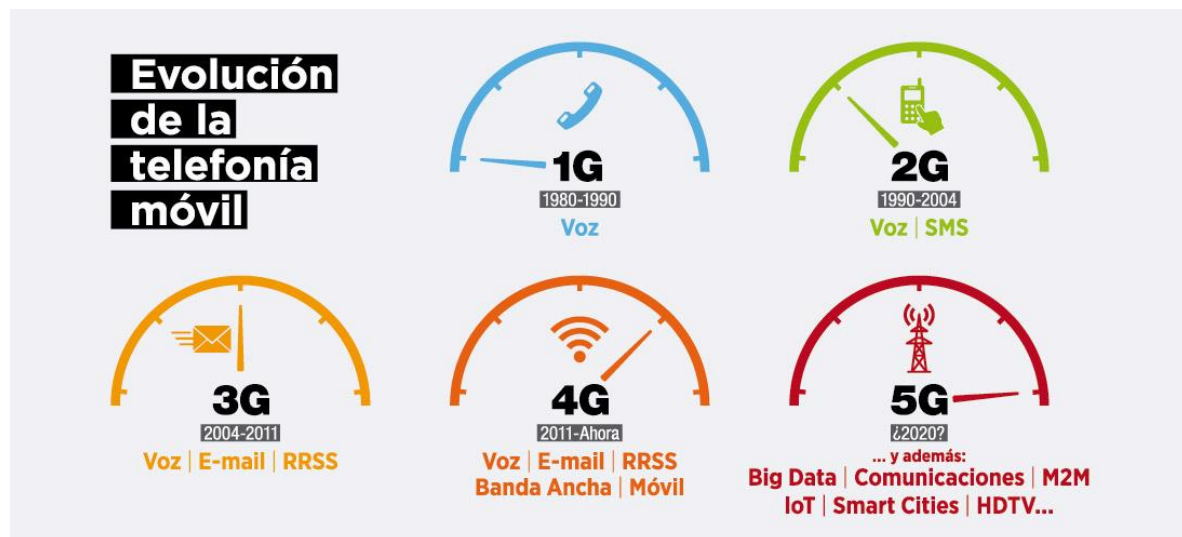


Figura 21 Cuadro comparativo de velocidades y de las diferentes generaciones de Telefonía Celular.

Tecnología	0G	1G	2G	2.5 G	3G	4G	5G
Inicio	1940	1970	1980	1985	1990	2000	2015
Implementación	1946	1984	1991	1999	2002	2006	2020?
Ancho de banda de datos	NO	1.9 kbps	14.4 kbps	14.4 kbps	2 Mbps	200 Mbps	5 Gbps
Estándares	AMTS	AMPS	TDMA, CDMA, GSM	GPRS, EDGE, 1xRTT	WCDMA, CDMA-2000	LTE	LAS-CDMA, OFDMA, MC-CDMA, UWB, Network-LMDS, IPv6
Tecnología	Análoga	Tecnología Celular Análoga	Tecnología Celular Digital	Tecnología Celular Digital	Banda Ancha CDMA , Tecnología IP	IP unificada y la combinación perfecta de banda ancha, LAN/WAN/PAN and WLAN	Banda Ancha Móvil

Figura 22 Cuadro comparativo de las diferentes generaciones de Telefonía Celular



Figura 23 Evolución de terminales para las distintas generaciones móviles.

Hubiera sido imposible la popularización de los teléfonos móviles sin la estandarización, mejora y evolución de los protocolos para redes de comunicaciones y su soporte por las operadoras. Así, tras las primeras comunicaciones vía ondas de radio con banda de frecuencias por debajo de los 600 kHz, las posteriores en AM y FM, los servicios de Bell y Ericsson en los años 50 y 60, llegó esa primera llamada de 1973 que popularizó todo el sector.

Aunque la primera llamada se realizó ese 3 de abril de 1973, no fue hasta 1979 cuando Japón se convirtió en el primer país en contar con servicio de telefonía celular, mientras que a Europa llegó en los países escandinavos en 1981 y Estados Unidos habilitó el servicio comercial en 1983 con una red de AT&T que precisamente diseñó el receptor de la primera llamada y rival de Cooper, Joel Engel.

