

SERVICIOS DE TELEFONÍA MÓVIL TERRESTRE

José Manuel Huidobro



Revista Digital de ACTA

2015

Publicación patrocinada por



Servicios de telefonía móvil terrestre

© 2015, José Manuel Huidobro

© 2015, 

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley.

Se autorizan los enlaces a este artículo.

ACTA no se hace responsable de las opiniones personales reflejadas en este artículo.

INTRODUCCIÓN

Este artículo describe, desde un punto de vista tecnológico, la situación de los servicios de telefonía móvil terrestres presentes en los mercados español y europeo, aunque también es posible encontrar otros similares en otros lugares del mundo, aunque con sus características propias.

Actualmente coexisten tres tipos de licencias de sistemas de telefonía celular para uso general basadas en diferentes tecnologías; son los llamados sistemas de 2ª generación (GSM), 3ª generación (UMTS) y 4ª Generación (LTE). Los sistemas de 1ª generación, aparecidos en la década de los ochenta, están prácticamente desaparecidos aunque aún pueden sobrevivir en algunos países que mantienen infraestructuras antiguas.

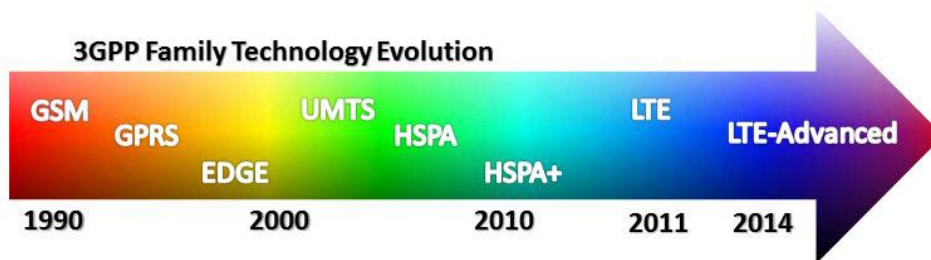


Figura 1. Evolución de la telefonía móvil.

Además de estos servicios de carácter general, se incluyen también referencias a otros servicios de carácter más específico, en concreto los servicios de radiotelefonía móvil en grupo cerrado de usuarios (TETRA) y los servicios de telefonía inalámbrica no sujetos a licencia (DECT). Las frecuencias que se utilizan son varias, pero todas ellas se encuentran en el entorno de 1 y 2 GHz (desde 700 MHz hasta 2,6 GHz).



Figura 2. Evolución de los terminales móviles.

TELEFONÍA MÓVIL DE 1ª GENERACIÓN (TMA ANALÓGICA)

Los primeros sistemas de telefonía móvil celular eran unos sistemas basados en tecnología analógica que operaban en las bandas de 450 MHz y de 900 MHz. Fueron los primeros en desarrollarse y comercializarse, en España (con el nombre Moviline, ya desaparecido). El estándar utilizado definía solamente el protocolo de acceso radio entre una estación móvil y la estación base, quedando a criterio del fabricante otros elementos como la gestión de la movilidad o la estructura y comunicaciones entre los diferentes componentes de la red.

La identificación del usuario se realizaba mediante un grupo de números que incluyen, entre otros, el número del teléfono terminal, la identificación de la operadora y del país, la configuración del terminal móvil y sus claves de acceso. Estos números se almacenaban en la reducida memoria del terminal móvil.

El servicio de telefonía móvil analógica proporcionaba algunas facilidades de carácter básico como: buzón de voz, ocultación de identidad del llamante, llamada en espera, retención y desvío de llamadas, conferencia a tres; y otras que podían considerarse como servicios de información y asistencia como: centros de relación con el cliente, despertador, información y asistencia 24 horas, servicios de noticias, servicios de directorio, servicios de inteligencia de red y servicios especiales.

TELEFONÍA MÓVIL DE 2ª GENERACIÓN (GSM - 900 Y 1800)

Es una tecnología de telefonía móvil de acceso digital que permite mayor calidad de servicio y más facilidades (como transmisión de fax y datos a 9.600 bit/s, agenda electrónica, control de consumo, servicio de mensajes cortos de texto (SMS) y de correo electrónico, ocultación del número llamante, restricción de llamadas, servicio de itinerancia y terminación, etc.) que la ofrecida por la tecnología móvil analógica.