La primera generación 1G fue responsabilidad de Ericsson con el sistema NMT y seguía utilizando canales analógicos. En 1986, la compañía modernizó el sistema funcionando a frecuencias superiores de 900 MHz posibilitando servicio para un mayor número de usuarios.

Además del NMT, en los 80 se desarrollaron otros sistemas de telefonía móvil AMPS y TACS, utilizado en España con el nombre comercial de MoviLine.

La segunda generación 2G llegó en la década de los 90 con sistemas como GSM, IS-136, iDEN e IS-95. GS_m fue el desarrollo más relevante ya que fue el estándar europeo de telefonía móvil digital. En el proyecto participaron 26 compañías europeas de telecomunicaciones y en 1992 se pusieron en marcha las primeras redes europeas de GSM-900 y los primeros teléfonos móviles GSM. Además de en Europa, GSM ha terminado imponiéndose también en Asia, América Latina, Oceanía y una parte de América del Norte. Se calcula en 3.000 millones de usuarios.

La necesidad de mayores velocidades de transmisión de datos y mayores capacidades que permitieran nuevos servicios dio paso a la tercera generación 3G, no sin antes pasar por el 2.5G que proporcionó el GPRS. El estándar europeo es el UMTS basado en la tecnología W-CDMA y está gestionado por la organización 3GPP, también responsable de GSM, GPRS y EDGE.

La cuarta generación o 4G sucede a las tecnologías 2G y 3G y ofrece, entre otras mejoras, mayor seguridad y calidad de servicio (QoS), junto a velocidades de acceso muy superiores a las anteriores mayores 100 Mbit/s en movimiento y 1 Gbit/s en reposo. Está basada completamente en el protocolo IP, siendo un sistema de sistemas y una red de redes, que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cables e inalámbricas. Según Vodafone “el 4G tiene finalmente una razón y es el entretenimiento”. La norma LTE es la más extendida aunque no la única existente.

5G será la nueva revisión del sistema de conexión de red sin cables y se espera que esté disponible en 2020 en países como Corea del Sur y también en Europa con un proyecto de 50 millones de euros. Como 4G, la mayor velocidad de transferencia será su mayor avance con velocidades de bajada de hasta 10 Gbps (1,25 GB/s).

9. Análisis comparativo de costos y precios de la Telefonía Celular en Colombia para el usuario

Colombia ocupa el puesto 79 entre 148 países, según un estudio del Foro Económico Mundial, en donde se muestran los países con el minuto de celular más caro. Aunque los puntos callejeros que ofrecen minuto de llamada a celular a 100 pesos abundan y existe una dura batalla de tarifas entre las empresas operadoras de telefonía móvil, en Colombia este servicio no es tan barato como se cree.

De hecho, Colombia ocupa el puesto 79, entre 148 naciones, en materia de costos y acceso a tecnologías de comunicaciones en el mundo y el séptimo lugar a nivel latinoamericano.

Por cada minuto de telefonía móvil, un usuario en Colombia paga en promedio 0,27 dólares. Significa que con un dólar rondando los 2.555 pesos (tasa representativa del mercado vigente para hoy), una persona termina pagando hoy por ese mismo minuto unos 690 pesos.

Los datos hacen parte de la medición realizada por el Foro Económico Mundial, e incluida en el ‘Informe mundial de tecnologías de información’, en el que además se evalúan el acceso y desarrollo de infraestructura de tecnologías y comunicaciones, entre este internet y esta telefonía fija.

Las cifras están en paridades de poder adquisitivo, es decir, los minutos que se pueden comprar con un dólar en cada país.

Liberia, Sierra Leona y Hong Kong son los países donde es más barato llamar por teléfono celular en el mundo, según el estudio.

En Latinoamérica, esas posiciones están en cabeza de Costa Rica, Guayana y Paraguay, donde el costo de un minuto de llamada a celular es de 0,09, 0,12 y 0,22 dólares. En comparación con países como India, que están entre los últimos lugares en el escalafón, por pocas facilidades para la accesibilidad al servicio, se trata de un promedio mediano, pues, en el país asiático, la media de pago por minuto es de 0,04 dólares.

Los del minuto más barato

Según el análisis, estos son 10 países con el minuto de celular más económico (en dólares por minuto en paridades de poder adquisitivo).

1. Liberia: 0,00
2. Sierra Leona 0,00
3. Hong Kong 0,02
4. Sri Lanka 0,04
5. Bangladesh 0,04
6. Ucrania 0,04
7. India 0,04
8. Egipto 0,05
9. Jordania 0,05
10. Paquistán 0,06

El impulso a las tecnologías de información y de las comunicaciones, es directamente proporcional al desarrollo de un país. Vale la pena mencionar el caso de China, que con toda su evolución y permanente búsqueda tecnológica en este sentido, no escaló posiciones y tiene una tarifa promedio ligeramente mayor que la de Colombia, 0,44 dólares por minuto; el gran tamaño

del país y la proporción de su población, ubicada en el sector rural, dificultan el alcance de un mejor indicador.

Entre los países de América Latina donde, ha habido avances pero aún falta camino por recorrer, Colombia se mantiene en la mitad. Costa Rica y Nicaragua se mantienen en los extremos; el primero como el que menos cobra (0,09 dólares) y el segundo como el más alto, con un promedio de 0,91 dólares por minuto.

Argentina y Brasil están un poco más arriba de Colombia en precios, con tarifas de 0,77 y 0,65 dólares por minuto, respectivamente.

El ranking latinoamericano (dólares por minuto en paridades de poder adquisitivo)

22. Costa Rica	0,09
31. Guyana	0,12
62. Paraguay	0,22
66. Panamá	0,22
75. El Salvador	0,26
77. Venezuela	0,26
79. Colombia	0,27
86. Perú	0,30
98. Chile	0,34
101. Uruguay	0,35
104. Ecuador	0,36
107. Honduras	0,36
114. Guatemala	0,41
116. República Dominicana	0,42

- 126. Bolivia 0,51
- 129. México 0,52
- 140. Brasil 0,65
- 141. Argentina 0,77
- 144. Nicaragua 0,91

Los más caros fuera de América Latina

- 138. Nueva Zelanda 0,62
- 139. Seychelles 0,62
- 142. Bulgaria 0,82
- 143. Chad 0,88

El incremento en el número de líneas de telefonía celular en nuestro país conserva el mismo ritmo que a nivel mundial, donde ya hay más aparatos que habitantes.

Mientras que a nivel global las líneas sobrepasan las 7.000 millones, en Colombia la cifra está llegando a los 47 millones. No obstante, las estadísticas de penetración de las tecnologías de información, tanto en Colombia como en América Latina, se concentran en un pedazo de la torta poblacional. Más aún en países como Paraguay, Venezuela.

Qué ha pasado en la telefonía celular meses después de la tributaria?

Los colombianos ya están pagando las facturas telefónicas con el nuevo IVA. El sector de telecomunicaciones sigue con los nervios de punta y ya se empiezan a ver los primeros impactos en el mercado.

Cabe anotar que el sector de la Telefonía Celular en Colombia se vio afectado por

tres puntos más de IVA a los teléfonos y un nuevo gravamen sobre los servicios de datos, sumados al pronóstico conservador en materia de crecimiento de la economía colombiana, tienen al sector de las telecomunicaciones con no muy buenos pronósticos. El sector ha decrecido en los últimos dos años y muchos ejecutivos de compañías importantes creen que la política económica no ha sido justa con uno de los renglones más dinámicos y decisivos para la competitividad del país.