La relación entre el usuario y el operador se realiza a través de una tarjeta personal (SIM / Subscriber Identity Module), activada mediante un número de identificación personal (PIN) de cuatro cifras, que permite al usuario realizar o recibir llamadas desde cualquier terminal en el que inserte la misma. Esta tecnología permite también el acceso a Internet desde terminales móviles digitales, por ejemplo, mediante el Protocolo "WAP".

Mediante las tecnologías digitales se ofrecen una amplia variedad de servicios que pueden clasificarse en: básicos, de mensajería, de datos, internacionales, de facturación y control del gasto y servicios especiales.

Se consideran servicios básicos todos aquellos que están relacionados con las capacidades de los terminales, los servicios de gestión de llamadas, incluyendo buzón de voz, llamada en espera, retención, bloqueo y desvío de llamadas, etc. y los servicios de información y asistencia.

- √ En mensajería se han incluido los distintos tipos de mensajes y el chat.
- √ En datos se incluye el correo electrónico, fax y datos y el acceso a Internet.
- √ En servicios internacionales los distintos tipos de itinerancia (roaming).
- √ En facturación y control se agrupan los distintos tipos de contratos y las facilidades de facturación.
- √ En servicios especiales se incorporan otros servicios más difícilmente clasificables, como multidestino, que incluye los contratos de dos teléfonos por línea o dos líneas por teléfono.



Figura 3. Logotipo del sistema de 2G "GSM".

TELEFONÍA MÓVIL DE 2,5ª GENERACIÓN (GPRS, WAP)

GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología que funciona en el entorno de la telefonía móvil digital y que permite que un mismo usuario utilice simultáneamente varios canales; para ello se utilizan técnicas de empaquetado de la información (protocolo IP) con las que se consiguen velocidades efectivas de transmisión de datos hasta cuatro veces superiores a los 9.600 bit/s que soporta un solo canal, además la eficiencia de las comunicaciones es mucho mayor pues no es necesario la ocupación continua de los canales de comunicaciones de forma permanente y exclusiva.

Esta tecnología utiliza la misma infraestructura de comunicaciones de la segunda generación y puede ser ofrecida por los operadores adjudicatarios de estas licencias.

WAP (Wireless Access Protocol) es un protocolo de navegación para terminales móviles, basado en el WWW. Es un estándar abierto, que permite el desarrollo y la incorporación de diferentes soluciones asegurando su interoperabilidad. Aunque WAP se introdujo como una herramienta asociada a GSM, su baja velocidad determinó que se utilizase muy poco y, en consecuencia, su aparente fracaso.



Figura 4. Con GPRS se permite el acceso móvil a Internet.

Esta tecnología permitir un amplio desarrollo en el uso de Internet-móvil, con la incorporación a la movilidad de muchos servicios hasta hace no mucho asociados a ordenadores fijos y la incorporación de otros nuevos que sólo tienen sentido con la utilización de terminales móviles. Así pues, se están abriendo camino servicios como: soluciones de empresa, geolocalización, m-commerce, servicios financieros, transferencia electrónica de fondos, servicios de viajes, juegos, apuestas y ocio.

Básicamente los objetivos a alcanzar con las comunicaciones móviles de datos son:

- √ Entregar contenidos de Internet a cualquier tipo de terminales móviles, teléfonos, tabletas, o cualquier otro dispositivo similar.
- √ Ofrecer servicios de valor añadido de todo tipo incluyendo información en tiempo real.
- √ Conseguir que algunas de las funcionalidades de un ordenador puedan hacerse mediante un terminal móvil, añadiendo las ventajas que este presenta frente al ordenador.

TELEFONÍA MÓVIL DE 3ª GENERACIÓN (UMTS)

El sistema de comunicaciones móviles de tercera generación (3G) se ha desarrollado en un marco definido por la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) con objeto de darle carácter universal.

Esta tecnología permite llevar de manera directa a los usuarios, además de voz y datos, imágenes, gráficos, comunicaciones de vídeo y otras informaciones multimedia. Se introduce el concepto de movilidad de los servicios, además de la movilidad del terminal y personal.