Un estudio de GSMA (una asociación internacional de telcos, la GSMA representa a los intereses de los operadores móviles en todo el mundo, uniendo casi 800 operadores con casi 300 empresas en el más amplio ecosistema móvil, incluyendo teléfono y fabricantes de dispositivos, empresas de software, proveedores de equipos y empresas de internet, así como las organizaciones en sectores adyacentes.) estima que los operadores móviles colombianos tributaron más de 26% de sus ingresos en 2014 (US\$1.360 millones en impuestos y tasas regulatorias), sin incluir US\$400 millones por el uso del espectro pagados en los últimos tres años. Colombia es el segundo país del continente con mayor carga tributaria sobre el sector, por lo que GSMA advierte que el país corre el riesgo de limitar severamente el acceso de los sectores más vulnerables de la población a las bondades de las telecomunicaciones. La reforma tributaria apareció como una temible nueva sombra que oscurecería el panorama.

En diciembre de 2016, antes de aprobarse la tributaria, para el 20% más pobre de los colombianos el acceso a internet móvil representaba 19% de sus ingresos, y comprar un teléfono inteligente básico equivalía a 6% de su ingreso anual. Y aunque la reforma benefició claramente a este segmento de la población con la exención de IVA a los terminales de bajo costo (hasta 22 Unidades de Valor Tributario –UVT–, que significan \$700.898), aumentó la carga para el resto de la población, con el incremento del IVA a 19%, e introdujo el impuesto al consumo de datos.

No obstante, los primeros dos meses del nuevo escenario posreforma no resultaron tan traumáticos como se temía. Por el contrario, ya se reportan las primeras bondades del nuevo esquema tributario y las ventas de teléfonos en febrero fueron muy buenas, con una aceleración de la demanda de terminales de gama económica, según indican varios fabricantes consultados.

Las ventas de teléfonos de gama alta tampoco se han visto afectadas, puesto que ya pagaban IVA y el incremento del mismo fue de 3%, un sobre costo que los fabricantes han asumido y no lo cargaron a los consumidores.

Es prematuro intentar una medición del impacto de la reforma tributaria, porque esta empezó a aplicarse apenas en el mes de febrero, pero el descontento entre los usuarios ha sido grande, una vez comenzaron a recibir las nuevas facturas reajustadas.

Aunque las ofertas de planes combinados de voz y datos varían entre los diferentes operadores, el impacto promedio de la reforma se sintió de la siguiente manera en las facturas de los colombianos: en los planes más económicos de pospago, entre \$40.000 a \$60.000, que es en donde está la mayor parte de los clientes, el incremento fue entre \$1.000 y \$2.000 mensuales. Y en los planes superiores a \$100.000, el reajuste fue de entre \$3.000 y \$4.000. Estos incrementos incluyen los 3 puntos adicionales de IVA al servicio de voz y el nuevo impuesto al consumo de datos para planes superiores a \$47.000.

No obstante, a pesar del complicado escenario, las inversiones en telecomunicaciones crecerán este año, porque habrá subasta de nuevo espectro electromagnético, esencial para la expansión del negocio y porque la demanda de datos mantiene en el país –y en el mundo– una imparable curva ascendente.

10. Expectativas sobre las capacidades y requerimientos de las futuras redes móviles para facilitar la integración del IoT

El Internet de las cosas o los automóviles conectados requieren de una tecnología de comunicación con mayor ancho de banda, más velocidad, menor latencia y mayor seguridad, como ofrece la nueva tecnología 5G.

El Mobile World Congress 2017 de Barcelona ha tenido como uno de los temas centrales la tecnología 5G.

En febrero de 2017, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) publicó un documento marco sobre las especificaciones técnicas de este próximo estándar para redes de comunicación. Entre estas se incluyen: velocidades de descarga mínimas de 20 Gbps, 10 Gbps de subida, una latencia de 4Mhz, así como optimizar los dispositivos para hacerlos lo más eficientes posibles para el Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés), se tiene proyectado que para 2025 el mundo utilizará esa conectividad y habrá 1,100 millones de conexiones móviles.

Sin embargo, 5G no es solo una tecnología para móviles, protagoniza de la mano de Internet la llamada “Cuarta Revolución Industrial”, en la que la conectividad permanente de todo a Internet, nos llevará a cambiar como sociedad.

Según cifras de la firma Gartner (Gartner Inc. es una empresa consultora y de investigación de las tecnologías de la información con sede en Stamford, Connecticut, Estados Unidos), para 2020 habrá en funcionamiento 20,400 millones de objetos inteligentes (un 31% más que en 2016), con un gasto de 1.6 billones de dólares en 2017; de más de dos billones de dólares en inversiones en 2018 y para el año 2019 se avecina un gasto aproximado de 2.2 billones de dólares en iniciativas para transformación digital, ya que a los empresarios les preocupa mantener un ángulo digital dentro de su estrategia, mientras que otros comprenden éste como el único ángulo para continuar

su negocio y se debe a que la tecnología se ha involucrado en prácticamente todos los aspectos de las actividades cotidianas.

Así, Internet de las Cosas (IoT) se posiciona como la tecnología que nos permitirá simplificar nuestras vidas, de la mano de ecosistemas más inteligentes y que podrán satisfacer necesidades tan básicas como operar un auto, una lavadora, acceder desde donde se encuentre la persona a los sistemas de seguridad de su casa, etc.

Los beneficios se extenderán y revolucionarán la cadena de suministro de la producción de todo tipo de productos y, sobre todo, en una de las áreas que más interés genera a nivel mundial, permitir el surgimiento de vehículos autónomos. Lo que representa múltiples desafíos, ya que “no se necesita un Big Data” para almacenar información sino un ‘Huge Data’”.

El Internet de las Cosas para el ámbito empresarial –tanto soluciones transversales como para verticales específicos– vivirá una importante explosión de aquí a 2020, en términos de facturación, en este año se estima que representará el 57% de todo el gasto proyectado en 1.68 billones de dólares.

El mundo de las comunicaciones móviles de hoy se creó para teléfonos inteligentes con voz y datos. El mundo de mañana será el de las fábricas conectadas, el Internet de las Cosas (IoT), los vehículos conectados, las ciudades conectadas, es decir, que a medida que la movilidad se expande más allá de los smartphones, las comunicaciones 5G, que ofrecen más ancho de banda para datos, una velocidad 10 veces mayor que la 4G y menos latencia (entre 1 y 4 ms), se convierten en una de las transformaciones tecnológicas más impactantes que, probablemente, van a proporcionar una próxima generación de experiencias sociales y personales.

Se prevé que las primeras redes 5G estén funcionando para el año 2020. De momento estos se han puesto de acuerdo con la norma 5G NR y los primeros productos se espera que estén en el mercado en el 2019.

Las industrias del sector de las telecomunicaciones no están solas en activar el proceso. La Comisión Europea convocó en enero de 2016 a los principales estamentos del sector pidiéndoles que trabajen de la mano con el fin de tener los objetivos de despliegue para 2020.

Para las enormes cantidades de datos de los miles de millones de dispositivos que implica el Internet de las Cosas, además de satisfacer las nuevas necesidades en velocidad, latencia, consumo de energía y alcance, será esencial también que los suministradores de servicios de comunicaciones (CoSP) realicen cambios básicos en sus redes, nubes y dispositivos de los clientes desde ya. Estamos observando el comienzo de esta transformación de la red a escala mundial, con soluciones basadas en redes definidas por software (SDN) y las virtualizaciones de funciones de red (NFV) para, de esta forma, cumplir con las promesas que ofrece la era 5G.

Ninguna compañía puede impulsar por sí sola la tecnología 5G, de modo que Ericsson e Intel van a lanzar el 5GI, una iniciativa abierta del sector diseñado para explorar, probar e innovar con redes 5 G y tecnologías distribuidas en el extremo de la red. Esta iniciativa se va a centrar en el Internet de las Cosas de uso industrial (IIOT) y desarrollará programas piloto para la aplicación de diversas tecnologías. La iniciativa 5GI unirá a los principales fabricantes de equipos, directivos del sector y destacadas universidades, para acelerar la adopción de la tecnología inalámbrica 5G y las innovaciones tecnológicas. En EE.UU. Honeywell, GE y la Universidad de California en Berkeley son los primeros participantes en unirse a este proyecto.