La 3ª generación ha evolucionado para integrar todos los servicios ofrecidos por las distintas tecnologías y redes actuales, utilizando cualquier tipo de terminal, sea un teléfono fijo, inalámbrico o celular, tanto en un ámbito profesional como doméstico, ofreciendo una mayor calidad de los servicios y soportando la personalización por el usuario y los servicios multimedia móviles en tiempo real.

La velocidad de transferencia de datos especificada por la UIT va desde los 144 kbit/s para vehículos a gran velocidad, hasta los 2 Mbit/s para terminales en interiores de edificios, pasando por 384 kbit/s para usuarios móviles en el extrarradio o vehículos a baja velocidad.

Los servicios de 3ª generación (3G) combinan el acceso móvil de alta velocidad con los servicios basados en Internet, pudiéndose además realizar múltiples conexiones simultáneamente desde un mismo terminal móvil.

Desde el punto de vista físico, la red UMTS se compone de dos elementos principales conectados por una interfaz estándar. Estos elementos son:

- UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network). Se compone de un Nodo B y un Controlador de la Red Radio (Radio Network Controller, RNC). Una novedad destacable es la existencia de un nuevo esquema de modulación: FDD (Frequency Division Duplex) y W-CDMA (Wide Code Division Multiple Access), que aporta una máxima eficiencia en diferentes condiciones de utilización. Cada portadora emplea 5 MHz de ancho de banda.
- El Núcleo de Red (Core Network), que soporta dos opciones de implementación: Arquitectura basada en ATM y Arquitectura Independiente del Transporte y multimedia.

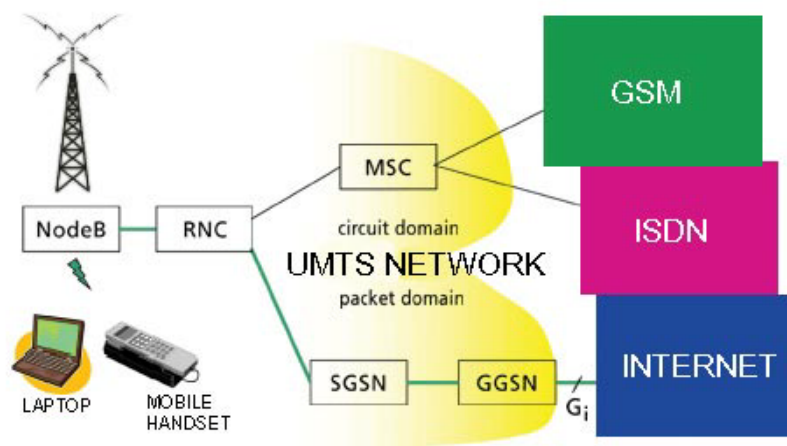


Figura 5. Estructura de la red UMTS.

Las principales funcionalidades que ofrece son:

- √ Transmisión simétrica/asimétrica de alta fiabilidad.
- √ Hasta 384 kbit/s en espacios abiertos y 2 Mbit/s con baja movilidad.
- √ Uso de ancho de banda dinámico, en función de la aplicación.
- √ Soporte tanto de conmutación de paquetes como de circuitos.
- √ Acceso a Internet (navegación WWW), videojuegos, comercio electrónico, chats, y vídeo y audio en tiempo real.
- √ Diferentes servicios simultáneos en una sola conexión.
- √ Calidad de voz tan alta como en la red fija.
- √ Mayor capacidad y uso eficiente del espectro.
- √ Personalización de los servicios, según perfil de usuario.
- √ Servicios dependientes de la posición.
- √ Incorporación gradual en coexistencia con los sistemas actuales de 2G.
- √ Itinerancia o roaming, incluido el internacional, entre diferentes operadores.