Para aprovechar el potencial de la tecnología 5G, las compañías de servicios de telecomunicación necesitan desplegar de manera rápida y fácil nuevos servicios para los extremos de la red, disminuyendo la cantidad de tráfico que regresa a los dispositivos móviles y al centro de datos, y reduciendo al mismo tiempo la latencia de la red. El interfaz por radio mejorará su rendimiento y las redes de acceso y las áreas al límite de la red van a incrementar su inteligencia para cambiar la forma de suministro de servicios a los abonados móviles.

También se está trabajando para incrementar la seguridad de redes y datos, para proteger los dispositivos frente a los cada vez mayores riesgos de los ciberataques.

La tecnología 5G marcará un punto de inflexión en el sector y para su implementación generalizada es necesario todo un ecosistema para satisfacer los diversos requisitos en velocidad, latencia, energía y alcance necesarios para conectar miles de millones de dispositivos inteligentes que se van a utilizar en todo: desde vehículos de conducción autónoma a dispositivos diversos o ciudades.

11. Conclusión

La presencia de la telefonía celular en diversas esferas de la vida social, hace imperativo su abordaje desde diferentes perspectivas de análisis. Ningún artefacto de comunicación se había diseminado con tanta rapidez ni había inducido en tan poco tiempo efectos múltiples en las relaciones humanas, el comportamiento público, la modificación de los conceptos de espacio público y privado, así como reacciones ambivalentes en los usuarios. Es catalogada como un aparato que se ha "naturalizado" en la sociedad contemporánea por la familiaridad con que una generación completa está convencida de que siempre hubo teléfonos móviles.

El teléfono móvil es un artefacto que brinda enorme visibilidad, impone modas, es fuente de identidad para los jóvenes, es adictivo, se porta como parte de la vestimenta y sustituye en tiempos record a otras tecnologías como la cámara fotográfica y grabadora; también es indispensable como reloj despertador, calculadora, agenda de actividades, etc. Por ello, para estudiarlo, ameritamos un estudio basado en cuadros comparativos de su evolución.

La evolución celular es una realidad y esta de la mano con la evolución de la humanidad y es una realidad que no se puede evitar, en la medida que la tecnología nos brinde opciones de calidad de vida y acortar distancias serán parte de nuestras vidas.

Hoy nos toca ser parte del cambio, y en la medida que conozcamos mejor las diferentes tecnologías de comunicaciones desde sus inicios y evolución y en este caso la telefonía celular, y seamos responsables en la forma de utilizarla podríamos contar con más herramientas que nos ayuden a facilitar mejor nuestro trabajo y nuestra vida personal

12. Bibliografía

Cid, M. (2017). 5G, así es el futuro de las redes móviles. Xataka.com. Citado 27 Feb 2015, from <https://www.xataka.com/moviles/5g-asi-es-el-futuro-de-las-redes-moviles>

Conde, R. (2016). Redes de telefonía celular ¿Qué significan 1G, 2G, 3G y 4G? About.com en Español. Fecha de acceso 24 Abril 2017, Disponible en: http://celulares.about.com/od/Preguntas_frecuentes/a/Que-Significan-1g-2g-3g-Y-4g.htm

Historia del teléfono móvil. (2015). Es.wikipedia.org. Fecha de acceso: 20 Octubre 2016, Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_tel%C3%A9fono_m%C3%B3vil

Historia y evolución del teléfono. (2011). Bienvenidos al mundo de la tecnología. Fecha de acceso 16 Enero 2017, Disponible en: <https://myprofetecnologia.wordpress.com/2011/02/14/historia-y-evolucion-del-telfono/>

Ranchal, J. (2014). Inicios, evolución y futuro del teléfono móvil » Muy Canal. MuyCanal. Fecha de acceso 31 Enero 2017, Disponible en <http://www.muycanal.com/2014/01/31/futuro-del-telefono-movil>

Valverde, G. (2017). La Evolución de la Tecnología Móvil: 1G, 2G, 3G, 4G... | Blog MÁSMÓVIL. Blog MÁSMÓVIL. Fecha de acceso 23 Enero 2017, Disponible en: <http://blog.masmovil.es/la-evolucion-de-la-tecnologia-movil-1g-2g-3g-4g/>