HSPA (HIGH SPEED PACKET ACCESS 3,5G Y 3,75G)

UMTS ha evolucionado con el tiempo hacia HSPA, un término que engloba tanto a HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) como a HSUPA (High Speed Uplink Packet Access), es decir, hace referencia al acceso de paquetes de alta velocidad tanto en enlaces ascendentes como descendentes. Estos estándares fueron definidos en la versión 5 de las especificaciones del 3GPP (3 Generation Partnership Project), como un servicio de paquetes de datos de alta velocidad con picos teóricos máximos descendentes de 14 Mbit/s, y ascendentes de 5 Mbit/s (del usuario a la Red), aunque en las primeras implementaciones las velocidades reales fueron de entre 1 y 4 Mbit/s. Una de las ventajas de esta especificación es que la misma portadora de la señal radioeléctrica puede dar servicio simultáneamente a usuarios de voz y datos UMTS, así como a usuarios de datos HSDPA con una latencia relativamente baja, de unos 70 ms. Entre las evoluciones técnicas más importantes, cabe destacar:

- √ Enlaces compartidos de alta velocidad e intervalos de transmisión cortos.
- √ Programación rápida y diversidad de usuarios (Fast Scheduling).
- √ Modulaciones de mayor orden de magnitud: Se emplean tanto las modulaciones usadas en WCDMA (QPSK / Quadrature Phase Shift Keying) cuando las condiciones del canal son buenas, como modulaciones 16 QAM (Quadrature Amplitude Modulation). La principal ventaja de 16 QAM es que se transmiten 4 bits de datos por símbolo en contraposición a los 2 bits de QPSK.
- √ Enlaces de rápida adaptación: dependiendo de las condiciones del enlace, es posible ir utilizando diversas técnicas de control de errores y elección del tipo de modulación en tiempo real.

Gracias a estas y otras técnicas, con HSPA se maximizan las velocidades de transmisión, aprovechando al máximo las capacidades disponibles en los enlaces, y minimizando simultáneamente los retardos y esperas. Para el usuario final esto se traduce en un mejor comportamiento general de la red en situaciones de congestión, mayor rendimiento de las aplicaciones que requieran conectividad de datos, un incremento de la productividad, y una sensación general de eficacia y buen funcionamiento de su terminal, ya que se eliminan las largas esperas en la navegación web y en la descarga de datos, así como muchas retransmisiones originadas por pérdidas de paquetes y cortes en la conexión. Las velocidades típicas en sentido descendente soportadas por los dispositivos de los usuarios han pasado de los primeros 1-2 Mbit/s o los 3,6-7,2 Mbit/s ofrecidos en 2008 hasta los 7,2-14 Mbit/s, o más, que se ofrecen en muchas redes desde comienzos de 2010. Asimismo, las velocidades típicas en sentido ascendente varían entre los 2 y los futuros 5 Mbit/s, que serán posibles gracias a nuevos métodos de reducción de interferencias para aumentar la relación Señal/Ruido (SNR).



Figura 6. Smartphones.

HSPA EVOLUTION (HSPA+):

Con el objeto de mejorar las prestaciones del HSPA, el grupo 3GPP presentó en la Versión 7 de su estándar de comunicaciones una serie de evoluciones, conocidas como HSPA+ o HSPA Evolution, orientadas a explotar el potencial de los enlaces CDMA (Code Division Multiple Access), antes de utilizar definitivamente sistemas basados en OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), para alcanzar rendimientos similares en la banda de los 5 MHz a los del sistema LTE (Long Term Evolution), facilitar la interoperabilidad y transición entre HSPA+ y LTE, permitir la transmisión VoIP (Voice over IP), y mantener la compatibilidad con las tecnologías anteriores. Para conseguirlo, se emplean diversas técnicas:

- MIMO (Multiple Input Multiple Output). Envío y recepción mediante múltiples antenas empleando varios canales de radio, por los que se transmiten diferentes paquetes de datos. Estos datos viajarán por caminos diferentes (generalmente incorrelados) hacia el mismo destino de forma paralela, obteniéndose una mayor capacidad en el ancho de banda disponible.
- CPC (Conectividad de Paquetes Continua). Cuando los canales de datos de los usuarios no tienen información para transmitir, se reduce la interferencia del canal de subida creada por los canales de control del sistema. Asimismo, se desconectan los módems de los terminales en periodos de cierta inactividad, como por ejemplo la que se produce entre el envío de paquetes de VoIP, todo ello en la búsqueda del incremento del número total de usuarios conectados de forma simultánea a la red, optimizando los consumos individuales.

- Modulaciones de mayor orden de magnitud. Otro método para incrementar el rendimiento consiste en utilizar nuevas modulaciones más eficientes. Si HSPA empleaba 16 QAM para el sentido descendente y QPSK para el ascendente, con HSPA+ se utiliza 64 QAM en sentido descendente y 16 QAM en el ascendente, permitiendo el envío de un mayor número de bits por símbolo. Para ello es necesario además mejorar la relación señal a ruido del sistema mediante nuevas técnicas de ecualización del receptor.
- Sistemas de Doble Portadora (Dual Carrier). Consiste en utilizar dos portadoras adyacentes de 5 MHz para lograr mayores velocidades de transmisión y mejores utilizaciones de los recursos disponibles.



Figura 7. Sistema de antenas MIMO.

Con estas y otras técnicas, es posible obtener velocidades máximas teóricas de entre 42 y 84 Mbit/s con latencias por debajo de 50 ms. En sistemas comerciales reales, se consiguen velocidades de 28 Mbit/s y de 42 Mbit/s en sentido descendente, pero bastante menos en sentido ascendente.

SISTEMAS DE 4ª GENERACIÓN

LTE es la tecnología celular de más impacto en estos últimos años y todos los agentes (operadores, fabricantes, ISP, etc.) están adoptando medidas para su despliegue. De acuerdo con la UIT, las redes de 4G son capaces de proporcionar velocidades de datos de bajada de 100 Mbit/s y hasta 1 Gbit/s en un futuro próximo, en ambientes exteriores (móviles) e interiores (fijos), respectivamente. Asimismo, las redes 4G tendrán calidad de servicio (QoS) y alta seguridad extremo a extremo (E2E); ofrecerán cualquier tipo de servicio en cualquier momento y en cualquier lugar, con interoperabilidad entre sí.



Figura 8. 4G (4ª Generación de móviles).

El que toda, o una gran parte de la industria apueste al tiempo por LTE no supone que no haya tecnologías paralelas como ocurrió con UMTS y CDMA, pero aunque haya varias tecnologías compitiendo, como puede ser el caso de WiMAX, todo indica que es LTE (Long-Term Evolution) la que se impone definitivamente. LTE es una tecnología definida por el 3GPP en donde participan los principales operadores y fabricantes para definir los estándares. Ambas tecnologías, LTE y WiMAX, son muy similares técnicamente, en la forma de transmitir las señales y en las velocidades de transmisión, pues tanto LTE como WiMAX utilizan MIMO, un sistema de múltiples antenas que minimiza los errores de datos y mejora la velocidad; y ambos sistemas, también, utilizan OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), un esquema de modulación multiportadora altamente eficiente que soporta transmisiones multimedia.

La evolución hacia LTE es atractiva para muchos operadores porque reduce el Capex y el Opex, comparados con el de las redes 3G actuales, ya que su infraestructura es mucho más simple. Algunos operadores podrán tomar ventaja de sus actuales redes 3G para actualizarlas y migrarlas a LTE, pero para aquellos sin una infraestructura móvil o celular, el lanzar una red LTE representa un alto costo de despliegue. En este intento por reducir el Capex y Opex, otra solución es la compartición de redes móviles, bien de forma activa o pasiva.

La solución basada en el IP Multimedia Subsystem (IMS), definida por el 3GPP, es el método más adecuado para satisfacer las expectativas de los consumidores en cuanto a calidad del servicio, fiabilidad y disponibilidad para llevar a cabo la transición de los actuales servicios de telefonía por conmutación de circuitos a los servicios de LTE sobre IP. Este planteamiento posibilita la convergencia de servicios, ya que IMS es capaz de dar servicio simultáneamente a redes fijas de banda ancha y a redes móviles.

OTROS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

RADIOTELEFONÍA DIGITAL EN GRUPO CERRADO DE USUARIOS

El servicio de radiotelefonía digital en Grupo Cerrado de Usuarios (GCU), fue concebido para combinar la telefonía móvil celular, la transmisión de paquetes y la radio móvil digital en una plataforma celular abierta. El objetivo fue asegurar un estándar que provea un gran rango de servicios de comunicaciones para uso profesional en Europa y en otras regiones. El trabajo ha sido soportado por la Comisión Europea, la Asociación TETRA MoU, conformada por fabricantes, operadores y usuarios, la mayoría de los cuales ha participado en el desarrollo de los estándares.

De acuerdo a la definición de servicios que realizó la CMT (Comisión del Mercado e las Telecomunicaciones, hoy reemplazada por la CNMC) en su día, el servicio TETRA se engloba dentro de la radiotelefonía en grupo cerrado de usuarios, con la salvedad de que, a diferencia de lo definido en dicho informe, el sistema es enteramente digital.

Las funcionalidades básicas del sistema TETRA son las siguientes:

- √ Servicios de voz (llamada individual, de grupo, de grupo reconocido, llamada general –broadcast–).
- √ Servicios de datos (datos en modo circuito, datos protegidos o muy protegidos en modo circuito).

Existen asimismo una serie de servicios adicionales orientados a los encaminadores (dispatcher) del servicio como: llamada autorizada por el *dispatcher*, selección de área, prioridad de acceso, llamada prioritaria, entrada tardía, etc.



Figura 9. Sistema TETRA. Estación y terminales.



Figura 10. Puesto de Protección Civil con TETRA.

TELEFONÍA DIGITAL INALÁMBRICA

Es una tecnología de comunicación digital desarrollada en Europa para telefonía sin hilos en áreas pequeñas con gran número de usuarios, tales como ciudades y grandes corporaciones. También es la tecnología empleada con los teléfonos inalámbricos que utilizamos en el hogar y cuya base se encuentra conectada a la línea telefónica (2 hilos) que nos llega hasta nuestra casa y acaba en el PTR (Punto de Terminación de Red), con varios terminales que pueden compartir la misma base, que estará conectada también a la red de alimentación eléctrica (220 V / 50 Hz).

El sistema se compone de tres unidades principales: los terminales, las estaciones base y el conmutador de radio, que controla el sistema mediante una conexión a una central de conmutación privada por líneas digitales o analógicas, facilitando su utilización en sistemas antiguos.



Figura 11. Teléfono inalámbrico DECT.

Las estaciones base, que cubren celdas con un alcance que oscila entre desde 100 metros a varios kilómetros, se conectan al conmutador. Los terminales sin cordón con funciones de comunicaciones de voz, codificación, cifrado, itinerancia y handover (cambio de frecuencias y de estaciones base), se conectan a las estaciones base. El sistema fue especificado con objeto de poder dar servicio a un gran número de comunicaciones simultáneas, con capacidad de ser ampliado fácilmente y poder dar servicio en un entorno variable.

La interfaz de radio se basa en la metodología de acceso radio (multi portadora/acceso múltiple por división en el tiempo/división del tiempo duplex), que utiliza 10 portadoras en la banda de 1.880 a 1.900 MHz. El tiempo se divide en intervalos que se repiten cada 10 ms. Cada intervalo de tiempo tiene 24 ranuras (time slots) que pueden usarse para transmisión o recepción. Los intervalos de tiempo de 10 ms se dividen en dos mitades, 12 time slots se utilizan en transmisión y los otros 12 en recepción, lo que permite 12 comunicaciones full duplex simultáneas por estación base.

La codificación de voz utiliza el sistema de modulación diferencial adaptativa por impulsos codificados definida por la UIT, que permite utilizar dos time slots con una separación de 5ms unidos para proporcionar una conexión full duplex de 32 kbit/s con la misma cantidad de información que un canal PCM de 64 kbit/s. Se han definido interfaces para conectar el sistema con otras redes públicas y privadas.

Las estaciones base, que tienen la función de selección y asignación dinámica de canales mediante un muestreo continuo, están continuamente transmitiendo al menos por un canal para permitir que los portátiles se puedan conectar, este mecanismo garantiza que las comunicaciones radio se efectúan siempre utilizando el mejor canal (el que tiene menos interferencias o la señal más fuerte).

El sistema tiene un procedimiento de handover totalmente automático que permita a los aparatos portátiles cambiar de canal cuando el que están utilizando tiene la señal muy débil o muchas interferencias, el cambio puede producirse dentro de la misma estación base (intracell handover) o a otra estación base (intercell handover). En relación con la seguridad, el sistema DECT incluye protocolos de suscripción, autenticación y cifrado. Con el proceso de suscripción, la red comienza a prestar sus servicios a los diferentes portátiles a la vez que inicia el proceso de autenticación mediante el cual se identifica de forma segura al aparato llamante.